

# NET ZERO ENERGY BUILDING HANDBOOK

**Katalog Desain  
Bangunan Impas Energi**  
Untuk Pariwisata yang Berkelanjutan di Bali

# Net Zero Energy Building Handbook

## Katalog Desain Bangunan Impas Energi untuk Pariwisata yang Berkelanjutan di Bali

Penulis:

Prof. Dr. Ir. I Dewa Gede Agung Diasana Putra, ST., MT  
Anak Agung Ngurah Aritama, ST, MT  
Dr. Ir. Deddy Kurniawan Halim, M.M., Ph.D., (GP)  
Ar. Ir. I Wayan Winarta, ST.,MM.,M.Ars.,IAI.,AA.,IPU.,ASEAN Eng.  
I Gusti Ngurah Agung Putradhyana, ST  
Nyoman Gede Mahaputra, S.T, M.Sc, Ph.D  
Ellyzabeth Christianty Nainggolan, S.T  
Sofwan Hakim, S.T, M.Sc  
Anak Agung Gde Ngurah Termana, S.S.  
Muhammad Haiqal Rizaldi, S.T, MBA  
I Ketut Deva Darma Kusuma, ST.  
Society Renewable Energy Universitas Udayana

Editor:

Putu Surya Triana Dewi, S.T.,M.Ds  
Ardina Susanti, S.T.,M.T.

Penerbit

Institut Desain dan Bisnis Bali (IDB Bali)



**Koalisi Bali**  
**Emisi Nol Bersih**



**WRI INDONESIA**

## **EDITORIAL**

### **Authors**

Prof. Dr. Ir. I Dewa Gede Agung Diasana Putra, ST., MT  
Anak Agung Ngurah Aritama, ST, MT  
Dr. Ir. Deddy Kurniawan Halim, M.M., Ph.D., (GP)  
Ar. Ir. I Wayan Winarta, ST., MM., M.Ars., IAI., AA., IPU., ASEAN Eng.  
I Gusti Ngurah Agung Putradhyana, ST  
Nyoman Gede Mahaputra, S.T, M.Sc, Ph.D  
Ellyzabeth Christianty Nainggolan, S.T  
Sofwan Hakim, S.T, M.Sc  
Anak Agung Gde Ngurah Termama, S.S.  
Muhammad Haiqal Rizaldi, S.T, MBA  
I Ketut Deva Darma Kusuma, ST.  
Society Renewable Energy Universitas Udayana

### **Editor**

Putu Surya Triana Dewi, S.T., M.Ds  
Ardina Susanti, S.T., M.T.

### **Board of Jury**

Prof.Dr.Ir.I Dewa Gede Agung Diasana Putra, S.T., M.T.  
Ir. Nyoman Popo Priyatna Danes, IAI., AA  
Nyoman Gede Mahaputra, S.T., M.Sc., Ph.D

### **Contributors**

Finalist of ARZEN 2024

### **Creative Director**

Putu Surya Triana Dewi, S.T., M.Ds

### **Graphic Designer**

I Putu Aditya Pramana Putra

### **Initiated by**

BTI Energy



## SAMBUTAN

Puja dan puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa / Asung Kerta Waranugraha Hyang Widi wasa karena atas berkat karunia dan rahmat-Nya Net Zero Energy Building Handbook ini dapat tersusun dengan baik. Net Zero Emission (NZE) merupakan puncak harapan masa depan dimana emisi karbon sepenuhnya diserap oleh bumi melalui berbagai kegiatan dan aktivitas manusia serta bantuan teknologi, sehingga tidak menimbulkan pemanasan global. NZE mengemuka sejak Conference of Parties (COP) 21 (30 November – 11 Desember 2015) di Paris yang menghasilkan Paris Agreement, yang mewajibkan setiap negara menyampaikan target penurunan emisinya yang disebut dengan Nationally Determined Contribution (NDC) yang pelaksanaannya dimulai sejak tahun 2020 yang lalu. Komitmen Indonesia untuk berperan aktif dalam menanggulangi perubahan iklim diperkuat dengan perumusan sejumlah kebijakan, khususnya pada sektor energi. Target penurunan emisi maupun Net Zero Emission (netralitas karbon) Indonesia diharapkan akan tercapai pada tahun 2060 atau lebih awal.

Salah satu strategi pencapaian target tersebut adalah melalui upaya efisiensi energi pada bangunan gedung. Sektor bangunan gedung secara umum merupakan pengguna energi terbesar ketiga setelah sektor industri dan transportasi, sektor ini berpotensi akan terus mengalami peningkatan. Potensi ini mengharuskan pemerintah untuk fokus dalam membuat regulasi/pengaturan terhadap bangunan yang lebih hemat energi. Pengaturan yang tepat yang memuat substansi antara lain meliputi

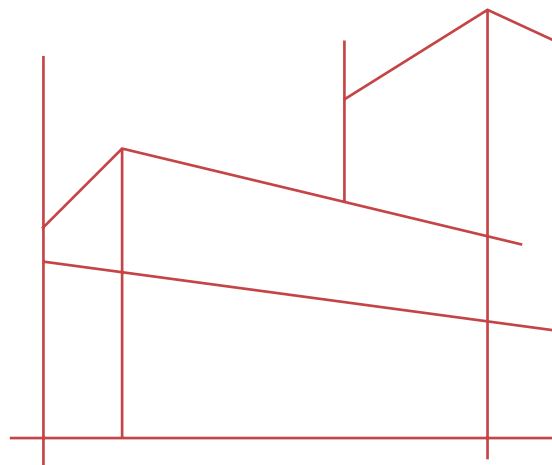
kinerja dan kenyamanan bangunan, efisiensi energi, energi terbarukan, dan konstruksi berkelanjutan untuk dapat diimplementasikan pada tingkat lokal, regional dan nasional.

