

# Eksplorasi Bambu Sebagai Material Berkelanjutan pada Bangunan

Imriyanti\*<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departemen Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin Makassar

## ABSTRAK

Material bambu sebagai salah satu material bangunan saat ini berkembang pesat sesuai dengan peruntukannya. Bambu sebagai material bangunan mampu menjadi material struktural yakni pada bagian bawah bangunan (sub-struktur), tengah bangunan (super-struktur) dan atas bangunan (upper-struktur) yang bersifat berkelanjutan. Tujuan penelitian, eksplorasi keberadaan bambu pada sistem struktur bangunan menjadi material perencanaan bangunan secara umum dan bangunan berkelanjutan secara khusus. Metode yang digunakan adalah deskriptif kualitatif, yaitu berusaha untuk menghasilkan data yang berupa gambaran sistematis dan akurat dari objek kajian. Hasil didapati bahwa bambu mampu dieksplorasi karena sifat mekanik yang terkandung didalamnya seperti: berat jenis, kuat tarik, kuat tekan, kuat lentur dan kuat geser. Sehingga bambu mampu bertahan dan dimanfaatkan sebagai material struktural bangunan. Penempatan bambu sebagai material bangunan yakni dibagian sistem struktur bangunan yakni: sub-struktur dibagian bawah bangunan atau menjadi fondasi/dasar bangunan; super struktur pada badan/tengah bangunan seperti; lantai, kolom, dinding, dan plafon bangunan; untuk bagian upper bangunan. Penempatan bambu pada bagian rangka atap dan material penutup atap bangunan. Temuan riset ini dapat diimplementasikan ke berbagai bangunan sederhana.

## ABSTRACT

*Bamboo material as a building material is currently developing rapidly according to its purpose. Bamboo as a building material is capable of being a structural material, namely at the bottom of the building (sub-structure), the middle of the building (super-structure) and the top of the building (upper-structure) which is sustainable. The aim of the research is to explore the presence of bamboo in building structural systems as a material for building planning in general and sustainable buildings in particular. The method used is descriptive qualitative, namely trying to produce data in the form of a systematic and accurate picture of the object of study. The results found that bamboo could be explored because of the mechanical properties contained in it such as: specific gravity, tensile strength, compressive strength, flexural strength and shear strength. So that bamboo can survive and be used as a building structural material. The placement of bamboo as a building material is in the structural system of the building, namely: the sub-structure at the bottom of the building or as the foundation/base of the building; super structures in the body/middle of the building such as; floors, columns, walls and ceilings of buildings; for the upper part of the building. Placement of bamboo on the roof frame and roof covering material of the building. These research findings can be implemented in various simple buildings.*

## ARTICLE HISTORY

Received December 15, 2023  
Received in revised form  
December 26, 2023  
Accepted January 29, 2024  
Available online February 15,  
2024

## KEYWORDS

Bambu, Bangunan,  
Berkelanjutan, Sifat Mekanik,  
Sistem Struktural

## 1. Pendahuluan

Perkembangan pembangunan di berbagai sektor sangat mempengaruhi perkembangan material bangunan. Material bangunan saat ini dapat disesuaikan dengan fungsi bangunan. Salah satu bahan bangunan yang dapat dimanfaatkan sebagai material bangunan di bagian bawah bangunan (sub-struktur), tengah bangunan (super-struktur) dan atas bangunan (upper-struktur) adalah bambu. Bambu sebagai material bangunan berasal dari alam dan bambu merupakan tanaman jenis rumput-rumputan yang terdapat rongga dan ruas pada batangnya. Bambu juga menjadi salah satu tanaman dengan pertumbuhannya paling cepat di dunia. Secara ilmiah tanaman ini memiliki banyak jenis yang tersebar hampir di seluruh dunia [1].

Tanaman bambu tumbuh subur di daerah tropis dari Benua Asia hingga Amerika. Dari 1250 jenis bambu didunia, sekitar 200 jenis ditemukan di Asia Tenggara sedangkan di Indonesia hanya terdapat sekitar 154 jenis bambu. Luas hutan bambu mencapai 22 juta hektar yang tersebar di seluruh dunia, yang dapat menghasilkan 200 ton bambu setiap tahunnya [2].

Tanaman bambu di Indonesia ditemukan di daerah dataran rendah sampai pegunungan dengan ketinggian sekitar 300 mdpl dan pada umumnya ditemukan di tempat-tempat terbuka dan daerah bebas dari genangan air. Bambu dikenal sebagai tanaman yang mempunyai masa pertumbuhan yang lebih cepat dibandingkan dengan kayu. Pertumbuhan tanaman bambu mencapai 30 cm sampai 100 cm dan tingginya dapat mencapai 40 m. Rata-rata pertumbuhan bambu untuk mencapai usia dewasa

dibutuhkan 3-5 tahun. Pertumbuhan tanaman bambu di Indonesia yang sangat cepat dan subur, maka bambu dapat dijadikan material bangunan.

Bambu yang dijadikan bahan bangunan merupakan jenis bambu yang memiliki sifat mekanik yang sangat bagus sehingga dapat bertahan lama. Dengan sifat mekanik pada bambu tersebut maka eksplorasi bambu sebagai material bangunan baik secara struktural maupun non struktural memberikan keunikan. Dengan keunikan dan pertumbuhan bambu yang sangat cepat maka dalam tulisan ini mengungkapkan bagaimana bambu dapat menjadi material bangunan secara struktural yakni pada bagian bawah bangunan (sub-struktur), tengah bangunan (super-struktur) dan atas bangunan (*upper-struktur*) yang bersifat berkelanjutan.

Penggunaan material bangunan yang berasal dari alam pada bangunan yang ditempatkan dibagian-bagian tertentu seperti: bawah bangunan, tengah dan atas bangunan sering ditemukan akan tetapi untuk membentuk sebagai bangunan berkelanjutan sangatlah kurang. Bangunan berkelanjutan sangat dibutuhkan untuk masa sekarang ini karena karakter bangunan tersebut haruslah bertahan dengan kondisi alam atau lingkungan bangunan tersebut atau mengatasi permasalahan iklim global dunia. Keberadaan bangunan berkelanjutan yang menggunakan material alami sangat dibutuhkan agar penggunaan material alami tersebut seperti bambu dapat menunjang keberadaan material serta bangunan dapat terespose secara alami.

