

**KONTRAK PENELITIAN  
TERAPAN UNGGULAN PERGURUAN TINGGI  
TAHUN ANGGARAN 2021  
NO: 1051-SPK-KLPPM/UNTAR/VII/2021**

Pada hari ini **Jumat**, tanggal 9 bulan **Juli** tahun **dua ribu dua puluh satu**, kami yang bertanda tangan di bawah ini:

1. **Ir. Jap Tji Beng, MMSI., Ph.D.** : Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, dalam hal ini bertindak untuk dan atas nama Rektor Universitas Tarumanagara yang berkedudukan di Jl. Letjen. S. Parman No. 1 Grogol Jakarta Barat untuk selanjutnya disebut sebagai **PIHAK PERTAMA**.
2. **Dr. Ir. Fermanto Lianto, M.T.** : Dosen Fakultas Teknik Universitas Tarumanagara, dalam hal ini bertindak sebagai pengusul dan Ketua Pelaksana Penelitian Tahun Anggaran 2021; untuk selanjutnya disebut sebagai **PIHAK KEDUA**

**PIHAK PERTAMA** dan **PIHAK KEDUA** secara bersama-sama sepakat mengikatkan diri dalam suatu Kontrak Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi Tahun Anggaran 2021 dengan ketentuan dan syarat-syarat sebagai berikut:

**Pasal 1**  
**Ruang Lingkup Kontrak dan Tim Peneliti**

- (1) **PIHAK PERTAMA** memberi pekerjaan kepada **PIHAK KEDUA** dan **PIHAK KEDUA** menerima pekerjaan tersebut dari **PIHAK PERTAMA**, untuk melaksanakan dan menyelesaikan Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi Tahun Anggaran 2021 dengan judul: **Mutasi Lanskap dan Batik Sebagai Pengembangan Material Terurai Hayati (Biodegradable) Pada Arsitektur Berkelanjutan di Indonesia**.
- (2) Tim Peneliti terdiri dari:
  - a) Dr. Ir. Fermanto Lianto, M.T., sebagai Ketua
  - b) Denny Husin S.T, M.T., sebagai Anggota 1
  - c) Dr. Ir Rudy Trisno M.T, sebagai Anggota 2

**Pasal 2**  
**Dana Penelitian**

- (1) Besarnya dana untuk melaksanakan penelitian dengan judul sebagaimana dimaksud pada Pasal 1 adalah sebesar **Rp. 194.800.000,- (Seratus sembilan puluh empat juta delapan ratus ribu rupiah)** sudah termasuk pajak.
- (2) Dana Penelitian sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dibebankan pada Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran (DIPA) Direktorat Sumber Daya, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi Tahun Anggaran 2021 No: SP DIPA-023.17.1.690439/2021 revisi ke-04 tanggal 4 Juni 2021.

**Pasal 3**  
**Tata Cara Pembayaran Dana Penelitian**

- (1) **PIHAK PERTAMA** akan membayarkan Dana Penelitian kepada **PIHAK KEDUA** secara bertahap dengan ketentuan sebagai berikut :
  - (a) Pembayaran Tahap Pertama sebesar 70% dari total bantuan dana penelitian yaitu  $70\% \times \text{Rp. 194.800.000,-} = \text{Rp. 136.360.000,-}$  (**Seratus tiga puluh enam juta tiga ratus enam puluh ribu rupiah**), yang akan dibayarkan oleh **PIHAK PERTAMA** kepada **PIHAK KEDUA** setelah **PARA PIHAK** membuat dan melengkapi rancangan pelaksanaan penelitian yang memuat judul penelitian, pendekatan dan metode penelitian yang digunakan, data yang akan diperoleh, anggaran yang akan digunakan, dan tujuan penelitian berupa luaran yang akan dicapai.
  - (b) Pembayaran Tahap Kedua sebesar 30% dari total dana penelitian yaitu  $30\% \times \text{Rp. 194.800.000,-} = \text{Rp. 58.440.000,-}$  (**Lima puluh delapan juta empat ratus empat puluh ribu rupiah**), dibayarkan oleh **PIHAK PERTAMA** kepada **PIHAK KEDUA** setelah **PIHAK KEDUA** mengunggah ke SIMLITABMAS yaitu Laporan Pelaksanaan Penelitian dan Catatan Harian.
  - (c) Biaya tambahan dibayarkan kepada **PIHAK KEDUA** bersamaan dengan pembayaran Tahap Kedua dengan melampirkan Daftar Luaran Penelitian yang sudah di validasi oleh **PIHAK PERTAMA**
- (2) Dana Penelitian sebagaimana dimaksud pada ayat (1) akan disalurkan oleh **PIHAK PERTAMA** kepada **PIHAK KEDUA** ke rekening sebagai berikut :

Nama	: Fermanto Lianto
Nomor Rekening	: 0657485318
Nama Bank	: BNI

- (3) **PIHAK PERTAMA** tidak bertanggung jawab atas keterlambatan dan/atau tidak terbayarnya sejumlah dana sebagaimana dimaksud pada ayat (1) yang disebabkan karena kesalahan **PIHAK KEDUA** dalam menyampaikan data peneliti, nama bank, nomor rekening, dan persyaratan lainnya yang tidak sesuai dengan ketentuan.



#### **Pasal 4** **Jangka Waktu**

Jangka waktu pelaksanaan penelitian sebagaimana dimaksud dalam Pasal 1 sampai selesai 100%, adalah terhitung sejak Tanggal 18 Maret 2021 dan berakhir pada Tanggal 16 November 2021.

#### **Pasal 5** **Luaran**

- (1) **PIHAK KEDUA** berkewajiban untuk mencapai target luaran wajib penelitian berupa *Dokumen pendaftaran hak cipta, dokumen hasil uji*
- (2) **PIHAK KEDUA** diharapkan dapat mencapai target luaran tambahan penelitian berupa *Artikel pada Conference/Seminar Internasional di Pengindeks Bereputasi, Artikel di Jurnal Internasional Terindeks di Pengindeks Bereputasi*
- (3) **PIHAK KEDUA** berkewajiban mencantumkan pemberi dana penelitian dalam hal ini Deputi Bidang Penguatan Riset dan Pengembangan, Kementerian Riset dan Teknologi/Badan Riset dan Inovasi Nasional, dalam publikasi ilmiah.
- (4) **PIHAK KEDUA** berkewajiban untuk melaporkan perkembangan pencapaian target luaran sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dan (2) kepada **PIHAK PERTAMA**.

#### **Pasal 6** **Hak dan Kewajiban Para Pihak**

- (1) Hak dan Kewajiban **PIHAK PERTAMA**:
  - (a) **PIHAK PERTAMA** berhak untuk mendapatkan dari **PIHAK KEDUA** luaran penelitian sebagaimana dimaksud dalam Pasal 7:
  - (b) **PIHAK PERTAMA** berkewajiban untuk memberikan dana penelitian kepada **PIHAK KEDUA** dengan jumlah sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 ayat (1) dan dengan tata cara pembayaran sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3.
- (2) Hak dan Kewajiban **PIHAK KEDUA** :
  - (a) **PIHAK KEDUA** berhak menerima dana penelitian dari **PIHAK PERTAMA** dengan jumlah sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 ayat (1);
  - (b) **PIHAK KEDUA** berkewajiban menyerahkan kepada **PIHAK PERTAMA** luaran Penelitian Produk Terapan dengan judul **Mutasi Lanskap dan Batik Sebagai Pengembangan Material Terurai Hayati (Biodegradable) Pada Arsitektur Berkelanjutan di Indonesia** dan catatan harian pelaksanaan penelitian;
  - (c) **PIHAK KEDUA** berkewajiban untuk bertanggung jawab dalam penggunaan dana penelitian yang diterimanya sesuai dengan proposal kegiatan yang disetujui;
  - (d) **PIHAK KEDUA** berkewajiban untuk menyampaikan kepada **PIHAK PERTAMA** laporan penggunaan dana sebagaimana dimaksud dalam Pasal 7.

**Pasal 7**  
**Laporan Pelaksanaan Penelitian**

- (1) **PIHAK KEDUA** berkewajiban untuk menyampaikan kepada **PIHAK PERTAMA** berupa hasil unggahan di laman SIMLITABMAS sebagai berikut:
- a) revisi proposal penelitian;
  - b) surat pernyataan kesanggupan pelaksanaan penelitian;
  - c) catatan harian pelaksanaan penelitian;
  - d) laporan kemajuan pelaksanaan penelitian;
  - e) Surat Pernyataan Tanggungjawab Belanja (SPTB) 100% atas dana penelitian yang telah ditetapkan; dan
  - f) luaran penelitian.
- Dokumen tersebut disusun secara sistematis sesuai pedoman yang ditentukan oleh **PIHAK PERTAMA**.
- (2) **PIHAK KEDUA** berkewajiban mengunggah catatan harian, laporan kemajuan, luaran, SPTB 100% pada SIMLITABMAS paling lambat **tanggal 16 November 2021**
- (3) **PIHAK KEDUA** berkewajiban menyerahkan *Hardcopy* dokumen laporan pelaksanaan penelitian (laporan kemajuan bagi penelitian tahun jamak), luaran dan laporan penggunaan anggaran kepada **PIHAK PERTAMA**, paling lambat **tanggal 20 Desember 2021**
- (4) Laporan pelaksanaan penelitian sebagaimana tersebut pada ayat (1) harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:
- a. Menyesuaikan hasil laporan lengkap yang diunduh dari laman Simlitabmas, dicetak pada kertas A4;
  - b. Dilengkapi cover, di bawah bagian cover ditulis;

Dibiayai oleh:  
Direktorat Sumber Daya, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi,  
Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi  
Sesuai dengan Kontrak Penelitian  
Nomor: 3499/LL3/KR/2021, 9 Juli 2021

**Pasal 8**  
**Penilaian Luaran**

- (1) Penilaian luaran Penelitian dilakukan oleh Komite Penilai/*Reviewer* Luaran sesuai dengan ketentuan yang berlaku.
- (2) Apabila dalam penilaian luaran terdapat luaran tambahan yang tidak tercapai maka dana tambahan yang sudah diterima oleh peneliti harus disetorkan kembali ke Kas Negara.



**Pasal 9**  
**Perubahan Susunan Tim Pelaksana dan Substansi Pelaksanaan**

Perubahan terhadap susunan tim pelaksana dan substansi pelaksanaan Penelitian ini dapat dibenarkan apabila telah mendapat persetujuan tertulis dari Direktorat Sumber Daya, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi.

**Pasal 10**  
**Penggantian Ketua Pelaksana**

- (1) Apabila **PIHAK KEDUA** selaku ketua pelaksana tidak dapat melaksanakan Penelitian ini, maka **PIHAK KEDUA** wajib mengusulkan pengganti ketua pelaksana yang merupakan salah satu anggota tim kepada **PIHAK PERTAMA**.
- (2) Apabila **PIHAK KEDUA** tidak dapat melaksanakan tugas dan tidak ada pengganti ketua sebagaimana dimaksud pada ayat (1), maka **PIHAK KEDUA** harus mengembalikan dana penelitian kepada **PIHAK PERTAMA** yang selanjutnya disetor ke kas Negara.
- (3) Bukti setor sebagaimana dimaksud pada ayat (2) disimpan oleh **PIHAK PERTAMA**.

**Pasal 11**  
**Sanksi**

- (1) Apabila sampai dengan batas waktu yang telah ditetapkan untuk melaksanakan Penelitian ini telah berakhir, namun **PIHAK KEDUA** belum menyelesaikan tugasnya, terlambat mengirim laporan Kemajuan, dan/atau terlambat mengirim laporan akhir, maka **PIHAK KEDUA** dikenakan sanksi administratif berupa penghentian pembayaran dan tidak dapat mengajukan proposal penelitian dalam kurun waktu dua tahun berturut-turut.
- (2) Apabila **PIHAK KEDUA** tidak dapat mencapai target luaran sebagaimana dimaksud dalam Pasal 5, maka kekurangan capaian target luaran tersebut akan dicatat sebagai hutang **PIHAK KEDUA** kepada **PIHAK PERTAMA** yang apabila tidak dapat dilunasi oleh **PIHAK KEDUA**, akan berdampak pada kesempatan **PIHAK KEDUA** untuk mendapatkan pendanaan penelitian atau hibah lainnya yang dikelola oleh **PIHAK PERTAMA**.

**Pasal 12**  
**Pembatalan Perjanjian**

- (1) Apabila dikemudian hari terhadap judul Penelitian sebagaimana dimaksud dalam Pasal 1 ditemukan adanya duplikasi dengan Penelitian lain dan/atau ditemukan adanya ketidakjujuran, itikad tidak baik, dan/atau perbuatan yang tidak sesuai dengan kaidah ilmiah dari atau dilakukan oleh **PIHAK KEDUA**, maka perjanjian Penelitian ini dinyatakan batal dan **PIHAK KEDUA** wajib mengembalikan dana penelitian yang telah diterima kepada **PIHAK PERTAMA** yang selanjutnya akan disetor ke Kas Negara.
- (2) Bukti setor sebagaimana dimaksud pada ayat (1) disimpan oleh **PIHAK PERTAMA**.

**Pasal 13**  
**Pajak-Pajak**

Hal-hal dan/atau segala sesuatu yang berkenaan dengan kewajiban pajak berupa PPN dan/atau PPh menjadi tanggung jawab **PIHAK KEDUA** dan harus dibayarkan oleh **PIHAK KEDUA** ke kantor pelayanan pajak setempat sesuai ketentuan yang berlaku.

**Pasal 14**  
**Peralatan dan/alat Hasil Penelitian**

Hasil Pelaksanaan Penelitian ini yang berupa peralatan dan/atau alat yang dibeli dari pelaksanaan Penelitian ini adalah milik Negara yang dapat dihibahkan kepada Universitas Tarumanagara sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.

**Pasal 15**  
**Penyelesaian Sengketa**

Apabila terjadi perselisihan antara **PIHAK PERTAMA** dan **PIHAK KEDUA** dalam pelaksanaan perjanjian ini akan dilakukan penyelesaian secara musyawarah dan mufakat, dan apabila tidak tercapai penyelesaian secara musyawarah dan mufakat maka penyelesaian dilakukan melalui proses hukum.

**Pasal 16**  
**Lain-lain**

- (1) **PIHAK KEDUA** menjamin bahwa penelitian dengan judul tersebut di atas belum pernah dibiayai dan/atau diikutsertakan pada Pendanaan Penelitian lainnya, baik yang diselenggarakan oleh instansi, lembaga, perusahaan atau yayasan, baik di dalam maupun di luar negeri.
- (2) Segala sesuatu yang belum cukup diatur dalam Perjanjian ini dan dipandang perlu diatur lebih lanjut dan dilakukan perubahan oleh **PARA PIHAK**, maka perubahan-perubahannya akan diatur dalam perjanjian tambahan atau perubahan yang merupakan satu kesatuan dan bagian yang tidak terpisahkan dari Perjanjian ini.

Perjanjian ini dibuat dan ditandatangani oleh **PARA PIHAK** pada hari dan tanggal tersebut di atas, dibuat dalam rangkap 2 (dua) dan bermaterai cukup sesuai dengan ketentuan yang berlaku, yang masing-masing mempunyai kekuatan hukum yang sama.

**PIHAK PERTAMA**



**PIHAK KEDUA**

Dr. Ir. Fermanto Lianto, M.T.



### PROTEKSI ISI LAPORAN AKHIR PENELITIAN

Dilarang menyalin, menyimpan, memperbanyak sebagian atau seluruh isi laporan ini dalam bentuk apapun kecuali oleh peneliti dan pengelola administrasi penelitian

## LAPORAN AKHIR PENELITIAN MULTI TAHUN

ID Proposal: ac3c77e1-6b92-4167-bc50-19de4a6f7ede  
Laporan Akhir Penelitian: tahun ke-1 dari 2 tahun

### 1. IDENTITAS PENELITIAN

#### A. JUDUL PENELITIAN

Mutasi Lanskap dan Batik Sebagai Pengembangan Material Terurai Hayati (Biodegradable) Pada Arsitektur Berkelanjutan di Indonesia

#### B. BIDANG, TEMA, TOPIK, DAN RUMPUN BIDANG ILMU

Bidang Fokus RIRN / Bidang Unggulan Perguruan Tinggi	Tema	Topik (jika ada)	Rumpun Bidang Ilmu
Bidang Unggulan 4: Desain Yang Berbasis Kreatifitas dan Inovasi Dalam Konteks Alam, Lingkungan Dan Budaya	-	Penelitian tentang penciptaan desain interior yang berbasis budaya lokal	Teknik Arsitektur

#### C. KATEGORI, SKEMA, SBK, TARGET TKT DAN LAMA PENELITIAN

Kategori (Kompetitif Nasional/ Desentralisasi/ Penugasan)	Skema Penelitian	Strata (Dasar/ Terapan/ Pengembangan)	SBK (Dasar, Terapan, Pengembangan)	Target Akhir TKT	Lama Penelitian (Tahun)
Penelitian Desentralisasi	Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi	SBK Riset Terapan	SBK Riset Terapan	6	2

### 2. IDENTITAS PENGUSUL

Nama, Peran	Perguruan Tinggi/ Institusi	Program Studi/ Bagian	Bidang Tugas	ID Sinta	H-Index
FERMANTO LIANTO Ketua Pengusul	Universitas Tarumanagara	Arsitektur		5988874	2
Dr Ir RUDY TRISNO M.T Anggota Pengusul 1	Universitas Tarumanagara	Arsitektur	Menganalisis konsep desain biodegradable material	6651096	3
DENNY HUSIN S.T, M.T Anggota Pengusul 2	Universitas Tarumanagara	Arsitektur	Pengembangan Purwarupa material hasil eksperimen	5990960	0

### 3. MITRA KERJASAMA PENELITIAN (JIKA ADA)

Pelaksanaan penelitian dapat melibatkan mitra kerjasama, yaitu mitra kerjasama dalam melaksanakan penelitian, mitra sebagai calon pengguna hasil penelitian, atau mitra investor

Mitra	Nama Mitra
Mitra Pelaksana Penelitian	Nonny Indah Wulansari
Mitra Calon Pengguna	Christiana Erika Hartoyo

#### 4. LUARAN DAN TARGET CAPAIAN

##### Luaran Wajib

Tahun Luaran	Jenis Luaran	Status target capaian ( <i>accepted, published, terdaftar atau granted, atau status lainnya</i> )	Keterangan ( <i>url dan nama jurnal, penerbit, url paten, keterangan sejenis lainnya</i> )
1	Dokumen pendaftaran hak cipta	Terbit Sertifikat	

##### Luaran Tambahan

Tahun Luaran	Jenis Luaran	Status target capaian ( <i>accepted, published, terdaftar atau granted, atau status lainnya</i> )	Keterangan ( <i>url dan nama jurnal, penerbit, url paten, keterangan sejenis lainnya</i> )
1	Artikel pada Conference/Seminar Internasional di Pengindeks Bereputasi	Terbit dalam Prosiding	Tarumanagara International Conference on the Applications of Technology and Engineering (TICATE) atau Tarumanagara International Conference on the Applications of Social Sciences & Humanities (TICASH)

#### 5. ANGGARAN

Rencana anggaran biaya penelitian mengacu pada PMK yang berlaku dengan besaran minimum dan maksimum sebagaimana diatur pada buku Panduan Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Edisi 12.

**Total RAB 2 Tahun Rp. 406,631,000**

**Tahun 1 Total Rp. 194,800,000**

Jenis Pembelanjaan	Item	Satuan	Vol.	Biaya Satuan	Total
Analisis Data	HR Pengolah Data	P (penelitian)	1	1,540,000	1,540,000
Analisis Data	Honorarium narasumber	OJ	3	900,000	2,700,000
Analisis Data	HR Sekretariat/Administrasi Peneliti	OB	4	300,000	1,200,000
Analisis Data	Biaya analisis sampel	Unit	4	2,325,000	9,300,000
Analisis Data	Transport Lokal	OK (kali)	14	284,000	3,976,000
Analisis Data	Biaya konsumsi rapat	OH	64	69,000	4,416,000
Bahan	ATK	Paket	1	8,351,000	8,351,000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	Unit	1	75,422,180	75,422,180
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya seminar internasional	Paket	1	8,400,000	8,400,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Publikasi artikel di Jurnal Internasional	Paket	1	22,032,220	22,032,220
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Luaran KI (paten, hak cipta dll)	Paket	1	400,000	400,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya pembuatan dokumen uji produk	Paket	1	4,873,600	4,873,600
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	HR Sekretariat/Administrasi Peneliti	OB	2	300,000	600,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Uang harian rapat di dalam kantor	OH	48	200,000	9,600,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya konsumsi rapat	OH	48	69,000	3,312,000
Pengumpulan Data	HR Sekretariat/Administrasi Peneliti	OB	4	300,000	1,200,000



Jenis Pembelanjaan	Item	Satuan	Vol.	Biaya Satuan	Total
Pengumpulan Data	Uang harian rapat di luar kantor	OH	10	200,000	2,000,000
Pengumpulan Data	Transport	OK (kali)	12	284,000	3,408,000
Pengumpulan Data	Uang harian rapat di dalam kantor	OH	12	200,000	2,400,000
Pengumpulan Data	HR Pembantu Lapangan	OH	24	80,000	1,920,000
Pengumpulan Data	FGD persiapan penelitian	Paket	25	325,000	8,125,000
Pengumpulan Data	Biaya konsumsi	OH	64	69,000	4,416,000
Pengumpulan Data	HR Petugas Survei	OH/OR	100	8,000	800,000
Sewa Peralatan	Ruang penunjang penelitian	Unit	1	5,000,000	5,000,000
Sewa Peralatan	Peralatan penelitian	Unit	2	3,000,000	6,000,000
Sewa Peralatan	Transport penelitian	OK (kali)	12	284,000	3,408,000

**Tahun 2 Total Rp. 211,831,000**

Jenis Pembelanjaan	Item	Satuan	Vol.	Biaya Satuan	Total
Analisis Data	HR Pengolah Data	P (penelitian)	1	1,540,000	1,540,000
Analisis Data	HR Sekretariat/Administrasi Peneliti	OB	4	300,000	1,200,000
Analisis Data	Biaya analisis sampel	Unit	4	2,325,000	9,300,000
Analisis Data	Honorarium narasumber	OJ	6	900,000	5,400,000
Analisis Data	Transport Lokal	OK (kali)	20	284,000	5,680,000
Analisis Data	Biaya konsumsi rapat	OH	80	69,000	5,520,000
Bahan	ATK	Paket	1	1,151,000	1,151,000
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	Unit	1	92,499,000	92,499,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Publikasi artikel di Jurnal Internasional	Paket	1	7,000,000	7,000,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Luaran KI (paten, hak cipta dll)	Paket	1	1,900,000	1,900,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya pembuatan dokumen uji produk	Paket	1	11,318,000	11,318,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya penyusunan buku termasuk book chapter	Paket	1	15,000,000	15,000,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	HR Sekretariat/Administrasi Peneliti	OB	2	300,000	600,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Uang harian rapat di dalam kantor	OH	30	200,000	6,000,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya konsumsi rapat	OH	30	69,000	2,070,000
Pengumpulan Data	HR Sekretariat/Administrasi Peneliti	OB	4	300,000	1,200,000
Pengumpulan Data	Uang harian rapat di luar kantor	OH	10	200,000	2,000,000
Pengumpulan Data	Transport	OK (kali)	12	284,000	3,408,000
Pengumpulan Data	Uang harian rapat di dalam kantor	OH	20	200,000	4,000,000

Jenis Pembelanjaan	Item	Satuan	Vol.	Biaya Satuan	Total
Pengumpulan Data	HR Pembantu Lapangan	OH	24	80,000	1,920,000
Pengumpulan Data	FGD persiapan penelitian	Paket	25	325,000	8,125,000
Pengumpulan Data	Biaya konsumsi	OH	80	69,000	5,520,000
Pengumpulan Data	HR Petugas Survei	OH/OR	100	8,000	800,000
Sewa Peralatan	Ruang penunjang penelitian	Unit	1	5,000,000	5,000,000
Sewa Peralatan	Peralatan penelitian	Unit	2	4,000,000	8,000,000
Sewa Peralatan	Transport penelitian	OK (kali)	20	284,000	5,680,000

## 6. HASIL PENELITIAN

**A. RINGKASAN:** Tuliskan secara ringkas latar belakang penelitian, tujuan dan tahapan metode penelitian, luaran yang ditargetkan, serta uraian TKT penelitian.

Minimalisasi limbah arsitektur semakin dipertimbangkan sebagai bagian dari pendekatan komprehensif untuk desain berkelanjutan [1]. Praktik daur ulang yang baik dan sistem pemisahan sampah konstruksi dapat mewujudkan beberapa pengurangan limbah konstruksi. Tetapi untuk secara signifikan mengurangi jumlah limbah konstruksi dan upaya untuk mencapai zero waste bangunan, inovasi baru dalam desain perencanaan arsitektur diperlukan. Untuk itu, inspirasi dapat ditarik dan pelajaran dapat dipelajari dari alam [2]. Karakteristik siklus proses alami, dimana tanaman tumbuh, mati, dan terurai menjadi sumber daya untuk pertumbuhan baru dan dapat diterapkan pada konstruksi bangunan [3]. Konsep bangunan arsitektur yang dapat terurai hayati (biodegradable) memiliki keterkaitan erat dengan alam pada tingkat teoretis. Implementasinya dalam praktik nyata, material terurai hayati dapat berkontribusi besar pada agenda komprehensif untuk pengembangan desain arsitektur berkelanjutan

Penelitian sebelumnya cenderung berfokus hanya pada bagaimana material dapat teruraikan kembali ke lingkungan alami dan implementasinya dalam membentuk ruang dan arsitektur. Dimana arsitektur yang terbentuk tersebut cenderung menjadi asing dan kehilangan kontekstual kultur dan genius loci-nya. Sebagai arahan pengembangan pemikiran lebih lanjut, penelitian ini mengkaji bagaimana penerjemahan material yang dapat terurai hayati (biodegradable) menjadi bagian dari arsitektur yang tidak lepas dari unsur budaya dan kultur yang sudah seharusnya diemban arsitektur tersebut. Kebaruan penelitian ini adalah pengembangan kajian lanskap (as a verb) yang berkonsentrasi pada pemahaman makna lanskap sebagai hasil dari perpaduan antara memori budaya, alam, dan ruang. Tujuannya adalah untuk dikembangkan sebagai konsep sehingga memiliki fleksibilitas pengembangan pola, struktur dan bentuk dari batik. Hal ini dapat dilihat sebagai usaha untuk memberi nilai fungsi tambah dari material budaya yang sudah mengkristal serta mendukung pelestarian dari budaya Indonesia. Hal ini merupakan mutasi antara lanskap dan batik dalam perwujudan biodegradable material

Metode eksperimen eksploratori digunakan pada penelitian ini sebagai penentu tujuan yang ingin dicapai oleh peneliti. Melalui penelitian ini peneliti bermaksud untuk mempertajam masalah dan perumusan hipotesa tentang hubungan sebab akibat antara dua variabel, yakni lanskap dan batik dalam pengembangan konsep biodegradable material. Peneliti secara langsung melakukan pengamatan lapangan dengan menempatkan metode eksploratori sebagai dasar utama usaha interpretasi konsep dan hubungan antar variabel. Arahan pemahaman penelitian selanjutnya akan didukung dengan teori interpretasi. Rumusan interpretasi dan arahan perancangan kemudian akan diuji kecocokan kaitannya dengan teori-teori tentang konsep lanskap arsitektur dengan batik, kemudian melalui aplikasi terapan perancangan diwujudkan dalam bentuk punarupa untuk menghasilkan rancangan yang sesuai dengan kebutuhan pengembangan material berkelanjutan.