Pengembangan Katalog Desain Net Zero Energy Building (NZEB) terdiri dari 5 agenda utama, yakni: Analisis kriteria NZEB & Analisis Kebijakan, Sayembara Desain, Pengembangan Katalog, Peningkatan Kapasitas Melalui Sosialisasi dan Sertifikasi Desa Wisata Hijau. Semoga dengan adanya katalog ini, dapat mengedukasi masyarakat luas agar lebih berperan aktif, kreatif, inovatif dan bermakna serta memotivasi diri untuk menumbuhkan kesadaran dan keterampilan akan pentingnya pembangunan berkelanjutan di masa depan

Denpasar, 7 Juni 2024

**Ir. Ida Bagus Setiawan, S.T., M.Si.**

Kepala Dinas Ketenagakerjaan dan  
ESDM Provinsi Bali





## SAMBUTAN

Om Swastiastu, Assalamualaikum Wr. Wb.  
Salam Sejahtera, Salam Kebajikan,  
Namo Budhaya, Shalom,

Syukur kepada Tuhan YME, atas diluncurkannya Katalog Net Zero Energy Building bersamaan dengan penyerahan Sertifikat Desa Wisata Hijau (DWH) kepada 8 desa wisata yang berhasil mencapai nilai hijau tertinggi berdasarkan Rating Tools DeWiKu v. 1.0 yang dikembangkan oleh Dr. Ir, D.K. Halim, Ph.D, dan acara penghargaan kepada para pemenang sayembara desain Net Zero untuk 4 sektor; 1) Pariwisata yang meliputi Homestay & Villa, 2) Lansekap Tradisional yang banyak ditemui di Desa Wisata, 3) Perumahan, dan 4) Imajinatif. Dinas Pariwisata sangat mendukung inisiatif yang dilakukan WRI-BTI dalam konteks Net Zero Emission (NZE) atau netralitas karbon karena sejalan dengan program Dinas Pariwisata Provinsi Bali yang sedang mempromosikan desa wisata hijau yang pro lingkungan dan ikut melestarikan sumber daya alam termasuk energi terbarukan di era perubahan iklim ini.

Desa Wisata yang relatif masih asri, memiliki kekayaan vegetasi alamiah yang mampu menyerap emisi karbon yang ada di desa wisata, Oleh sebab itu, dibutuhkan komitmen para pengelola desa wisata untuk tetap mempertahankan proporsi ruang hijau dan koefisien wilayah terbangun (KWT) untuk tetap dibawah 30%, yaitu dengan memanfaatkan rumah-rumah penduduk yang sudah terbangun menjadi homestay atau pondok wisata dan tidak membangun hotel atau akomodasi wisata yang baru di desa wisata. Pariwisata Indonesia secara umum, dan pariwisata Bali secara khusus

mulai mengarahkan orientasinya kepada pariwisata pedesaan akibat kejenuhan dan overtourism yang terjadi di wilayah perkotaan dan telah membuat Dinas Pariwisata Provinsi Bali memberikan perhatian lebih pada pengembangan Desa Wisata agar tetap lestari ditengah-tengah serbuan wisatawan yang juga mulai mengubah pola kunjungannya ke wilayah pedesaan untuk mendapatkan Budaya dan alam Bali yang otentik, oleh sebab itu program-program terkait Desa Wisata Hijau (DWH) menjadi prioritas Dinas Pariwisata Provinsi Bali.

Pengembangan Desa Wisata Hijau juga menjadi salah satu agenda SDG Desa dan merupakan program Kementerian Pariwisata dan Ekonomi Kreatif saat ini. Komitmen Pemerintah Republik Indonesia untuk berperan aktif dalam menanggulangi perubahan iklim diperkuat dengan sejumlah kebijakan, termasuk di sektor pariwisata, agar target penurunan emisi maupun netralitas karbon di Indonesia dapat segera tercapai.

Akhir kata, kami mengharapkan agar katalog ini dapat menjadi referensi bagi program-program Pemerintah baik pusat maupun daerah dalam mengembangkan pariwisata hijau di Indonesia dan mengajak masyarakat luas, termasuk Masyarakat desa wisata untuk ikut berpartisipasi dalam menjaga kelestarian lingkungan dan pembangunan berkelanjutan di daerahnya masing-masing. Astungkara...

Om Shanti, Shanti, Shanti Om...

Denpasar, 12 Juni 2024

**Tjok Bagus Pemayun, A.Par., M.M.**

Kepala Dinas Pariwisata Provinsi Bali

## KATA PENGANTAR

Om Swastiastu, selamat datang dalam katalog Net Zero Energy Building Design/ NZEB (Bangunan Impas Energi) di sektor Pariwisata Bali. Dalam era modern ini, kebutuhan akan solusi berkelanjutan dan efisiensi energi menjadi semakin mendesak. Katalog ini hadir sebagai panduan komprehensif yang menawarkan wawasan mendalam dan inspirasi untuk merancang bangunan yang tidak hanya memenuhi kebutuhan fungsional dan estetika, tetapi juga mengedepankan keberlanjutan dan efisiensi energi.

Pada tahun 2022, Pemerintah Provinsi Bali telah menerbitkan Keputusan Gubernur Bali Nomor 879 Tahun 2022 tentang Pedoman Teknis Penyelenggaraan Bangunan Gedung Hijau dalam rangka implementasi dan komitmen Bali Energi Bersih. Pedoman ini memandatkan penyelenggaraan konservasi energi melalui pengembangan bangunan hijau dengan menyeimbangkan energi pemakaian dengan yang dihasilkan. Kami melihat pelaksanaan Pedoman Teknis Penyelenggaraan Bangunan Gedung Hijau ini perlu didukung oleh contoh-contoh Desain Bangunan Impas Energi, yang mengintegrasikan kearifan lokal dan arsitektur tradisional Bali.