### 1.1. Bambu

Bambu merupakan tanaman yang mudah ditemukan dan cepat pertumbuhannya di Indonesia. Beberapa jenis bambu memiliki kecepatan tumbuh hingga mencapai 94 cm per hari. Selain itu bambu membutuhkan ruang tumbuh yang minim sehingga tergolong ke dalam tanaman biomassa yang mampu memproduksi 10 ton bambu per hektarnya. Bahkan dengan manajemen penanaman yang baik dapat memproduksi hingga 20 - 30 ton per hektar pertahunnya [3].

Tabel 1. Karakteristik Bambu

Karakteristik/ Jenis Bambu	Hita m	Betun g	Apu s	Andon g
Jarak Ruas (cm)	40-65	40-50	20-60	40-60
Tebal Dinding (mm)	20	20	15	20
Garis Tengah (mm)	40- 100	120- 200	40- 150	50-130
Panjang Batang (m)	7-18	10-20	6-23	7-30

Bambu sering digunakan sebagai bahan komponen bangunan dikarenakan batangnya memiliki sifat antara lain: kuat, ulet, lurus, rata, keras, mudah dibelah, mudah dibentuk dan mudah dikerjakan serta ringan sehingga mudah diangkat. Bambu juga relatif lebih mudah didapat bila dibandingkan dengan bahan bangunan lainnya. Selain itu, bangunan dari bambu dapat tahan terhadap angin

maupun gempa serta mudah diperbaiki sekiranya terjadi kerusakan [4].

Jenis-jenis bambu sebagai bahan material bangunan sangat beragam sehingga haruslah diketahui karakteristik bambu yang digunakan. Adapun karakteristik jenis bambu yang sering digunakan sebagai material bangunan terdapat pada Tabel 1 [5].

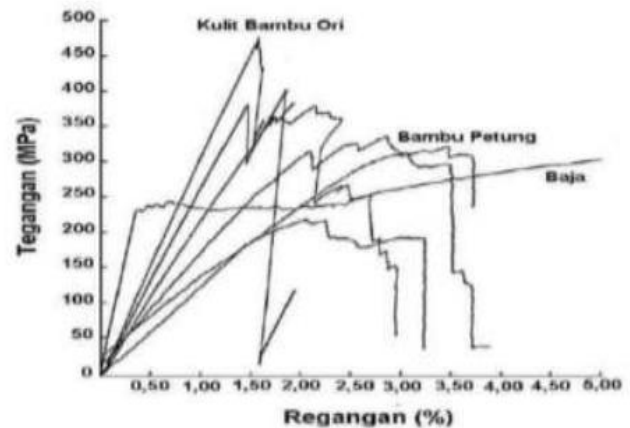
Bambu memiliki kekuatan yang dikenal dengan sifat mekanik, seperti kuat tekan, kuat tarik dan kuat lentur. Sifat mekanik adalah sifat yang berhubungan dengan kekuatan bahan dan merupakan kemampuan suatu bahan untuk menahan gaya luar yang bekerja. Sifat mekanik bambu dalam perencanaan konstruksi bambu yaitu [4, 6, 7]:

- Berat Jenis

Berat jenis bambu berbeda-beda sesuai ruas bambu pada dinding dalam atau luar, tetapi bambu yang digunakan sebagai konstruksi bangunan memiliki kadar air  $\leq 14\%$  untuk berat jenis bambu di Indonesia dirata-ratakan 700 kg/m.

- Kuat Tarik

Kuat tarik pada bambu sangat tinggi karena bentuk bambu seperti pipa sehingga momen kelembapannya tinggi dan dapat disejajarkan dengan baja sehingga momen lenturnya cukup baik. Jenis bambu petung memiliki spesimen kuat tarik yang lebih tinggi dari tegangan leleh baja.



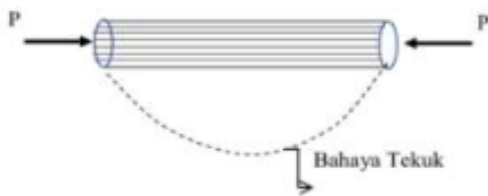
Gambar 1. Diagram Tegangan Regangan Bambu dan Baja

Variasi kuat tarik maksimum dengan jarak 50 mm, 60 mm dan seterusnya dan presentase kenaikan berkisar 6%, 17%, 19% dan 21% [8].

- Kuat Tekan

Kuat tekan bambu adalah kekuatan bambu untuk menahan gaya aksial akibat adanya beban titik ataupun beban merata, bila gaya tekan terjadi searah sejajar serat bambu maka akan terjadi bahaya tekuk, sedangkan bila gaya tekan terjadi tegak lurus searah serat maka bambu akan menjadi retak. Maka kuat bambu menahan gaya tekan terdapat pada bagian ruas batang bambu [9].

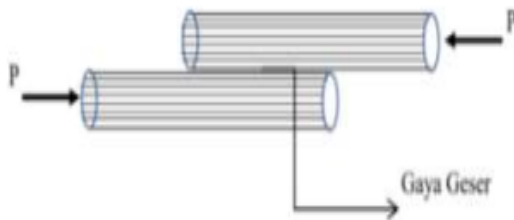
Kemampuan bambu menahan gaya-gaya yang membuat bambu bergeser dari bagian lain ke bagian terdekat disebut kuat geser. Kuat geser bambu tergantung pada ketebalan dinding batang bambu. Batang bambu tanpa ruas memiliki kekuatan gaya geser 50% lebih tinggi dari batang bambu yang beruas [9].



Gambar 2. Batang bambu menerima gaya tekan sejajar serat

#### • Kuat Geser

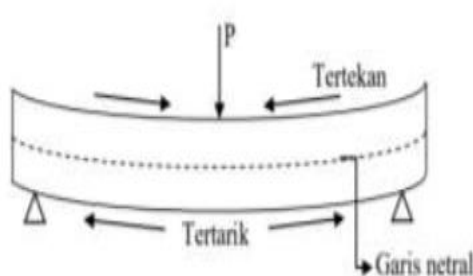
Kemampuan bambu menahan gaya-gaya yang membuat bambu bergeser dari bagian lain ke bagian terdekat disebut kuat geser. Kuat geser bambu tergantung pada ketebalan dinding batang bambu. Batang bambu tanpa ruas memiliki kekuatan gaya geser 50% lebih tinggi dari batang bambu yang beruas [9].