Sejak tahun 2018 peneliti telah mengembangkan penelitian yang berfokus pada material tradisional yang ramah lingkungan sebagai pengembangan struktur dan material arsitektur modern. Hasilnya dipresentasikan dalam seminar internasional Tarumanagara International Conference on the Applications of Technology and Engineering (TICATE 2018) dengan judul Changing the face of modern architecture: bamboo as a construction material, case study: Green school, Bali - Indonesia, dan telah dipublikasikan dalam IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Untuk

melanjutkan, penelitian ini bertujuan untuk merumuskan kembali hasil eksplorasi dan interpretasi arahan perancangan material terurai hayati (biodegradable) baru yang berdasarkan kearifan budaya lokal. Kemudian hasilnya akan diuji melalui aplikasi terapan perancangan dalam wujud purnarupa untuk menghasilkan rancangan yang sesuai dengan kebutuhan pengembangan arsitektur nusantara. Dengan mengusung konsep berkelanjutan, penelitian menawarkan jawaban arahan pengembangan masa depan arsitektur di Indonesia yang berbasis kearifan lokal tanpa kehilangan genius loci-nya.

Penelitian tahun pertama menunjukkan hasil akhir berupa sampel lingkaran berukuran diameter 15 cm dan persegi Panjang 45 cm x 60 cm memberikan dengan ketebalan, warna dan tekstur berbeda-beda. Material pengisi dan pelengkap menggunakan variasi kopi, kayu, bambu, tapioka, tepung jagung dan kapur untuk pengembangan lanjutan. Kebaruan menggunakan kombinasi teh lokal dengan teh hitam, hijau, putih, rosela, melati, kopi menstimulasi teknik pewarnaan dan pengawetan alami herbal. Pengembangan fermentasi, karbonasi, injeksi molding menunjukkan pengendalian dan kontrol tekstur serta membuka peluang mutasi lanskap bersifat organik. Kekurangan penelitian adalah pengendalian organisme yang bersifat sensitif dan rumit, Kelebihannya adalah peluang tidak terbatas pada turunan dan kombinasi herbal dalam kombucha untuk memperbaiki aroma, daya tahan, elastisitas sampai kepada tekstur. Rekomendasi penelitian lanjutan berfokus pada lapisan yang lebih tebal, lapisan berganda, dan pengembangan struktur dan tekstur lembaran dan pengisi.

**B. KATA KUNCI:** Tuliskan maksimal 5 kata kunci.

Batik; Biodegradable Arsitektur; Lanskap; Material; Mutasi.

Pengisian poin C sampai dengan poin H mengikuti template berikut dan tidak dibatasi jumlah kata atau halaman namun disarankan ringkas mungkin. Dilarang menghapus/memodifikasi template ataupun menghapus penjelasan di setiap poin.

**C. HASIL PELAKSANAAN PENELITIAN:** Tuliskan secara ringkas hasil pelaksanaan penelitian yang telah dicapai sesuai tahun pelaksanaan penelitian. Penyajian dapat berupa data, hasil analisis, dan capaian luaran (wajib dan atau tambahan). Seluruh hasil atau capaian yang dilaporkan harus berkaitan dengan tahapan pelaksanaan penelitian sebagaimana direncanakan pada proposal. Penyajian data dapat berupa gambar, tabel, grafik, dan sejenisnya, serta analisis didukung dengan sumber pustaka primer yang relevan dan terkini.



Pengisian poin C sampai dengan poin H mengikuti template berikut dan tidak dibatasi jumlah kata atau halaman namun disarankan ringkas mungkin. Dilarang menghapus/memodifikasi template ataupun menghapus penjelasan di setiap poin.

**C. HASIL PELAKSANAAN PENELITIAN:** Tuliskan secara ringkas hasil pelaksanaan penelitian yang telah dicapai sesuai tahun pelaksanaan penelitian. Penyajian dapat berupa data, hasil analisis, dan capaian luaran (wajib dan atau tambahan). Seluruh hasil atau capaian yang dilaporkan harus berkaitan dengan tahapan pelaksanaan penelitian sebagaimana direncanakan pada proposal. Penyajian data dapat berupa gambar, tabel, grafik, dan sejenisnya, serta analisis didukung dengan sumber pustaka primer yang relevan dan terkini.

### **C.1 Fenomena: Sampah dan Limbah Bangunan**

Fenomena sampah termasuk limbah bangunan telah menstimulasi sebuah kesadaran akan efek negatif penggunaan material sintetik yang berlebihan. Sebagai negara transisi ekonomi, Indonesia perlu menunjukkan kemampuan intelektualnya kepada dunia melalui pembangunan yang berkelanjutan, agar mendapatkan tempat sejajar dengan negara-negara maju lainnya. Untuk merealisasikan pembangunan berwawasan lingkungan, Indonesia tidak saja dituntut untuk dapat mengendalikan masalah-masalah alam, namun juga menyeimbangkan porsi ruang hijau dan biru di negara kepulauan. Dianugerahi oleh kekayaan alam, masyarakat Indonesia sesungguhnya telah mewarisi kehidupan berwawasan lingkungan sejak dulu kala, tercermin pada arsitektur vernakularnya yang kaya akan material dan kebijaksanaan. Namun demikian, globalisasi telah mengubah gaya hidup masyarakat modern, sehingga mengabaikan alam. Sebuah pengembangan material terurai hayati dibutuhkan untuk menjawab tuntutan jaman, sementara mengembalikan keharmonisan hubungan manusia dengan lingkungan alamiahnya. Penelitian ini bertujuan membangun konsep material terurai hayati untuk arsitektur Indonesia demi mendukung pembangunan yang berkelanjutan. Sebuah investigasi dilakukan secara eksploratori retrospektif sebagai renungan terhadap potensi biodiversitas dan budaya yang tercermin pada arsitektur vernakular. Untuk mensejajarkan arsitektur Indonesia di internasional, studi lokal dan global diurai melalui metode kepustakaan sebagai berikut: 1) Pemahaman tren lokal dan global material terurai hayati, 2) Potensi material terurai hayati Indonesia, 3) Konsep material terurai hayati untuk arsitektur Indonesia yang berwawasan lingkungan. Untuk mempersiapkan pembangunan yang siap sepenuhnya terhadap globalisasi, arsitektur di Indonesia perlu dibangun dengan material terurai hayati. Material ini adalah struktur terkecil untuk bangunan yang mendayagunakan kepiawaian ketukangan, tradisi dan sumber daya alam Indonesia, demi menghantar Indonesia kembali menuju kehidupan yang harmonis dengan alam.

### **C.2. Permasalahan: Kerusakan Bumi**

Kerusakan bumi yang mengkhawatirkan kian tegas mempertanyakan cara pikir manusia terhadap pembangunan berkelanjutan. Saat ini, seluruh dunia semakin serius menangani masalah-masalah lingkungan demi memperbaiki kondisi bumi. Di bidang arsitektur, pemahaman baru akan pembangunan berwawasan lingkungan didukung oleh pengetahuan pentingnya penggunaan bahan-bahan alami. Kesadaran untuk mengurangi efek negatif buangan pada konstruksi, diimplementasikan dengan mengurangi penggunaan bahan bangunan sintetik dan menggantikannya dengan bahan daur ulang atau terurai hayati. Kealamiannya material yang digunakan pada bangunan, termasuk kemampuannya melebur dengan alam menjadi esensial. Tujuannya adalah untuk diaplikasikan sebagai unit sel terkecil pada bangunan, agar dapat sepenuhnya membentuk sebuah arsitektur yang berkelanjutan (Mittal&Dogne 2016). Semakin banyak material terurai hayati yang digunakan pada konstruksi sebuah bangunan, semakin hijau sebuah lingkungan hidup tercipta. Sekalipun metode konservatif dapat digunakan untuk memberikan kontribusi pada pembangunan berwawasan lingkungan, namun demikian nilai tertinggi pada sertifikasi bangunan hijau hanya dapat diperoleh bila didukung oleh penggunaan material bangunan berlabel hijau. Sementara strategi desain bangunan hijau dikategorikan menjadi dua, yakni aktif dan pasif; kriteria material bangunan berlabel hijau dinilai berdasarkan beberapa aspek, yaitu: lokasi, komposisi, sertifikasi, transportasi, lokalitas dan lain-lain. Oleh sebab itu, kapasitas sebuah tempat dalam memproduksi material bangunan berlabel hijau sangat bergantung dengan: ketersediaan bahan, kapasitas industri, infrastruktur kota, kepiawaian ketukangan dan institusi terkait; sementara dipengaruhi oleh hubungan antara pasar dan konsumen (InnovationGroup 2019). Di negara-negara maju, implementasi desain dan konstruksi bangunan hijau sudah menjadi sebuah keharusan; implementasi ini mempengaruhi citra sebuah kota, pemasaran sebuah perusahaan, apresiasi masyarakat dan nilai-nilai fundamental lainnya (Krzemińska 2017). Meski demikian, pada kasus-kasus pembangunan di negara berkembang termasuk Indonesia, implementasi bangunan hijau masih dipertimbangkan sebagai nilai tambah saja karena keterbatasan anggaran pembangunan dan intelektualitas (Sassi 2006).

### **C.3. Masalah: Kondisi Lingkungan di Indonesia**

Lepas dari maraknya perdebatan dunia untuk menempatkan Indonesia sebagai negara berkembang atau negara maju (Rangasari&Bhwana 2020); situasi aktual di Indonesia menunjukkan tahapan persiapan menjadi negara maju. Diperhitungkan sebagai negara dengan nilai ekonomi tertinggi di Asia Tenggara, Indonesia sesungguhnya diakui oleh dunia

sebagai salah satu negara dengan tingkat keberagaman yang tinggi. Indonesia dianugerahi sumber daya alam dan sumber daya manusia yang besar untuk mendukung pertumbuhan ekonomi yang dasyat (UNCTAD 2019). Dengan kenaikan nilai GDP per kapita yang stabil sejak tahun 2000 sampai tahun 2020, kondisi ekonomi di Indonesia menunjukkan kemajuan yang signifikan, lepas dari keadaan dunia yang tidak pasti. Meski demikian, perputaran kebutuhan domestik Indonesialah yang sesungguhnya menjadi penggerak utama pertumbuhan negara, maka dari itulah rencana pembangunan jangka panjang perlu dilihat sebagai tantangan terbesar bagi Indonesia untuk mencapai sasaran-sasaran utama kemajuan bangsa. Untuk menjadi negara maju, idealnya Indonesia perlu dapat menjamin perlakuan yang adil dan keadaan yang keseimbangan, termasuk kesediaan dan kesiapan fasilitas kota maupun infrastruktur untuk melayani kebutuhan nasional maupun internasional. Maka dari itu, arsitektur yang maju dan lingkungan yang dinamis perlu segera distimulasi agar dapat memicu kemuktahiran Indonesia (Krzemińska 2017). Dikenal sebagai negara transkontinental yang berlokasi di antara Asia Tenggara dan Oseania, kepulauan Indonesia adalah wilayah yang penting untuk perdagangan internasional. Dengan letak yang strategis di sepanjang garis khatulistiwa, Indonesia telah menarik perhatian dunia termasuk kolaborator dan investor baik nasional maupun internasional. Mereka tertarik dengan potensi keanekaragaman hayati, jumlah populasi dan kemajuan industri, lepas dari permasalahan lingkungan hidup yang dihadapi Indonesia (BP-REDD+ 2015) (Gambar 1). Mengetahui kelebihan dan kekurangan tersebut, Indonesia perlu untuk menciptakan kondisi ekonomi yang dinamis, dengan jaminan terhadap penanganan permasalahan lingkungan hidup, termasuk pengembangan bangunan hijau dan pembangunan kota-kota berkelanjutan.



**Gambar 1.** Masalah Lingkungan Hidup yang Ditunjukkan pada Peta Pengawahatan dan Degradasi Hutan di Indonesia

Sumber: BP-REDD+ Indonesia, 2015, [www.reddplus.go.id](http://www.reddplus.go.id) diunduh tanggal 28 Maret 2020

#### C.4. Tren Lokal dan Global pada Material Terurai Hayati

Konsep lingkungan keberlanjutan kian marak dipromosikan sejak era Milenium. Tahun dua ribu telah memberikan pengaruh budaya yang besar di seluruh dunia berupa ide masa depan yang bersifat utopis. Semangat pembaharuan dari abad yang baru memprediksikan kelahiran kota-kota masa depan yang berwawasan lingkungan. Hal ini terjadi terutama karena didorong oleh sederetan laporan perubahan iklim dan berita tentang pemanasan global mengenai kondisi bumi yang kritis. Informasi ini menggerakkan aksi-aksi positif untuk mengurangi emisi gas dan pengendalian hawa panas di seluruh benua. Gerakan progresif tumbuh subur untuk mengubah cara pandang tradisional menjadi cara hidup berwawasan lingkungan dengan keberlanjutan sebagai esensinya (McLennan 2004). Setelah dua dekade, akhirnya konsep berkelanjutan memahami bahwa masa depan lingkungan hidup terletak pada regenerasi. Aksi pembaharuan dilakukan dengan cara memperbaiki ekosistem, menyeimbangkan iklim dunia dan membangun kembali ekonomi yang berwawasan lingkungan (InnovationGroup 2019). Lanskap kota-kota dunia dimeriahkan oleh inovasi-inovasi baru mengenai pembangunan baru berwawasan lingkungan (Almy 2007), yakni: mengintegrasikan alam dengan teknologi (Aziz&Sherif 2016), melahirkan kembali kehidupan berkelanjutan melalui tradisi, mengurangi buangan (Mostafa 2018), pengembangan produk yang dapat dimakan, penggunaan kembali barang bekas, aksi daur ulang dan pencaharian material yang baru (Mostafa 2018). Meski berbeda-beda, aksi-aksi ini menuju sasaran yang sama yakni terciptanya ekosistem terintegrasi. Setiap proses dihargai sebagai bagian dari aktivitas yang mempengaruhi kualitas lingkungan. Proses pengelolaan lingkungan yang baru menargetkan keluaran segera (*instant result*) yang dihasilkan melalui kegiatan tanpa buangan (*zero waste*), bersifat pengolahan swadaya (*self sufficient*) dengan daur tertutup (*closed loop*) (Gambar 2). Saat ini, dunia semakin bersemangat dalam mengeksplorasi produk inovasi ilmiah yang kreatif. Kelahiran kembali produk abad pembaharuan (*renaissance*) telah ditunggu-tunggu. Ide mengunjungi kembali tradisi, meredefinisi konsep klasik, memikirkan kembali gaya yang kekal (*timeless*), eksplorasi filsafat dan menginterpretasi kembali seni akan menjembatani celah keterhubungan antara manusia dan alam (McLennan 2004). Maka dari itu, dalam waktu dekat akan lebih banyak lagi perancang yang mencari inovasi berdasarkan tradisi, menyatukan teknologi dengan alam, menciptakan dinamika baru dengan fungsi berganda (Ripley&Bhushan 2016) dan mengkombinasikan tipe kontras untuk menghasilkan hibrida, sementara mengurangi efek negatif terhadap lingkungan (Cecchini 2017).



**Gambar 2.** Variasi Desain Material Terurai Hayati Menuju Kemasan Tanpa Buangan Karya Austeja Platukyte  
 Sumber: <https://www.behance.net/gallery/38533363/experimental-packaging-from-biodegradable-material> diunduh tanggal 28 Maret 2020

Gerakan-gerakan pembaharuan di Indonesia bermunculan dengan semakin seriusnya permasalahan lingkungan, baik intervensi lokal dan global terus berusaha menyadarkan Indonesia akan bahaya kerusakan lingkungan. *Environmental Performance Index* melalui sebuah penilaian terhadap kualitas lingkungan hidup di Indonesia telah menempatkan Indonesia pada peringkat 113 dari 180 negara di 2018 (EPI 2018). Negara Indonesia berada pada posisi terendah di antara negara-negara Asia Pasifik. Dengan semakin banyak peneliti yang menilai Indonesia kurang peduli terhadap permasalahan lingkungan, maka dari itu diperlukan partisipasi dan keterlibatan untuk mengurangi emisi gas, mengantisipasi naiknya temperatur dunia dan pengelolaan daur sampah (Mostafa 2018). Arsitek, perencana kota, developer, kontraktor dan perancang semakin giat untuk mencoba cara-cara baru memperbaiki lingkungan. Saat ini di Indonesia diinisiasi dengan perubahan awal seperti pembuatan: plastik dari ketela, teksil dari bambu, serat dari nanas, kantong dari tapioka dan kemasan dari rumput laut (Hernandha 2017). Namun demikian, penelitian lanjutan dibutuhkan untuk menyempurnakan kemampuan material terurai hayati di Indonesia agar semakin sistematis, komprehensif dan dapat melebur alami di alam dengan aman sesuai dengan perencanaan waktu (Chang 2017). Lebih lanjut lagi, variasi material terurai hayati di Indonesia masih diproduksi dalam jumlah kecil untuk kepentingan tertentu dan melayani komunitas terbatas (Gambar 3). Maka dari itu, pada konteks ini arsitektur sebagai media berpotensi untuk melayani dengan skala lebih besar dan berfungsi dengan periode waktu yang lebih lama (Krzemińska 2017). Sebuah penelitian dan pengembangan material bangunan terurai hayati berkontribusi untuk memberikan pengaruh yang besar kepada kota dan juga negara (OxfordBusinessGroup 2017). Namun sayangnya, banyak masyarakat Indonesia yang cenderung stagnan dengan menggunakan material konvensional dan metode tradisional, umumnya disebabkan oleh aspek ekonomi dan intelektual (Sassi 2006). Peneliti pun diharapkan untuk mempromosikan penggunaan bahan dan metode yang familiar bila menghendaki material arsitektur terurai hayati sukses diterima pasar. Selain itu, peneliti diingatkan untuk mengkritisi kondisi material terurai hayati Indonesia yang cenderung berjalan di tempat (Ripley&Bhushan 2016). Hal ini dimaksudkan, agar material yang dihasilkan dapat membantu masyarakat lokal untuk memajukan tradisi dan menghasilkan sebuah perubahan.



**Gambar 3.** Avani Eco, Contoh Kemasan Terurai Hayati yang Diproduksi di Indonesia  
 Sumber: <https://www.avanieco.com/wp-content/uploads/2019/10/Banner-1-Replace-plastic-with.jpg>, diunduh tanggal 28 Maret 2020



### **C.5. Potensi Material Terurai Hayati Indonesia**

Indonesia dianugerahi dengan kekayaan alam, hal ini menunjukkan bahwa keanekaragaman di Indonesia dinilai sangat tinggi: kaya akan sumber daya alam, agrikultur dan lanskap beragam. Dengan iklim tropis dan lokasi geografis Nusantara yang strategis, Indonesia memiliki keseimbangan antara variasi laut, ekosistem pesisir, hutan dan distribusi spesies. Didominasi oleh keanekaragaman alam dan budaya, tidak mengherankan bila pariwisata menjadi andalan Indonesia. Keunikan ini dihasilkan oleh iklim tropis dan geografis kepulauan yang terbentang luas sementara dipersatukan oleh laut. Kekhasan ini menempatkan Indonesia sebagai sebuah rangkaian yang terdiri dari keanekaragaman budaya, sejarah dan suku bangsa yang tercermin pada koleksi rumah-rumah adatnya. Termasyur di dunia karena alam dan budayanya, Indonesia mudah dikenali dari seni dan arsitektur vernakularnya sebagai daya tarik, meskipun dari sisi pengembangan teknologi, produktivitas di Indonesia masih dinilai rendah (OxfordBusinessGroup 2017). Untuk mengerti alasannya, sebuah pertanyaan perlu dialamatkan kepada stagnansi pengembangan teknologi sebagai produk karya budaya (Ripley&Bhushan 2016). Misalnya banyak peneliti yang kesulitan mengembangkan secara bebas produk-produk tradisional karena persepsi masyarakat yang mengagung-agungkan tradisi dan kurang mendukung perubahan. Lepas dari cara pikir, sistem kerja dan tingkah laku yang mempengaruhi produktivitas, kerap kali tradisi dianggap bersifat ajeg dan tidak boleh diubah (Hays 2015). Beberapa ahli mungkin berpendapat bahwa kemajuan bangsa dapat dipengaruhi oleh stagnansi budaya, sementara yang lainnya menghargai pelestarian tradisi sebagai sebuah ketahanan. Meskipun masyarakat Indonesia di masa lalu dikenal sebagai bangsa yang terbuka terhadap perubahan, yang ditunjukkan melalui percampuran dan penyesuaian diri karena kemampuannya menyerap dan mengembangkan pengaruh asing (Hays 2015); pada kondisi tertentu mungkin tidak dapat terjadi pada masa kini.

Indonesia bangga akan kekayaan alam dan keberanekaragaman budayanya. Namun demikian terdapat beberapa produk budaya yang dianggap orang Indonesia sebagai materi populer yang khas. Meskipun di saat bersamaan, mereka mungkin menyadari bahwa karya budaya ini pun merupakan hasil akulturasi dan pengaruh dari budaya lain, sebut saja: tempe, tahu, batik, tenun, anyaman dan sebagainya. Selain itu, terdapat juga material mentah yang berasosiasi dengan Nusantara dan Asia Tenggara, misalnya: kelapa, rempah, jengkol, petai, durian, pala, melati dan lain-lain. Bahan-bahan ini berpotensi besar merepresentasikan material terurai hayati dari Indonesia, meskipun saat ini belum dikembangkan sebagai bahan bangunan. Masih banyak material dan metode yang memiliki prospek (Wahyuningtiyas&Suryanto July 2017) untuk dikembangkan menjadi produk arsitektural (Özdamar&Ateş 2018). Sebagai tambahan, untuk mendukung pengembangan material terurai hayati, mengunjungi kembali arsitektur vernakular Indonesia dapat memberikan pandangan mendalam terhadap akar budaya. Kekuatan arsitektur Indonesia yang dituangkan pada rumah-rumah vernakular diakui mencerminkan karakter organik, resilien dan alami (Mittal&Dogne 2016). Dengan mengangkat logika keterhubungan arsitektural yang menjelaskan aspek ke-Indonesiaan dalam sebuah produk material terurai hayati, sebuah arahan dapat diformulasikan agar penggunaannya dapat menggunakannya secara tepat guna (Gruber&Imhof 2017). Penjelasan dan alasan ilmiah akan membangun rasa kepemilikan dan menghindari perasaan asing. Lepas dari tren bangunan umum yang didominasi oleh material industri, sebuah pertanyaan perlu memberikan jawaban atas solusi keseragaman yang disebabkan oleh perencanaan modern. Dengan memahami situasi tersebut, saat ini menjadi kesempatan yang tepat bagi peneliti dan arsitek untuk merayakan keberagaman materi terurai hayati yang menjadi andalan biodiversitas di Indonesia. Maka dari itu, kerjasama dan kolaborasi dari beragam bidang ilmu diperlukan, meninggalkan pemalihan banal yang terjadi hanya pada permukaan dan mulai bergerak untuk memberikan kontribusi kepada dunia dalam mengurangi dampak negatif kerusakan lingkungan.

### **C.6. Konsep Material Terurai Hayati untuk Arsitektur Indonesia yang Berwawasan Lingkungan.**

Konsep material terurai hayati didefinisikan sebagai ide, abstrak atau cara berpikir yang memberikan inspirasi pada desain material yang dapat terurai hayati oleh mikroorganisme (Harper 2001). Tujuannya adalah untuk menciptakan sebuah bahan yang secara alami dapat melebur dengan aman di lingkungan hidup (Wahyuningtiyas&Suryanto July 2017), menghasilkan baik degradasi, pembusukan dan penguraian yang stabil dengan maksud untuk mengurangi polusi di lingkungan. Meskipun material terurai hayati berasosiasi dengan bahan-bahan alami, material buatan adalah sebuah karya intelektual yang memalihkan material mentah atau sisa buangan menjadi sebuah produk yang canggih (Todor 2018). Maka dari itu, desain sebuah material terurai hayati harus dilandasi oleh sebuah perencanaan, strategi dan perhitungan agar dapat beradaptasi dengan lebih baik di lingkungan, sementara meningkatkan kualitas hidup konsumennya (Ahmed 2015). Meskipun beberapa material industri berasal dari bahan alam, proses terurai hayati tidak selalu menjadi pertimbangan dalam perancangannya. Maka dari itu untuk memajukan desain sebuah material, industri perlu didukung untuk menggunakan bahan dan metode yang lebih muktahir (Özdamar&Ateş 2018), tanpa mengabaikan kemampuannya untuk terurai hayati (Mittal&Dogne 2016). Secara praktis, kategori material terurai hayati dibagi menjadi 4, yakni: proses minimal (misalnya: kayu dan bambu), material campuran (contohnya: karpet dan papan), senyawa (seperti: adhesif dan polimer) dan buatan (sampel: plastik). Produk dalam kategori ini dapat diimplementasi baik sebagai elemen dan komponen bangunan, serta dapat diaplikasikan baik pada saat instalasi maupun konstruksi (Sassi 2006). Jadi, sebuah konsep material terurai hayati adalah cara pandang dalam memalihkan sumber daya alam Indonesia menjadi material bangunan terurai hayati, sehingga dapat mendukung penciptaan arsitektur Indonesia yang berwawasan lingkungan.

Arsitektur Indonesia tidak saja mencerminkan biodiversitas namun juga keberanekaragaman budayanya. Arsitektur Indonesia berakar pada konsep arsitektur pernaungan yang membuka dirinya terhadap alam, dibangun dengan materi alami yang berorientasi pada lingkungan dan keberlanjutan (Mittal&Dogne 2016). Arsitektur Indonesia sesungguhnya merupakan arsitektur yang terbuka dan menerima pengaruh asing, misalnya: budaya India, Cina, Arab dan Eropa. Pada kebudayaan Indonesia, rumah adalah pusat dari kebiasaan, hubungan sosial, hukum adat, norma, mitos dan kepercayaan yang menyatukan manusia dengan alam (Hays 2015). Struktur awal rumah-rumah vernakular Indonesia didominasi oleh material kayu, bambu, alang-alang, serat dengan detail fleksibel dan penggunaan dinding minimal sebelum batu bata, besi dan semen ditemukan. Didirikan untuk merespon iklim tropis, arsitektur vernakular Indonesia dibangun dengan menggunakan material tradisional. Bahan-bahan arsitektur vernakular dibangun dengan menggunakan variasi teknik, seperti: penjemuran, pengeringan, pembakaran, pengasapan dan dibuat mengandalkan tangan. Khususnya pada masa lalu, sangatlah terbatas material bangunan yang dibuat dengan menggunakan campuran atau dengan mesin. Pada situasi saat ini, teknik yang lebih maju dapat ditemukan pada industri-industri baru, namun demikian masyarakat pedesaan pada umumnya masih melestarikan teknik tradisional dan menggunakan metode lama (Özdamar&Ateş 2018) (gambar.4). Dengan begitu, terdapat celah penelitian untuk memproduksi sebuah material terurai hayati baru yang dikembangkan dengan inspirasi tradisi Indonesia, meskipun demikian baik metode dan teknik perlu direncanakan agar dapat menyesuaikan diri dengan kemampuan ketukangan lokal. Agar produk baru yang dihasilkan dapat diterima masyarakat luas, pengembangan perlu mempertimbangkan pengalaman ruang masa lalu sementara meningkatkan kompleksitas teknik dan keberanian mengeksplorasi beragam material.