WRI Indonesia sebagai salah satu lembaga riset independen bersama dengan para mitra Koalisi Bali Emisi Nol Bersih (PT Bintang Terbarukan Indonesia, Yayasan Kayon, Universitas Warmadewa, Universitas Udayana, Institut Desain dan Bisnis Bali, serta Popo Danes Arsitek) mengembangkan Katalog Desain Bangunan Impas Energi. Dalam proses penyusunannya, kami bersama dengan para mitra melakukan empat tahapan:

(i) analisis kriteria NZEB dan kebijakan; (ii) sayembara desain yang dibuka kepada publik; (iii) pengembangan katalog desain; serta (iv) peningkatan kapasitas para pemangku kepentingan terkait.

Pada proses sayembara desain bangunan impas energi, kami mengundang publik (akademia dan non-akademia) untuk memasukan desain dalam empat kategori utama, yaitu: lanskap tradisional, rumah urban, akomodasi pariwisata, dan imajinatif. Sayembara desain ini tidak hanya bertujuan untuk mencari desain terbaik tetapi juga untuk mendorong partisipasi publik dan pelaku industri dalam menciptakan solusi yang inovatif dan kreatif. Lima besar karya hasil perlombaan ini dirangkai menjadi Katalog Desain Bangunan Impas Energi, yang melengkapi Pedoman Teknis Penyelenggaraan Bangunan Gedung Hijau yang telah diterbitkan oleh Pemerintah Provinsi Bali serta menjadi referensi bagi para pelaku usaha di sektor pariwisata dan bangunan untuk dapat menerapkan prinsip-prinsip tersebut. Proses ini memungkinkan terwujudnya ide-ide yang lebih beragam dan segar, serta membantu meningkatkan kesadaran dan pemahaman tentang pentingnya konsep Bangunan Impas Energi dan keberlanjutan lingkungan.

Katalog Desain Bangunan Impas Energi yang mengedepankan nilai-nilai konteks lokal ini juga merupakan salah satu strategi dan solusi untuk pencapaian target emisi nol bersih sektor bangunan. Di Bali, sektor bangunan gedung secara umum merupakan penyumbang emisi terbesar ketiga setelah sektor industri dan transportasi. Sektor ini berpotensi akan terus

mengalami peningkatan, oleh karena ini perlu ada intervensi dan pendekatan inovatif yang dapat mempercepat penurunan emisi pada sektor bangunan.

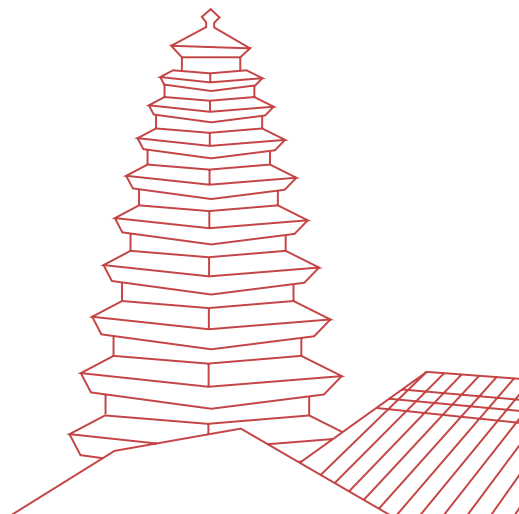
WRI Indonesia mengucapkan banyak terima kasih kepada para mitra yang telah mendukung penyusunan Katalog Desain Bangunan Impas Energi, Dinas Pariwisata dan Dinas Ketenagakerjaan dan Energi Sumber Daya Mineral Provinsi Bali, para mitra Koalisi Bali Emisi Nol Bersih, PT Bintang Terbarukan Indonesia, Yayasan Kayon, Universitas Warmadewa, Universitas Udayana, Institut Desain dan Bisnis Bali, serta Popo Danes Arsitek.

Kerja sama Pemerintah Provinsi Bali dengan Mitra Pembangunan ini merupakan contoh yang sangat baik dalam mendorong penerapan upaya penurunan emisi serta melakukan upaya transisi energi secara berkelanjutan. Selain itu, inisiatif ini akan mendukung pencapaian target Bali Emisi Nol Bersih (Bali NZE) pada tahun 2045. Kami juga berharap inisiatif ini dapat menginspirasi pemerintah daerah lain untuk terus meningkatkan pengelolaan upaya konservasi energi sebagai bagian dari rangkaian pelaksanaan kebijakan energi bersih di tingkat pemerintah provinsi dan kabupaten/kota.