Gambar 3. Batang bambu menerima gaya geser

#### • Kuat Lentur

Kuat lentur merupakan kekuatan bambu menahan gaya-gaya dari luar sehingga bambu dapat melengkung. Tulangan pada bambu khususnya kulit memiliki sifat elastis yang lebih tinggi (rata-rata 1/20) dibandingkan dengan tulangan bambu tanpa kulit, karena kulit mampu menahan beban lentur dan hasil  $P$  Maks mampu menahan lebih besar seperti pada Gambar 3. Perbedaan kuat lentur bambu terdiri dari kuat lentur statik dan kuat lentur pukul. Kuat lentur statik merupakan kekuatan bambu dalam menahan gaya yang mengenainya secara perlahan-lahan sedangkan kuat lentur pukul adalah kekuatan bambu dalam menahan gaya yang mengenainya mendadak [10].



Gambar 4. Batang bambu menerima beban lentur

Melalui sifat mekanik bambu diatas menunjukkan bahwa materiak Ini mampu dipergunakan sebagai material bangunan baik secara sub-struktur, super-struktur dan upper-struktur.

## 1.2. Berkelanjutan

Berkelanjutan dikenal dengan kata *sustainable*. Kata *sustainable* sudah lama diperkenalkan sehubungan dengan soal perlindungan lingkungan. Kata *sustainable* memiliki arti yang terlalu luas dan baru serta memiliki makna dalam bangunan yaitu *sustainable building*, *sustainable construction* dan *sustainable development*. Berkelanjutan biasa dihubungkan dengan arsitektur sehingga dikenal dengan kata arsitektur keberlanjutan.

Arsitektur berkelanjutan adalah sebuah konsep terapan dalam bidang arsitektur, untuk mendukung konsep berkelanjutan yaitu konsep mempertahankan sumber daya alam agar bertahan lebih lama yang dihubungkan dengan umur potensi vital sumber daya alam, pertanian, industri, kehutanan dan arsitektur. Arsitektur berkelanjutan erat hubungannya dengan pembangunan di perkotaan maupun di perdesaan. Pembangunan berkelanjutan adalah pembangunan untuk memenuhi kebutuhan generasi masa kini tanpa mengorbankan generasi masa depan dalam memenuhi kebutuhan dimasa mendatang [11].

Pembangunan berkelanjutan juga mengarah pada fungsi fisik bangunan serta fasilitas-fasilitas yang mendukung bangunan agar dapat bertahan lama dan tidak berpengaruh buruk terhadap perkembangan zaman dan teknologi. Konsep dasar pembangunan berkelanjutan adalah [12]:

- Suatu kehidupan yang dapat bertahan berkat dukungan beberapa aspek yang berhubungan dengan kehidupan dan lingkungan sendiri.
- Ekosistem dan bagian dari ekosistem tersusun atas banyak makhluk hidup yang bisa beradaptasi terhadap pembangunan lingkungan.
- Bagian dari ekosistem merupakan sistem perubahan energi yang kompleks terbatas pada *input* energi.
- Dalam waktu yang lama setiap kebutuhan fisik manusia harus terpenuhi dengan menggunakan barang kebutuhan yang tidak tergantung atau melalui *recovery*.
- Semua kehidupan menjadi mudah beradaptasi, masih sesuai kebutuhan psikologi dan fisik dari ekosistemnya/lingkungannya.
- Manusia merupakan generasi yang beradaptasi dengan lingkungannya dan ada sejak 200 sampai dengan 20.000 tahun yang lalu beradaptasi secara fisik dan *mode of perception and behavior*, dihubungkan dengan lingkungan sekitarnya.
- Hubungan manusia dan lingkungannya, manusia memberi nilai harmonis dan lingkungan memberi bentuk.
- Manusia dapat beradaptasi pada lingkup yang luas, tetapi hasil adaptasi bersifat sementara dan dapat menghasilkan stres yang kronis.

Berkelanjutan yang diutamakan adalah aspek sosial, ekonomi, *equity*, energi dan *environment*. Konsep pembangunan berkelanjutan mencakup hampir semua segi kehidupan manusia mulai dari kebijakan politik,

pemerintahan, serta bisnis, sampai gaya hidup. Oleh karena itu dalam realisasi berkelanjutan yang bersifat kompleks haruslah menerapkan sistem interdisipliner. Berkelanjutan dapat dilihat dari 3 (tiga) aspek utama, yaitu kemajuan sosial, pertumbuhan ekonomi, keseimbangan ekologi (*environment*). Menurut UNEP (*United Nations Environment Programme*) berkelanjutan merupakan cara perkembangan dalam mencakup kualitas pembangunan berkelanjutan dengan memperhatikan pelestarian lingkungan, sosial-ekonomi dan isu budaya. Secara spesifik hal ini melibatkan isu seperti desain, manajemen bangunan, material, kualitas operasional bangunan, konsumsi energi dan sumber daya alam.

Berdasarkan uraian di atas maka penelitian ini bertujuan mengeksplorasi keberadaan bambu pada sistem struktur bangunan menjadi material perencanaan bangunan secara umum dan bangunan berkelanjutan secara khusus.

## 2. Metodologi

Metodologi penelitian ini adalah deskriptif yang bersifat kualitatif, yaitu berusaha untuk menghasilkan data yang berupa gambaran sistematis dan akurat dari objek kajian. Penelitian kualitatif yaitu memiliki latar alamiah, memiliki obyek kajian sebagai alat, analisis data secara induktif, teori dari dasar (*grounded theory*) [13].

Dengan memasukkan *grounded theory* yakni *setting* tanpa menghilangkan opini atau gagasan, membiarkan *setting* secara alami menjelaskan data yang ada, sehingga data-data tersebut akan dapat membangun teori. Bila teori diajukan maka *setting-setting* lain yang serupa dapat diteliti untuk melihat bahwa teori terbangunan memiliki kekuatan untuk menjelaskan [14].

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1. Bambu Pada Sub-Struktur Bangunan

Pemanfaatan material bambu sebagai salah satu bahan bangunan khususnya pada sub-struktur atau kaki bangunan (fondasi) sering ditemukan pada bangunan hunian rumah panggung atau rumah tradisional suku Bugis-Makassar. Fondasi merupakan sistem struktur bawah bangunan yang berhubungan langsung dengan tanah atau bagian bangunan yang terletak di bawah permukaan tanah yang mempunyai fungsi memikul beban bangunan lainnya di atas [15, 16]. Secara umum terdapat 2 (dua) macam fondasi yakni fondasi dangkal dan fondasi dalam.