**Gambar 4.** Mempertanyakan Material Arsitektur Indonesia, Pameran Perihal, Andra Matin

Sumber: <https://www.archify.com/id/archifynow/mengalami-arsitektur-andramatin-lewat-pameran-prihal> and <https://www.whiteboardjournal.com/ideas/design/andra-matin-gelar-pameran-bertajuk-prihal-arsitektur-andramatin-di-galeri-nasional-indonesia/>, diunduh tanggal 28 Maret 2020

### C.6. 1. Menuju Teknologi Material Terurai Hayati

Saat ini semakin banyak peneliti dan perancang di seluruh dunia yang bekerja dengan alam sebagai inspirasi, baik untuk pengembangan: bentuk, sistem, struktur, materi bahkan fungsi. Produk-produk baru dikembangkan dengan meniru alam, menyerupai dan mendekati kemampuan benda-benda alam yang dapat menyatu dengan lingkungan. Dengan menggunakan teknologi 3D printing, transplantasi, fermentasi dan teknik-teknik lain yang terinspirasi oleh alam, banyak peneliti percaya bahwa desain parametrik, biomimikri, dan rekayasa genetika dapat memperbaiki hubungan antara makhluk hidup dan lingkungan alaminya. Baik melalui produk generasi terbaru, aplikasi digital, robot dan perangkat lainnya, semakin banyak institusi yang mengeksplorasi material yang dapat berkomunikasi, berinteraksi, berkoresponden dan berdegradasi terhadap lingkungan sekitarnya. Tekstil digital, plastik terurai hayati, teknologi sekali pakai akan segera menjadi tren dalam keseharian kita di masa yang akan datang. Sementara dunia berfokus pada efek pemanasan global, gerakan peduli lingkungan kini dapat dikalkulasikan dan direncanakan secara presisi, menstimulasi lebih banyak partisipasi baik dari rumah tangga sampai kepada pemerintah. Bahkan faktanya, gerakan-gerakan pembaharuan ini sudah semakin optimal dilakukan di negara maju. Di Indonesia, ide keberlanjutan bagi lingkungan hidup masih berada pada tahap awal. Gerakan peduli lingkungan pada umumnya dimulai melalui pengenalan terhadap produk, sistem dan aktivitas pengganti, khususnya yang menyoroti: plastik, pengelolaan sampah, penggunaan kembali dan daur ulang. Meskipun terdapat jurang yang lebar antara aktivitas lokal dan global, mayoritas kegiatan peduli lingkungan banyak terinspirasi oleh gerakan hijau dari mancanegara, sementara beradaptasi secara lokal. Namun demikian, banyak yang mengalami kesulitan dalam mengubah cara pandang dari aktivitas harian konvensional menjadi kegiatan yang berwawasan lingkungan. Banyak masyarakat Indonesia yang belum peduli akan kekayaan alam yang perlu tidak saja dijaga dan dilestarikan, namun juga dikelola dengan bijaksana, karena mayoritas pendidikan dan pengetahuan yang rendah. Oleh karena itu baik, masyarakat, swasta maupun pemerintah perlu terus

diingatkan tentang keberuntungan negara Indonesia atas anugerah alamnya yang tidak saja perlu terus dipelihara, namun juga dipastikan dapat diturunkan ke generasi-generasi selanjutnya.

### **C.6.2. Genius Loci : Tradisi sebagai Inspirasi**

Lepas dari bersifat resilien, berdayaguna dan beragam, arsitektur Indonesia mencerminkan sebuah bentuk kompak dari nilai-nilai kebudayaan. Dikenal konservatif, halus dan lembut, masyarakat Indonesia perlu disadarkan dengan kompetisi global yang pelik, sehingga keterbukaan pikiran dan kesadaran global dapat segera ditumbuhkan melalui pengembangan kebijaksanaan budaya lokal. Kebudayaan Indonesia sarat akan nilai-nilai luhur, misalnya masyarakat Indonesia percaya pentingnya hidup harmonis dengan alam dan yakin dengan kekuatan alam semesta. Namun demikian untuk mengembangkan keberlanjutan lingkungan hidup, masyarakat Indonesia perlu dihadapkan dengan cara berpikir dan bersikap penuh tanggung jawab terhadap lingkungan alaminya dimulai dari keseharian. Kekayaan, kemudahan dan kebebasan berekspresi terhadap lingkungan sekitar kerap membuat masyarakat Indonesia lupa untuk terus menjaga dan memperbaiki diri termasuk mengubah sistem dan cara pandang terhadap arsitektur sebagai wadah keruangan dan aktivitas. Lepas dari keyakinan terhadap kekuatan alam, kepercayaan berbasis alam termasuk pandangan keterkaitan ruang dan waktu, masyarakat Indonesia selalu terhubung dengan konteks alam semesta. Hal ini merupakan pondasi yang kokoh dan peluang yang baik dalam memperkenalkan kembali cara hidup harmonis dengan alam. Meski demikian, untuk memajukan pengembangan material terurai hayati, aksi-aksi peduli lingkungan perlu berfokus pada proses transformasi pada pengembangan produk akhir. Alangkah baiknya jika proses ini dilengkapi dengan arahan, informasi dan cara implementasi terutama untuk dieksekusi dan diaplikasikan di rumah sebagai inti kekuatan arsitektural masyarakat Indonesia. Material terurai hayati yang dapat diproduksi dari rumah dan diimplementasikan untuk kehidupan sehari-hari setiap anggota masyarakat berarti aplikasi berskala besar dan dapat didayakan oleh segenap masyarakat secara luas. Dengan kata lain, meskipun Indonesia kaya akan sumber daya alam, proses awalan yang paling efektif adalah menggunakan material alam yang dapat ditemukan di sekitar lingkungan tempat tinggal kita, entah didapatkan: di rumah, di kebun, di taman, di pasar maupun lokasi-lokasi yang terdekat; variasi material dapat berupa bahan yang umum digunakan pada bangunan, makanan, herbal selama bahan tersebut memberikan rasa familiar kepada penggunaannya.

### **C.6.3. Alternatif Solusi Masalah Stagnansi Teknologi berbasis Budaya pada Material Terurai Hayati Indonesia**

Berdasarkan permasalahan berupa stagnansi di bidang teknologi dan fenomena global berupa keseragaman material yang ada di situasi aktual, konsep material terurai hayati Indonesia perlu memberikan alternatif lain yang menekankan pada intelektualitas. Metode dan teknik baru perlu ditingkatkan kemajuannya agar tidak sekedar terjebak pada pelestarian terhadap bahan-bahan tradisional. Pengembangan produk perlu mempertanyakan transformasi permukaan yang terjadi selama ini, sehingga dapat berfokus pada eksplorasi material bangunan dan menuju uji coba pengembangan bahan dan tektonik yang kompleks. Proses ini perlu mengubah secara total baik formasi, struktur, fungsi bahkan kode-kode genetik material terurai hayati yang dikembangkan. Berdasarkan studi terhadap tren global terbaru merujuk penggunaan bahan yang beranekaragam, baik: sisik ikan, sampah kulit, kulit kerang, cangkang telur, ganggang, ampas kopi, kacang, sekam, wol, dadih, selulosa, jamur, ragi, sampah pertanian, sisa makanan, kulit binatang, biji bunga matahari dan lilin lebah; dapat dikembangkan menjadi material terurai hayati. Dengan kata lain, semua bahan alami dapat digunakan dan ditransformasikan menjadi material terurai hayati. Dengan kekayaan alam yang tinggi sudah selayaknya Indonesia tidak takut dan ragu dalam mengeksplorasi biodiversitas yang dimiliki dan tidak membatasi diri agar tidak terjebak pada pengembangan satu atau dua jenis material yang telah populer sebelumnya. Sebagai tambahan, akan menjadi sempurna bila pengembangan material lokal dieksplorasi dengan memajukan dan mengkombinasi teknik tradisional agar dapat mengikuti kemajuan jaman, misalnya mengembangkan: fermentasi, peragian, penyulingan, penyaringan, pematangan dan pengawetan yang telah dimuktahirkan dari sekedar mengulang teknik konvensional yang sama (gambar 5). Meski demikian, baik adanya bila material dan metode Indonesia yang digunakan dikembangkan setara standar Internasional. Dengan begitu, penelitian ini menyadarkan masyarakat lokal terhadap potensi tidak terbatas pengembangan materi terurai hayati Indonesia karena potensi biodiversitas dan keberagaman budaya Indonesia sehingga masalah stagnansi dapat segera diatasi. Sementara untuk menjawab permasalahan global, penelitian ini menekankan pentingnya menyempurnakan penelitian lanjutan terhadap material terurai hayati agar memastikan degradasi material dapat melebur secara sempurna di lingkungan sesuai kerangka waktu yang direncanakan. Sebagai tambahan, material bangunan terurai hayati masih langka di Indonesia, sehingga terdapat banyak celah untuk pengembangan; simulasi, kalkulasi dan prediksi dibutuhkan untuk mengembangkan material hijau bagi arsitektur berkelanjutan agar dapat menjamin masa depan yang berwawasan lingkungan.





**Gambar 5.** Menuju Potensi Baru Material Terurai Hayati untuk Arsitektur Indonesia; kiri ke kanan: tempe, oncom merah, brem, oncom hitam, tape dan dadih

Sumber: <https://www.indoindians.com/fermented-foods-from-indonesia/>, diunduh tanggal 28 Maret 2020

Sebagai negara ekonomi transisi, Indonesia perlu mempersiapkan diri untuk menghadapi kompetisi global. Usaha ini termasuk menyiapkan arsitektur dan kota-kota di Indonesia agar memenuhi standar Internasional untuk dapat mawadahi secara optimal jaringan dan aktivitas global. Meskipun Indonesia kaya akan biodiversitas dan inspirasi pengembangan material terurai hayati, partisipasi aktif masyarakat luas dan dukungan dari pemerintah diperlukan untuk menciptakan lingkungan hidup yang lebih hijau. Berada pada fase awal memperkenalkan material terurai hayati pada masyarakat, pemahaman yang lebih luas diperlukan untuk memberi kesadaran yang mendalam kepada khalayak umum menghindari interpretasi banal pada permukaan saja, meninggalkan keseragaman yang terjadi di situasi aktual dan membangun interpretasi multidimensi. Sejalan dengan teori dan metode penelitian, terdapat 3 penekanan penting dalam membangun konsep material terurai hayati Indonesia: 1) Masalah stagnansi inspirasi baik materi maupun metode yang cenderung berulang dan terdikte oleh tren populer di masyarakat.

Pengulangan dan keseragaman materi dan metode kerap menjadi batasan dan halangan pengembangan, sementara tren global telah mengklarifikasi keterbukaan dan eksplorasi material tidak terbatas; 2) Kekayaan biodiversitas merupakan bukti kemampuan sumber daya alam Indonesia untuk memproduksi material terurai hayati, termasuk bahan bangunan yang belum pernah digunakan pada arsitektur vernakular. Meski demikian, cara paling efektif adalah menggunakan bahan dan metode yang bersumber dari sekitar tempat tinggal sebagai prioritas. Memajukan teknik dan menggiatkan kepiawaian ketukangan lokal yang diimplementasikan di setiap rumah adalah cara melipatgandakan efek sementara menghindarkan aplikasi yang asing bagi masyarakat Indonesia. Hal ini bersifat kontras dengan kasus di negara maju yang menggunakan aplikasi material terurai hayati yang bersifat asing pada bangunan publik sebagai bagian dari strategi daya tarik, promosi dan edukasi pada kemasyarakatannya; 3) Masa depan materi terurai hayati Indonesia dapat ditemukan di sekitar kita, namun demikian untuk mengembangkan sepenuhnya, eksplorasi material harus dimulai dari tingkat struktur terkecil material. Oleh karena itu, teknik yang muktahir dibutuhkan untuk menstimulasi kebaruan, misalnya: biomolekular, bioteknologi, biokimia; termasuk mendukung kolaborasi multidisiplin. Melangkah maju dari aktivitas perduli lingkungan yang pernah dilakukan sebelumnya, produksi dan aplikasi material terurai hayati perlu dapat diperhitungkan, diprediksikan dan disimulasi secara canggih untuk membuktikan proses terurai hayati dan efek hijau pada lingkungan. Produksi perlu dapat mengembangkan proses kompleks yang melibatkan variasi fermentasi, laboratorium kultur, penyulingan, penyaringan dan rekayasa genetik bahan alami agar dapat secara komprehensif menghasilkan materi terurai hayati yang maju untuk masa depan arsitektur Indonesia yang sepenuhnya berwawasan lingkungan.

## **C.7. Pelaksanaan Penelitian**

### **C.7.1 Mutasi Lanskap dan Batik Sebagai Inspirasi Pengembangan Material Terurai Hayati**

Melalui proses pencarian konsep, sebuah pandangan retrospektif telah memberikan arahan pengembangan material terurai hayati agar meneruskan karya budaya yang merepresentasikan ke-Indonesiaan. Indonesia dengan kekayaan alam dan

budayanya menawarkan inspirasi bahan yang tidak terbatas, sehingga pada penelitian ini dikerucutkan pada lingkungan alami sebagai inspirasi utama yakni lanskap; yang sering tergambar pada karya budaya Indonesia pada motif batik. Sebuah proses mutasi mengendalikan pembentukan materi menggunakan proses biologi, kimia dan fisika sederhana melalui pengendalian arah pertumbuhan/ pembentukan materi berdasarkan motif batik. Dengan menggambarkan pola, sistem dapat digambarkan sehingga materi alami yang dikembangkan dapat merata. Kemungkinan lain adalah pengembangan pola sebagai struktur materi, yakni pola dapat diteruskan menjadi tekstur, jaringan maupun kendali pemerataan beban sehingga memberikan ketahanan dan fungsi tambahan pada materi yang dikembangkan.

### C.7.2. Konsep: Retrospektif

Pengembangan materi terurai hayati mengedepankan persilangan, percampuran dan kolaborasi dari beberapa metode yang dikembangkan dari tradisi baik cara pengawetan, penggambaran, pematangan, fermentasi atau penjemuran yang menggiatkan penggunaan bahan maupun mikroorganisme yang dapat ditemukan di lingkungan sekitar. Batik diinterpretasi sebagai lembaran, jaringan, anyaman, serat, motif dan filosofi lingkungan alamiah sementara lanskap diterjemahkan sebagai materi dan bahan yang digunakan pada rekayasa penelitian. Ketukangan diangkat sebagai kepiawaian sumber daya manusia Indonesia yang mengedepankan proses pengembangan materi agar dapat diproduksi baik pada skala rumah tangga maupun menjadi industri maju.

### C.7.3. Uji coba

Setelah memperoleh arahan, pengembangan konsep secara umum dibagi menjadi 2 tahap, yakni:

1. Tahap 1. Mencari dan mengembangkan inspirasi menjadi sampel lembaran
2. Tahap 2 A. Menyempurnakan sampel  
Tahap 2B. Membuat prototipe material berupa modul lembaran

Tahun 1 secara umum meliputi:

1. Pencarian inspirasi dan kandidat material
2. Percobaan material awal dan seleksi
3. Uji coba pengembangan material terpilih
4. Pengembangan alternatif
5. Menghasilkan sampel lembaran

Tahun 2 secara umum meliputi:

1. Penyempurnaan sampel
2. Membuat prototipe modul lembaran
3. Penyempurnaan prototipe
4. Visualisasi
5. Review

### C.7.4. Hasil, Temuan dan Kebaruan

Merujuk pada retrospektif, konsep pengembangan diawali dengan pencarian dan pengembangan material inspiratif. Oleh karena itu, inisiasi penelitian mengawali eksplorasi berdasarkan ketersediaan sumber material di sekitar lingkungan dengan mempertimbangkan kata kunci, seperti: organik, alami, lingkungan hidup, limbah, tradisional, budaya dan Indonesia. Pencarian merujuk pada kajian dan tren lokal dan global pada beberapa material organik yang inspiratif, namun kurang mendapatkan perhatian dan penggunaannya belum dimanfaatkan sebagai bahan bangunan. Beberapa material lokal Indonesia yang mendapatkan perhatian dan berpotensi dikembangkan, dipilih untuk melalui uji coba tahap awal penelitian. Sebuah kriteria disusun untuk menentukan bahan agar dapat mengerucutkan eksplorasi (tabel 1)

**Tabel 1.** Kriteria Pemilihan Bahan

No.	Kriteria	Alasan Pemilihan
1.	Tersedia di sekitar lingkungan tempat tinggal	Bahan mentah umum ditemukan di rumah, di kebun, swalayan, pasar ataupun apotik hidup. Mudah dikelola dan dikerjakan menggunakan peralatan rumah tangga
2.	Ekonomis/ murah	Material mentah dapat diperoleh dengan harga terjangkau dan bernilai ekonomis ≤ IDR. 30.000/ lembar

No.	Kriteria	Alasan Pemilihan
		dengan luas lembaran 100 cm <sup>2</sup> , ketebalan 0,5 cm atau dalam bentuk bubuk 200 gram.
3.	Siap sedia	Selalu tersedia dalam jumlah banyak dan dapat digantikan dengan material sejenis.
4.	Tidak berbahaya	Tidak menyebabkan alergi, bersifat terapan, tidak bersifat karsinogenik, tidak menghasilkan polusi dan ramah lingkungan.
5.	Tidak beracun	Tidak mengandung zat berbahaya, tidak berbisa, tidak dibuat menggunakan bahan sintetik.
6.	Bersifat alami	Dapat terurai oleh mikroorganisme paling cepat 30 hari.

Mempertimbangkan kajian dan kriteria di atas, beberapa material inspiratif yang muncul berdasarkan diskusi dan wawancara adalah kopi, teh, kertas, serat, gel dan limbah makanan, sementara metode yang terpilih adalah fermentasi, penyeduhan, pengawetan alami, pengeringan dan filtrasi. Beberapa material dan metode inspiratif ini akan diuji coba pada tahap awal penelitian untuk mengetahui sifat dan karakter bahan sehingga dapat dikerucutkan di kemudian hari. Selain material dan metode, hasil diskusi internal dan wawancara digital terhadap 83 responden merujuk pada hasil sebagai berikut: 80,5% setuju untuk bergaya hidup yang berwawasan lingkungan. Hanya 64,2 % yang memiliki persepsi bahwa ruang keseharian mereka merupakan bangunan atau kota hijau. 72% responden yakin bahwa material dan sumber daya yang digunakan sehari-hari bukan merupakan bahan organik. 84% responden yakin bahan sehari-hari yang dipakai dan digunakan bukan merupakan material hijau. 64,2% percaya bahan-bahan yang digunakan sehari-hari tidak dapat terurai dan mencemari lingkungan. 98,8% percaya bahwa material lokal Indonesia dapat dikembangkan untuk material bangunan hijau. 96,3% memilih untuk berpegang pada tradisi dan kebudayaan lokal sebagai inspirasi pengembangan material hijau. 97,6% percaya inspirasi tradisi berpotensi untuk masa depan. 85,4% yakin material hijau terkait dengan bangunan hijau. 92,7% percaya pengelolaan material hijau terkait dengan terciptanya kota hijau. Melalui diskusi dan wawancara di atas secara ringkas menyarankan pengembangan material hijau menggunakan material lokal, material familiar yang digunakan sehari-hari serta dapat dikembangkan berdasarkan tradisi suatu kebudayaan untuk membangun masa depan. <https://docs.google.com/forms/d/1Kk4baFtm3B8kkKxnW6hbWoNuKQcsWlSeAQJ82GO8u5M/edit#responses>




















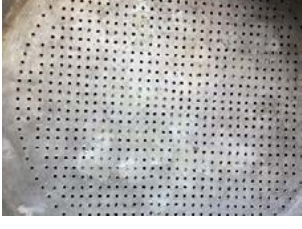

Secara umum berdasarkan pengelompokan jenis bahan dan metode inspiratif, proses percobaan dibagi dua. Pertama adalah percobaan manual yakni uji coba bersifat langsung. Ditujukan untuk menguji coba material statik seperti serat nanas, nata de coco dan limbah kertas. Percobaan merupakan uji coba bersifat mendasar dan konvensional untuk memeriksa kembali sifat dan karakter bahan. Proses percobaan ini merupakan tahapan umum yang bersifat sederhana. Percobaan dasar menggunakan instrumen yang dapat ditemukan di sekitar rumah, lingkungan maupun tersedia di laboratorium (tabel 2)

**Tabel 2.** Metode Uji Coba Manual







No.	Metode	Keterangan
1.	Pemanasan	Dilakukan di atas bahan teflon dengan suhu 75-100° celcius dalam ruangan sampai paparan jenuh (1-5 menit).
2.	Pendinginan	Dengan pendingin dengan suhu 0-5° selama 30 hari.
3.	Pembakaran	Di atas api biru dengan suhu 1000-1500° celcius sampai menghasilkan hasil bakaran akhir (bara, arang atau abu).
4.	Penjemuran	Paparan di bawah sinar matahari langsung selama 30 hari pada suhu tropis Jakarta yakni 22° celcius sampai 38° celcius, kelembaban 80% dan kecepatan angin 15 km/jam.
5.	Perendaman	Menggunakan aqua (H <sub>2</sub> O) dengan PH: 7 selama 30 hari. Kondisi material terendam.
6.	Pengawetan	Di dalam rendaman berupa bubuk kapur (CaCO <sub>3</sub> ) yang dilarutkan pada aqua (H <sub>2</sub> O) dengan PH: 7. Pengawetan material asal dapat mengandung gula tebu (C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub> ) dan garam (NaCl) dan asam asetat (C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub> ).
7.	Penguraian	Pengeringan dengan oven, disangrai, dihancurkan secara manual dengan tumbukan untuk menghasilkan bubuk.
8.	Penyatuan kembali	Menggunakan H <sub>2</sub> O (aqua, PH: 7) untuk menghasilkan pasta kemudian dikeringkan melalui penjemuran untuk menghasilkan padatan.

Mengikuti langkah-langkah di atas, eksperimentasi dengan serat nanas, nata de coco dan limbah kertas secara ringkas ditunjukkan pada tabel 3. Metode ini mengurai sifat dan karakter bahan termasuk ketahanannya yang merefleksikan kemampuan terurai hayati.

**Tabel 3.** Eksperimentasi dengan Serat Nanas, Nata de Coco dan Limbah Kertas

	Serat Nanas	Nata de Coco	Limbah Kertas
Material Mentah			
Pemanasan			
Pendinginan			
Pembakaran			
Penjemuran			
Perendaman			
Pengawetan			



	Serat Nanas	Nata de Coco	Limbah Kertas
Penguraian			
Penyatuan kembali			

Kedua adalah percobaan organik yakni uji coba yang memungkinkan multi-arah, berlanjut atau membentuk daur hidup dan merupakan proses lanjutan yang berlapis serta melibatkan mikro organisme. Uji coba ini ditujukan untuk menghasilkan keluaran lain dari hasil fermentasi kombucha dan kopi. Proses berlangsung secara dinamis, lambat dan tidak dapat selalu diprediksi hasilnya, namun bersifat kompleks. Proses ini merupakan proses produksi yang bersifat tidak langsung dan mengandalkan kemampuan organisme yang hidup serta terkait dengan kondisi lingkungan. Proses ini yang terbagi pada beberapa tahap dan menghasilkan turunan berbeda-beda (tabel 4). Secara bertahap uji coba dibagi menjadi:




**Tabel 4.** Metode Uji Coba Manual

No.	Metode	Keterangan
1.	Penyeduhan	Material mentah diseduh dengan suhu 50-80° celcius dalam ruangan sampai konsistensi jenuh (3-5 menit).
2.	Pengistirahatan	Pemisahan ampas/ limbah terhadap larutan Penyesuaian larutan sampai kepada suhu ruangan
3.	Fermentasi	Ampas kopi dan larutan kombucha difermentasi dalam suhu ruangan tropis 22-26° celcius selama minimal 2 minggu
4.	Pewarnaan	Menggunakan warna alami kopi, the, herbal atau jamu.
5.	Pengeringan	Padatan dipapar di bawah sinar matahari langsung selama 30 hari pada suhu tropis Jakarta yakni 22° celcius sampai 38° celcius, kelembaban 80% dan kecepatan angin 15 km/jam.
6.	Pembersihan	Manual menggunakan aqua (H <sub>2</sub> O) dengan PH: 7, pipet dan pinset.
7.	Pengawetan	Menggunakan garam (NaCl) dan bubuk kapur (CaCO <sub>3</sub> ).
8.	Penyelesaian	Menggunakan cetakan dari kaca, plastik atau stainless steel. Karakter bahan dapat disempurnakan dengan <i>shea butter</i> , minyak alami, bubuk kapur dan material tambahan lainnya sesuai keperluan.

Mengikuti metode di atas, eksperimentasi dengan fermentasi limbah kopi dan teh kombucha ditunjukkan pada tabel 5. Metode ini mengurai sifat dan karakter bahan termasuk ketahanannya yang merefleksikan karakter organik.

**Table 5.** Eksperimentasi dengan Kombucha dan Limbah Kopi

Fermentasi Limbah Kopi	Langkah	   
	Metode	1) Pengumpulan limbah kopi 2) Fermentasi kopi 3) Pemanasan dan pengeringan 4) Cetakan konvensional 5) Penyelesaian alami atau natural

Fermentasi Teh Kombucha	Kertas Dinding	
	Hasil	Keunggulan: Mudah dibuat, murah, mudah dibentuk, mudah ditemukan, tersedia, tidak berbau Kelemahan: Proses panjang, sulit dipelihara, mudah terurai, jamur, daya tahan lemah Keutamaan: insulasi, pengisi, kayu buatan Pendukung: pengusir serangga Tambahkan: kosmetik, pupuk
	Langkah	
	Metode	1) Penyeduhan di rumah 2) Fermentasi teh kombucha 3) Pengawetan herbal 4) Pengeringan alami dan buatan 5) Penyelesaian dan aplikasi akhir
	Kertas Dinding	
	Hasil	Keunggulan: mudah dibuat, fermentasi singkat, murah, tidak terbatas, berdaya tahan Kelemahan: material hidup, sulit dikelola, faktor tumbuh bersifat sensitif, berbau Keutamaan: lembar transparan, kertas dinding, material translusen, kulit buatan Pendukung: makanan dan minuman Tambahkan: kosmetik dan pupuk

Dua pengelompokan uji coba di atas secara ringkas menginformasikan temuan bahwa serat nanas mempunyai kekuatan struktur yang paling kuat, sehingga sulit terurai. Bentuk serat berupa benang menyebabkan penguraian serat nanas tidak terjadi secara merata dalam tempo yang sama. Meski begitu serat nanas merupakan isolator yang baik terhadap suara, api dan air. Kemampuan ini lebih tinggi dari material lainnya. Nata de coco mengandung cairan yang tinggi, bersifat lentur, *translucent* dan merupakan isolator api. Oleh karena itu nata de coco berpotensi dikembangkan menjadi material tahan api (*non-combustible*), namun rentan terhadap panas, mudah berubah bentuk karena perubahan suhu dan merupakan daya tarik bagi organisme sehingga durasi urai sulit dikendalikan. Limbah kertas memiliki homogenitas bahan, daya rekat, mudah berbau dengan material lain dan mempunyai waktu terurai sedang sehingga mudah terkendali. Meski begitu, kertas adalah material yang mudah terbakar (*combustible*) dan hancur karena zat cair. Hal ini dapat bersifat fatal karena faktor struktur material dan sulit dikendalikan dalam situasi dan kondisi tertentu. Limbah kopi memiliki kemampuan pengawetan alami dan ketahanan terhadap mikroorganisme, namun mudah hancur dan terbakar. Limbah kopi memiliki keserupaan karakter perpaduan antara serat nanas dan limbah kertas meski memiliki bentuk yang berbeda. Jaringan selulosa kombucha memiliki karakter struktur yang memiliki keunggulan berupa perpaduan antara serat nanas, nata de coco; homogenitas dan rekatannya layaknya kertas daur ulang dan kemampuan awet yang tinggi layaknya limbah kopi dalam keadaan kering. Namun kekurangannya adalah sulit dikendalikan perkembangannya karena bergantung pada organisme dan memiliki aroma menyengat khas.