Om Shanti Shanti Shanti Om

**Nirarta Samadhi**

Country Director, WRI Indonesia



# CONTENTS



## NZEB DEVELOPMENT

- 08** Mengapa Net Zero Energy Building (NZEB) menjadi penting?
- 12** Perspektif Nilai-nilai Kearifan Lokal Bali
- 16** Perspektif Kenyamanan Termal dan Efisiensi Energi pada Rumah Tradisional Bali
- 20** Hasil Pengukuran dan Analisis Termal pada Rumah Tradisional Bali
- 23** Konsep Rancangan Arsitektur dalam Pemanfaatan Energi Terbarukan di Bali
- 30** Strategi Lanjutan untuk Penerapan NZEB yang selaras dengan Identitas Arsitektur Lokal di Bali

## PROJECTS

- 33** Lanskap Tradisional
- 53** Pariwisata
- 75** Urban House
- 97** Imajinatif
- 118** Perhitungan Kebutuhan Energi Katalog NZEB





# MENGAPA NET ZERO ENERGY BUILDING (NZEB) MENJADI PENTING?

Pembangunan berkelanjutan (sustainable development) akhir-akhir ini cukup santer dibicarakan dalam ranah-ranah diskusi berbagai bidang keilmuan, terutama semenjak isu-isu terkait perubahan iklim digaungkan oleh berbagai media informasi. Konsep pembangunan berkelanjutan menekankan pentingnya memenuhi kebutuhan kita saat ini tanpa harus mengorbankan kemampuan generasi mendatang dalam pemenuhan kebutuhan mereka nantinya (Hák, Janoušková, & Moldan, 2016). Konsep ini mengutamakan strategi pembangunan yang mempertimbangkan penggunaan sumber daya alam secara bijaksana dan regeneratif. Sejauh ini, konsep pembangunan berkelanjutan merupakan solusi untuk mengatasi tantangan perubahan iklim seperti peningkatan suhu global, perubahan pola cuaca, serta dampaknya terhadap lingkungan dan masyarakat.

Dalam pembangunan bangunan gedung, konsep pembangunan berkelanjutan dapat diterapkan melalui penerapan konsep Net Zero Energy Building (NZEB). Bangunan Net Zero Energy merupakan bangunan yang dirancang untuk menghasilkan sejumlah energi bersih sendiri sebanyak atau lebih besar dari energi yang mereka konsumsi dari sumber energi konvensional (Singh, Walsh, & Mazza, 2019). Tujuannya tak lain untuk mencapai netto nol untuk emisi karbon atau *carbon-footprint* sekecil mungkin, sehingga sangat efisien dalam konsumsi energi.

Beberapa cara dapat ditempuh untuk mencapai NZEB dengan memanfaatkan energi bersih dari alam, antara lain :

## 1. MEMANFAATKAN ENERGI MATAHARI

Energi radiasi matahari yang melimpah terutama pada negara tropis merupakan salah satu energi bersih alam yang dapat dimanfaatkan untuk mencapai NZEB, caranya dengan memasang panel surya pada atap bangunan untuk menghasilkan energi listrik. Selain itu, cahaya matahari juga dapat dimanfaatkan untuk penerangan ruang dalam bangunan, sehingga penggunaan penerangan buatan dapat dikurangi, melalui jendela kaca ganda dan desain bangunan yang mengoptimalkan masuknya cahaya matahari, namun mereduksi panas matahari yang masuk ke dalam ruangan.



## **2. MEMANFAATKAN ENERGI ANGIN**

Angin juga dapat dimanfaatkan untuk mencapai NZEB dengan menggunakan turbin angin kecil atau bahkan bahan bangunan yang dirancang untuk menangkap energi angin dapat menjadi sumber energi bersih yang efektif.

## **3. MEMANFAATKAN ENERGI AIR**

Jika lokasi bangunan memiliki akses ke sumber energi air seperti sungai atau aliran air, teknologi seperti turbin air atau pembangkit listrik hidro dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi listrik.

## **4. MEMANFAATKAN ENERGI GEOTHERMAL**

Pada beberapa lokasi yang memiliki energi panas bumi (geothermal), energi tersebut dapat diekstraksi untuk pemanasan atau pendinginan bangunan melalui sistem pompa panas.

## **5. MEMANFAATKAN ENERGI BIOMASSA**

Penggunaan biomassa seperti serbuk kayu atau limbah organik lainnya sebagai sumber energi dapat menjadi alternatif yang ramah lingkungan.

Untuk dapat menerapkan strategi NZEB, tentu ada beberapa prinsip NZEB yang harus diterapkan agar tujuan dari NZEB itu sendiri tercapai. Prinsip-prinsip tersebut antara lain:

### **1. PEMANFAATAN ENERGI TERBARUKAN**

Bangunan tersebut menggunakan sumber energi terbarukan seperti energi matahari (solar), angin, atau energi geothermal untuk memenuhi kebutuhan energinya. Sistem panel surya, turbin angin, atau sistem pemanas/geothermal adalah beberapa contohnya.

### **2. EFISIENSI ENERGI**

Bangunan ini sangat efisien dalam penggunaan energi. Ini bisa dicapai dengan menggunakan perangkat dan teknologi hemat energi seperti pencahayaan LED, peralatan listrik yang efisien, isolasi yang baik, jendela berkualitas tinggi, dan desain bangunan yang mengoptimalkan aliran udara.

### **3. MANAJEMEN ENERGI PINTAR**

Penggunaan teknologi cerdas untuk mengelola dan mengontrol konsumsi energi dalam bangunan, seperti sistem pengaturan suhu otomatis, sensor yang memantau penggunaan energi, dan otomatisasi untuk mengoptimalkan konsumsi daya.

#### 4. PENGGUNAAN BAHAN RAMAH LINGKUNGAN

Bangunan *net zero emission* juga mempertimbangkan penggunaan bahan bangunan yang ramah lingkungan, seperti bahan daur ulang atau bahan yang memiliki *carbon - footprint* rendah dalam produksinya.

#### 5. PENGELOLAAN LIMBAH

Sistem pengelolaan limbah yang efektif dan ramah lingkungan juga menjadi bagian dari strategi bangunan *net zero emission*. Pengelolaan limbah dapat melibatkan proses daur ulang, penggunaan air kembali, dan praktik pengelolaan limbah yang bertanggung jawab

#### 6. SERTIFIKASI DAN STANDAR

Banyak bangunan *net zero emission* mengikuti standar tertentu atau mendapatkan sertifikasi seperti LEED (*Leadership in energy and Environmental Design*) atau *Passive House* untuk menunjukkan tingkat keberhasilan mereka dalam mencapai tujuan *net zero emission*.