Penggunaan fondasi dengan material bambu sering ditemukan pada hunian yang berada di wilayah pesisir pantai yang bertujuan agar disaat air pasang laut naik maka rumah/hunian tidak terendam. Jenis bambu yang digunakan sebagai fondasi yakni bambu Betung (*Dendrocolamus Asper*). Penempatan bambu pada bagian fondasi hunian biasanya ditambah umpak, agar gaya tekan bambu langsung menyalurkan beban dari atas ke umpak.

Bambu Betung (*Dendrocolamus Asper*) yang digunakan sebagai fondasi dalam untuk rumah panggung di kawasan pesisir sangat sesuai karena jenis bambu ini memiliki ketebalan dinding pada batangnya yang cukup tebal dan kokoh serta diameternya dapat mencapai 20 cm.

Keberlanjutan jenis bambu Betung (*Dendrocolamus Asper*) sebagai fondasi bangunan karena jenis bambu ini dapat tumbuh subur di Indonesia dan panjang bambu ini dapat mencapai 25 meter. Peletakan jenis bambu ini di area berair sesuai dengan sifat mekanik pada bambu yakni semakin terkena air maka bambu ini semakin berserat dan ketebalannya dapat bertambah. Dengan sifat mekanik pada jenis bambu ini maka sistem penyaluran beban dari atas rumah semakin maksimal kedalam tanah.



Gambar 5. Bambu sebagai fondasi dalam pada hunian di kawasan pesisir pantai kota Makassar.

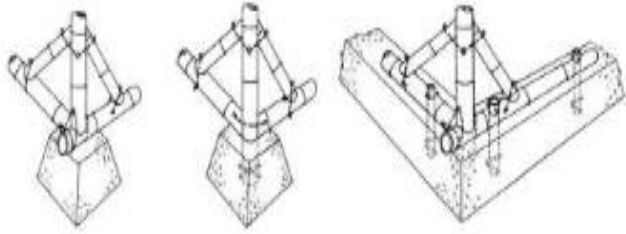
Material bambu yang dimanfaatkan sebagai fondasi bangunan atau sub-struktur bangunan dapat pula dibuat seperti umpak yang memanfaatkan pangkal bambu yang memiliki diameter lebih besar dari batang yang tebal kemudian disatukan dan diikat menggunakan tali rami.

Peletakan dan pemanfaatan jenis bambu yang lainnya sebagai fondasi (sub-struktur) bangunan biasanya menggunakan umpak atau beton sebagai fondasi atau pengalas dari bambu. Hal ini untuk menghindari kontak langsung antara bambu dengan permukaan tanah karena akan merusak kekuatan bambu.



Gambar 6. Bentuk fondasi umpak dari material bambu





Gambar 7. Fondasi bambu di atas umpak beton

Untuk memperoleh kekuatan yang memadai pada bambu yang digunakan sebagai fondasi, biasanya berukuran besar, tebal dan jarak antar *nodio* sangat pendek. Jika bambu ukuran besar tidak diperoleh maka beberapa bambu dengan diameter kecil dapat diikat dengan tali sebagai satu kesatuan [17].

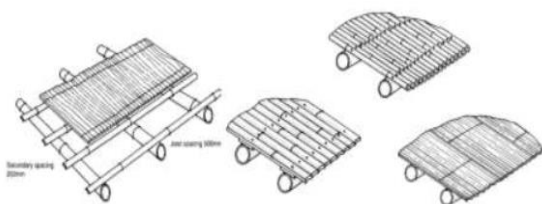
### 3.2. Bambu Pada Super-Struktur Bangunan

Super-Struktur bangunan merupakan badan utama bangunan yang difungsikan sebagai tempat beraktivitas dari setiap kegiatan pengguna bangunan. Super-struktur bangunan terdiri dari: lantai, dinding, plafon. Bagian ini sangat berpengaruh terhadap konstruksi bangunan baik dari segi estetika maupun sebagai pengantar beban dan gaya dari *upper*-struktur ke sub-struktur bangunan. Bagian super-struktur bangunan ini juga dapat menjadi sumber atau jalan masuknya pencahayaan dan penghawaan alami ke dalam bangunan.

Eksplorasi material bambu pada bagian super-struktur bangunan dapat dilihat secara langsung karena unsur material bambu dibagian ini menjadi unsur estetika pafa bangunan dan material bambu dapat juga sebagai material pelengkap dari material lainnya yang digunakan pada bagian super-struktur bangunan. Keberlanjutan material bambu pada super-struktur bangunan yaitu:

#### 3.2.1. Lantai

Lantai merupakan bagian bidang datar bawah pada bangunan yang dimanfaatkan sebagai tempat berpijak. Pemasangan lantai dengan sistem konstruksi bambu biasanya dibuat lebih tinggi dari permukaan tanah yang terdiri atas dek dan rangka struktural yang dapat meningkatkan kenyamanan dan lebih sehat serta dapat dilakukan pemeriksaan secara rutin.



Gambar 8. Dek dan rangka lantai bambu

Penggunaan material bambu dibagian lantai bangunan sering dijumpai pada bangunan tradisional atau biasa juga disebut rumah tradisional khususnya pada rumah yang berbentuk panggung. Bambu sebagai lantai pada rumah tradisional suku Makassar biasanya memiliki penghuni dari

tingkat strata rendah atau biasa juga disebut kaum atau masyarakat "ATA".

Masyarakat "ATA" dalam suku Makassar merupakan masyarakat kaum rendah/budak pada zaman dahulu sehingga huniannya sangatlah spesifik dengan material hunian sebagian kayu kelas tiga dan bambu. Dengan jenis material yang digunakan pada hunian masyarakat/kaum "ATA" maka Itu menjadi salah satu ciri dari kaum/strata tersebut.



Gambar 9. Lantai dengan material bambu di rumah masyarakat "ATA" suku Makassar

Gambar 9 menjelaskan pemanfaatan bambu sebagai lantai pada rumah tradisional masyarakat "ATA", berada disemua ruangan pada rumah tersebut. Material bambu digunakan sebagai material hunian khususnya dibagian lantai dibentuk potongan tipis dengan ukuran 5 cm. Untuk permukaan bambu dihaluskan dan peletakkannya dengan jarak antar potongan bambu 1 cm. Ketebalan bambu 1 cm - 2 cm.