Merujuk pada hasil penelitian di atas disusunlah sebuah prioritas pengembangan material terurai hayati yang menjadi fokus pengembangan. Jaringan selulosa kombucha adalah fokus pengembangan penelitian yang akan dikembangkan sebagai suatu kebaruan berupa sampel lembaran. Sampel lembaran ini adalah produksi utama penelitian yang akan dikembangkan menjadi prototipe. Hal ini terjadi karena jaringan selulosa kombucha, merepresentasikan keunggulan beberapa karakter material kandidat lepas dari kesulitan dalam pengelolaannya. Limbah kopi merupakan material alternatif yang dapat dikembangkan sebagai bahan pengisi bila dibutuhkan. Selain mewakili beberapa keunggulan dari kandidat material lainnya, limbah kopi memiliki sifat kontras yang berpotensi melengkapi kekurangan dari jaringan selulosa kombucha. Serat nanas, nata de coco dan limbah kertas menjadi media pembanding yang mendukung kualitas sifat dan karakter material lembaran yang akan dihasilkan. Pada pengembangan akhir sampel, jaringan selulosa kombucha telah mengalami beberapa percobaan

lanjutan sehingga menghasilkan kebaruan berupa pewarnaan, pengawetan dan penyelesaian teksur, ukuran, ketebalan dan penyelesaian (*finishing*) yang berbeda-beda. Tujuannya adalah untuk menghasilkan sampel lembaran yang memiliki daya tarik dan ketahanan yang tinggi (Gambar 6). Pada percobaan-percobaan yang telah diujicoba, hasil terbaik secara berurutan dari kiri ke kanan dijabarkan sebagai berikut:

1. Fermentasi teh hitam, paparan tidak langsung dan cetakan pola *grid*  
Menghasilkan sampel coklat gelap dengan tekstur halus bermotif *grain*
2. Fermentasi teh putih, temperatur kontras dan paparan radiasi tidak langsung  
Menghasilkan sampel *nude*, tekstur berombak dengan motif *polkadot* gelembung
3. Fermentasi teh hijau, temperatur seimbang dan paparan radiasi langsung  
Menghasilkan sampel coklat muda, tekstur berkerut dengan motif semburat warna muda



**Gambar 6.** Percobaan Memproduksi Sampel Material dari Fermentasi Teh Kombucha; kiri ke kanan: Fermentasi Teh Hitam, Teh Putih dan Teh Hijau

Penelitian dilanjutkan dengan mengembangkan bentuk, ketebalan dan variasi tektur berbeda. Uji coba awal meliputi bentuk variasi persegi dan lingkaran; lapisan berganda (*doubled layer*), tektur dengan karbonasi dan *molding*. Mutasi lanskap dilakukan menggunakan variasi media dan wadah dengan kombinasi karbonasi dan *molding* berdasarkan inspirasi motif titik pada batik. Hal ini dilakukan menggunakan media alami dan control secara manual untuk menekankan pada kealamiahannya. Permasalahan utama pada draft awal terletak pada ketebalan yang kontras dan tektur yang tidak merata. Hal ini menyebabkan sifat material cenderung rapuh, namun menunjukkan signifikansi pada tektur. Hasil draft penelitian menunjukkan perbedaan signifikan pada tampilan keseluruhan, rekomendasi uji coba lanjutan dibutuhkan sampai mencapai kestabilan. Hasil yang berbeda-beda ditunjukkan pada gambar 6. Oleh karena itu uji coba yang bergradasi dibutuhkan untuk mengendalikan ketebalan dan tektur yang merata pada uji coba sampel lanjutan.







**Gambar 7.** Variasi Pengembangan Mutasi Lanskap pada Sampel Uji Coba

Penelitian berikutnya difokuskan pada lembaran standar dengan ukuran yang lebih besar. Uji coba berfokus menggunakan media cair daripada selulosa yang digunakan secara konvensional. Nampun metal digunakan sebagai pengganti material kaca tradisional. Percobaan tekstur dibantu menambahkan molding dan karbonasi dari cairan kombucha untuk memberikan gradasi yang lebih baik. Hasil uji coba menunjukkan lembaran yang lebih stabil dengan tekstur minimal, stuktur lembaran menunjukkan elastisitas dan plastisitas yang lebih baik dengan gradasi pada molding. Uji coba berfokus pada material cair pada kombucha menunjukkan pengendalian dan kontrol yang lebih baik meskipun memiliki produktivitas lebih rendah. Penambahan cairan karbonasi menghasilkan lapisan berganda, sedangkan penumbuhan *molding* memberikan peluang pengendalian motif pada tekstur kembangan. Kelebihan uji coba ini adalah kendali bentuk, struktur dan tekstur pada sampel material uji coba. Kekurangannya adalah pada penekanan tekstur dan pengeringan material. Lepas dari produktivitas yang lebih lambat dibandingkan dengan penggunaan kombinasi selulosa dengan cairan kombucha, hasil uji coba lanjutan menunjukkan kontrol yang lebih baik dari aspek bentuk, struktur dan tekstur pada uji coba sampel. Proses dan hasil ditunjukkan pada gambar 8.



**Gambar 8.** Atas: Proses Uji Coba Lanjutan, Bawah: Hasil Uji Coba Lanjutan dengan Ukuran Lebih Besar dan Pengembangan Mutasi Lanskap pada Tekstur

**D. STATUS LUARAN:** Tuliskan jenis, identitas dan status ketercapaian setiap luaran wajib dan luaran tambahan (jika ada) yang dijanjikan pada tahun pelaksanaan penelitian. Jenis luaran dapat berupa publikasi, perolehan kekayaan intelektual, hasil pengujian atau luaran lainnya yang telah dijanjikan pada proposal. Uraian status luaran harus didukung dengan bukti kemajuan ketercapaian luaran sesuai dengan luaran yang dijanjikan. Lengkapi isian jenis luaran yang dijanjikan serta mengunggah bukti dokumen ketercapaian luaran wajib dan luaran tambahan melalui Simlitabmas mengikuti format sebagaimana terlihat pada bagian isian luaran

Seminar 2nd Tarumanagara International Conference on the Applications of Social Sciences and Humanities (TICASH 2020) sudah dilakukan dan Prosiding Internasional sudah terbit di Advances in Social Science, Education and Humanities Research, volume 478; Terbit di Jurnal International City, Territory 8:13 (2021), and Architecture Terindeks Scopus Q1, SJR 0.44 (2020); Jurnal Nasional, Bereputasi (SINTA-4) sudah terbit di Jurnal Muara Sains, Teknologi, Kedokteran, dan Ilmu Kesehatan Vol. 5, No.2, Oktober 2021; Hak kekayaan intelektual sudah terbit tanggal 15 Agustus 2021, sampel material sudah dihasilkan. Proses percobaan yang sudah dilakukan: uji coba kandidat material (serat nanas, nata de coco dan limbah kertas), uji coba pengembangan sampel (fermentasi teh kombucha dan fermentasi limbah kopi), uji coba sampel awal (jaringan selulosa kombucha). Link Video dokumentasi: <https://drive.google.com/drive/folders/1IYYLGFWKyECw2bSo9NM5cpBtqQL0a4LB>.

### Luaran Wajib

Tahun Luaran	Jenis Luaran	Status Target Capaian (accepted, published, terdaftar atau granted, atau status lainnya)	Keterangan (url dan nama jurnal, penerbit, url paten, keterangan sejenis lainnya)
1	Dokumen pendaftaran hak cipta	Terbit Sertifikat (Granted)	<a href="https://linter.untar.ac.id/repository/penelitian/uktipenelitian_10389006_15E201121144142.pdf">https://linter.untar.ac.id/repository/penelitian/uktipenelitian_10389006_15E201121144142.pdf</a>
2	Dokumen pendaftaran hak cipta	Terbit Sertifikat (Granted)	HKI - Karya Arsitektural dengan Material Terurai Hayati (Biodegradable)

### 1. HKI



#### LAMPIRAN PENCIPTA

No	Nama	Alamat
1	Fermanto Lianto	Taman Surya 2, Blok D1-2, Pegadangan, Kalideres
2	Rudy Trianto	Muara Karang Blok JKK 811A, Pluit, Penjaringan
3	Denny Hasan	Taman Ratu Indah Blok BB4 No. 12A, Kesyau Utara, Kebon Jeruk

#### LAMPIRAN PEMEGANG

No	Nama	Alamat
1	Fermanto Lianto	Taman Surya 2, Blok D1-2, Pegadangan, Kalideres
2	Rudy Trianto	Muara Karang Blok JKK 811A, Pluit, Penjaringan
3	Denny Hasan	Taman Ratu Indah Blok BB4 No. 12A, Kesyau Utara, Kebon Jeruk





# STUDI TEH DAN KOPI DENGAN METODE FERMENTASI UNTUK PENGEMBANGAN MATERIAL BANGUNAN TERURAI HAYATI

Dr. Ir. Firmanto Lianto, M.T. (NIDN: 0105076401)  
 Dr. Ir. Rudy Trioso, M.T., IAI, HDH. (SIDK: 010392032)  
 Denny Hwin, S.T., MA, HAU (NIDN: 0326108302)

## Ringkasan

Kesadaran akan efek negatif pemanasan bumi mengarahkan pada pentingnya penggunaan material terurai hayati pada konsep bangunan hijau (Najafi & Fazio, 2017). Meski demikian, pada kenyataannya pengembangan bangunan hijau di Indonesia belum banyak berfokus pada material terurai hayati karena keterbatasan dan kurangnya ketertarikan. Studi ini bertujuan untuk menginisiasi pengembangan material berbasis lingkungan hidup yang dapat dibuat oleh semua kalangan masyarakat dan dapat diproduksi di rumah (Orvin, et al., 2015). Stimulasi dapat merangsang partisipasi masyarakat untuk memproduksi material bangunan sederhana untuk kebutuhan sehari-hari (Barry, 2018). Metode fermentasi dilakukan dengan cara observasi dan eksperimen untuk menghasilkan material terurai hayati dan tujuannya (Datta & Paul, 2018). Terdapat 2 jenis pengembangan yang saling melengkapi, yakni: 1) mengembangkan material lembaran sebagai penutup yang dibuat dari teh kombucha dan 2) bahan pengisi dari limbah kopi. Hasilnya adalah prototipe berupa lembaran dan pengisi yang berpotensi dikonstruksikan menjadi bahan bangunan. Tujuannya adalah material alami ramah lingkungan yang dapat dikembangkan di rumah dan memiliki degradasi yang baik. Selain material bangunan, fermentasi juga menghasilkan variasi tanaman yang berguna untuk kehidupan sehari-hari seperti pupuk, pengusir serangga, kosmetik, makanan dan minuman. Keberhasilannya adalah bahan pembentuk material bangunan organik sebagai prototipe yang dapat terurai hayati.

Kata kunci: arsitektur, fermentasi, hayati, hijau, terurai.





## Kesimpulan

Studi ini merupakan uji coba awal yang mengandalkan ketersediaan material alami di sekitar lingkungan tempat tinggal pada saat pandemi Covid-19. Proses eksperimen untuk mengidentifikasi protokol kesehatan dan keselamatan untuk memproduksi bahan dan sumber daya lokal. Proses ini diuji coba di lokasi yang berbeda-beda dan kondisi yang tidak seragam untuk menyajikan sampel acak. Narasi demikian, percobaan ini merupakan uji coba dalam studio yang merupakan hasil dengan kualitas terbaik dan belum melewati tes laboratorium karena bertujuan menemukan dasar pengembangan daripada hasil akhir. Oleh karena itu, sebagai sebuah keberlanjutan, penelitian ini menyarankan penelitian lain untuk membandingkan kelebihan dan kelemahan material alami antara satu dengan yang lainnya. Kemajuan yang disarankan adalah untuk mengarah pada kombinasi, rekayasa teknologi dan konstruksi prototipe material organik.

## Referensi

- Barry, L. (2018). *Kombucha Leather: How to Grow*. Parson, Public Lab. Healthy Materials Lab. Retrieved from <https://psblab.org/notes/liz/01-20-2018/grow-kombucha-leather-parsons-healthy-materials-lab>
- Datta, H., & Paul, S. K. (2018). Kombucha Drink: Production, Quality and Safety Aspects. In A. Gmezvescu, & A. M. Holban, *Production and Management of Beverages* (1 ed., pp. 259-288). Cambridge, UK: Woodhead Publishing. doi:<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815260-7.00008-0>
- Garvin, M. C., McCarter, J., Mead, A., Berkes, F., Stapp, J. R., Peterson, D., & Tang, R. (2015). Defining bio-cultural approaches to *TREE Trends in Ecology & Evolution*, 30(3), 140-145. doi:10.1016/j.tree.2014.12.005
- Najafi, E., & Fazio, M. (2017). Evolution of Building Envelopes through Creating Living Characteristics. *Journal of Civil Engineering and Architecture*, 11, 1186-1102. doi:10.17265/1934-7359/2017.12.004

Tabel 1. Eksperimentasi dengan Kombucha dan Limbah Kopi untuk Membangun Konsep Material Terurai Hayati

Fermentasi Teh Kombucha	Lampah	
	Metode	1) Penyediaan di rumah 2) Fermentasi teh kombucha 3) Pengeringan herbal 4) Pengeringan alami dan buatan 5) Penyelesaian dan aplikasi akhir
Fermentasi Limbah Kopi Industri	Kata Deskripsi	
	Hasil	Kesugihan: mudah dibuat, mudah diangkut, murah, tidak terbatas, berdaya tahan Kelemahan: material hidup, sulit dikoleksi, faktor tumbuh bersifat sensitif, butuh Keuntungan: lembaran transparan, kertas dmidang, material transhwin, kain busan Pembuktian: makanan dan minuman Tambahkan: kosmetik dan pupuk
Fermentasi Limbah Kopi Industri	Lampah	
	Metode	1) Pengumpulan limbah kopi 2) Fermentasi kopi 3) Pemasakan dan pengeringan 4) Cetakan konvensional 5) Penyelesaian alami atau natural
Fermentasi Limbah Kopi Industri	Kata Deskripsi	
	Hasil	Kesugihan: mudah dibuat, mudah diangkut, mudah dibersihkan, tersedia, tidak berbau Kelemahan: proses panjang, sulit diperbaiki, mudah terurai, jenuh, daya tahan rendah Keuntungan: mudah, pengisi, kayu busan Pembuktian: pengusir serangga Tambahkan: kosmetik, pupuk

## Luaran Tambahan

Tahun Luaran	Jenis Luaran	Status Target Capaian (accepted, published, terdaftar atau granted, atau status lainnya)	Keterangan (url dan nama jurnal, penerbit, url paten, keterangan sejenis lainnya)
1	Artikel pada Conference/Seminar Internasional di Pengindeks Bereputasi	Terbit dalam Prosiding	<a href="https://intar.untar.ac.id/repository/penelitian/bukti_penelitian_10389006_6A201121144936.pdf">https://intar.untar.ac.id/repository/penelitian/bukti_penelitian_10389006_6A201121144936.pdf</a> <a href="https://journal.untar.ac.id/index.php/jmistki/article/view/13047/8391">https://journal.untar.ac.id/index.php/jmistki/article/view/13047/8391</a>
2	Artikel di Jurnal Internasional Terindeks di Pengindeks Bereputasi	Published	<a href="https://intar.untar.ac.id/repository/penelitian/bukti_penelitian_10389006_20A111021204356.pdf">https://intar.untar.ac.id/repository/penelitian/bukti_penelitian_10389006_20A111021204356.pdf</a>

## Development of Biological Understanding Materials For Architecture

Case study: Pineapple Fibre, "Nata de Coco", Waste Paper

Fermanto Liumio<sup>1\*</sup>, Rudy trismo<sup>2</sup>, Denny Husin<sup>3</sup>, Múcké Choundi<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Department of Architecture and Planning, Transmanus International University, Indonesia  
<sup>2</sup>Corresponding Author, Email: rtrismo@tmanus.ac.id

### ABSTRACT

Construction and building waste have stimulated an environmental movement, from reuse and recycle activities to the development of biodegradable materials, these features have stimulated an instant trend in the global world. Conventional building material contributes to more pollution and warmer environment, and some may contain toxic or dangerous substances that can be harmful to humans and other organisms. This paper investigates three potential biodegradable materials that are easily found in Indonesia, namely: pineapple fibre, "Nata de Coco", and recycle paper. This study aims to create a base that is to develop more advanced biodegradable material research in the near future. The experimentation is planned to be possible at home or small industry, it is economical and user-friendly and can be equipped with simple instruments like household utensils. By doing so, the research intends to target a bigger audience for implementation, as the material can be easily produced and used at the domestic level. This method uses natural to test the basis and development of biodegradable building material samples. Steps are generally divided by two basic tests (heating, cooling, roasting, drying) process and starter (preserving, decomposition, reformation). The result is a kick-start in a powder form, tested to produce sample material sheets in order to present the prospective development of Indonesian biodegradable building materials.

**Keywords:** Architecture, Biodegradable, Natural, Material, Sheets

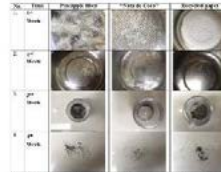
### 1. INTRODUCTION

The phenomenon of world situation on building waste management has become a global concern. The environmental materials, including support for green environmental planning [1]. Recycling and reuse activities need to be considered as a planned effort to reduce building waste, renovation and material discovery can contribute not only to reducing waste but also to achieving zero waste in green buildings. However, inspiration needs to study society and familiarize yourself with the natural material that can be found around us [2]. The aim is to reduce the carbon footprint and pay attention to the material decomposition process cycle, this action needs to become our daily agenda, including its application to building. An awareness of biodegradable materials' importance can be immediately becomes building construction materials [3]. The benefits of the research are to develop the concept of biodegradable building materials based on local materials in order to foster a love of domestic natural materials and support the development of green building designs in Indonesia. A sustainable environment is one of the global directions in building design that receives serious attention not only because of the effects of global warming but also because it involves many of the world's problems including links to urban planning. Green building design contributes to the improvement of economic, social, political and cultural conditions from the use of community resources to building waste [1]. Based on environmental care, building

construction waste is included in the percentage of serious waste problems to be considered [4]. One of the essential issues that locally globally need to be implemented immediately include: waste minimization, recycling, planning and the use of biodegradable building materials [5]. However, the process of reducing waste by recycling has not been categorized as a productive effort, the evidence is that 79% of waste dumped into land disposal is still classified as waste [6].

Environmentalists, including architects in this context, need to be invited to take a role in planning strategies in making innovations to achieve zero waste architecture. Similarly, industry and government can be allowed to develop building materials [1]. It means that the cycle and system in building design can invite active participation from direct actors so that in the future, they are actively aware of the actions of using products and are willing to take a role in waste treatment and the use of biodegradable materials. Inspiration is drawn and learned from natural materials and experimental tools that can be found at home and around the environment. The goal is that the natural process cycle's characteristics can not only be applied to building construction [3] but also in daily life. To take root in culture, memory, and design, landscape as a verb suggests the development of a synthetic sample [7]. Biodegradable material needs to be found in the neighborhood and can be implemented on a home industry scale. This is the simplest development strategy for basic biodegradable materials, which are gradient and can be implemented on a minimum scale, before further development.

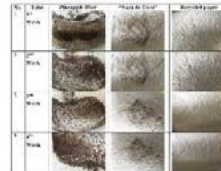
Table 3 Drying Process



The findings of the drying process by the destruction of dry material through the drying process, making process, naturally created with cellulose, fibers, and a greater to produce powder refers to the following:

1. Pineapple fibre produces a paste that is heterogeneous has a rough texture and does not blend perfectly. The resulting solids are the most fragile and show contrasting colours. The darker the colour of the texture of the solid, the more fragile the bonding material.
2. "Nata de Coco" produces chewy pasta with uneven colours. The fusion process results in a gradient of change from the slurry paste, the doughy though then produce a chewy solid. However, there are gradients of texture colour in the final result.
3. Recycled paper produces a paste that blends perfectly in both colour and texture, however, the final result show the fragility and is most easily overgrown with mould or mildew.

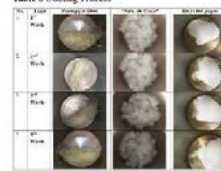
Table 4 Roasting Process



The findings on the roasting process using blue-orange fire with a temperature of 1000-1200 degrees Celsius to produce the following reference:

1. Pineapple fibre burns unevenly, flammable on the outside, but after breaks make flat disc core not flammable. The resulting burnt in the form of fibre charcoal.
2. "Nata de Coco" is the most difficult material to burn, beginning with shrinking, bubbles appear on the exterior, roasting process of the exterior into charcoal. Roasting process occurs per layer and leaves a lump of moist charcoal.
3. Recycled paper burns evenly immediately and becomes charcoal dust in a few seconds.

Table 5 Drying Process



The findings of the drying process the material using a refrigerator with a temperature of 0-5 for 30 days refer to the following:

1. Pineapple fibre does not show the significant shape and colour changes in the wall shape and fibre, becomes moist, but easily into moisture when exposed in air outside the refrigerator.
2. "Nata de Coco" loses about 2-10% humidity every week, which affects the overall shape. It is difficult to lose moisture when exposed to air outside the refrigerator.
3. The recycled paper shows no change at all, retained humidity, and does not easily lose moisture when exposed to air outside the refrigerator.

Table 6 Immersion Process



The findings on the immersion process using H<sub>2</sub>O (air, PH: 7) for 30 days with submerged material refer to the following:

1. Pineapple fibre is kept moist, the fibre's overall texture remains moist, there are fine fibres that are detached from the fibre structure.
2. "Nata de Coco" does not undergo significant deformation but starts to give off an unpleasant odor.
3. Gradually recycled paper is destroyed but not completely destroyed.

In general, the immersion process mostly affects the structure of recycled paper; because, in addition to visually experiencing deterioration, the texture of the paper becomes fragile. Pineapple fibre experiences mild destruction in only a portion of the fibre. "Nata de Coco" does not appear to have been destroyed but has undergone a process of decay, which is indicated by smell (Table 6).

Integration is done by dissolving the breakdown results using H<sub>2</sub>O (air, PH: 7) to produce a paste that is blended through drying process to produce solids and refer to the following results:

Pineapple fibre produces a paste that is heterogeneous has a rough texture and does not blend perfectly. The resulting solids are the most fragile and show contrasting colours. The darker the colour of the texture of the solid, the more fragile the bonding material. "Nata de Coco" produces chewy pasta with uneven colours. The fusion process results in a gradient of change from the slurry paste, the doughy though then produce a chewy solid. However, there are gradients of texture colour in the final result. Recycled paper produces a paste that blends perfectly in both colour and texture, however, the final result show the fragility and is most easily overgrown with mould or mildew.

In general, "Nata de Coco" produces a unique texture with a moderate level of integration. Recycled paper produces results similar to the original form with a high degree of fusion, while pineapple fibre produces the most fragile heterogeneous solids (Table 5).

### 4. CONCLUSIONS

Research focusing on developing three materials with different characters requires constant, which can open up various options. However, research has the disadvantage that even if the three types of material are compared by doing the same specific exposure, the data materials cannot be exactly tested, both from the handling and during the process of changing nature. The final process that transforms processed into powder form has special opportunities for even more parallel treatment and proved the development of this material can be done on a household scale. Through this research, it can be concluded that pineapple fibre has the strongest structural strength, making it the most difficult to decompose. The shape of the fibre resembles a thread causing pineapple fibre cannot be dissolved easily at the same time. However, pineapple fibre has the potential to be good insulation of sound, fire, water, which is lighter than other material. "Nata de Coco" has a high liquid, flexible, translucent, fire insulator and can be developed into a non-combustible material. However, "Nata de Coco" is susceptible to heat exposure, is easily deformed due to changes in temperature, and becomes a danger for organisms so that decomposition process time is more difficult to control. Recycled paper has a natural homogeneity, high adhesion easily blends with additional material and has moderate decomposition process time so that it is easily controlled. However, recycled paper is combustible, destroyed by liquid. It can be said because it is not structurally rigid in certain situations and conditions. The final sample in the form of processed materials still showed variations in character according to each material's strength and weakness even though it was in the form

1. Pineapple fibre loses moisture, loss of humidity 20-30% every week depending on the weather, 75% dry in the 2<sup>nd</sup> and 3<sup>rd</sup> week. The texture changes from moist and soft, to stiff and rough, in the 4<sup>th</sup> week, there is a loss of fine fibre flakes.
2. "Nata de Coco" loses 10-15% humidity every week, and water decomposition process is aided by vitamins such as bacteria and ions. Leaving 10% solid material translucent and fragile but flexible.
3. The pulp loses its moisture, the loss of humidity is 20-30% every week depending on the weather, preceded by the loss of the rising liquid, leaving a paste, ending with a paste that dries 90-95% with fine dust and mildew on the surface.

Decrease of different characters, materials, and stable weather situations, it isn't easy to compare the fibre under the same conditions. However, because the exposure is carried out simultaneously, the three items can be assessed for durability in the following order: Pineapple fibre, paper, and "Nata de Coco" while the biodegradability is tested the opposite (Table 5).

Table 6 Immersion Process



The findings on the immersion process using H<sub>2</sub>O (air, PH: 7) for 30 days with submerged material refer to the following:

1. Pineapple fibre is kept moist, the fibre's overall texture remains moist, there are fine fibres that are detached from the fibre structure.
2. "Nata de Coco" does not undergo significant deformation but starts to give off an unpleasant odor.
3. Gradually recycled paper is destroyed but not completely destroyed.

In general, the immersion process mostly affects the structure of recycled paper; because, in addition to visually experiencing deterioration, the texture of the paper becomes fragile. Pineapple fibre experiences mild destruction in only a portion of the fibre. "Nata de Coco" does not appear to have been destroyed but has undergone a process of decay, which is indicated by smell (Table 6).

### 3.2 Changes itself towards Biodegradable Building Materials

Nature change is the process of changing natural materials found around the environment to become compounds for designing biodegradable building materials. Through a series of trials, in this natural study materials found around us breaks down into the smallest structures so they can be used as the basis for building biodegradable building materials. After being formed into a sample of biodegradable building materials, these natural materials still have similar characteristics to their origin, but have changed their function and durability so that they can be used as building materials. However, in this study, the experiment only focused on developing material samples and did not produce building materials that were ready to be commercialized.

Table 7 Preserving Process



The findings on preserving time powder (CACO) dissolved in H<sub>2</sub>O (air, PH: 7) refer to the following:

1. Pineapple fibre does not experience significant changes compared with the conventional drying process, but lose moisture the fibre feel coarser with the amount of loss of fine fibre more about 10-20% than just using water.
2. "Nata de Coco" does not appear to experience significant changes when compared with the conventional drying process, but when observed weekly changes, more fluid is lost. However, taste is not very sour.
3. The recycled paper does not show significant changes when compared with the conventional drying process. However, fine powder is found on the surface of the paper, and no mould/mildew is found in the 4<sup>th</sup> week.

Preserving process does not change the overall shape and decomposition process when compared with the use of air; however, lime has been shown to accelerate the decomposition process while preventing mild, mould, or mildew on the material even though it leaves powder on the surface (Table 7).



2. RESEARCH METHODS

The research chooses the material studied based on the criteria: 1) Easy to find around the environment, 2) Economical (cheap), 3) Ready (4) Harmless, 5) Non-toxic and 6) Natural. Forming material is divided into 3, namely: 1) Fibrous fiber as a representative fiber, has the character of insolubility, in the form of strands and is often used in textiles, crafts and animal husbandry, 2) "Nita de Coco", derived from liquid, translucent and translucent transparent fields, used as a food, 3) Recycled paper representation of sheets, formed from the pulp, flat-shaped used for stationary, decoration, and crafts. Recycled paper representation of sheets, formed from the pulp, flat-shaped used for stationary, decoration, and crafts. The method uses a grid to see the basis and development of biodegradable building material samples. Steps are generally divided by two, basic tests (heating, cooling, rinsing, drying, immersion process) and starter (preserving, decomposition, reutilization process) (table 1).