Dalam konteks Bali sendiri, respon terhadap isu-isu lingkungan telah difasilitasi pemerintah daerah setempat melalui beberapa bentuk kebijakan, seperti penyusunan Pedoman Teknis Penyelenggaraan Bangunan Gedung Hijau Dalam Rangka Implementasi Bali Energi Bersih di Provinsi Bali yang dikeluarkan oleh Pemerintah Provinsi Bali pada tahun 2022. Pedoman ini secara umum akan memberikan arahan tentang aspek teknis implementasi Bangunan Gedung Hijau sebagai bentuk pelaksanaan dari PerGub 45/ 2019 bagi sektor bangunan yang di dalamnya mencakup tentang: (1) Persyaratan teknis bangunan gedung hijau; (2) Pemenuhan persyaratan teknis bangunan gedung hijau; dan (3) Alat bantu implementasi pedoman teknis penyelenggaraan bangunan gedung hijau dalam rangka implementasi Bali Energi Bersih di Provinsi Bali. Namun, pedoman ini belum memuat permasalahan terkait dengan penerapan kearifan lokal dan arsitektur tradisional pada bangunan di Bali.

Perkembangan teknologi terkait pemanfaatan energi terbarukan seperti solar panel cenderung lebih banyak teraplikasikan pada atap datar, yang mana bentuk komponen atap ini tidak selaras dengan identitas lokal arsitektur di Bali. Termasuk pula teknologi kaca dengan pereduksi panas, yang memungkinkan menerapkan fasad dengan dominasi material kaca, kurang selaras dengan kaidah arsitektur tradisional Bali, dan berpotensi mengurangi kekhasan dan melunturkan identitas arsitektur lokal Bali.

Bangunan tradisional Bali sekiranya telah memiliki konsep yang selaras dengan lingkungan, komponen-komponennya mendukung efisiensi energi serta sejauh ini telah berhasil mengakomodasi kebutuhan penghuninya. Akan tetapi modernisasi dan perkembangan teknologi telah merubah standar kebutuhan masyarakat akan kenyamanan dan menyebabkan berbagai komponen tradisional mulai ditinggalkan, seperti *cross ventilasi* serta upaya pembayangan

bangunan. Hal tersebut secara tidak langsung mengakibatkan hilangnya identitas dan *style* lokal pada bangunan.

Berdasarkan gap yang telah dijelaskan di atas, maka diperlukan sebuah pedoman NZEB yang merespon kearifan lokal, khususnya untuk kearifan lokal Bali, melalui penelitian yang membedah dan menguraikan prinsip-prinsip NZEB yang diterapkan pada bangunan tradisional Bali sebagai upaya memperkenalkan konsep-konsep lokal yang dapat dimanfaatkan sebagai strategi penghematan energi dengan tetap mengedepankan kenyamanan pengguna, dengan poin-poin tujuan sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui prinsip NZEB yang terkandung pada konsep dan filosofi hunian tradisional Bali khususnya hunian tradisional yang masih asli.
2. Untuk mengetahui penerapan prinsip NZEB pada bangunan rumah tinggal dan bangunan akomodasi wisata di Bali.
3. Untuk mengetahui rumusan indikator NZEB khusus bagi bangunan tradisional Bali khususnya hunian tradisional.

Serta tentu penelitian Analisis Kriteria NZEB pada Bangunan Hunian di Provinsi Bali dilakukan dengan dasar hukum:

1. Undang-Undang (UU) Nomor 28 Tahun 2002 tentang Bangunan Gedung
2. Peraturan Presiden Nomor 112 Tahun 2022 tentang Percepatan Pengembangan Energi Terbarukan Untuk Penyediaan Tenaga Listrik, menjadi regulasi baru yang memperkuat komitmen Pemerintah dalam melaksanakan transisi energi menuju Net Zero Emission (NZE).
3. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 02/PRT/M/2015 Tentang Bangunan Gedung Hijau
4. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 21 Tahun 2022 tentang Penilaian Kinerja Bangunan Gedung Hijau
5. Peraturan Menteri PUPR Nomor 10 Tahun 2023 tentang Bangunan Gedung Cerdas (BGC)
6. Peraturan Daerah Provinsi Bali Nomor 5 Tahun 2005 tentang Persyaratan Arsitektur Bangunan Gedung
7. Peraturan Gubernur Bali Nomor 45 Tahun 2019 tentang Bali Energi Bersih
8. Pedoman Teknis Penyelenggaraan Bangunan Gedung Hijau Dalam Rangka Implementasi Bali Energi Bersih Di Provinsi Bali Tahun 2022

Dengan demikian, pedoman NZEB yang disusun dapat menyelaraskan konsep-konsep tradisional dan konsep-konsep modern dalam mencapai tujuan NZEB, untuk kemudian pedoman NZEB ini dapat disosialisasikan kepada masyarakat.

# PERSPEKTIF NILAI-NILAI KEARIFAN LOKAL BALI

Nilai-nilai kearifan lokal Bali mengedepankan keselarasan manusia dengan alam lingkungan yang menaunginya. Berikut beberapa konsep tradisional Bali yang menjadi pedoman dalam tata ruang dan hunian di Bali.