Penggunaan bambu sebagai material lantai juga dapat difungsikan sebagai tulangan plat lantai untuk bangunan modern atau bertingkat. Bambu sebagai pengganti tulangan plat lantai telah diteliti sehingga bambu dapat dimanfaatkan sebagai pengganti tulangan besi beton untuk plat lantai. Bambu sebagai pengganti tulangan plat beton berpengaruh pada bentuk atau model anyaman bambu yang digunakan. Bambu dapat dijadikan tulangan pengganti pada plat beton lantai dengan ketebalan plat 12 cm, hal ini dipengaruhi dari jenis bambu, orientasi serat bambu dan model anyaman bambu [3]. Jenis bambu yang digunakan sebagai tulangan pengganti besi beton pada plat lantai adalah jenis bambu Betung dengan model anyaman miring yakni Type B1. Ukuran bambu yang digunakan 10 cm yakni bambu dibelah sehingga dapat dipisahkan antara isi dan kulit dari bambu Betung.



Type anyaman bambu B1



Type anyaman bambu B2



Type anyaman bambu B3

**Gambar 10.** Model anyaman bambu sebagai pengganti tulangan plat beton lantai



**Gambar 11.** Model tipe B1 aplikasi sebagai pengganti tulangan beton.

Hasil dari penelitian diatas menunjukkan bahwa pengaruh anyaman bambu sebagai pengganti tulangan beton menunjukkan kuat lentur yang cukup tinggi pada anyaman bambu. Dari ketiga *type* anyaman bambu tersebut nilai kuat lentur tertinggi terdapat pada model anyaman *type* B1 dengan variasi 2 lapisan anyaman bambu yang memiliki lentur rata-rata tertinggi yakni sebesar 6,02 kN. Hal ini dipengaruhi kuat lentur dari model anyaman *type* B1 tidak terlalu bervariasi dan didukung dengan arah orientasi model dan arah serat bambu. Melalui model anyaman bambu tersebut menunjukkan bahwa bambu bila dijadikan sebagai tulangan pengganti besi beton pada plat lantai dapat juga difungsikan dengan ukuran plat 2 - 4 cm sehingga bambu sebagai bahan konstruksi bangunan modern dapat dikatakan berkelanjutan.

### 3.2.2. Kolom

Kolom merupakan sistem struktur bangunan yang menjadi bagian utama pada sistem super-struktur atau bagian badan bangunan. Kolom berfungsi sebagai prnyangga dan penyalur beban dari atap ke pondasi bangunan. Kolom yang terbuat dari bambu biasanya dibentuk sesuai keinginan desain.



**Gambar 12.** *Green School*

Bangunan *Green School* merupakan salah satu sekolah yang menggunakan material bambu dari segi super struktur. Bangunan ini mencirikan sebagai gedung terbuka sehingga sistem konstruksi bambu yang digunakan langsung terekspose, apalagi pemanfaatan bambu sebagai kolom yang menopang atap bangunan *Green School* dibentuk sesuai desain dan bambu ini memikul beban dan menyalurkan gaya ke fondasi.

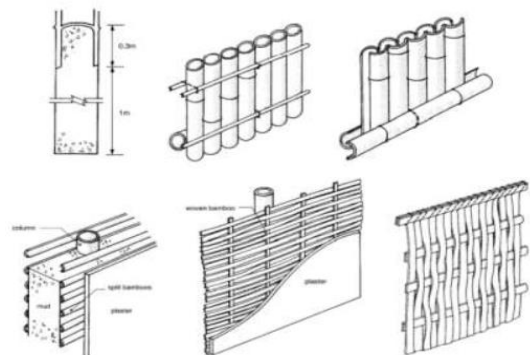
Bangunan sekolah ini menjadi salah satu bangunan pendidikan di Indonesia yang menggunakan material bambu sebagai bahan struktur utamanya. Bangunan Ini memiliki bentangan 60 m dan menggunakan bambu 2.500 batang. Tujuan pembangunan gedung sekolah Ini untuk mengatasi pemanasan global yang terjadi [18]. Bambu sebagai kolom pada bangunan dapat diketahui dari salah satu sifat mekanik bambu yakni memiliki kuat tekan yang mampu menahan gaya tekan tergantung pada bagian ruas dan bagian antar ruas batang bambu. Bagian batang tanpa ruas memiliki kuat tekan 8% - 45% lebih tinggi dari batang bambu yang beruas [8].

### 3.2.3. Dinding

Dinding merupakan bagian bangunan yang difungsikan sebagai pembatas antar bidang samping kiri dan kanan. Dinding dengan material bambu sudah dipergunakan pada bangunan tradisional maupun modern. Bambu yang dimanfaatkan sebagai dinding dibuat dalam bentuk anyaman maupun bambu atau disusun secara vertikal ataupun horizontal. Dinding bambu ini juga dimanfaatkan sebagai sistem sirkulasi udara pada bangunan sehingga ruang dalam bangunan tersebut dapat menikmati penghawaan alami melalui kisi-kisi pada anyaman dan susunan bambu.

Dinding bambu berfungsi menyalurkan gaya dari beban ke lantai bangunan dan meneruskan ke fondasi. Anyaman dan susunan bambu sebagai dinding memiliki kuat tekan dan gaya geser yang besar sehingga penyaluran gaya pada area dinding sangat seimbang. Gaya geser pada bambu menyalurkan gaya ke kolom yang terdekat dari dinding tersebut.

Komponen utama bambu adalah tiang dan balok yang merupakan satu rangkaian struktural. Rangka struktural diperlukan untuk memikul berat sendiri, pengaruh angin, gempa, cuaca serta gaya-gaya tumbukan yang dapat ditimbulkan oleh penghuni bangunan. Untuk memperoleh rangka struktural yang efisien, peranan penyambungan batang-batang struktural sangat menentukan [19].



**Gambar 13.** Kolom dan dinding bambu

Sistem konstruksi kolom dan dinding bambu dapat diaplikasikan secara vertikal maupun horizontal untuk peletakan dinding tersebut. Dinding bambu bukan hanya dengan bentuk anyaman bambu tetapi dapat dilakukan peletakan secara utuh atau bambu dibagi menjadi dua. Penggunaan bambu sebagai dinding bukan hanya pada bangunan 1 (satu) lantai tetapi juga digunakan pada dinding bangunan untuk 2 (dua) lantai, hal ini terdapat pada bangunan Rumah Alam Al-Giva di Curug Bogor.





Gambar 14. Rumah Alam Al-Giva di Curug Bogor.



Gambar 15. Rumah Masyarakat Suku Sasak.

Konstruksi bambu pada dinding bangunan modern dibuat dalam bentuk yang artistik khususnya di bagian interior sehingga bangunan akan tampak lebih unik dan elegan. Penggunaan bambu juga memberikan kesan berbeda pada bangunan.