Table 1 Trial Methods

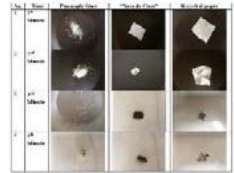
No	Method	Information
1	Preparation Process	Use Teflon on the stove with an internal temperature of 75-100 degrees Celsius for 1-3 minutes until saturated exposure.
2	Cooling process	Use a refrigerator with a temperature of 0-5 degrees Celsius for 30 minutes.
3	Reheating process	1-3 minutes on a range-top flame with the temperature of 100-150 degrees Celsius to produce endothermic results.
4	Immersion process	Direct exposure to sunlight for 30 days in a clean, natural temperature water from 22 degrees Celsius to 28 degrees Celsius with a maximum humidity of 90%, and winds of 14 km/hour.
5	Immersion process	Using H <sub>2</sub> O (open, PH 7) for 30 days. The condition of the material is submerged half submerged.
6	Preserving Process	Lime powder (Ca(OH) <sub>2</sub> ) dissolved in H <sub>2</sub> O (open, PH 7) as a variation of immersion process material considering the dominance of acidification and material. Preserving process material origin containing one sugar (C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub> ) and salt (NaCl) and organic acid (HCO <sub>2</sub> H).
7	Decomposition Process	Material is dried by the drying process, rinsed, naturally with soft bristles, filter, and graded to produce a powder.
8	Reutilization Process	Using H <sub>2</sub> O (open, PH 7) to produce a paste, then dried through drying process to produce re-usable.

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1 Basic Biodegradability Test

With the target of the ability to melt in the environment, biodegradable building materials need to be planned to be able to melt into materials that are assimilating the soil, plants, or become a food source for organisms. Smelting can occur through the influence of weather, microorganisms, or human intervention. For example, putting certain substances or components into a material whose melting results are not harmful to the environment. Although the ability and results of the fusion vary, the ultimate goal of biodegradable building materials is to return to the landscape as its natural environment. Therefore, in this case, time determines the durability of the material that can determine its use as a temporary or permanent building material. Temporary building material means that the building material will biodegrade itself (autobioactivity through decomposition) or control), suitable for use in pavilions, camps, exhibitions, landscapes, and so on. Permanent building material means building materials will biodegrade with additional component interventions while remaining as useful as conventional building materials if not without intervention. Permanent building materials are suitable when used for simple houses, interiors, etc. Therefore, to test the level of material resistance, the following trials are carried out:

Table 2 Heating Process



The findings on the heating process the material using Teflon on a stove with an internal temperature of 75-100 degrees Celsius for 1-3 minutes until saturated exposure refers to the following:

1. Fibrous fiber gather before grading partially rinsing process and break down into fibre flakes.
2. "Nita de Coco" gradually shrinks, followed by a rinsing process angle.

of solids even though the change in shape, durability, and ease of mixing become easier. The results of this study can develop further research, for example, to examine derivative materials, combination materials, and the development of prototype functions and other fields: landscape, interior, or exterior.

ACKNOWLEDGMENT

Thank you to DPPM-Uinir (Direktori Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat- Universitas Taramanagara) for funding this research, the craftsmen who helped prepare the material and together did the first trial even though it was done in a different workshop location to enable the research team to re-check the research results while accelerating the trial process.

REFERENCES

[1] P. Sanik, "Biodegradable building," in *Design and Culture 22: Integrating Design in Education with Science and Engineering*, vol. 87, Southampton, UK, WIT Press: Transactions on Ecology and the Environment, 2006, pp. 91-102.

[2] J. F. McLeman, *The Philosophy of Sustainable Design*. Missouri: Ecosave LLC, 2004.

[3] A. J. Anselmi, "Building with Nature (Ecological Principles in Building Design)," *Journal of Applied Bioscience*, vol. 6, no. 4, pp. 958-963, 2006.

[4] P. A. Safiri, *Statistik: Linguistik dan Hibid Indonesia*, Jakarta: Hadrah Pustaka Statistik: Indonesia, 2018.

[5] M. I. Nobile, *Architecture as A Device: The Design of Waste Recycling Collection Centres*. Napoli: DiAra, 2018.

[6] We a. "https://www.e-nr.com/2019." [Online]. Available: <http://www.wa-a.de/news/2019/10/14/eco-tech-lecture-ave-sha-world> [Accessed 26 July 2020].

[7] S. Schama, *Landscape and Memory*. New York: Knopf, 1995.

2. Jurnal Muara Sains, Teknologi, Kedokteran, dan Ilmu Kesehatan Vol. 5, No. 2, Oktober 2021 (SINTA-4)

STUDI BIODIVERSITAS UNTUK PENGEMBANGAN MATERIAL BANGUNAN LEMBARAN TERURAI HAYATI

Fernando Lianto<sup>1</sup>, Rudy Trisno<sup>2</sup>, Denny Husin<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Jurusan Teknik Arsitektur dan Perencanaan, Universitas Taramanagara Jakarta Email: fernando@unatar.ac.id  
<sup>2</sup> Jurusan Teknik Arsitektur dan Perencanaan, Universitas Taramanagara Jakarta Email: rudy@unatar.ac.id  
<sup>3</sup> Jurusan Teknik Arsitektur dan Perencanaan, Universitas Taramanagara Jakarta Email: denny@unatar.ac.id

Abstrak: 22-06-2021, revisi: 24-09-2021, diterima untuk diterbitkan: 06-10-2021

ABSTRAK

Pengembangan biokultur untuk material bangunan di Indonesia masih sangat terbatas dan digeneralisasi oleh temuan managemen, i. m. utamanya pengembangan biokultur kelenteng oleh peminatan industri dan langkah pengembangan dalam skala rumah tangga. Industri rumah sakit ini lebih banyak didominasi peminatan dan undangan di pada papan dan di kelenteng secara tradisional. Padahal Indonesia memiliki potensi kekayaan material alam dan budaya yang beragam, khususnya biokultur perlu mendapatkan kesempatan dalam pengembangan material bangunan baik untuk kelenteng maupun rumah pedesaan skala kecil. Lembar kompos adalah salah satu material organik yang cepat berkembang dan terurai di seluruh pelosok negeri. Nita, ekornis, karaker yang unik dan dapat dikembangkan di rumah merupakan salah satu potensinya, sementara pemanfaatan material ini sendiri, karaker menarik secara visual dan perlu pengabdian. Penelitian ini berfokus mengungkap potensi dan biokultur kompos sebagai bahan bangunan terurai hayati dan siklusnya tradisional. Metode penelitian menggunakan pendekatan kualitatif yaitu wawancara mendalam rumah tangga, mengungkap peran perubahan pada desain media bioaktivasi dan mengidentifikasi material bangunan tempo kerbau. Penelitian ini menelaah pada variasi media bioaktivasi kerbau kompos dan produktivitas biokultur. Penelitian ini membuktikan bahwa untuk menghasilkan SCOBY (Symbiotic Culture of Bacteria and Yeast) yang berkualitas, tidak pernah sama beraturan adalah starter, media (teh dan gula) dan kualitas ruangan. Pada uji coba hanya uji lepuh dan uji hitam yang menghasilkan SCOBY memenuhi kriteria sampel. Pada uji coba uji hasil menunjukkan kualitas sampel sama terurai saat, kali selanjutnya. Berpotensi dikembangkan menjadi wallpaper, pembuat ruang, baik sebagai pembuat makanan yang bernilai edible.

Kata Kunci: bangunan, biokultur, kompos, material, terurai hayati.

ABSTRACT

Bioculture development in Indonesia is considered limited by comparison to its global phenomena. It is influenced by Western culture and mainly decided by market demand. Indonesian advanced bio culture development is dominated by food technology. Few focus on the fabric industry, while the rest is categorized as a traditional home industry. Although Indonesia has many natural and cultural potentials, bio culture has not been developed progressively, especially building material. One of the most promising organic materials that are currently trending is kombucha. It is locally and globally popular in the current situation for herbal tea and economic consumption. Although it is traditionally known for hot-bat tea production, kombucha SCOBY (Symbiotic Culture of Bacteria and Yeast) is also potentially developed as a synthetic material. It has great economic value, unique character and can be created at home. This paper investigates other benefits of kombucha beyond natural remedies. It is planned to be developed at home by using as an alternative building material. The research concentrates on developing kombucha SCOBY as a short for making a new sample for building material and another product design. An experimental method is used by combining conventional and traditional methods for kombucha brewing. This research emphasizes the variety of materials in the form of material solutions and bio culture productivity. This research proves that to produce quality SCOBY, the determinants are a starter, medium (tea and sugar), and room quality, respectively. In the final only green tea and black tea that produced SCOBY met the sample criteria. In the trial, the results show that the sample quality is equivalent to paper or leather. It can be developed into wallpaper, space dividers, synthetic leather, and edible food packaging.

Keywords: building, bio culture, biodegradable, kombucha, material.

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pengembangan material bangunan terurai hayati di Indonesia masih sangat terbatas dan belum berkembang secara optimal. Kekayaan alam dan budaya Indonesia yang beragam dengan intensitas tinggi, tidak sebanding dengan jumlah partisipasi penelitian terkait kemajuan pengembangannya. Penelitian material bangunan rumah lingkungan di Indonesia cenderung berorientasi pada material tradisional, sementara stagnansi terjadi pada kejayaan produksi material industri berbasis pasaran dan replikasi leca managemen. Padahal Indonesia dilalui dengan kekayaan biodiversitas dan kultural (gambar 1) yang sudah selayaknya mendapatkan tempat dan kemahiran tersendiri, salah satunya pengembangan material bangunan tropis yang berkelanjutan (Wasilah, Rohimati, & Su'udi, 2019).



Gambar 1. Biodiversitas yang Ditawarkan Tokor Lumlamp. Sumber: <https://www.biodiversityinanc.net/news-and-media/moving-forward-biodiversity-finance-indonesia-on-solutions-are-nature-diunduh 14 September 2020>.

Material terurai hayati di Indonesia dan di Asia secara umum masih didominasi oleh pengembangan material pengganti plastik untuk kelengkapan sehari-hari, khususnya untuk fungsi kemasan makanan (Aduri, Rao, Fatima, Kaul, & Shalini, 2019). Dari fenomena yang ada, variasi pengembangan material hayati nampaknya tidak seimbang partisipasi minor terjadi pada pengembangan alternatif material rumah lingkungan terurai, sandang dan papan. Lebih lanjut, pengembangan material plastik rumah lingkungan juga masih didominasi oleh papan dan leksi tertentu; penggunaannya ditujukan untuk komunitas spesifik dan belum digunakan secara menyeluruh (gambar 2). Hal ini menyebabkan terbutanya tipe produk, material dan bidang pengembangan dan disinyalir akan jenis bila tren berubah atau peminatan menurut.



Gambar 2. Avam Plastik Tren Plastik Terurai Hayati di Indonesia. Sumber: <https://mk0outhcastst856vx.kinstad.com/wp-content/uploads/2017/07/avam2.jpg> diunduh 14 September 2020.

Permasalahan ini perlu dijawab dengan tantangan lain: kerjasama lintas disiplin dan kritik terhadap kualitas materi. Tujuannya adalah untuk melungkan penelitian terdahulu dan memperkaya khazanah pengembangan material terurai hayati. Pengembangan material hayati tidak selayaknya bergumul pada rumah dan diawasi tertentu saja, namun menciptakan variasi dan integrasi dengan bidang lainnya. Keuntungannya adalah peluang untuk melakukan pemeriksaan

kembali, aksi saling mengisi dan memperkaya sehingga membentuk simbiosis mutualisme, baik antar penelitian maupun pengembangan lintas bidang. Simbiosis mutualisme dapat menjadi stimulan bagi terbangunnya kerjasama dan kolaborasi kebermanian lain yang belum pernah terjadi sebelumnya, sehingga kreativitas dapat ditumbuhkan (Gavin, et al., 2018). Pengembangan penelitian material hayati perlu berani menyetuh kasus bersifat spesifik, sekaligus mempertanyakan generalisasi dan prosedur perencanaan modern yang kerap menyempitkan bibit-bibit baru dan komunitas lokal. Dengan menumbuhkan kreativitas dan keberanian penggunaan materi dan teknik baru, penelitian material terurai hayati memang memiliki tantangan tersendiri seperti sara keagaduan dan sulit untuk maju, namun demikian penelitian perintis memiliki potensi dalam memperkaya kebermanian dan stagnansi penelitian, sementara menawarkan kebaharuan pada industri yang terdilema oleh permintaan pasar sesat. Maka dari itu, pengembangan material terurai hayati yang berbasis lokal tidak saja perlu mengedepankan sumber daya lokal, namun juga proses, teknik dan kesetiaan lokal untuk menyajikan sebuah totalitas (gambar 3).



Gambar 3. E-worare, Keanan Terurai Hayati yang Dapat Dikonsumsi.  
https://infahabit.com/wp-content/blogs.dir/1/files/2017/11/E-worare-Sea-weed-889c595.jpg diunduh 14 September 2020.

Pengembangan material hayati sesungguhnya memang memiliki variasi yang tidak terbatas, namun demikian pengembangan (terutama) *in-vitro* cenderung mempromosikan pengembangan berbasis budaya dan etnik. Untuk masa depan abad ke-21 karena dipengaruhi oleh gerakan kesadaran lingkungan. Biokultur yang terkait dengan keselamatan mewakili lokalitas sebagai keberagaman global maka dari itu kelahirannya merupakan tempat di mata dunia belakangan ini (Maffi & Dilts, 2014). Biokultur merupakan keilmuan lintas disiplin yang mengembangkan budaya dan kemanusiaan. Meskipun biokultur telah berkembang menjadi tujuan yang berbedabeda, biokultur konsisten merangkul lingkungan global, sementara berfokus pada adaptasi budaya yang erat antara manusia dan material kesetiaan (Gavin, et al., 2018). Inilah alasan keilmuan biokultur mampu membuka perspektif luas dan berimbang, sementara strategis dalam mengembangkan material hidup pada sebuah kebudayaan (gambar 4).



Gambar 4. Biokultur: Bakteri dan Jamur.  
Sumber: https://5.inimg.com/data/5HQ1TQ3MY1366387-ep-biokultur-500x500.jpg diunduh 14 September 2020.

https://doi.org/10.24912/jmkik.v5i2.13047 565

(*Symbiosis Culture of Bacteria and Yeast*) Simbiosis Kultur antara Bakteri dan Ragi), dihindarkan dari starternya (Orijano, 2017).

Penelitian ini menggunakan hasil akhir berupa sampel jaringan kultur material selulos mikroba sebagai dasar pengembangan material bangunan berbentuk lembaran dengan ukuran maksimal 5 x 5 cm ketebalan 0,8 mm - 1,5 mm (antara hpl/linemate/wall paper). Metode penelitian akan menghasilkan kultur material terurai dua yakni basah dan kering, metode penelitian akan melewati kedua proses ini dengan target akhir lembaran kering. Baik lembaran basah dan kering dapat digunakan menjadi lembaran sebagai keluaran. Lembaran kering dapat diaktifkan kembali menjadi SCOBY. Materi lain sebagai penguat, pewarna dan tekstur mengandalkan kualitas air dan teh dan dikalikan sesuai alami. Penelitian ini membandingkan pengembangan kultur kombucha lokal dan global sebagai studi kasus, meskipun jumlahnya masih sangat terbatas. Namun demikian studi kasus dapat menjadi *bioinspired* dan strategi lain mengisi celah kekurangan penelitian sebelumnya, khususnya untuk menghasilkan SCOBY berkualitas maupun untuk menghasilkan produk. Kemudian, Metode penelitian menggunakan proses fermentasi kombucha negara tropis dan sumber daya lokal. Metode dari negara lain mungkin tidak setara dengan metode ini karena mengandalkan bahan dan iklim setempat. Metode lokal mengandalkan resep tradisional yang secara konvensional telah disesuaikan dengan spesies produsen *starter* (Mooji, Memdona, & Arts, 2018).

Bibit kombucha yang digunakan berukuran 7,5 cm dengan ketebalan 0,5 cm dengan volume produksi 2 liter. Kultur kombucha yang digunakan merupakan bibit unggul berwarna putih keoklatan yang dipernak untuk menghasilkan produk, minuman tradisional fermentasi larutan teh dan gula saja, dengan starter mikroba kombucha (*Acetobacter xylinum* dan *Bacter*). Masa fermentasi SCOBY secara umum 8-14 hari, bersifat *gelatinoid*, liat dengan bentuk piringan datar liat dan tumbuh secara geminisasi. Bibit kombucha adalah pengembangan industri skala kecil dengan kualitas SCOBY yang stabil, benamun ajip, kemampuan SCOBY terurai pada menghasilkan probiotik, dengan antioksidan tinggi dan multivitamin.

Secara umum tahapan penelitian mereproduksi biokultur kombucha menjadi lembaran. Caranya adalah melalui variasi media tanam, baik dari jenis teh yang berbeda-beda dan komposisi bahan yang beragam untuk mengoptimasi produktivitas dan kualitas dari lembaran biokultur kombucha yang stabil. Tujuan utamanya adalah untuk membangun dasar yang kuat dan keberlanjutan berupa pengembangan biokultur kombucha sebagai bahan aktif yang stabil untuk menghasilkan sampel prototipe material terurai hayati. Pengembangan dilakukan untuk menghasilkan target utama, yakni: sampel material berbentuk lembaran. Metode penelitian terdiri dari:

- 1) Produksi biokultur kombucha  
Produksi biokultur kombucha berfokus untuk menghasilkan kondisi SCOBY sebagai material lembaran dengan menggunakan variasi pada media, cara, waktu, komposisi nutrisi dan perlakuan yang bervariasi sampai mencapai kejayaan.
- 2) Pengembangan biokultur kombucha.  
Media kombucha: *Acetobacter xylinum* dan khamir, cairan: teh celup 5 pes, 2-liter H<sub>2</sub>O, gula pasir 214 gram. Alat: panci pengukus, sendok, kompor, toples kaca, kain putih dan karot, sarung tangan, sedotan dan pipet.
- 3) Pembuatan biokultur kombucha.  
Media kombucha: *Acetobacter xylinum* dan khamir, cairan: 20% teh kombucha, alat: saringan, piring kaca dan kain perca.
- 4) Produksi lembaran kombucha  
*Colouring, Pressing, Cutting*

https://doi.org/10.24912/jmkik.v5i2.13047 566

Biokultur baru muncul ke permukaan pada beberapa dekade terakhir, yang awalnya bertujuan menjaga dan melestarikan keberagaman (Bridgewater & Rothman, 2019). Biokultur adalah gerakan keilmuan yang sebenarnya tidak saja menekankan kecerukhan spektrum keberagaman biota, namun juga genetika, spesies dan ekosistem yang berakar dari budaya, tradisi, kepercayaan dan nilai-nilai lokal. Fenomena biokultur didasari oleh dua fokus pengembangan: keanekaragaman biologi atau biodiversitas yang berkembang pesat pada tahun 1980an, dan kultural di tahun 1990an. Setelah milenium, ilmu perora tahun 2000an adalah era baru yang menekankan pada keberagaman biokultural dan mempengaruhi tren di seluruh dunia (Maffi & Woodley, 2010) (gambar 5).



Gambar 5. Biokultur dengan Selulosa sebagai Bakteri.  
Sumber: https://3.inimg.com/data/3UA/ME/ME-6995980/na-culture-bacteria-solution-500x500.jpg diunduh 14 September 2020.

Meskipun biokultur mengangkut tren di dunia melalui kolaborasi keberagaman material dan teknik, uniknya biokultur berfokus mengangkat potensi lokal karena tergantung pada sumber-sumber alam dan pengetahuan lokal. Biokultur percaya bahwa dalam keterkaitan dengan ketahanan dan kesinambungan alam dan budaya di seluruh belahan, daripada meniadakan dominasi kekuatan tertentu saja. Dengan kesadaran ini, kim banyak ilmuwan yang mulai mempertanyakan sistem ekonomi global yang banyak terdapat pada distribusi umum produk-produk yang sedang diminasi, daripada mengembangkan produk spesifik untuk masa depan. Biokultur berpotensi menjadi pemisahan ini dengan menggunakan materi hidup spesifik, sementara mengaktifkan keberlanjutan dan ketegangan dengan keilmuan dan bakulag ilmu di dunia. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan mengembangkan lembaran sebagai biokultur pengembangan alternatif material bangunan kebermanian terurai hayati.

- Rumusan Masalah
- Secara umum penelitian dapat dirumuskan sebagai berikut:
- a. Apa yang dimaksud dengan material smpul dari kombucha?
  - b. Bagaimana membuat sampel material menggunakan kombucha?
  - c. Seperti apa material yang dihasilkan?

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen untuk menguji pembibitan kultur kombucha sebagai materi bangunan. Kultur kombucha diobservasi untuk dinilai kualitas dan keamanannya secara kualitatif dan kuantitatif (Nurikasia, Puspitasari, & Sowi, 2017). Pengujian pelat diidentifikasi dan hasilnya diinterpretasi sebagai sebuah proses. Penelitian ini tidak berfokus pada kualitas media kultur yakni teh sebagai hasil, namun sebagai faktor penentu kualitas pelat, karena penelitian kultur kombucha ini berfokus untuk membuat material selulos mikroba. Pengukuran kultur dilakukan dengan penggaris untuk mengukur diameter dan ketebalan kultur. Deskripsi menjelaskan tekstur, warna, suhu dan kondisi pertumbuhan kultur ditambahkan sebagai Analisis dan interpretasi terhadap kualitas SCOBY.

https://doi.org/10.24912/jmkik.v5i2.13047 566

- 5) Pengeringan biokultur kombucha  
Alami: penjemaran langsung (terpapar sinar matahari dengan suhu udara rata-rata 24°C-33°C).  
Peman: air/fryer 180°C - 200°C (alternatif).
- 6) Produksi turunan kombucha.  
Kualitas teh, toner, toilet, ragi dan media lainnya.
- 7) Pembentukan kualitas SCOBY.  
Komparasi pada kondisi SCOBY stabil: variasi tekstur, ketebalan, warna dan tampilan dari produksi menggunakan variasi beda.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Standar persiapan uji coba adalah proses dasar yang harus dilakukan setiap *brewer* karena biokultur kombucha bersifat lokal. Persiapan merupakan proses adaptasi yang terdiri dari 1) pengistirahatan *starter* pada ruang bebas bau, cahaya dan suara; 2) Sterilisasi alat uji coba dengan air panas (tampa sabun/alkohol); 3) Penidihan biokultur pada media baru; 4) Penyimpanan bibit pada ruang gelap dengan kondisi optimal 24 derajat celcius. Standar uji coba persiapan memantau perkembangan biokultur secara harian untuk menghindari terbentuknya *mold*, kerusakan media dan kultur, dan menilai aktivitas biokultur selama 12 hari.



Gambar 12. Standar Persiapan Uji Coba (Kiri ke Kanan) Bibit Kombucha, Teh dan Gula sebagai Media Kultur, Pembibitan, Proses Fermentasi  
Sumber: Penulis, 2020

Simulasi uji coba secara umum menunjukkan kondisi normal aktivitas biokultur. Dengan aktivitas fermentasi aktif namun produktivitas pembentukan jaringan SCOBY baru yang rendah. Pada hari 1-3 hari awal tidak terbentuk jaringan baby SCOBY, dengan lokasi mother SCOBY pada dasar wadah. Hari ke-5 menunjukkan selaput halus transparan dan terjadi pengelakan *mother* SCOBY ke permukaan. Hari ke-7 tebal jaringan 3 mm dengan gelembung alkohol dominan. Tidak ditemukan *mold* atau kejangalan pada *baby* maupun *mother* SCOBY, ragi terlihat pada dasar teh. Pada hari ke-10 tebal jaringan 4 mm dengan dominasi gelembung terperangkap pada *baby* SCOBY dan teh mulai mengasam. Pada hari ke-12 masa transisi teh kombucha menjadi cuka, *baby* SCOBY yang dihasilkan putih transparan dengan ketebalan 5 mm (Tabel 1).

Tabel 1. Simulasi Uji Coba Larutan  
Sumber: Penulis, 2020

Waktu	Teh Hijau	Teh Hitam	Keterangan
Hari ke-1 5 September 2020 13.57 WIB			Koloni terbentuk <i>baby</i> SCOBY <i>Acetobacter</i> SCOBY pada dasar
Hari ke-2 1 September 2020 09.11 WIB			<i>Acetobacter</i> SCOBY melingkar

https://doi.org/10.24912/jmkik.v5i2.13047 568



Waktu	Teh Hijau	Teh Hitam	Keterangan
Hari ke-3 5 September 2020 08:30 WIB			Terbentuk gelembung
Hari ke-4 6 September 2020 09:14 WIB			Mother SCOBY berputih
Hari ke-5 7 September 2020 08:15 WIB			Terbentuk selaput hitam Aaly SCOBY
Hari ke-6 8 September 2020 09:27 WIB			Aaly SCOBY nampak pada permukaan
Hari ke-7 9 September 2020 09:29 WIB			Baby SCOBY 3 mm
Hari ke-8 10 September 2020 12:40 WIB			Terlihat warna kehijauan pada
Hari ke-9 11 September 2020 08:23 WIB			Pemunculan ragi pada dasar. Aroma asam
Hari ke-10 12 September 2020 08:23 WIB			Baby SCOBY 4 mm
Hari ke-11 13 September 2020 08:24 WIB			Rongga gelembung ditunjukkan pada permukaan
Hari ke-12 14 September 2020 10:58 WIB			Baby SCOBY 5 mm

Hasil uji coba harian menunjukkan meskipun medium teh hitam mampu teh hijau menghasilkan perubahan optikal sebagai miraman kerhal pada hari ke-12, namun rentang waktu uji coba harian tidak menunjukkan pembentukan baby SCOBY yang berkualitas, meskipun masalah ini dapat juga terjadi karena adaptasi biokultur pada lingkungan baru. Hasil pemantauan pembentukan awal berupa jaringan biokultur transparan berwarna putih bening, sedangkan hasil akhir berupa baby SCOBY yang berflok rapuh, mother SCOBY tidak mengalami perubahan. Tidak dapat dibedakan warna baby SCOBY dari 2 media yang berbeda, namun baby SCOBY teh hijau menunjukkan aktivitas fermentasi yang lebih tinggi berupa gelembung dan ketebalan lebih 1 mm dibanding baby SCOBY teh hitam (Tabel 2).

Tabel 2. Hasil Uji Coba Harian  
Sumber: Penulis, 2020

Waktu	Teh Hijau	Teh Hitam	Keterangan
9 September 2020 10:25 WIB			3 mm Baby SCOBY tidak ada, ditunjukkan
12 September 2020 11:05 WIB			3 mm Baby SCOBY
13 September 2020 08:18 WIB			5 mm Baby SCOBY Glembung pada permukaan Gelembung pada baby SCOBY
14 September 2020 08:35 WIB			5 mm Baby SCOBY, tidak mengkilap, pembalutan

Uji coba minggu ke-1 berfokus untuk menghasilkan baby SCOBY yang lebih stabil dengan mengurangi jumlah pemantauan. Uji coba menggunakan komposisi dan proporsi yang sama dengan uji coba harian. Namun demikian, uji coba ini dilakukan selama 14 hari sesuai saran maksimal pembudidai, uji coba hasil media cuka dilakukan pada hari ke 12, 13 dan 14 untuk mengontrol kerusakan media dan SCOBY. Pada hari ke-2 sudah terbentuk jaringan baby SCOBY 1 mm dan posisi mother SCOBY pada permukaan dengan penebalan 1 mm, minggu ke 2 perubahan warna menjadi lebih muda dengan ketebalan baby SCOBY 4 mm. Pada hari terakhir ketebalan baby SCOBY 5 mm dengan jaringan lebih elastis (Tabel 3).

Tabel 3. Simulasi Uji Coba Minggu ke-1  
Sumber: Penulis, 2020

Waktu	Teh Hijau	Teh Hitam	Keterangan
15 September 2020 13:57 WIB			Baby SCOBY 1 mm, Mother SCOBY mengkilap
22 September 2020 11:50 WIB			Baby SCOBY 4 mm
27 September 2020 14:17 WIB			Baby SCOBY 5 mm

Tren hasil uji coba minggu 1 mengalami perubahan bila dibanding dengan uji coba persiapan. Gelembung pada media teh nampak baby SCOBY yang didominasi pada uji coba persiapan, pada uji coba ini bersifat minor. Dominasi pada uji coba minggu kedua adalah ragi yang ditemukan antara mother SCOBY dan baby SCOBY, serta melayang pada media teh. Produktivitas yang sama ditemukan pada biokultur pada teh hitam dan teh hijau, selain kedua teh memiliki rasa asam yang sama, jaringan baby SCOBY yang dihasilkan berkualitas sama yakni 5 mm, dengan jumlah ragi dominan, gelembung minimal. Pada permukaan dan jaringan SCOBY dari media teh yang berbeda, sulit dibedakan warna, tekstur dan kualitas dari media yang berbeda (Gambar 13).