# Konsep Manik ring Cucupu

Konsep manik ring cucupu yang terdiri dari kata manik yakni dalam bahasa Bali yang berarti janin dan cucupu yang bermakna rahim ibu yang merupakan tempat yang memberikan kehidupan, perlindungan, dan perkembangan dari janin tersebut. Demikian pula manusia berada, hidup, berkembang, dan terlindung pada alam semesta, yang dikenal dengan konsep manik ring cucupu (Dwijendra, 2003). Seperti halnya juga dijelaskan menurut Musthafa Halim, dkk. (2020) menjelaskan bahwa, secara etimologis dari konsep manik ring cucupu yakni, berarti embrio (manik) di dalam rahim (cucupu), dimana konsep ini menjadi dasar perkembangan pembangunan rumah tinggal atau pemukiman dari masyarakat Bali sebagai bentuk manifestasi hukum keseimbangan, keselarasan, dan keharmonisan antara wadah dan isinya. Maka filosofi ini dikenal sebagai konsep keseimbangan kosmologi.

# Konsep Tri Hita Karana

Dari adanya dasar filosofi untuk membentuk sebuah keharmonisan antara wadah dengan isinya, akan ditemukan turunan konsep dengan unsur-unsur pembentuknya. Hasil hubungan yang harmonis antara wadah dan jiwa, akan menimbulkan tenaga (kaya). Menurut Wastika (2005) bahwa, dari gabungan atas unsur jasmani, jiwa, dan tenaga merupakan sumber untuk terciptanya sebuah kehidupan yang baik dan sempurna yang disebut dengan konsep Tri Hita Karana yaitu, tiga unsur sumber kebaikan diantaranya:

- Hubungan manusia dengan Tuhan
- Hubungan manusia dengan sesama manusia
- Hubungan manusia dengan lingkungannya

Konsep Tri Hita Karana digunakan dalam pola perumahan tradisional Bali yang diidentifikasi; Parahyangan atau Kahyangan Tiga sebagai unsur Atma atau jiwa, Krama atau warga sebagai unsur Prana atau tenaga, dan Palemahan atau tanah sebagai unsur Angga atau jasad (Kaler, 1983:44). Oleh karena itu, dalam pembangunan rumah oleh masyarakat Bali didasari oleh konsep Tri Hita Karana baik dari peraturan ruang, tata letak, bentuk, maupun penggunaan bahan. Dengan mempertimbangkan konsep keseimbangan alam dewa, alam manusia dan alam butha (lingkungan) melalui penciptaan hubungan yang harmonis dan seimbang antara manusia dengan Tuhan, antara sesama manusia, dan antara manusia dengan lingkungannya (Susanta & Wiryawan, 2016).



Ajaran Tri Hita Karana juga diwujudkan dalam membangun wadah buatan seperti perumahan dan desa adat (pekraman) sebagai berikut:

1. Sanggah atau pemerajan dan parahyangan sebagai tempat suci perorangan dan desa pekraman.
2. Halaman dan pelemahan desa (tumbuh-tumbuhan, bangunan-bangunan) di dalamnya selaku stula sarira (badan kasar) daripada perumahan dan desa pekraman.
3. Penghuni perumahan dan pawongan (orang-orang warga desa), merupakan daya kemampuan desa, guna dapat berbuat dan berlaksana. (Windhu, dkk., 1984/1985)

Konsep keseimbangan alam dewa, alam manusia, dan alam butha, didasari atas filosofi Tri Hita Karana melalui penciptaan hubungan yang harmonis dan seimbang antara manusia dengan lingkungannya. Berdasar konsepsi tersebut menjadi dasar pertimbangan setiap pembangunan rumah atau pemukiman dari masyarakat Bali. Sikap manusia berbakti kepada Tuhan diwujudkan dari setiap proses manusia berperilaku baik kepada sesama dan menghormati seluruh ciptaan Tuhan dengan sikap kasih dan menjaga lingkungan. Transformasi ini menyebabkan setiap Arsitektur Tradisional Bali akan memiliki ruang dan bagian yang merupakan manifestasi dari konsep tersebut.

## Konsep Bhuana Agung dan Bhuana Alit

Arsitektur tradisional Bali dengan dasar pergerakannya dengan filosofi agama Hindu yang mengarahkan manusia untuk mengharmoniskan antara alam semesta (bhuana agung) atau disebut dengan makrokosmos dengan manusia (bhuana alit) atau mikrokosmos. Pada dasarnya bhuana agung dan bhuana alit memiliki persamaan atas nilai dan unsur-unsur pembentuk dari bhuana agung dan bhuana alit (Windhu, dkk., 1984/1985). Ditegaskan kembali oleh Soebandi (1990) bahwa, Agama Hindu mengajarkan agar manusia mengharmonisasikan alam semesta dengan segala isinya yakni bhuana agung (makrokosmos) dengan bhuana alit (mikrokosmos) adalah lingkungan buatan atau bangunan dan bhuana alit adalah manusia yang mendirikan dan menggunakan wadah tersebut.

Keseimbangan alam semesta (bhuana agung) dan manusia (bhuana alit) diatur melalui unsur-unsurnya yang disebut Panca Maha Bhuta: apah (cairan), teja (sinar), bayu (angin), akhasa (udara), dan pertiwi (zat padat). Seperti halnya jelaskan oleh Musthafa Halim, dkk. (2020) bahwa, dalam alam semesta, terdapat penggolongan bagian-bagian wilayah tertentu yang disebut dengan Tri Loka yaitu, Bhur Loka (bumi), Bhuah Loka (angkasa), dan Swah Loka (Surga). Untuk itu arsitektur tradisional senantiasa mempertimbangkan iklim dengan sebaik-baiknya. Penataan pekarangan, pola ruang, struktur konstruksi dan pemilihan bahan diperhitungkan untuk keseimbangan dan pengkondisian manusia dan alamnya.