Bambu yang berwujud anyaman bambu di rumah masyarakat adat suku Sasak digunakan untuk mengantisipasi getaran gempa, sehingga tahun 2018 terjadi gempa dan penggunaan material bambu sebagai dinding hunian masyarakat suku Sasak tidak mengalami kerusakan. Ini dipengaruhi dengan berat jenis bambu yang digunakan cukup ringan sehingga getaran gempa mampu diantisipasi dengan adanya gaya geser yang dimiliki material bambu cukup besar.

### 3.2.4. Plafon

Plafon menjadi bagian bangunan yang membatasi antara rangka atap dengan bagian badan bangunan. Plafon dari bambu biasanya dibentuk dengan model anyaman dan disesuaikan dengan luasan dari bentangan atap bangunan. Plafon anyaman bambu banyak ditemukan pada bangunan tradisional dan pada saat ini sering digunakan pada bangunan modern. Penggunaan bambu sebagai plafon biasanya material bambu diawetkan dulu sehingga plafon tersebut dapat bertahan lama. Keuntungan menggunakan bambu sebagai plafon adalah dapat menjadi bagian sistem sirkulasi penghawaan dari bawah atap ke bagian badan bangunan sehingga penghuni bangunan dapat merasakan sistem *cross ventilation* dari bagian langit-langit bangunan.

Sistem penghawaan bambu yang digunakan sebagai material bangunan dengan 2 (dua) jenis metode yaitu: metode non-kimia/tradisional (tanpa menggunakan bahan pengawet) dan metode kimia (menggunakan bahan pengawet). Untuk metode tradisional, bambu hanya direndam selama 2 (dua) hari kemudian dikeringkan atau dijemur sampai bambu tersebut kering secara menyeluruh. Sedangkan pengawetan secara kimia dapat digunakan karena sistem ini dapat meningkatkan kekuatan tarik. Peningkatan kekuatan tarik optimum diperoleh pada larutan pengawet boraks dan 60% asam boraks yang direndam selama 72 jam.



Gambar 16. Material bambu sebagai plafond pada bangunan modern.

Bambu memiliki perlindungan khususnya yang terdapat pada kulit luar bambu yang memiliki silika yang tinggi bersifat kedap yang berfungsi seperti jas hujan yang mampu mencegah hama dan air masuk. Namun hama dan air dapat masuk dalam batang bambu melalui pembuluh dalam bambu, maka proses pengawetan bambu harus tetap dilakukan guna meningkatkan durabilitas bambu [17].

Pengawetan bambu dengan cara kimiawi dapat dilakukan dengan cara perendaman bahan larutan kimiawi atau pengawet CCA - *Copper-chrome-arsenic composition*, yang tercampur adalah: *Arsenic Pentoxida* 0,35% = 0,35 ons/10 liter; *Copper-Sulphatecrystals* 1,05% = 1,05 ons/10 liter air; *Pentassium Dichromate* 1,40% = 1,4 ons/10 liter air. Posisi bambu pada saat diawetkan yakni diletakkan dengan posisi berdiri. Waktu pengawetan selama satu-dua hari atau lebih dan pengawetan dapat dikatakan sudah masuk ke dalam batang bambu bila kulit bambu sudah menyerupai warna bahan pengawet yang direndamkan [20].

Melalui pemanfaatan bambu pada bagian super struktur atau badan bangunan sebagai salah satu sistem konstruksi memperlihatkan bahwa material bambu dapat berkelanjutan. Hal ini dari penggunaan bambu tersebut dapat dibentuk sesuai dengan sistem konstruksi bangunan yang didirikan. Bambu dapat juga meredam sistem pemanasan global sehingga penghuni bangunan dapat merasakan sistem penghawaan alami yang dapat masuk secara langsung ke dalam bangunan.

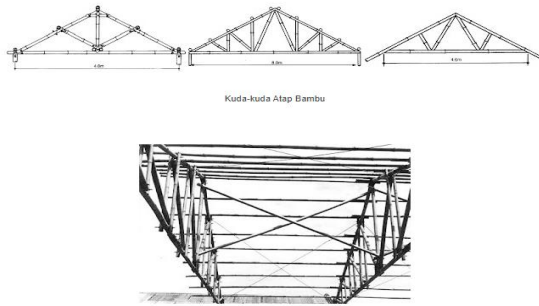
## 3.3. Bambu Pada Upper Struktur Bangunan

Struktur atas bangunan disebut juga sistem *upper* struktur yaitu bagian bangunan yang terletak di atas super struktur yang berfungsi untuk melindungi bangunan dari hujan dan panas serta untuk menopang material penutup atap yakni struktur rangka dan kuda-kuda atap. Penggunaan bambu sebagai sistem *upper* struktur bangunan yakni rangka atap dan material penutup atap.

### 3.3.1. Rangka Atap

Rangka atap merupakan sistem kuda-kuda. Bambu sebagai rangka atap sudah banyak digunakan baik dalam bentuk desain maupun telah diaplikasikan. Bambu dimanfaatkan karena dapat dijadikan sebagai material

pengganti kayu dan bambu mudah didapatkan dan harganya cukup murah dibandingkan kayu [21].

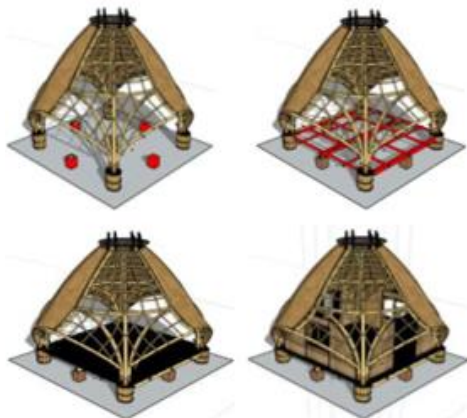


Gambar 17. Kuda-kuda dan Rangka Atap Bambu

Rangka atap bambu dapat menerima beban lateral seperti beban angin sehingga kuat geser dan kuat lentur pada bambu berfungsi menyalurkan beban dari material penutup atap ke rangka atap. Dengan kuat geser dan kuat lentur yang dimiliki oleh material bambu maka penggunaan bambu sebagai rangka atap telah diaplikasikan pada konstruksi pergola yang dapat dibentuk dengan sistem *Knock Down* [22].