Gambar 13. Hasil Uji Coba Minggu ke-1  
Sumber: Penulis, 2020

Dengan telah diupayakannya sebuah kestabilan pada biokultur kombucha, simulasi uji coba minggu ke-2 menguji komposisi menjadi: teh hitam, teh hijau dan teh putih, 5 sachet, 2 liter air, 10 sendok makan gula (150 g) disimpan pada suhu 33 derajat celsius dalam kondisi gelap, tanpa udara dan tanpa getaran. Uji coba menggunakan air mineral kemasan dengan Ph 7,2. Minggu awal menunjukkan produktivitas pembentukan baby SCOBY pada ketiga media 2,5 mm dengan pengalipans warna dan penebalan 2 mm pada mother SCOBY dan terjadi pelapusan lapisan karena fermentasi. Minggu kedua pembentukan baby SCOBY tidak signifikan yakni 3 mm, sedangkan hari terakhir ketebalan SCOBY hanya mencapai 3,5 mm. Tidak terdapat mold atau perubahan rasa maupun kualitas teh, namun produktivitas pembentukan jaringan, gelembung maupun ragi lebih rendah (Tabel 4).

Tabel 4. Simulasi Uji Coba Minggu ke-2  
Sumber: Penulis, 2020

Waktu	Teh Hijau	Teh Hitam	Teh Putih	Keterangan
28 September 2020 08:46 WIB				2 mm penebalan SCOBY
5 Oktober 2020 10:33 WIB				Baby SCOBY 3 mm
10 Oktober 2020 12:51 WIB				Baby SCOBY 3,5 mm

Hasil uji coba minggu ke-2 menunjukkan kualitas SCOBY yang rendah. Meningkatkan tingkat ketebalan media dan kondisi yang lebih hangat tidak menyebabkan produktivitas pada biokultur. Pengurangan nutrisi gula membuktikan produktivitas SCOBY yang kurang baik. Hasil yang berbeda pada penelitian ini adalah warna jaringan baby SCOBY yang mengkilap warna media yakni cream pada teh hijau, coklat pada teh hitam dan putih bening pada teh putih. Warna mother SCOBY mengkilap, penebalan terjadi 5 mm dan terpecah menjadi 1-5 lapisan dari umbuaya. Karakter biokultur berbeda terlihat jelas pada hasil uji coba ini, eventurora teh hijau menghasilkan jaringan yang lebih elastis dan lebih tebal, teh hitam menghasilkan tekstur halus dan transparan sedangkan teh putih menghasilkan jaringan rapuh dan bening (Tabel 5).

Tabel 5. Hasil Uji Coba Minggu ke-2  
Sumber: Penulis, 2020

Waktu	Teh Hijau	Teh Hitam	Teh Putih	Keterangan
10 Oktober 2020 12:51 WIB				Baby SCOBY rapuh

Dengan telah diujicobanya komposisi yang berbeda, uji coba minggu ke-3 memaksimalkan semua komposisi menjadi: teh hitam, teh hijau dan teh putih 5 sachet, 2 liter air, 15 sendok makan gula (255 g) disimpan pada suhu 33 derajat celsius. Minggu pertama menunjukkan pembentukan baby SCOBY 3 mm, kecuali pada teh putih 1 mm. Minggu kedua menunjukkan ketebalan SCOBY mencapai 5 mm kecuali pada teh putih 2 mm. Hari ke-12 kondisi media teh telah mencapai transisi menjadi cuka. Ketebalan SCOBY 3,5 mm; kecuali pada teh putih 2 mm, warna teh tampak jelas diwakili oleh warna SCOBY. Tidak ditemukan mold atau perbedaan kualitas teh pada ketiga media berbeda. Tidak ditemukan gelembung yang berarti namun dominasi pada ragi berbentuk salur dan bulek sehingga menyebabkan dasar teh keruh (Tabel 6).

Tabel 6. Simulasi Uji Coba Minggu ke-3  
Sumber: Penulis, 2020

Waktu	Teh Hijau	Teh Hitam	Teh Putih	Keterangan
13 Oktober 2020 06:18 WIB				Baby SCOBY terbentuk
16 Oktober 2020 12:33 WIB				Penebalan warna media teh
22 Oktober 2020 09:33 WIB				penyebaran SCOBY terhenti



Hasil uji coba minggu ke-3 memperlihatkan hasil *baby SCOBY* yang kontras. Teh hijau menghasilkan SCOBY dengan ketebalan 5,5 mm, warna *beige*, tekstur tidak kasar, ketebalan bervariasi dan menunjukkan fragmenasi; *mother SCOBY* berwarna coklat lempang. Teh hitam menghasilkan SCOBY dengan ketebalan 5,5 mm, warna kecoklatan, 2 tekstur kontras yakni ketebalan 5,5 mm pada pinggir piringan dan 2,5 mm pada tengah piringan; *mother SCOBY* berwarna coklat gelap. Baik teh hijau dan teh hitam menghasilkan jaringan SCOBY dengan mata jaringan yang kasar, padat, liat dan kenyal. Namun demikian, teh putih menghasilkan SCOBY putih transparan yang rentan busuk dengan tekstur silet dibedakan. Hanya SCOBY teh hijau dan teh hitam yang memenuhi kriteria pengemasan dan pemasan untuk pembuatan sampel material. Pada percobaan ini terbukti kualitas media baik komposisi teh dan gula mempengaruhi produktivitas SCOBY, namun tidak mempengaruhi kualitas (lihat kombucha sebagai teh herbal (Tabel 7)).

Tabel 7 Hasil Uji Coba Minggu ke-3  
Sumber: Penulis, 2020

Waktu	Teh Hijau	Teh Hitam	Teh Putih	Keterangan
10 Oktober 2020 12:51 WIB				Hasil SCOBY pada masa fermentasi optimal

Simulasi Uji coba pembuatan sampel melalui proses pengamatan aktivitas biokultur melalui pengeringan cairan dan pembuatan dengan air. Zat pewarna berupa teh sebagai media alami tidak menggunakan pengawet tambahan dan menggunakan cuka yang dikandung pada SCOBY. Pembersihan *baby SCOBY* dari ragi dan memunculkannya sebelum melakukan penjemuran. Penjemuran hari ketiga mengurangi jumlah air maksimal pada *baby SCOBY* sebesar 70%, namun hari pada hari ke-10 SCOBY mengalami pengeringan total dan terlepas secara alami dari piringan dan memiliki warna dan tekstur yang stabil pada setelah lewat 2 minggu. Pada percobaan *mother SCOBY*, hanya membutuhkan 3 hari untuk pengeringan dan mencapai kestabilan warna (Tabel 8).

Tabel 8 Simulasi Uji Coba Pembuatan Sampel Material  
Sumber: Penulis, 2020

Waktu	Teh Hijau	Teh Hitam	Keterangan
23 Oktober 2020 12:51 WIB			SCOBY mentah
25 Oktober 2020 14:47 WIB			70% air
26 Oktober 2020 19:00 WIB			20%

Karakter positif SCOBY memiliki sifat alami dan organik sehingga meminimalisir efek alergi dan tidak berbahaya bagi lingkungan. SCOBY juga bersifat mendukung kesehatan dan penyembuhan karena bersifat terapanik dan mudah melarut di alam sehingga memberikan alternatif produk hijau tanpa merusak lingkungan. Sebagai material lembaran SCOBY bersifat elastik, plastik dan menyerupai kulit sintetis, sehingga bersifat fleksibel dan mudah diformulasikan menjadi berbagai alternatif material. Dengan pengembangan berbasis pada cairan pewarnaan, bentuk dan strukturnya dapat diuji coba dengan media yang bervariasi. Karakter negatifnya adalah biokultur kombucha bersifat sensitif terhadap cahaya, suhu, getaran sehingga pengendaliannya menjadi sukar dan sulit diprediksi. Kombucha berbuih, mudah terserang jamur dan disokol serangga sehingga perlu penanganan khusus. Penampilannya kerap usang dan memiliki potensi toksik bila tidak dikonsumsi dengan baik. Oleh karena itu pengembangan steril dan uji coba berkelompok secara bergeser di rekomendasikan untuk mengembangkan biokultur kombucha untuk menghasilkan keluaran yang lebih baik.

#### KESIMPULAN

Penelitian ini membuktikan bahwa untuk menghasilkan SCOBY yang berkualitas, faktor penentu secara berurutan adalah: starter, media (teh dan gula) dan kualitas ruangan. Pada uji coba hanya teh hijau dan teh hitam yang menghasilkan SCOBY memenuhi kriteria sampel. Pada uji coba ini hasil menunjukkan kualitas sampel setara koras atau kulit sehingga berpotensi dikembangkan menjadi *vaipaper*, pelapis pembuat ruang, kulit sintetis dan kemasan makanan yang bersifat *visible*. Celah penelitian adalah kemampuan SCOBY menyerap air dan minyak menunjukkan potensi diwarnai, dikembalikan sifat elastik ataupun diperkeras. Namun demikian, pada bentuk kering SCOBY tidak rentan berdegradasi maupun terurai hayati karena, sementara pada bentuk basah, SCOBY rentan terserang jamur dan memarak mikroorganismenya. Karakter lain yang berpotensi adalah sifat translusen materi dan karakter cair sehingga memungkinkan penyisipan struktur, serat atau materi pengisi saat pembentukan biokultur.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Tarumanagara yang telah mendanai penelitian ini.

#### REFERENSI

- Adoni, P., Rao, K. A., Fatima, A., Kaul, P., & Shalini, A. (2019). Study of Biodegradable Packaging Material Produced from *Scoly*. *Research Journal of Life Science, Biotechnology, Pharmaceutical and Chemical Sciences*, 3(3), 389-404. doi:10.26479/2019.0503.32
- Bridgewater, P., & Rotherham, I. D. (2019, June 12). A Critical Perspective on the Concept of Biocultural Diversity and Its Emerging Role in Nature and Heritage Conservation. *People of Nature*, 1, 291-304. doi:https://doi.org/10.1002/pan3.10040
- Gavin, M. C., McCarter, J., Berkes, F., Mead, A. T., Sterling, E. J., Tang, R., & Turner, N. J. (2018). Eliciting Biodiversity Conservation Requires Dynamic, Pluralistic, Partnership-Based Approaches. *Sustainability*, 10(1846), 1-11. doi:10.3390/su10061846
- Gavin, M. C., McCarter, J., Mead, A., Berkes, F., Stepp, J. R., Peterson, D., & Tang, R. (2015). Defining biocultural approaches to. *TRENDS in Ecology & Evolution*, 30(3), 140-145. doi:10.1016/j.tree.2014.12.005

Waktu	Teh Hijau	Teh Hitam	Keterangan
23 Oktober 2020 11:02 WIB			Kering, melekat pada piringan
7 November 2020 10:44 WIB			Terlepas pada piringan
5 November 2020 11:57 WIB			Maksimal kepatan
9 November 2020 08:02 WIB			Pembuatan warna <i>Baby SCOBY</i> Program 3 <i>mother SCOBY</i>
11 November 2020 10:12 WIB			Warna <i>baby SCOBY</i> stabil <i>mother SCOBY</i> kering dan stabil

Sampel material yang dihasilkan adalah menggunakan 2 *baby SCOBY* dan 2 *mother SCOBY* menggunakan media teh hijau dan hitam. Meskipun material mentah menunjukkan tekstur berbeda, hasil pengeringan dan pemasan sampel material tidak menunjukkan perbedaan kualitas tekstur yang kasar mata. Perbedaan yang signifikan terlihat adalah gradasi warna. Secara karakter ke 4 material menunjukkan karakter seperti koras, liat dan kenyal, tekstur yang halus dan tidak berbuih. Material mudah menjadi lembek bila terkena air dan dapat menyerap minyak. Material tidak mudah patah bila diaduk, memiliki pori-pori besar dan tekstur seperti kulit sehingga mudah dibentuk saat pengeringan (Gambar 14).



Gambar 14. Hasil Penelitian: Sampel Material  
(Kiri ke Kanan *Baby SCOBY* Teh Hijau, Teh Hitam, *Mother SCOBY* Teh Hijau, Teh Hitam).  
Sumber: Penulis, 2020

- Maffi, L., & Dilley, O. (2014). *An Introduction to Biocultural Diversity* (Vol. 1). Michigan, USA: Terralingua. Retrieved September 1, 2020, from https://terralingua.org/wp-content/uploads/2018/09/Biocultural-Diversity-Toolkit-vol-1.pdf
- Maffi, L., & Woodley, E. (2010). *Biocultural Diversity Conservation: A Global Sourcebook*. London, UK: Earthscan.
- Mooji, M. J., Mendonca, S. D., & Arts, K. (2018, December 21). Conserving Biocultural Diversity through Community-Government Interaction: A Practice-Based Approach in a Brazilian Extractive Reserve. *Sustainability*, 10(12), 1-18. doi:10.3390/su10101032
- Nurkamsari, M., Pujiastuti, Y., & Suci, R. P. (2017). Characterization and Analysis Kombucha Tea Antioxidant Activity based on Long Fermentation as a Deverage Functional. *Journal of Global Research in Public Health*, 3(2), 90-96.
- Quijano, L. (2017, December). Embracing *Bacteria Cellulose* as a Catalyst for Sustainable Fashion. *A Senior Thesis for Honors Program*. Virginia, USA: Liberty University. doi:DOI: 10.13140/RG.2.2.34100.55684
- Wasilah, U., Rohmah, S., & Su'udi, M. (2019). Perkembangan Bioknologi di Indonesia. *Rekayasa*, 12(2), 85-90. doi:https://doi.org/10.21107/rekayasa.v12i2.5469

### 3. Jurnal International City, Territory 8:13 (2021), and Architecture Terindeks Scopus Q1, SJR 0.40 (2020)

RESEARCH ARTICLE Open Access

## A retrospective towards a biodegradable material concept for future Indonesian sustainable architecture

Fernando Lantini<sup>1</sup>, Jerry Lantini<sup>2</sup>, Claito T. S. G. Jr.<sup>3</sup>, Mike Chaidi<sup>4</sup> and Rudy Tandi<sup>5</sup>

**Abstract**  
The awareness of the negative effect of the intensive usage of artificial materials has led to a significant phenomenon in present global development. Moving towards a more eco-friendly development, Indonesia has moved towards a more sustainable architecture as presenting a better alternative. Despite the issue with a distinctive collection of objects or material, some reflections in various architectural approaches, biodegradable material development can be considered a practice in a new progressive architectural climate. This research illustrates a new perspective regarding biodegradable material concept for future Indonesian sustainable architecture. It is conducted by exploring local environmental conditions, analyzing ecological carrying and assessment methods in the existing green building, and Indonesian architectural and design principles presented in Ekowisata (understanding ecology) and in biodegradable architecture (Indonesian policy on biodegradable materials). A biodegradable material concept as an alternative perspective for Indonesian sustainable architecture. As a result, a new concept is proposed as an alternative perspective for Indonesian sustainable architecture. A new material is proposed as a substitute to respond to engage local craftsmanship or to improve a more ecological or material concept to find the current design environment, such as Indonesian traditional and local context: Coffee.  
**Keywords:** Architecture, Biodegradable, Concept, Material, Sustainable

**Introduction**  
The global phenomenon has been questioning the notion of sustainability towards a greener environment. Currently, the world has taken an environmental issue seriously to improve the condition in architecture fields, the consciousness of reducing the negative effect on the intensive usage of artificial material has led to a new understanding of more sustainable architecture. The natural material is essential to be applied as the smallest unit cell of a building to construct a comprehensive sustainable architecture (Mital and Dogra 2016). More

eco-friendly material is used in construction means a greener environment, is built. Although a conservative method may contribute to green design, however, to obtain the highest mark in green building certification, green label material must be included in its planning. While the green building design strategy is generally categorized as active and passive, green label material criteria are controlled by various aspects, such as location, composition, construction, transportation, and locality. The location capability to produce a green building material depends on the availability, capacity, infrastructure, craftsmanship, institution. It is influenced by the relationship between the market and its consumers (Greene 2019). In most developed countries, the implementation of green building design and construction is considered fundamental, as it may affect the image of a city company

<sup>1</sup>fernando.lantini@unsw.edu.au  
<sup>2</sup>lantini.jerry@unsw.edu.au  
<sup>3</sup>claito@unsw.edu.au  
<sup>4</sup>lantini.mike@unsw.edu.au  
<sup>5</sup>lantini.rudy@unsw.edu.au

**Open Access** This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. If material is not included in the article's Creative Commons licence and your intended use is not permitted by statutory regulation or exceeds the permitted use, you will need to obtain permission directly from the copyright holder. To view a copy of this licence, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.



perspective on green living creates a new sustainable generation (McLennan 2009). After two decades, the new sustainability has claimed that the future lies in regeneration. The action includes restoring ecosystems, retooling our climate, and rebuilding economies (Greene 2019). The landscape of innovation has set the focus of contemporary sustainability (Aling and Benckis 2007) and works on integrating nature with technology (Aze and Sheril 2016), reinvigorating tradition for sustainability, less waste (Morales et al. 2018), utilize products to eco-friendly and researching for new materials (Greene 2019). Despite various, these actions are going towards an integrated ecosystem, respecting the process of sustainable activities, and expecting immediate results towards achieving zero waste, as illustrated by Fig. 2. When it comes to product innovation, the world is very curious to invest in creative and scientific materials, the notion of the sustainability in demand, the idea of reusing machine, redefining classic, rethinking mindset, exploring philosophy, yet reinterpreting art bridge the gap between nature and humanity (Morales 2018). In this sense, more designers are willing to revisit traditional materials, fusing these with dynamic new functionality (Ripley and Shuman 2018), exploring various ideas to create a hybrid while reducing environmental impacts (Gschneid 2017). Thus, cross-fields and multi-disciplinary projects offer a potency of sharing and networking, whether in inspiration, technique, and development, encouraging hybridization of biodegradable material.

Due to various environmental issues in Indonesia, more movements are raised locally and globally to make Indonesia realize the impacts from pollution to garbage management. Indonesia was ranked 209 out of 180 countries in 2018 according to the Environmental Performance Index (EPI 2018). This country is considered as the lowest rank among, where located in the Asia Pacific region. Plenty of researchers have considered Indonesia as being ignorant of the severe effects caused by irresponsible environmental activities. Therefore, more involvement and participation are stimulated to address unresolved emissions, temperature rise, and waste cycle (Morales et al. 2018). Architects, urban planners, developers, contractors, and designers are willing to explore new management currently, it is being related by developing eco-sustainable, bamboo house, pineapple fibers, paper bags, and seaweed packaging (Morales 2017). Extensive research is required to explore the biodegradable material capability to be more spontaneous, architectural, and digitally naturally in the environment during a new frame (Chang et al. 2017).

Moreover, these varieties of biodegradable material are still only produced for smaller-scale items and targeted for selected communities, as displayed by Fig. 3. In this sense, an architecture as a medium usually serves a larger audience and functions for more extensive periods (Kozminski et al. 2017). Research and development of biodegradable building material may directly impact the city yet to the country (Gloop 2012). Nevertheless, most industries still use more conventional materials



Fig. 2 Various varieties of biodegradable building materials. Source: <https://www.researchgate.net/publication/318414141>

building, urban appreciation, and other added values (Kozminski et al. 2017). However, this implementation may be considered necessary in developing countries, including those in the middle and lower income levels (Dasi 2006). Moreover, Indonesia must consider the development of the green building as one of the major priorities for ensuring a more sustainable impact to the whole country, by providing its own local biodegradable building material followed by a green label.

Despite recent debates that question the position of Indonesia as a developing or a developed country (Gungguan and Idrus 2020), in the actual situation, Indonesia is advancing towards being developed. Having the largest economy in Southeast Asia, Indonesia is recognized as one of the megadiverse countries. Indonesia is blessed with high biodiversity that is generally utilized as natural resources to support its economic development (UNCTAD 2019). With steady rise GDP per capita from 2000 to 2020, Indonesia's economic condition continues to be progressive, despite heightened global uncertainty. Nevertheless, Indonesia's domestic demand is the main driver for its growth, as its long-term developmental plan is considered a challenge for Indonesia to achieve its goal. To be indeed a developed country, Indonesia must possess a fairly treated and balanced environment, including its city facilities and infrastructure, real estate. In this sense, a progressive architecture and a more dynamic environment need to be stimulated immediately to generate sustainable (Kozminski et al. 2017). As a transnational country located in Southeast

**Material and methods**  
**Theoretical approach**  
The idea of new sustainability has risen since the third millennium. The 2000 year has influenced a cultural significance around the world, converting to the idea of a human future as the year has created a sense of the beginning of a new century. Climate change reports and global warming news have spread worldwide, stimulating more serious actions from reducing gas emissions to behavioral control across the continents. More progressive movements are growing to shift the traditional

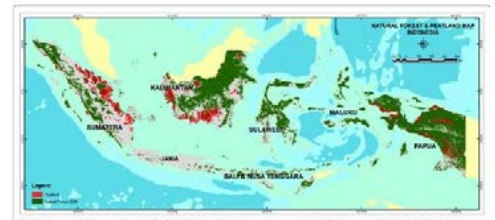


Fig. 1 The research area is located in the location of the research area, with a red dot indicating the location. Source: <https://www.bps.go.id>



Fig. 3 Various varieties of biodegradable building materials. Source: <https://www.researchgate.net/publication/318414141>

and methods, driven mainly by economic aspects (Dasi 2006). Although one must bear in mind that these users also demand to use familiar materials and methods if the new biodegradable building material is supposed to hit the market successfully. Also, at the same time, advanced understanding must be improved to address the sustainability of the design (Ripley and Shuman 2018), as some may still worship tradition as a pure identity, a total transformation may cause a perception that the local content is being ignored. The research shall open some opportunities towards multi-dimensional and multi-scale processes based on locality and tradition for supporting the more substantial impact while serving greater scale for achieving sustainability. A case combination, cotton and other alternatives have a better potential for serving even the least communities while stimulating collaboration and networking, for example, developing food for building material, fabric and architecture, edible packaging, bioplastics for cultural and social, pet organic materials. Indonesia is bestowed with large wilderness areas, which means Indonesian biodiversity is considered high level abundance with natural resources, agriculture, and various types of landscapes. With a tropical climate and archipelago geography, the country has a balanced sea, coastal ecosystems, forest, and land species distribution. Dominant in nature and culture diversity, this can be applied similarly at the present time. Stimulus is required to encourage a cultural hybridization by supporting education, innovation, and creation of biodegradable materials.



Indonesia is largely proud of their cultures, those are some cultural products that Indonesian feels like their own identity. At the same time, they may be aware that these items may have been influenced by other cultures as a result of the acculturation process. For example, *Tempa* (soybean cake), *Tahu* (tofu), *Bakso*, *Jusam* (beef soup), and *Ayampanan* (spicy) and other familiar raw materials that have a strong association with Southeast Asia or Archipelago, like *Tempa* (soybean), *Alupuh* (rice), *Jengkol* (dog fruit/legume nut), *Paku* (sulfur/leaves bean), *Durian*, *Pala* (nutmeg), and *Ardan* (nutmeg). These materials have latent potentials to present the identity of Indonesian culture in a glimpse, though they may not yet be familiar as a building material. Many other and progressive methods (Wahyuningsih and Suryanto 2017) can develop these materials into architectural products (Ozdamar and Ates 2018). Also, to encourage the application of biodegradable material, one shall invoke Indonesian vernacular architecture, which represents organic, resilient, and neutral material culture (Nirni and Isgoro 2016). In this sense, Indonesian architecture has a solid logical reason to reinvent advanced material, which is deeply rooted in its own culture (Godefr and Lallo 2017), by presenting the link and logic that illustrate the Indonesianness of a product, a guideline can be perfected to address Indonesian with full utilization of their own culture (McLennan 2004). The reason may help in constructing a sense of ownership while avoiding foreign feelings to the designed product. Although the current trend of Indonesian buildings is dominated by industrialized material, questions must be addressed to bring solutions to the homogeneity caused by modern planning. By understanding the situation, it is now our opportunity to reinvent Indonesian building material developed by cross-crawling borders between different fields (Onduar and Ates 2018), neglecting superficial transformation while moving forward towards global impacts (Sipay and Shaban 2016). Hence, although traditional resources and techniques are suggested to create a familiar atmosphere for biodegradable material development in Indonesia, collaboration, proliferation, and improvement shall stimulate innovation and creativity.

A biodegradable material concept is defined as an abstract idea or a general notion to design progress of a substance that enables it to be decomposed by microorganisms (Harper 2001). The aim is to create a material that can degrade naturally in natural environments (Wahyuningsih and Suryanto 2017), resulting in decay in stable conditions to reduce pollution (Sasi 2006). Although biodegradable is associated with natural matter, artificial material shall be understood as an industrial product that can transform back raw yet use materials into a contemporary product design (Fodor et al. 2018).

It shall contain calculation, strategy, and planning to adapt better to the environment while improving the way of life (Ahmed 2015). Although some industrial materials are derived from natural resources, their construction process may not always be concerned with biodegradability. Hence, to push forward a new modern yet biodegradable building material, the industry shall be encouraged to create a more advanced natural product for building construction (Ozdamar and Ates 2018) without neglecting its biodegradability in the natural environment (Mikali and Dogru 2016). Practically, there are four standard categories of biodegradable materials, namely: animal processing (timber, bamboo), bonded material (mortar like carter and board), compounds (adhesives and polymers), and synthetics (like plastics). These techniques can be implemented as building elements or components and applied during installation or construction (Sasi 2006). Thus, a biodegradable material concept in this research means a general idea to transform Indonesian natural material into building elements or components by considering biodegradability.

Though green and regular material can be the resource, specific techniques and quality control, must set a new standard for delivering a higher grade in biodegradable production. With generally traditional architecture and research on Indonesian natural materials are dominated respectively by Fig. 4: (1) Timber; (2) bamboo; (3) stone; and (4) fiber. The state of the art for this research concentrates on constructing a new kind of fiber as less dominated material in Indonesian building material industry. It is created by using the edible source as a context to common historic building materials, which traditionally may be categorized as natural, organic, and degradable but may not yet be categorized as biodegradable according to the interpretation of the modern standard. Edible materials tend to offer a better condition in terms of degradability, allege reaction, safe, efficient production, yet consumption. Hence, by understanding the concept above, the design criteria for this research are (1) Natural and organic; (2) Traditionally inspired; (3) Durability for 1–5 years; (4) Cross-disciplines; (5) Multi-products.

The architecture of Indonesia does not only reflect its biodiversity but also representing the culture. Indigenous Indonesian architecture has been both as natural yet temporary, so it being associated with sustainability and wellness (Mikali and Dogru 2016). Indonesian architecture illustrates the mixture of various foreign influences like Indian, Chinese, Arab, and European. In Indonesian culture, the house is the center of Indonesian customs, social relations, traditional values, myths, and religions that bind humans with nature (Hayu 2017). The outdoor structures of the Indonesian vernacular



**Fig. 4** Diversity of vernacular houses in Indonesia. Source: <https://www.flickr.com/photos/indonesiainfo/10000000000/> (left); <https://www.flickr.com/photos/indonesiainfo/10000000000/> (right)

houses are constructed by using double-rod-lash joints and iron-rod bearing walls. Iron rods, iron and mortar are found in the tropical climate of Indonesia. Indonesian vernacular houses are made from traditional materials. They are processed by using various techniques like sun-drying, wet-drying, and slowly cooling.