Berkaitan dengan konsep ini dalam salah satu aspeknya diwujudkan sebagai wadah (bangunan-bangunan) dalam berbagai jenis seperti bangunan perumahan, bangunan keagamaan, bangunan sosial; sebagai bhuana alit dimohonkan supaya mempunyai nilai-nilai selaras dengan bhuana agung. Dengan memiliki makna bahwa kegiatan dari sebuah pembangunan dikerjakan dengan mengatur sebaik-baiknya dan setepatnya, semua unsur, tata bentuk, tata letak, tata ruang, dan tata cara pensucian seperti yang berlaku pada manusia sebagai bhuana alit (Windhu, dkk., 1984/1985).

## Konsep Tri Angga

Konsep Tri Angga merupakan unsur turunan dari bhuana agung dan bhuana alit yang mengatur susunan unsur-unsur mengatur susunan unsur kehidupan di alam atau lingkungan fisik. Konsep Tri Angga memberikan dasar pedoman bahwa arsitektur tradisional Bali memiliki bagian-bagian fisik yang memiliki nilai, dalam kehidupan sehari-hari tercermin baik dalam hirarki tata nilai rumah maupun desa (Susanta & Wiryawan, 2016). Tri Angga didasarkan pada pembagian tiga bagian besar dari tubuh manusia (bhuana alit):

- a. Kepala (Utama Angga)
- b. Badan (Madya Angga)
- c. Kaki (Nistama Angga)

Penerapannya secara vertikal yaitu bagian kepala terletak paling atas bernilai utama, bagian badan terletak di tengah bernilai madya dan bagian kaki yang terletak dibawah bernilai nista. Sedangkan pada penerapan secara horizontal akan membentuk zonasi dengan hirarki nilai sesuai dengan nilai sumbu alam, antara lain: bagian hulu atau dalam bernilai utama bagian tengah bernilai madya dan bagian hilir atau luar bernilai nista. Tata nilai hulu-hilir (hulu-teben) yang berhubungan dengan konsep Tri Angga berorientasi pada (Sulistyawati dalam Musthafa Halim, dkk. (2020)):

- Berdasarkan sumbu bumi, yaitu arah kaja (gunung) dan kelod (laut);
- Berdasarkan arah tinggi-rendah (tegeh dan lebah); serta
- Berdasarkan sumbu matahari, yaitu timur-barat (matahari terbit dan terbenam).

# PERSPEKTIF KENYAMANAN TERMAL DAN EFISIENSI ENERGI PADA RUMAH TRADISIONAL BALI

Beberapa penelitian terkait kenyamanan termal dan efisiensi energi pada rumah tradisional Bali telah dilakukan, beberapa di antaranya adalah penelitian berjudul “Kajian Arsitektur Hijau Desa Adat Penglipuran Bali” oleh Nikko Dwijayasastra tahun 2013 yang mengidentifikasi kriteria penilaian konsep bangunan hijau pada tatanan lanskap Desa Adat Penglipuran Bali, serta melakukan penilaian tingkat hijau dari lanskap desa dengan menggunakan LEED for Neighborhood Development Rating System, dengan hasil penelitian dari penilaian LEED menghasilkan tingkat Silver dengan total poin 34, berdasarkan 36 kriteria penilaian dalam 3 parameter, yang berarti pelestarian penerapan kearifan lokal termasuk dalam penerapan konsep arsitektur hijau.

Studi lainnya berjudul “Thermal Efficient Dwelling Design: Bali, Indonesia” oleh Trimariantio (2003) yang berfokus pada desain hunian yang nyaman secara termal dalam kondisi hangat iklim tropis lembab di Bali, Indonesia, dengan penekanan pada efisiensi energi hunian berventilasi alami dan ber-AC. Penelitian tersebut menemukan bahwa kombinasi ventilasi alami dan pengkondisian udara, terintegrasi dengan desain gabungan hunian kompak/compound merupakan sebuah respons cerdas terhadap masalah kinerja kenyamanan termal dari sebuah tempat tinggal di iklim lembab yang hangat dan secara arsitektur dapat beradaptasi dengan budaya Bali. Penelitian menemukan adanya kombinasi ventilasi alami dengan udara pengkondisian yang hanya digunakan bila diperlukan, ditambah dengan insulasi dan perangkat peneduh, dapat secara signifikan mengurangi konsumsi energi dan mencapainya kenyamanan termal yang memadai, serta solusi secara arsitektural cenderung lebih kuat, dan memiliki durasi penerapan yang lama, sedangkan teknologi mungkin sebaliknya, rentan terhadap kegagalan mekanis.

Penelitian sejenis lainnya dilakukan oleh Latif, Hamzah, Rahim, and Mulyadi (2019) dengan judul “Identifikasi Kenyamanan Termal Rumah Tradisional Bugis di Iklim Tropis Lembab” yang mengidentifikasi kondisi kenyamanan termal pada interior rumah tradisional Bugis di Sulawesi Selatan. Pada penelitian ini dilakukan observasi terhadap temperatur, kelembaban udara relatif dengan waktu tertentu pada rumah tradisional Bugis.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa rata-rata kenyamanan termal pada bangunan tradisional rumah tradisional Bugis berada

pada di atas standar kenyamanan termal yakni sekitar 32,0-37,4°C sejak pagi hingga sore hari, temperatur maksimum mencapai 41,7°C terjadi sekitar jam 13.00-14.00 WITA dan temperatur minimum 28,2°C hanya terjadi pada pagi hari. Sementara itu dari parameter kelembaban udara tampak bahwa kelembaban udara relatif rata-rata masuk dalam zona kenyamanan termal berkisar antara 42,8-69,8%. Aspek material bangunan berpengaruh dominan pada kenyamanan termal ruang, di samping aspek orientasi bangunan, kemiringan atap, serta ketinggian langit-langit rumah.