Gambar 18. Sistem konstruksi rangka atap dengan material bambu



Gambar 19. Desain hunian sementara pasca bencana dengan sistem *Knock Down*

Bambu yang didesain sebagai bahan bangunan pada hunian sudah banyak ditemukan dan sistem desainnya dimulai dari fondasi, kolom, lantai, dinding, plafon, dan rangka atap. Desain ini memberikan contoh bahwa pemanfaatan bambu sebagai material bangunan dapat ditempatkan disetiap bagian bangunan dan hal ini memberikan nilai estetika dan keberlanjutan terhadap material bambu.

Desain hunian sementara yang menggunakan material bambu dan dibentuk dengan sistem *Knock Down* memberikan bentuk dasar penggunaan bambu sebagai material. Bentuk *Knock Down* yakni bentuk yang dapat

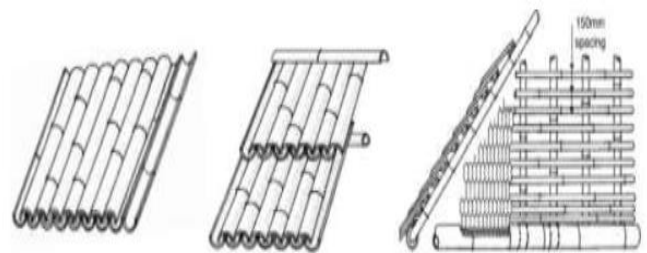
dibongkar pasang dan dapat dipindahkan dari ke lokasi yang berbeda-beda. Penerapan metode *Knock Down*/bongkar pasang bertujuan [23]:

1. Memudahkan dalam mobilitas atau transportasi
2. Memudahkan proses perawatan atau penggantian komponen bagian-bagian dalamnya
3. Memudahkan dalam operasional pekerjaan
4. Konstruksi menjadi lebih sederhana
5. Penggunaan lebar bahan dan jenisnya dapat dengan mudah diterapkan dalam perakitan.

Melalui penerapan desain terhadap material bambu dapat memberikan bentuk dan wujud aplikasi material bersifat keberlanjutan karena pemanfaatan bambu tersebut dapat diterapkan dimana saja dengan bentuk sesuai dengan desain. Aplikasi material bambu sebagai bahan konstruksi bangunan khususnya pada bagian rangka atap dapat memberikan Implementasi wujud modern dan sistem pencahayaan dan penghawaan alami pada hasil desain dapat terlihat sesuai aplikasinya.

### 3.3.2. Material Penutup Atap

Material penutup atap yang dimaksud adalah bagian yang berada di atas rangka atap dengan fungsi untuk melindungi bangunan dari panas dan hujan. Material penutup yang menggunakan bambu dibuat sederhana dengan cara bambu dibagi 2 (dua) dan saling dihubungkan antara yang satu dengan lainnya sehingga dapat menutupi rangka atap bangunan.



Gambar 20. Material Penutup Atap Bambu

Penggunaan bambu sebagai material penutup atap hanya dapat dilakukan dengan panjang maksimum 3 (tiga) meter agar pemasangan dapat dibuat secara optimal [21]. Pemasangan bambu sebagai material penutup atap banyak ditemukan pada bangunan tradisional Indonesia, diantaranya rumah tradisional Tana Toraja atau rumah Tongkonan dan rumah adat etnis Sunda di kampung Naga, Dukuh dan Ciptagelar [24].

Aplikasi bambu sebagai material penutup atap telah lama diterapkan pada hunian dan hal ini dilakukan secara turun temurun sehingga sistem ini tidak dilupakan dan masih berlaku bagi sebagian daerah di Indonesia, dan ini juga menjadi ciri khas suatu daerah. Cara penyusunan bambu dibuat secara bersusun sehingga air hujan tidak dapat masuk. Sistem penghawaan dalam bangunan juga akan terasa sejuk karena material bambu memiliki serat yang berlapis dan mampu menyimpan dan menyerap air.

Melalui eksplorasi bambu sebagai material bangunan telah menampakkan bahwa bambu masih dapat dimanfaatkan pada bangunan. Dengan sifat mekanik dan keunggulan lainnya pada bambu maka penempatan bambu sebagai material bangunan dapat diaplikasikan secara nyata.



Aplikasi bambu pada bangunan dari bagian sub-struktur, super struktur dan *upper* struktur bangunan dapat memberikan pengaruh yang besar terhadap pemanfaatan bangunan baik secara struktural dan sains bangunan. Bila secara struktural sangat berpengaruh terhadap sistem konstruksi bangunan sedangkan secara sains bangunan yakni pada penerimaan penghawaan alami pada bangunan. Besarnya pengaruh penggunaan bambu pada bangunan baik secara struktural maupun sains bangunan dapat dikatakan sebagai material bangunan yang berkelanjutan.



Gambar 21. Atap rumah adat Tongkonan di Tana Toraja Sulawesi Selatan



Gambar 22. Atap rumah suku etnis Sunda

#### 4. Kesimpulan

Eksplorasi bambu pada bangunan secara utuh dapat dikatakan berkelanjutan karena hal ini dipengaruhi sifat mekanik pada bambu yang memiliki berat jenis, kuat tekan, kuat tarik, kuat geser dan kuat lentur. Dengan sifat mekanik tersebut material bambu mampu dieksplorasi dibagian:

- **Sub-Struktur**  
Dibagian ini menjadi dasar bangunan dan biasa disebut sebagai fondasi. Bambu yang digunakan sebagai fondasi dapat diterapkan pada tempat berair

dan daratan. Untuk fondasi diwilayah berair bambu diletakkan secara vertikal dan dijadikan sebagai material fondasi dalam karena terendam air, sedangkan diwilayah daratan bambu ditetakkan secara horizontal yang berada diatas fondasi umpak.

- **Super Struktur**  
Bambu dibagian super struktur yang merupakan bagian badan bangunan maka bambu difungsikan sebagai kolom, lantai, dinding dan plafon. Hal ini dipengaruhi oleh bambu yang memiliki kuat tekan, kuat lentur dan kuat geser dalam menerima gaya dan menyalurkan beban ke arah fondasi.
- **Upper Struktur**  
Bagian atas bangunan yakni *upper* struktur yang menjadi area yang memberikan perlindungan terhadap bangunan dari panas dan hujan. Bambu difungsikan sebagai *upper* struktur bangunan karena bambu pada bagian atas memiliki kuat geser dan kuat lentur yang dapat menyalurkan gaya dan beban ke arah kolom bangunan.