Hand-made. Especially in ancient times, fewer materials are limited by neither mixture nor using machines. In the current situation, advanced technology may be found within the locality, while the practically rural communities will eager to preserve its traditional technique with minor transformation into advanced method (Wahyuningsih and Ates 2018), as demonstrated in Fig. 5. Hence, there is a gap for producing a new form of biodegradable material



**Fig. 5** Creating biodegradable material. Source: <https://www.flickr.com/photos/indonesiainfo/10000000000/> (left); <https://www.flickr.com/photos/indonesiainfo/10000000000/> (right)

based on Indonesian tradition, though method and technique shall be planned to match the existing craftsmanship. It delivers smooth and causing less alteration, and a new material shall be created by respecting intersection using Indonesian natural materials and advanced traditional techniques. Experiments shall be encouraged by focusing on creating contrasts or differences, neglecting monotony and homogeneity that is often problematic in traditional and conventional products.

#### Method of research

This research investigates a retrospective to find a biodegradable material concept for future Indonesian sustainable architecture through the bibliographic coupling method to identify the relationship between one author based on the subjects proximity (Prosopita 2016; Gilrad and Casanova 1996; Kessler 1965, 1965). A comparison study on local and global trends is highlighted to construct a unique Indonesian perspective on the biodegradable material concept, based on local inspiration taken from its culture and biodiversity. It is followed by experimental methods to determine the effect of specific treatments on others under controlled conditions (Sujayanti 2014; Sukardi 2011), carried out in the laboratory using natural materials suitable for producing biodegradable building materials.

The research is presented as follows: (1) Understanding local-global trends in biodegradable architecture; (2) Indonesian potency on biodegradable materials; (3) A biodegradable material concept as an alternative perspective for Indonesian sustainable architecture. A new concept is proposed as an open-ended perspective by using local materials such as Indonesian *Kombucha* tea and Indonesian coffee. It is presented as an inspiration to initiate the development of contemporary Indonesian biodegradable building material. By understanding the bigger picture, a more sustainable architecture is expected to be constructed by using local materials, preferably, exploring available local materials, and presenting techniques for a greener environment. Hence, this research suggests unusual inspiration for developing a concept of green building, biodegradable material by using familiar Indonesian resources.

#### Results and discussion

##### Understanding local-global trends in biodegradable architecture

More researchers and designers around the world are currently engaged in natural-inspired objects, whether it is developed as a method, form, structure, and even function. These new items are proliferated to mimic nature to bring design closer to the actual environment. Using technology, such as 3D printing, transplantation,

and other techniques involving nature, researchers believe that parametric design, biomimicry, or genetically modified species may improve humans' metabolism and habitat. Whether producing a new generation of products, applications, or objects, various industries are exploring new bioactive and communicative materials that interact, correspond, and decompose within their environment. Waxed fabrics, compostable plastics, digestible packaging are going to be integral for daily life scene. The sustainability idea in the global world now puts more concern about the overall impact that happened to the earth. A green action can now be realized precisely and generate more participation from households to government regulation, especially becoming more common in the most developed countries. In Indonesia, the idea of sustainability is still in an initiation process, progressing towards a more advanced phase. Mostly, the initiation is an introduction of an experimental product to replace daily utensil that harms the environment. The action can be varied like replacing plastic, garbage management, and recycling waste/microbe activity. Although there is a wide gap between local and global actions, most activities in Indonesia are inspired by international movements while finding a suitable way to be implemented in Indonesia. Indonesia are having difficulties being mindful of its richness and fortune, the act of preserving and conserving its environment is still in progress due to the overall level of education. Moreover, Indonesian rich culture and biodiversity shall not only be preserved and conserved, but developed to ensure that its nature can be passed down in a more significant way to the next generation. In this sense, regeneration must be understood as taking part in the sustainability process, creating tradition while strengthening Indonesian cultural identity by advancing the production process.

Despite resilient, conscious, and diverse, Indonesian architecture reflects the core of cultural values. Well-known as conservative, refined, and delicate, Indonesian must be encouraged to face the competitive world with more open-minded paradigms while preserving what they believe best. Indonesian culture emphasizes the philosophy of living in harmony, believing in subjugation to nature. However, to be progressive in sustainability, Indonesian must now be ready to question the tendency always to feel comfortable in common program and ideology that includes how Indonesian architecture is perceived. Despite superstitions, having a strong belief in the power of objects and events, undeniably, Indonesian has always had a solid connection to nature. It is an excellent foundation yet an open opportunity to introduce a new way of living based on essential human nature so live harmoniously with the environment. However, to

move forward, the sustainable action shall focus on an entire transformation process of developing a biodegradable material. It is here, if accompanied by easy-to-digest information and user-friendly application primarily to be delivered at home as the base is the center of Indonesian society biodegradable material that can be produced and applied as many houses in Indonesia means a higher level of applicability and acceptance to the broader audience. Despite Indonesia offering many natural resources that can be found throughout the archipelago, the best initiation is easily found in the surrounding living environment, whether the resource comes from the house, garden, park, and market; whether it is a familiar building material, food ingredients, fabrics, or herbs, as long as it offers a familiarity close to the end-user. In addition, developing natural and organic fiber at home and the surrounding environment is more viable because of its availability and affordability.

##### Indonesian potency on biodegradable materials

According to the singularity of technology and application of homogeneous material in the existing setting, a biodegradable material concept as an alternative for Indonesian sustainable architecture may highlight the importance of a new method, advancing the final product for moving from only preserving and conserving a raw traditional building material to the advanced ones. A superficial transformation shall be shifted to the exploration of complex material and technique. This action needs to completely change the overall form, structure, function, or even practice of the designed material. Corresponding with the latest global trends like waste-to-waste, creative reuse, upcycling, eggshell, algae-based coffee house, rice husk, fish peel, corn husk, wool, yogurt, pea, tree cellulose, fungus, yeast, fermented farm waste, food waste, animal skin, sunflower seeds also be seen can be developed as biodegradable materials. It is almost every natural thing that can be converted and transformed into biodegradable building material. It means Indonesian exploration of biodegradable does not need to be afraid to explore different but things moving forward from one or two popular material choices as in the current situation is dominated by limited types. Also, the exploration may be continued by the advancement of different techniques like fermentation, yeast, distillation, laws, inspired by various traditional methods rather than repeating common methods, as exemplified in Fig. 6. Although these traditional methods are common in Indonesia, especially for the home industry, implementation is relatively stagnant or steady than embracing diversity. Exploration shall be encouraged to demonstrate different, contrast, distinction, and divergence in terms

of color, texture, size, the process even performance for achieving the advancement.

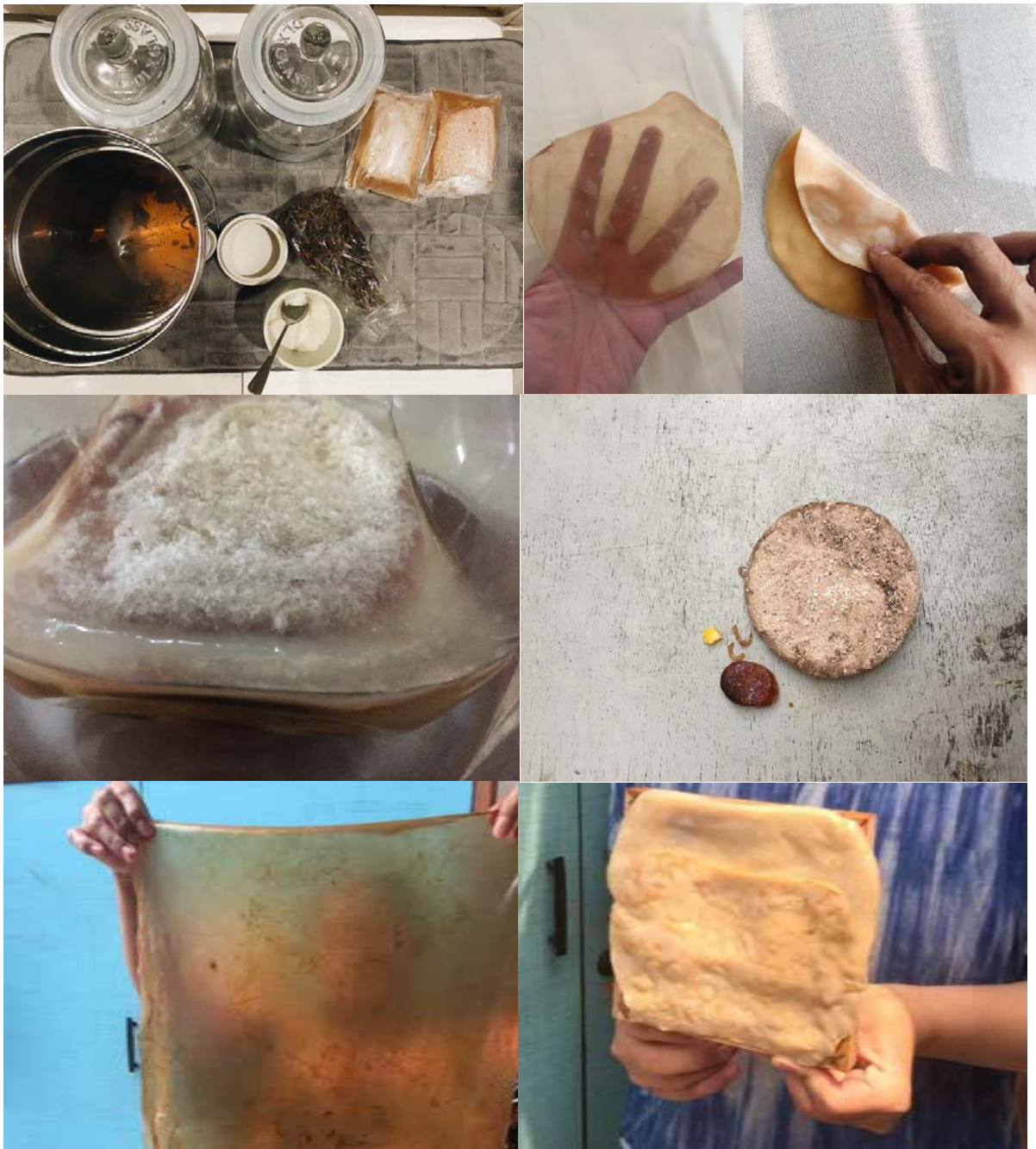
Two inspirations are selected for experimenting with traditional materials and techniques. Fermentation and proliferation are considered for preserving various colors, textures, sizes, and characters by using a variety of types, concentrations, interrelations. However, the resources of material and techniques remain unutilized. This home experimentation leads to producing different biodegradable materials related to green buildings and is chosen because of the availability and affordability of Indonesian general public. Two familiar materials have been investigated for 7 years in this experimentation: tea and coffee as the main ingredients. The first one is intended for creating sweets, and the other as instance or filler. First interaction using *Kombucha* tea generally leads to vegan leather, *Basom*, wallpaper sheet, bioplastic, and translucent materials. A different utilization of tea, sugar, water may produce a natural variation of color, odor, texture, and thickness that contribute to different qualities and quantities of biomaterials. Various agents like natural fat, oil, and butter can be added to enhance the goodness' durability and density. Preservation techniques like smoking, drying, sun-drying stimulates diversity in terms of finishes and level of conservation. The second experimentation uses coffee waste. This experiment leads to the creation of material boards, bio-wood, insulations, and insect repellent. Different natural materials like tapioca,





E. **PERAN MITRA:** Tuliskan realisasi kerjasama dan kontribusi Mitra baik *in-kind* maupun *in-cash* (jika ada). Bukti pendukung realisasi kerjasama dan realisasi kontribusi mitra dilaporkan sesuai dengan kondisi yang sebenarnya. Bukti dokumen realisasi kerjasama dengan Mitra diunggah melalui Simlitabmas mengikuti format sebagaimana terlihat pada bagian isian mitra

Mitra pelaksana penelitian mendukung studi dengan melakukan survey terhadap material yang ada di pasaran, melakukan serangkaian uji coba terhadap material yang didiskusikan dan dikonsultasikan bersama-sama tim peneliti. Mitra pelaksana penelitian melakukan variasi percobaan dan diskusi dengan pasar mengenai peluang dan potensi pengembangan sampel. Mitra calon pengguna membantu studi dengan menguji coba sampel material yang diproduksi untuk dikenakan, tujuannya untuk melihat kemungkinan alergi selain mengeksplorasi kemungkinan penciptaan produk-produk lain yang menjadi pelengkap keruangan. Mitra pelaksana penelitian dan mitra calon pengguna berpotensi menghasilkan turunan baru yang dikembangkan pada penelitian utama, misalnya untuk menghasilkan pakaian, produk, perabot, dan lain-lain yang nantinya akan dikembangkan menjadi arsitektural.



**Gambar 9.** Mitra Pelaksana Melakukan Variasi Percobaan dan Pengembangan Sampel, Atas: Uji Coba Fermentasi, Tengah: Uji Coba Penguraian Hayati, Bawah: Uji Coba Pengembangan Sampel.

**F. KENDALA PELAKSANAAN PENELITIAN:** Tuliskan kesulitan atau hambatan yang dihadapi selama melakukan penelitian dan mencapai luaran yang dijanjikan, termasuk penjelasan jika pelaksanaan penelitian dan luaran penelitian tidak sesuai dengan yang direncanakan atau dijanjikan.

Potensi material yang beragam dan tidak terbatas dikerucutkan pada alternatif pilihan yang murah dan mudah ditemukan di sekitar selain bersifat familiar. Pandemi Covid-19 mempengaruhi produktivitas tukang dan workshop sehingga uji coba material dilakukan di rumah dengan keterbatasan alat dan ruang. Percobaan membutuhkan waktu dan kondisi tertentu untuk mengeksplorasi kualitas bahan dan kemampuan terurai hayati sehingga rentang waktu uji coba menjadi lebih Panjang.

**G. RENCANA TINDAK LANJUT PENELITIAN:** Tuliskan dan uraikan rencana tindak lanjut penelitian selanjutnya dengan melihat hasil penelitian yang telah diperoleh. Jika ada target yang belum diselesaikan pada akhir tahun pelaksanaan penelitian, pada bagian ini dapat dituliskan rencana penyelesaian target yang belum tercapai tersebut.

Setelah melalui serangkaian uji coba awal, tahapan berikutnya akan berfokus untuk melakukan percobaan lanjutan berupa pembuatan prototipe sampel. Prototipe sampel ditargetkan untuk menghasilkan keluaran berupa sampel material komersial (S Output) yang akan dikembangkan menjadi lembaran sehingga dapat digunakan oleh mitra calon pengguna. Setelah melalui perjalanan penelitian, studi memberikan gambaran besar pembuatan material terurai hayati sehingga kelebihan dan kekurangan yang ditemukan dalam penelitian akan disempurnakan melalui tahapan umum:

- 1) Menjawab stagnansi aktual pada masyarakat khususnya pada materi dan metode dengan mengkontras pilihan material yang belum umum digunakan sebagai bahan bangunan, namun memiliki potensi besar sebagai materi arsitektur. Metode pembuatan material akan melanjutkan produk olahan Indonesia sebagai alternatif pengganti penggunaan bahan mentah
- 2) Menggunakan material yang mudah ditemukan namun berasosiasi dengan Indonesia dan Asia Tenggara, menciptakan peluang untuk memproduksi material menggunakan perkakas rumah tangga dan mendukung produksi yang dapat dilakukan dari rumah sehingga dapat dikembangkan oleh khalayak luas
- 3) Memuktahirkan material dengan mengembangkan keilmuan biologi, kimia, fisika, matematika sederhana untuk menstimulasi kebaharuan material sekalipun diproduksi dalam skala rumah tangga. Membuka peluang lanjutan untuk memproses metode sederhana yang dapat dikembangkan dari rumah menuju alternatif lanjutan yang dapat dikembangkan pada industri atau laboratorium.

Tahapan khusus terbagi menjadi 2, yaitu:

1. Mutasi lanskap dan Batik  
Melakukan serangkaian tes mutasi lanskap dan batik pada material terurai hayati  
Mimplementasi mutasi lanskap dan batik pada sample material terurai hayati  
Mengembangkan sample material terurai hayati melalui variasi
2. Memproduksi sample material  
Mengerucutkan alternatif sampel  
Menyempurnakan sampel  
Memproduksi sampel berbentuk lembaran modular

**H. DAFTAR PUSTAKA:** Penyusunan Daftar Pustaka berdasarkan sistem nomor sesuai dengan urutan pengutipan. Hanya pustaka yang disitasi pada laporan akhir yang dicantumkan dalam Daftar Pustaka.

1. Ahmed, M.M.G. "Bio-Digital Morphogenesis in Architecture: An Application on Digital - Botanic Architecture." *Thesis Graduate School Faculty of Engineering, Alexandria University*. Alexandria, Egypt: Alexandria University, April 2015.
2. Almy, D. *Center 14: On Landscape Urbanism*. Austin: The University of Texas, 2007.
3. Aziz&Sherif. "Biomimicry as An Approach for Bio-Inspired Structure with the Aid of Computation." *Alexandria Engineering Journal* 55, 2016: 707-714.
4. BP-REDD+. *National Forest Reference Emission Level for Deforestation and Forest Degradation in the Context of the Activities Referred to in Decision 1/CP.16*. Jakarta: BP-REDD+ Indonesia, 2015.
5. Cecchini, C. "Bioplastics made from upcycled food waste. Prospects for their use in the field of design." *The Design Journal* Vol.20, 2017: S1596-S1610.

6. Chang, et al. "Architectural Tradeoffs for Biodegradable Computing." *MICRO-50*, 2017: 1-12.
7. EPI. "https://epi.envirocenter.yale.edu/downloads/epi2018policymakerssummaryv01.pdf." <https://epi.envirocenter.yale.edu/>. 2018. <https://epi.envirocenter.yale.edu/downloads/epi2018policymakerssummaryv01.pdf> (accessed March 28, 2020).
8. Gruber&Imhof. "Patterns of Growth—Biomimetics and Architectural Design." *Buildings Vol. 7, No. 32*, 2017: 1-17.
9. Harper, D. *Online Etymology Dictionary Biodegradable Definition*. Januari 2001. <https://www.etymonline.com/word/biodegradable> (accessed Juli 25, 2019).
10. Hays, Jeffrey. "http://factsanddetails.com/indonesia/People\_and\_Life/sub6\_2a/entry-3987.html." <http://factsanddetails.com/>. 2015. [http://factsanddetails.com/indonesia/People\\_and\\_Life/sub6\\_2a/entry-3987.html](http://factsanddetails.com/indonesia/People_and_Life/sub6_2a/entry-3987.html) (accessed March 28, 2020).
11. Hernandha, Rahmandhika Firdauzha Hary. "https://www.goodnewsfromindonesia.id/2017/11/23/indonesia-siap-melawan-plastik-non-biodegradable-dengan-singkong-dan-rumput-laut." <https://www.goodnewsfromindonesia.id/>. November 23, 2017. <https://www.goodnewsfromindonesia.id/2017/11/23/indonesia-siap-melawan-plastik-non-biodegradable-dengan-singkong-dan-rumput-laut> (accessed March 28, 2020).
12. InnovationGroup. *The Future 100*. New York: J. Walter Thompson Intelligence, 2019.
13. Krzemińska, et al. "Bioarchitecture – a new vision of energy sustainable cities." *International Conference on Advances in Energy Systems and Environmental Engineering 22, 00091*. Wrocław, Poland: ASEE17, 2017. 1-7.
14. McLennan, Jason F. *The Philosophy of Sustainable Design*. Missouri: Ecotone LLC, 2004.
15. Mittal&Dogne. "Sustainable Architecture in Terms of Building Materials." *Journal of Civil and Construction Engineering Volume 2 Issue 1*, 2016: 1-7.
16. Mostafa, et al. "Production of Biodegradable Plastic from Agricultural Wastes." *Arabian Journal of Chemistry 11*, 2018: 546-553.
17. OxfordBusinessGroup. "https://oxfordbusinessgroup.com/news/indonesia-seeking-greater-funding-rd." <https://oxfordbusinessgroup.com/>. Augustus 29, 2017. <https://oxfordbusinessgroup.com/news/indonesia-seeking-greater-funding-rd> (accessed March 28, 2020).
18. Özdamar&Ateş. "Rethinking sustainability: A research on starch based bioplastic." *Journal of Sustainable Construction Materials and Technologies Vol.3, No.3*, 2018: 249-260.
19. Ranggasari&Bhwana. "https://en.tempo.co/read/1311451/us-removes-indonesia-from-developing-countries-list." <https://en.tempo.co/>. February 24, 2020. <https://en.tempo.co/read/1311451/us-removes-indonesia-from-developing-countries-list> (accessed March 28, 2020).
20. Ripley&Bhushan. "Bioarchitecture: bioinspired art and architecture—a perspective." *rsta journal Phil. Trans. R. Soc. A 374: 20160192*, 2016: 1-35.
21. Sassi, P. "Biodegradable building." *Design and Nature III: Comparing Design in Nature with Science and Engineering Vol.87*. Southampton, UK: WIT Press: Transactions on Ecology and the Environment, Vol 87, 2006. 91-102.
22. Todor, et al. "Researches on the development of new composite materials complete / partially biodegradable using natural textile fibers of new vegetable origin and those recovered from textile waste." *International Conference on Applied Sciences (ICAS2017). IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 294 (2018) 012021*. Romania: IOP Publishing, 2018. 1-9.
23. UNCTAD. "https://unctad.org/en/Pages/DITC/Trade-and-Environment/BioTrade/BT-Indonesia.aspx." <https://unctad.org/>. 2019. <https://unctad.org/en/Pages/DITC/Trade-and-Environment/BioTrade/BT-Indonesia.aspx> (accessed March 28, 2020).
24. Wahyuningtyas&Suryanto. "Analysis of Biodegradation of Bioplastics Made of Cassava Starch." *Journal of Mechanical Engineering Science and Technology Vol. 1, No 1*, July 2017: 24-31.

Dokumen pendukung luaran Wajib #1

Luaran dijanjikan: Karya arsitektur

Target: Telah bersertifikat

Dicapai: Tersedia

Dokumen wajib diunggah:

1. Dokumentasi Luaran

Dokumen sudah diunggah:

1. Dokumentasi Luaran

Dokumen belum diunggah:

- Sudah lengkap





REPUBLIK INDONESIA  
KEMENTERIAN HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA

# SURAT PENCATATAN CIPTAAN

Dalam rangka perlindungan ciptaan di bidang ilmu pengetahuan, seni dan sastra berdasarkan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta, dengan ini menerangkan:

Nomor dan tanggal permohonan : EC00202138974, 15 Agustus 2021

## Pencipta

Nama : **Fermanto Lianto, Rudy Trisno dkk**  
Alamat : Taman Surya 2, Blok D1-2, Pegadungan, Kalideres, Jakarta Barat, DKI JAKARTA, 11830  
Kewarganegaraan : Indonesia

## Pemegang Hak Cipta

Nama : **Fermanto Lianto, Rudy Trisno dkk**  
Alamat : Taman Surya 2, Blok D1-2, Pegadungan, Kalideres, Jakarta Barat, DKI JAKARTA, 11830  
Kewarganegaraan : Indonesia

Jenis Ciptaan : **Poster**  
Judul Ciptaan : **Studi Teh Dan Kopi Dengan Metode Fermentasi Untuk Pengembangan Material Bangunan Terurai Hayati**

Tanggal dan tempat diumumkan untuk pertama kali : 10 Agustus 2021, di Jakarta  
di wilayah Indonesia atau di luar wilayah Indonesia

Jangka waktu perlindungan : Berlaku selama hidup Pencipta dan terus berlangsung selama 70 (tujuh puluh) tahun setelah Pencipta meninggal dunia, terhitung mulai tanggal 1 Januari tahun berikutnya.

Nomor pencatatan : 000265286

adalah benar berdasarkan keterangan yang diberikan oleh Pemohon.

Surat Pencatatan Hak Cipta atau produk Hak terkait ini sesuai dengan Pasal 72 Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta.

a.n. MENTERI HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA  
DIREKTUR JENDERAL KEKAYAAN INTELEKTUAL



Dr. Freddy Harris, S.H., LL.M., ACCS.  
NIP. 196611181994031001

## Disclaimer:

Dalam hal pemohon memberikan keterangan tidak sesuai dengan surat pernyataan, menteri berwenang untuk mencabut surat pencatatan permohonan.

**LAMPIRAN PENCIPTA**

No	Nama	Alamat
1	Fermanto Lianto	Taman Surya 2, Blok D1-2, Pegadungan, Kalideres
2	Rudy Trisno	Muara Karang Blok JIX 8/11A, Pluit, Penjaringan
3	Denny Husin	Taman Ratu Indah Blok BB1 No. 12A, Kedoya Utara, Kebon Jeruk

**LAMPIRAN PEMEGANG**

No	Nama	Alamat
1	Fermanto Lianto	Taman Surya 2, Blok D1-2, Pegadungan, Kalideres
2	Rudy Trisno	Muara Karang Blok JIX 8/11A, Pluit, Penjaringan
3	Denny Husin	Taman Ratu Indah Blok BB1 No. 12A, Kedoya Utara, Kebon Jeruk





# STUDI TEH DAN KOPI DENGAN METODE FERMENTASI UNTUK PENGEMBANGAN MATERIAL BANGUNAN TERURAI HAYATI

Dr. Ir. Fermanto Lianto, M.T. (NIDN: 0305076401)  
 Dr. Ir. Rudy Trisno, M.T., IAI, HDII. (NIDK: 010392032)  
 Denny Husin, S.T., MA H&U (NIDN: 0326108302)

## Ringkasan

Kesadaran akan efek negatif pemanasan bumi menghantar pada pentingnya penggunaan material terurai hayati pada konsep bangunan hijau (Najafi & Faizi, 2017). Meski demikian, pada kenyataannya pengembangan bangunan hijau di Indonesia belum banyak berfokus pada material terurai hayati karena keterbatasan dan kurangnya ketertarikan. Studi ini bertujuan untuk menginisiasi pengembangan material berbasis lingkungan hidup yang dapat dibuat oleh semua kalangan masyarakat dan dapat diproduksi di rumah (Gavin, et al., 2015). Stimulasi dapat merangsang partisipasi masyarakat untuk memproduksi material bangunan sederhana untuk kebutuhan sehari-hari (Barry, 2018). Metode fermentasi dilakukan dengan cara observasi dan eksperimentasi untuk menghasilkan material terurai hayati dan turunannya (Dutta & Paul, 2018). Terdapat 2 jenis pengembangan yang saling melengkapi, yakni: 1) mengembangkan material lembaran sebagai penutup yang dibuat dari teh kombucha dan 2) bahan pengisi dari limbah kopi. Hasilnya adalah prototipe berupa lembaran dan pengisi yang berpotensi dikonstruksikan menjadi bahan bangunan. Temuannya adalah material alami ramah lingkungan yang dapat dikembangkan di rumah dan memiliki degradasi yang baik. Selain material bangunan, fermentasi juga menghasilkan variasi turunan yang berguna untuk kehidupan sehari-hari seperti pupuk, pengusir serangga, kosmetik, makanan dan minuman. Kebaruannya adalah bahan pembentuk material bangunan organik sebagai prototipe yang dapat terurai hayati

Kata kunci: arsitektur, fermentasi, hayati, hijau, terurai,





## Kesimpulan

Studi ini merupakan uji coba awal yang mengandalkan ketersediaan material alami di sekitar lingkungan tempat tinggal pada saat pandemi Covid-19. Proses eksperimentasi mengindahkan protokol kesehatan dan keselamatan untuk memproduksi bahan dan sumber daya lokal. Proses ini diuji coba di lokasi yang berbeda-beda dan kondisi yang tidak seragam untuk menyajikan sampel acak. Namun demikian, percobaan ini merupakan uji coba dalam studio yang merupakan hasil dengan kualitas terbaik dan belum melewati tes laboratorium karena bertujuan menemukan dasar pengembangan daripada hasil akhir. Oleh karena itu, sebagai sebuah keberlanjutan, penelitian ini menyarankan penelitian lain untuk memadukan kekurangan dan kelemahan material alami antara satu dengan yang lainnya. Kemajuan yang disarankan adalah untuk mengarah pada kombinasi, rekayasa teknologi dan konstruksi prototipe material organik.

## Referensi

- Barry, L. (2018). *Kombucha Leather: How to Grow*. Parson, Public Lab. Healthy Materials Lab. Retrieved from <https://publiclab.org/notes/liz/01-26-2018/grow-kombucha-leather-parsons-healthy-materials-lab>
- Dutta, H., & Paul, S. K. (2018). Kombucha Drink: Production, Quality and Safety Aspects. In A. Grumezescu, & A. M. Holban, *Production and Management of Beverages* (1 ed., pp. 259-288). Cambridge, UK: Woodhead Publishing. doi:<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815260-7.00008-0>
- Gavin, M. C., McCarter, J., Mead, A., Berkes, F., Stepp, J. R., Peterson, D., & Tang, R. (2015). Defining biocultural approaches to. *TREE: Trends in Ecology & Evolution*, 30(3), 140-145. doi:10.1016/j.tree.2014.12.005
- Najafi, E., & Faizi, M. (2017). Evolution of Building Envelopes through Creating Living Characteristics. *Journal of Civil Engineering and Architecture*, 11, 1186-1102. doi:10.17265/1934-7359/2017.12.004

Tabel 1. Eksperimentasi dengan Kombucha dan Limbah Kopi untuk Membangun Konsep Material Terurai Hayati

Fermentasi Teh Kombucha	Langkah				
	Metode	1) Penyeduhan di rumah 2) Fermentasi teh kombucha 3) Pengawetan herbal 4) Pengeringan alami dan buatan 5) Penyelesaian dan aplikasi akhir			
	Kertas Dinding				
	Hasil	Keunggulan: mudah dibuat, fermentasi singkat, murah, tidak terbatas, berdaya tahan Kelemahan: material hidup, sulit dikelola, faktor tumbuh bersifat sensitif, berbau Keutamaan: lembar transparan, kertas dinding, material translusen, kulit buatan Pendukung: makanan dan minuman Tambahkan: kosmetik dan pupuk			
Fermentasi Limbah Kopi Indonesia	Langkah				
	Metode	1) Pengumpulan limbah kopi 2) Fermentasi kopi 3) Pemanasan dan pengeringan 4) Cetakan konvensional 5) Penyelesaian alami atau natural			
	Kertas Dinding				
	Hasil	Keunggulan: mudah dibuat, murah, mudah dibentuk, mudah ditemukan, tersedia, tidak berbau Kelemahan: proses panjang, sulit dipelihara, mudah terurai, jamur, daya tahan lemah Keutamaan: insulasi, pengisi, kayu buatan Pendukung: pengusir serangga Tambahkan: kosmetik, pupuk			



Dokumen pendukung luaran Tambahan #1

Luaran dijanjikan: Artikel pada Conference/Seminar Internasional di Pengindeks Bereputasi

Target: Terbit dalam Prosiding

Dicapai: Published

Dokumen wajib diunggah:

1. Artikel yang terbit

Dokumen sudah diunggah:

1. Artikel yang terbit

Dokumen belum diunggah:

-

Peran penulis: first author

Nama Konferensi/Seminar: 2nd Tarumanagara International Conference on the Applications of Social Sciences and Humanities (TICASH 2020)

Lembaga penyelenggara: Universitas Tarumanagara

Tempat penyelenggara: Jakarta

Tgl penyelenggaraan mulai: 3 Agustus 2020 | Tgl selesai: 4 Agustus 2020

ISBN/ISSN: 2352-5398

Lembaga pengindeks: Web of Science (WoS)

URL website: <http://ticash.untar.ac.id>

Judul artikel: Development of Biological Understanding Materials For Architecture

# Development of Biological Understanding Materials For Architecture

Case study: Pineapple Fibre, “Nata de Coco”, Waste Paper

Fermanto Lianto<sup>1\*</sup>, Rudy trisno<sup>1</sup>, Denny Husin<sup>1</sup>, Mieke Choandi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Department of Architecture and Planning, Tarumanagara University, Jakarta*

*\*Corresponding Author. Email: fermantol@ft.untar.ac.id*

## ABSTRACT

Construction and building waste have stimulated an environmental movement; from reuse and recycle activities to the development of biodegradable materials, these features have stimulated an instant trend in the global world. Conventional building material contributes to more pollution and warmer environment, and some may contain toxic or dangerous substances that can be harmful to humans and other organisms. This paper investigates three potential biodegradable materials that are easily found in Indonesia, namely: pineapple fibre, “Nata de Coco”, and recycle paper. This study aims to create a base that is to develop more advanced biodegradable material research in the near future. The experimentation is planned to be possible at home or small industry; it is economical and userfriendly and can be equipped with simple instruments like household utensils. By doing so, the research intends to target a bigger audience for implementation, as the material can be easily produced and used at the domestic level. This method uses a trial to set the basis and development of biodegradable building material samples. Steps are generally divided by two: basic tests (heating, cooling, roasting, drying process) and starter (preserving, decomposition, reunification process). The result is a kick-starter in a powder form, tested to produce sample material sheets in order to present the prospective development of Indonesian biodegradable building materials.

**Keywords:** *Architecture, Biodegradable, Natural, Material, Sample*

## 1. INTRODUCTION

The phenomenon of world attention on building waste encourages the need to minimize the use of building and construction materials, including support for green environmental planning [1]. Recycling and reuse actions need to be considered as a planned effort to reduce building waste. Innovation and material discovery can contribute not only to reducing waste but also to achieving zero waste in green buildings. However, inspiration needs to study locality and familiarize yourself with the natural material that can be found around us [2]. The aim is to reduce the carbon footprint and pay attention to the material decomposition process cycle; this action needs to become our daily agenda, including its application to buildings. An awareness of biodegradable materials' importance can be planned to become building construction materials [3]. The benefits of the research are to develop the concept of biodegradable building materials based on local materials in order to foster a love of domestic natural materials and support the development of green building designs in Indonesia.

A Sustainable environment is one of the global directions in building design that receives serious attention; not only because of the effects of global warming but also because it involves many of the world's problems including its links to urban planning. Green building design contributes to the improvement of economic, social, political and cultural conditions from the use of community resources to building waste [1]. Based on environmental care, building

construction waste is included in the percentage of serious waste problems to be considered [4]. One of the essential issues that locally and globally need to be implemented immediately include: waste minimization, recycling planning and the use of biodegradable building materials [5]. However, the process of reducing waste by recycling has not been categorized as a productive effort; the evidence is that 79% of waste destined for final disposal is still classified as waste [6].

Environmentalists, including architects in this context, need to be invited to take a role in planning strategies in making innovations to achieve zero waste architecture. Similarly, industry and users need to be allowed to develop building materials [1]. It means that the cycle and system in building design can invite active participation from direct actors so that in the future, they are actively aware of the actions of using products and are willing to take a role in waste treatment and the use of biodegradable materials. Inspiration is drawn and learned from natural materials and experimental tools that can be found at home and around the environment. The goal is that the natural process cycle's characteristics can not only be applied to building construction [3], but also in daily life. To take root in culture, memory, and design, landscape as a verb suggests the development of a symbiotic sample [7]. Biodegradable material needs to be found in the neighborhood and can be implemented on a home industry scale. This is the simplest development strategy for basic biodegradable materials, which are gradation and can be implemented on a minimum scale, before further development.

## 2. RESEARCH METHODS

The research chooses the material studied based on the criteria; 1) Easy to find around the environment; 2) Economical/cheap; 3) Ready; 4) Harmless; 5) Non-toxic; and 6) Natural. Forming material is divided into 3, namely; 1) Pineapple fibre as a representative fibre, has the character of insulation, in the form of threads and is often used in textiles, crafts and animal husbandry; 2) "Nata de Coco", derived from liquid, translucent and translucent transparent fields, used as a food; 3) Recycled paper representation of sheets, formed from the pulp, field-shaped used for stationery, decoration, and crafts. Recycled paper representation of sheets, formed from the pulp, field-shaped used for stationery, decoration, and crafts.

This method uses a trial to set the basis and development of biodegradable building material samples. Steps are generally divided by two: basic tests (heating, cooling, roasting, drying, immersion process) and starter (preserving, decomposition, reunification process) (table 1).

**Table 1** Trial Methods

No	Method	Information
1	Heating Process	Use Teflon on the stove with an internal temperature of 75-100 degrees Celsius for 1-5 minutes until saturated exposure.
2	Cooling Process	Use a refrigerator with a temperature of 0-5 for 30 days.
3	Roasting process	I was using an orange-blue flame with the temperature of 1000-1500 degrees Celsius to produce coals/charcoal/burnt results.
4	Drying process	Direct exposure to sunlight for 30 days in Jakarta's tropical temperatures varies from 22 degrees Celsius to 38 degrees Celsius, a maximum humidity of 80%, and winds of 15 km/hour.
5	Immersion process	Using H <sub>2</sub> O (aqua, PH: 7) for 30 days. The condition of the material is submerged/half submerged.
6	Preserving Process	Lime powder (CaCO <sub>3</sub> ) dissolved in H <sub>2</sub> O (aqua, PH: 7) as a variation of immersion process material considering the dominance of wood-containing test material. Preserving process material origin containing cane sugar (C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub> ) and salt (NaCl) and acetic acid (C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub> )
7	Decomposition Process	Material is dried by the drying process, roasted, manually crushed with collisions, filters, and grated to produce a powder.
8	Reunification Process	Using H <sub>2</sub> O (aqua, PH: 7) to produce a paste, then dried through drying process to produce solids.

## 3. RESULTS AND DISCUSSION

### 3.1 Basic Biodegradability Test

With the target of the ability to melt in the environment, biodegradable building materials need to be planned to be able to melt into nutrients that are nourishing the soil, plants, or become a food source for organisms. Smelting can occur through the influence of weather, microorganisms, or human intervention, for example, pouring certain substances or components into a material whose melting results are not harmful to the environment. Although the ability and results of the fusion vary; The ultimate goal of biodegradable building materials is to return to the landscape as its natural environment. Therefore, in this case, time determines the durability of the material that can determine its use as a temporary or permanent building material. Temporary building material means that the building material will biodegrade itself (automatically through decomposed time control), suitable for use in pavilions, camps, exhibitions, landscapes, and so on. Permanent building material means building materials will biodegrade with additional component interventions while remaining as useful as conventional building materials if not without intervention. Permanent building materials are suitable when used for simple houses, interiors, etc. Therefore, to test the level of material resistance, the following trials are carried out: while remaining as useful as conventional building materials if not without intervention. Permanent building materials are suitable when used for simple houses, interiors, etc. Therefore, to test the level of material resistance, the following trials are carried out:

**Table 2** Heating Process

No.	Time	Pineapple fiber	"Nata de Coco"	Recycled paper
1	1 <sup>st</sup> Minute			
2	2 <sup>nd</sup> Minute			
3	3 <sup>rd</sup> Minute			
4	4 <sup>th</sup> Minute			













The findings on the heating process the material using Teflon on a stove with an internal temperature of 75-100 degrees Celsius for 1-5 minutes until saturated exposure refers to the following:

1. Pineapple fibres gather before grading partially roasting process and break down into fibre flakes.
2. "Nata de Coco" gradually shrinks, followed by a roasting process angle.



3. Recycled paper changes shape at the maximum temperature the flame ignites and burns. Pineapple fibre in this trial is a biodegradable material because it is the least dense but leaves the most durable fibre structure. "Nata de Coco" material is the fastest to change shape because it contains a lot of liquid but is the most difficult to burn and leaves the most reliable material. Recycled paper is the hardest material to burn, but when ignited, embers will easily strike and produce the least solid structure (Table 2).

**Table 3 Cooling Process**

No.	Time	Pineapple fiber	"Nata de Coco"	Recycled paper
1.	1 <sup>st</sup> Week			
2.	2 <sup>nd</sup> Week			
3.	3 <sup>rd</sup> Week			
4.	4 <sup>th</sup> Week			

The findings of the cooling process the material using a refrigerator with a temperature of 0-5 for 30 days refer to the following:

1. Pineapple fibre does not show the significant shape and colour changes in the overall shape and fibre, becomes moist, but easily loses moisture when exposed to air outside the refrigerator.
2. "Nata de Coco" loses about 5-10% humidity every week, which affects the overall shape; it is difficult to lose moisture when exposed to air outside the refrigerator.
3. The recycled paper shows no change at all, minimal humidity, and does not easily lose moisture when exposed to air outside the refrigerator.

In general, only "Nata de Coco" shows significant deformation and moisture reduction due to its original water content, while others do not show significant deformation or humidity (Table 3).

**Table 4 Roasting Process**










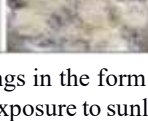

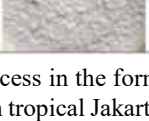
No.	Time	Pineapple fiber	"Nata de Coco"	Recycled paper
1.	5 <sup>th</sup> Second			
2.	10 <sup>th</sup> Second			
4.	-			
5.	-			

The findings on the roasting process using blue-orange fire with a temperature of 1000-1500 degrees Celsius to produce the following references:

1. Pineapple fibre burns unevenly, flammable on the outside, but fibre breaks make the clot core not flammable. The resulting burnt in the form of fine fibre charcoal.
2. "Nata de Coco" is the most difficult material to burn, beginning with shrinking, bubbles appear on the epidermis, roasting process of the epidermis into charcoal. Roasting process occurs per layer and leaves a lump of moist charcoal.
3. Recycled paper burns evenly immediately and becomes charcoal dust in a few seconds.

Its findings were that recycled paper was the most flammable material and produced the most brittle final waste as dust. Pineapple fibre is flammable only at the edges and leaves charcoal in the form of a rigid fibre structure. "Nata de Coco" is the most difficult to burn because it contains water and leaves a lump of charcoal that is moist and fused (Table 4).

**Table 5 Drying Process**

No.	Time	Pineapple fiber	"Nata de Coco"	Recycled paper
1.	1 <sup>st</sup> Week			
2.	2 <sup>nd</sup> Week			
3.	3 <sup>rd</sup> Week			
4.	4 <sup>th</sup> Week			

The findings in the form of the drying process in the form of direct exposure to sunlight for 30 days in tropical Jakarta temperatures vary from 22 degrees Celsius to 38 degrees referring to:

1. Pineapple fibre loses moisture, loss of humidity 20-30% every week depending on the weather, 75% dry in the 2<sup>nd</sup> and 3<sup>rd</sup> week. The texture changes from moist and soft, too stiff and rough, in the 4<sup>th</sup> week, there is a loss of fine fibre flakes.
2. "Nata de Coco" loses 10-15% humidity every week, and some decomposition process is aided by organisms such as bacteria and ants. Leaving 10% solid material translucent and fragile but flexible.
3. The pulp loses its moisture, the loss of humidity is 20-30% every week depending on the weather, preceded by the loss of the fusing liquid, leaving a paste, ending with a paste that dries 90-95% with fine dust and mildew on the surface.

Because of different characters, materials, and erratic weather situations, it isn't easy to compare the three under the same conditions. However, because the exposure is carried out simultaneously, the three terms can be assessed for durability in the following order: Pineapple fibre, paper, and "Nata de Coco" while the biodegradability is sorted the opposite (Table 5).

**Table 6** Immersion Process

No.	Time	Pineapple fiber	"Nata de Coco"	Recycled paper
1.	1 <sup>st</sup> Week			
2.	2 <sup>nd</sup> Week			
3.	3 <sup>rd</sup> Week			
4.	4 <sup>th</sup> Week			

The findings on the immersion process using H<sub>2</sub>O (aqua, PH: 7) for 30 days with submerged material refer to the following:

1. Pineapple fibre is kept moist; the fibre's overall texture remains moist; there are fine fibres that are detached from the fibre structure.
2. "Nata de Coco" does not undergo significant deformation but starts to give off an unpleasant odor.
3. Gradually recycled paper is destroyed but not completely destroyed.

In general, the immersion process mostly affects the structure of recycled paper; because, in addition to visually experiencing destruction, the texture of the paper becomes fragile. Pineapple fibre experiences mild destruction in only a portion of fine fibre. "Nata de Coco" does not appear to have been destroyed but has undergone a process of decay, which is indicated by smell (Table 6).

### **3.2 Changes Itself towards Biodegradable Building Materials**

Nature change is the process of changing natural materials found around the environment to become compounds for designing biodegradable building materials. Through a series of trials, in this natural study materials found around are broken down into the smallest structures so they can be used as the basis for building biodegradable building materials. After being formed into a sample of biodegradable building materials, these natural materials still have similar characteristics to their origin, but have changed their function and durability so that they can be used as building materials. However, in this study, the experiment only focused on developing material samples and did not produce building materials that were ready to be commercialized.

**Table 7** Preserving Process

No.	Time	Pineapple fiber	"Nata de Coco"	Recycled paper
1.	1 <sup>st</sup> Week			
2.	2 <sup>nd</sup> Week			
3.	3 <sup>rd</sup> Week			
4.	4 <sup>th</sup> Week			

The findings on preserving lime powder (CaCO<sub>3</sub>) dissolved in H<sub>2</sub>O (aqua, PH: 7) refer to the following:

1. Pineapple fibre does not experience significant changes compared with the conventional drying process, but lime makes the fibre feel coarser with the amount of loss of fine fibre more about 10-20% than just using water.
2. "Nata de Coco" does not seem to experience significant changes when compared with the conventional drying process, but when observed weekly changes, more fluid is lost. However, ants are rarely seen.
3. The recycled paper does not show significant changes when compared with the conventional drying process. However, lime powder is found on the surface of the paper, and no mould/fungus is found in the 4<sup>th</sup> week.

Preserving process does not change the overall shape and decomposition process when compared with the use of aqua; however, lime has been shown to accelerate the decomposition process while preventing ants, mould, or mildew on the material even though it leaves powder on the surface (Table 7).

**Table 8** Decomposition Process

No.	Time	Pineapple fiber	"Nata de Coco"	Recycled paper
1.	1 <sup>st</sup> Week			
2.	2 <sup>nd</sup> Week			
3.	3 <sup>rd</sup> Week			
4.	4 <sup>th</sup> Week			

The findings in the decomposition process by the destruction of dry material through the drying process, roasting process, manually crushed with collisions, filters, and a grater to produce powder refers to the following:

1. Pineapple fibre produces the most varied description, namely fine fibres into powder of light grey and brown, the structure of the fibre partially becomes charcoal yarn grey and black. The collision produces powder with heterogeneous variations in colour and texture from light to dark.
2. "Nata de Coco" is the most difficult to decompose, producing the fewest descriptions. With the dominance of lumps of light grey and old grey, the decomposition process results still need to be dried/roasted for mutually perfect results.
3. Recycled paper produces a moderate amount of description, with high fragility and is dominated by dark grey and black dots with almost homogeneous colours.

In brief, the three materials produce contrasting results. In contrast, pineapple fibre produces the most breakdown with heterogeneous colour and texture variations. Paper waste shows the opposite character, while "Nata de Coco" is the most difficult to decompose (Table 8).

**Table 9** Reunification Process

No.	Time	Pineapple fiber	"Nata de Coco"	Recycled paper
1.	1 <sup>st</sup> Week			
2.	2 <sup>nd</sup> Week			
3.	3 <sup>rd</sup> Week			
4.	4 <sup>th</sup> Week			

Integration is done by dissolving the breakdown results using H<sub>2</sub>O (aqua, PH: 7) to produce a paste then dried through drying process to produce solids and refer to the following results:

Pineapple fibre produces a paste that is heterogeneous has a rough texture and does not blend perfectly. The resulting solids are the most fragile and show contrasting colours. The darker the colour of the texture of the solid, the more fragile the bonding material.

"Nata de Coco" produces chewy pasta with uneven colours. The fusion process results in a gradation of change from the slimy paste, the doughy dough then produces a chewy solid. However, there are gradations of texture colour in the final result.

Recycled paper produces a paste that blends perfectly in both colour and texture; however, the final result shows the fragility and is most easily overgrown with mould or mildew.

In general, "Nata de Coco" produces a unique texture with a moderate level of integration. Recycled paper produces results similar to the original form with a high degree of fusion, while pineapple fibre produces the most fragile heterogeneous solids (Table 9).

#### 4. CONCLUSIONS

Research focusing on developing three materials with different characters exposes contrast, which can open up variations in function. However, research has the disadvantage that even if the three types of material are compared by doing the same specific exposure, the three materials cannot be exactly treated, both from the handling and during the process of changing nature. The final process that transforms processed into powder form has opened opportunities for even more parallel treatment and proved the development of this material can be done on a household scale. Through this research, it can be concisely concluded that pineapple fibre has the strongest structural strength, making it the most difficult to decompose. The shape of the fibre resembles a thread causing pineapple fibre cannot be unravelled evenly at the same time. However, pineapple fibre has the potential to be good insulation of sound, fire, water, which is higher than other materials. "Nata de Coco" has a high liquid, flexible, translucent, fire insulator and can be developed into a non-combustible material.

However, "Nata de Coco" is susceptible to heat exposure, is easily deformed due to changes in temperature, and becomes a magnet for organisms so that decomposition process time is more difficult to control. Recycled paper has a material homogeneity, high adhesion easily blends with additional material and has moderate decomposition process time so that it is easily controlled. However, recycled paper is combustible, destroyed by liquid. It can be fatal because it is most structurally fragile in certain situations and conditions.

The final sample in the form of processed materials still showed variations in character according to each material's strengths and weaknesses even though it was in the form



of solids even though the change in shape, durability, and ease of mixing became easier. The results of this study can develop further research, for example, to examine derivative materials, combination materials, and the development of prototype functions and other fields: landscape, interior, or exterior.

## ACKNOWLEDGMENT

Thank you to DPPM-Untar (Direktorat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat-Universitas Tarumanagara) for funding this research; the craftsmen who helped prepare the material and together did the first trial even though it was done in a different workshop location to enable the research team to re-check the research results while accelerating the trial process.

## REFERENCES

- [1] P. Sassi, "Biodegradable building," in *Design and Nature III: Comparing Design in Nature with Science and Engineering*, vol. 87, Southampton, UK, WIT Press: Transactions on Ecology and the Environment, 2006, pp. 91-102.
- [2] J. F. McLennan, *The Philosophy of Sustainable Design*, Missouri: Ecotone LLC, 2004.
- [3] A. J. Anselm, "Building with Nature (Ecological Principles in Building Design)," *Journal of Applied Sciences*, vol. 6, no. 4, pp. 958-963, 2006.
- [4] P. A. Safitri, *Statistik Lingkungan Hidup Indonesia*, Jakarta: Badan Pusat Statistik Indonesia, 2018.
- [5] M. L. Nobile, *Architecture as A Device: The Design of Waste Recycling Collection Centres*, Napoli: DiArc, 2018.
- [6] We-a, "https://www.we-a.dk/," 2019. [Online]. Available: <https://www.we-a.dk/news/2019/3/14/can-architecture-save-the-world>. [Accessed 26 July 2020].
- [7] S. Schama, *Landscape and Memory*, New York: Knopff, 1995.

## Dokumen Realisasi Mitra

Mitra pelaksana penelitian mendukung studi dengan melakukan survey terhadap material yang ada di pasaran, melakukan serangkaian uji coba terhadap material yang didiskusikan dan dikonsultasikan bersama-sama tim peneliti. Mitra pelaksana penelitian melakukan variasi percobaan dan diskusi dengan pasar mengenai peluang dan potensi pengembangan sampel. Mitra calon pengguna membantu studi dengan menguji coba sampel material yang diproduksi untuk dikenakan, tujuannya untuk melihat kemungkinan alergi selain mengeksplorasi kemungkinan penciptaan produk-produk lain yang menjadi pelengkap keruangan. Mitra pelaksana penelitian dan mitra calon pengguna berpotensi menghasilkan turunan baru yang dikembangkan pada penelitian utama, misalnya untuk menghasilkan pakaian, produk, perabot, dan lain-lain yang nantinya akan dikembangkan menjadi arsitektural.



**Gambar 9.** Mitra Pelaksana Melakukan Variasi Percobaan dan Pengembangan Sampel, Atas: Uji Coba Fermentasi, Tengah: Uji Coba Penguraian Hayati, Bawah: Uji Coba Pengembangan Sampel.



DOCUMENTS

# Researches

Req. Synchronization

Search...

Sort By

Year

Page 1 of 1 | Total Records : 9

### Filter

Bima

Manual

Verified

Unverified

Filter

Reset

[Pernaungan Wearable: Arsitektur Fashion dengan Teknologi Nomaden Masa Depan](#) publish at 2022

Program Hibah : Penelitian Desentralisasi | Skema : Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi | ✔ BIMA

SOURCE

Leader : RUDY TRISNO  
Funds approved : Rp. 153.536.000  
Verified by at 0000-00-00 00:00:00

[Mutasi Lanskap dan Batik Sebagai Pengembangan Material Terurai Hayati \(Biodegradable\) Pada Arsitektur Berkelanjutan di Indonesia](#) publish at 2022

Program Hibah : Penelitian Desentralisasi | Skema : Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi | ✔ BIMA

SOURCE

Leader : FERMANTO LIANTO  
Funds approved : Rp. 158.873.000  
Verified by at 0000-00-00 00:00:00

[Mutasi Lanskap dan Batik Sebagai Pengembangan Material Terurai Hayati \(Biodegradable\) Pada Arsitektur Berkelanjutan di Indonesia](#) publish at 2021

Program Hibah : Penelitian Desentralisasi | Skema : Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi | ✔ BIMA

SOURCE

Leader : FERMANTO LIANTO  
Funds approved : Rp. 194.800.000  
Verified by at 0000-00-00 00:00:00

[Pernaungan Wearable: Arsitektur Fashion dengan Teknologi Nomaden Masa Depan](#) publish at 2021

Program Hibah : Penelitian Desentralisasi | Skema : Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi | ✔ BIMA

SOURCE

Leader : RUDY TRISNO  
Funds approved : Rp. 116.810.000  
Verified by at 0000-00-00 00:00:00

[Konsep Hibridisasi Arsitektur Interior dengan Perancangan Aksesor Fashion](#) publish at 2020

Program Hibah : Penelitian Desentralisasi | Skema : Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi | ✔ BIMA

SOURCE

Leader : RUDY TRISNO  
Funds approved : Rp. 204.616.000  
Verified by Dr. Dra. Fransisca Iriani R. Dewi, at 2022-08-10 22:50:07

[Perancangan Fasilitas Umum Ramah Terhadap Pengguna Kursi Roda. Studi Kasus: Stasiun Gambir, Jakarta](#) publish at 2020

Program Hibah : Penelitian Kompetitif Nasional | Skema : Penelitian Tesis Magister | ✔ BIMA SOURCE

SOURCE

Leader : FERMANTO LIANTO  
Funds approved : Rp. 28.260.000  
Verified by at 0000-00-00 00:00:00

[Komposisi Lanskap Arsitektonik pada Resor di Bali](#) publish at 2020

Program Hibah : Penelitian Kompetitif Nasional | Skema : Penelitian Tesis Magister | ✔ BIMA SOURCE

SOURCE

Leader : FERMANTO LIANTO  
Funds approved : Rp. 30.945.000  
Verified by at 0000-00-00 00:00:00

[Kajian Naratologi Arsitektur Museum. Studi Kasus: Museum Fatahillah](#) publish at 2020

Program Hibah : Penelitian Kompetitif Nasional | Skema : Penelitian Tesis Magister | ✔ BIMA SOURCE

SOURCE

Leader : RUDY TRISNO  
Funds approved : Rp. 27.285.000  
Verified by at 0000-00-00 00:00:00

[Konsep Hibridisasi Arsitektur Interior dengan Perancangan Aksesor Fashion](#) publish at 2019

Program Hibah : Penelitian Desentralisasi | Skema : Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi | ✔ BIMA

SOURCE

Leader : RUDY TRISNO  
Funds approved : Rp. 188.989.500  
Verified by Dr. Dra. Fransisca Iriani R. Dewi, at 2022-08-10 22:50:16

Page 1 of 1 | Total Record 9