Bambu yang difungsikan sebagai material struktural bangunan dapat bersifat berkelanjutan karena bambu mudah didapatkan dan dengan harga yang terjangkau. Bambu juga mudah tumbuh sehingga sistem perawatan material struktural dari bambu dapat teratasi dengan mudah..

#### Daftar Pustaka

- [1] Akmal I. Archinesia 06: IMAJBooks; 2014.
- [2] Davis A. Blooming Bamboo Home By H&P Architects. Recuperado el; 2013.
- [3] Rosario D, Ningrum D, Rasidi N. PENGARUH PENGGUNAAN TULANGAN BAMBU PADA STRUKTUR PELAT ATAP/LANTAI DENGAN MUTU BETON  $f_c'25$ , 5 MPa. eUREKA: Jurnal Penelitian Teknik Sipil dan Teknik Kimia. 2017;1(2).
- [4] Belatrix NN, Arnandha Y, Firmansyah D. Analisis Sifat Mekanik Lentur Papan Laminasi Kombinasi Bambu Petung dan Bambu Ater. INERSIA Informasi dan Ekspose Hasil Riset Teknik Sipil dan Arsitektur. 2022;18(1):54-61.
- [5] Muhsin A, Febriany LM, Hidayati HN, Purwanti YD. Material bambu sebagai konstruksi pada great hall eco campus outward bound Indonesia. Reka Karsa: Jurnal Arsitektur. 2015;3(3).
- [6] Irawati IS, Wusqo U. Studi Perbandingan Perilaku Lentur Balok Bambu Menggunakan Sifat Mekanik Yang Diperoleh Dengan Metode Rerata Dan Persentil Ke-5: Studi Kasus Bambu Wulung (*Gigantochloa Atrovioleacea*). Jurnal Permukiman. 2020;15(1):43-53.
- [7] Putra ID, Sinarta I, Bagiarta IY. Analisa kekuatan struktur bambu pada pembangunan entry building green school Ubud. J Ukarst. 2020;4(1):40-53.
- [8] Satyarno I, Sulisty D, Prayitno T. Sifat Mekanika Bambu Petung Laminasi. Dinamika Rekayasa. 2014;10(1):6-13.
- [9] Eratodi I. Struktur dan rekayasa bambu. Universitas Pendidikan Nasional Denpasar Bali Pengembangan Hutan, Departemen Kehutanan Bogor. 2017.
- [10] Cahya AD, Poernomo YCS, Ridwan A. Perbandingan Kapasitas Kuat Lentur Pada Beton Balok Tulangan Bambu Pilin Dengan Kulit Dan Tanpa Kulit. Jurnal Manajemen Teknologi dan Teknik Sipil (JURMATEKS). 2019;2(2):299-309.
- [11] Imriyanti, editor Kajian Konsep Berkelanjutan (Sustainability) Pada penataan Permukiman Padat Di Kawasan Pesisir Pantai. Seminar Nasional Scan; 2016; Kupang.
- [12] Alagirisamy B, Ramesh P, editors. Smart sustainable cities: Principles and future trends. Sustainable Cities and Resilience: Select Proceedings of VCDRR 2021; 2022: Springer.
- [13] Muhadjir N. Metodologi penelitian kualitatif. Rake Sarasih2022.
- [14] L. Haven T, Van Grootel DL. Preregistering qualitative research. Accountability in research. 2019;26(3):229-44.

- [15] Safitri N. HUNIAN SEMENTARA PASCA BENCANA DENGAN KONSEP BAMBOO SHELTER MENGGUNAKAN SISTEM KNOCK DOWN= TEMPORARY SHELTERING POST DISASTER WITH BAMBOO SHELTER CONCEPT USING THE KNOCKDOWN SYSTEM: Universitas Hasanuddin; 2023.
- [16] Muhsin A, Suciati NA, Rahmadi HH, Ramadhan O. APLIKASI MATERIAL BAMBU PADA BANGUNAN UTAMA PESANTREN ASY-SYIFAA TANJUNGSARI, SUMEDANG. *Jurnal Arsitektur STTC*. 2022;14(1):37-43.
- [17] Maurina A, Budianastas B, Septiana M, Sudira B, Priscilla J, Arif KA, Tjondro A. Aplikasi Rancangan dan Pengujian Kuat Tekan Bambu Bilah Ikat sebagai Elemen Struktural. *Research Report-Engineering Science*. 2015;2.
- [18] Alimin NN, Pertiwi EG, Purwaningrum L, editors. Establishing sustainable habits of students in Green School Bali through green interior design. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*; 2021: IOP Publishing.
- [19] Pratama TPE, Prihadita WP, Yuliatama VP, Ramadhani SP, Safitri W, Syifa HN. Analisis Index Overlay Untuk Pemetaan Kawasan Berpotensi Banjir di Gowa, Provinsi Sulawesi Selatan. *Jurnal Geosains Dan Remote Sensing*. 2020;1(1):52-63.
- [20] Handoko E. RANCANG BANGUN BANGUNAN BAMBU: SARANA IBADAH BAGI KOMUNITAS PETANI P4S TANI MANDIRI DESA CIBODAS, KECAMATAN LEMBANG, KABUPATEN BANDUNG. *Research Report-Engineering Science*. 2014;2.
- [21] Fahligi B, Khatab U, Masdar A, Desman S, Fardela R, editors. Analisis Struktur Rangka Atap Bambu dengan Tidak Menggunakan Pelat Buhul dan dengan Menggunakan Pelat Buhul. *Seminar Nasional Riset & Inovasi Teknologi*; 2022.
- [22] Victor S, Pratiwi M, Rasmi M, Fitra A. Konsep Pemberdayaan Masyarakat pada Penerapan Konstruksi Bangunan Pengolahan Batu Bata (Desa Kalase'rena Kecamatan Bontonompo Kabupaten Gowa). *JURNAL TEPAT: Teknologi Terapan untuk Pengabdian Masyarakat*. 2022;5(2):242-53.
- [23] Permatasari I, Wijaya AR, editors. Penentuan Spesifikasi dalam Perancangan Rumah Instan Berbasis Knockdown. *Talenta Conference Series: Energy and Engineering (EE)*; 2022.
- [24] Yudistira RI, Khamdevi M. Karakteristik Arsitektur Sunda pada Rumah Raden Aria Wangsakara, Kampung Lengkong Kyai. *MARKA (Media Arsitektur Dan Kota): Jurnal Ilmiah Penelitian*. 2023;7(1):47-56.