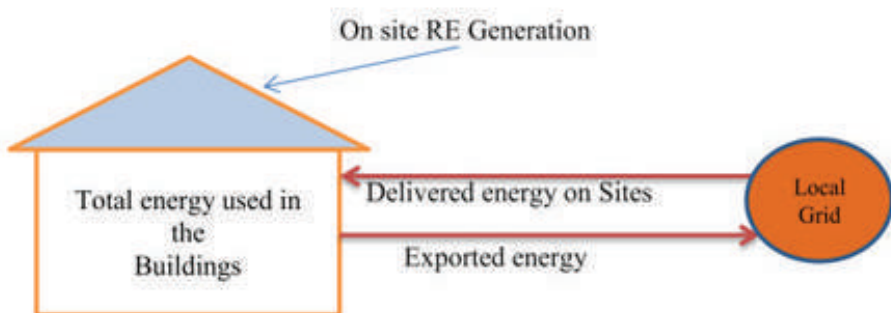
Penelitian oleh Ni Luh Putu Eka Pebriyanti ST., M.Sc. dengan judul “Evaluasi Kenyamanan Termal pada Rumah Tinggal Berbahan Bambu di Desa Bali Aga” mengevaluasi kenyamanan termal rumah tinggal berbahan bambu di Desa Bayung Gede dengan mengkomparasikan standar kinerja termal optimal dengan kondisi termal yang terjadi pada lapangan. Selain komparasi, juga dilakukan simulasi dan analisa tingkat kenyamanan ruang menggunakan program CBE Thermal Tools. Berdasarkan hasil pengukuran, suhu luar di Desa Bayung Gede pada musim kemarau adalah 23,8°C–35,8°C (rata-rata 30,4°C). Sedangkan pada musim hujan, suhunya adalah 16,5°C–25,3°C, (rata-rata: 23,7°C). Pengukuran suhu ruangan bangunan berbahan bambu di musim kemarau yaitu 25,4°C–30,4°C (rata-rata 30,1°C) dan pada musim hujan yaitu 20,9°C–27,7°C (rata-rata: 26,7°C). Kelembaban udara diluar pada musim kemarau sekitar 61%–89% sedangkan musim hujan sekitar 87%–98%. Sementara itu dari pendapat dan persepsi responden diperoleh hasil yang menunjukkan sebanyak 76% responden menyatakan kondisi suhu di dalam rumah tinggal bambu merasa nyaman.

Hasil penelitian di atas menunjukkan potensi arsitektur tradisional Bali mempunyai korelasi yang kuat dan signifikan dengan beberapa bidang teknik terkait kenyamanan termal, sehingga dapat mengurangi beban pendinginan, dengan penghematan energi yang sesuai.

Walaupun berbagai penelitian sejenis telah banyak dilakukan, pedoman yang terkait dengan upaya penghematan energi pada bangunan di Bali dengan tetap mempertahankan arsitektur tradisional belum sepenuhnya teridentifikasi dengan baik. Berbagai upaya penerapan bangunan hemat energi dan *net zero emission* pada bangunan cenderung masih mengabaikan penerapan bangunan dan konsep-konsep arsitektur lokal. Oleh karena perlu kiranya penyusunan pedoman ini sangat perlu dilakukan untuk mendapatkan pedoman dan *guidelines* yang tepat bagi penerapan *net zero emission* bangunan yang berlandaskan pada falsafah dan budaya Bali.

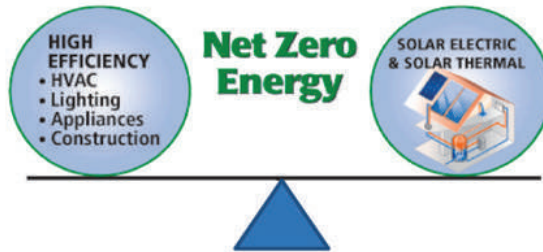
Kembali pada pembahasan NZEB, kata “Net” dalam *Net Zero Energy* menyiratkan bahwa keseimbangan energi akhir antara konsumsi energi bangunan dan produksi energi dari RES harus sama dengan nol, setiap tahun, dan ini menekankan keberadaan protokol pertukaran energi antara gedung dengan infrastruktur publik pengelola energi. Konsep Zero Energy Building (ZEB) pertama kali muncul pada tahun 1976. Esbensen dan Korsgaard dari Technical University of Denmark membuat contoh ini saat mereka mempelajari pemanasan matahari pada bangunan tempat tinggal musim dingin. Banyak negara telah mengembangkan ZEB sejak saat itu, seperti yang ditunjukkan oleh ulasan literatur dan beberapa definisi alternatif telah disampaikan. Pada intinya setiap formulasi ZEB mengacu pada bangunan yang memiliki efisiensi energi tinggi.

**Pada umumnya, tujuan NZEB tidak terfokus pada teknologi energi terbarukan tertentu. Ide dasar untuk NZEB yakni berupa total kebutuhan energi bangunan yang dapat terpenuhi melalui energi yang dihasilkan oleh sumber energi terbarukan di tempat dan bila belum mencukupi maka energi dari jaringan listrik setempat dapat dimanfaatkan. Kapanpun pembangkitan energi dapat dilakukan di lokasi, dengan sumber energi terbarukan melebihi dari kebutuhan bangunan, maka kelebihan energi dapat dialirkan ke jaringan lokal.**



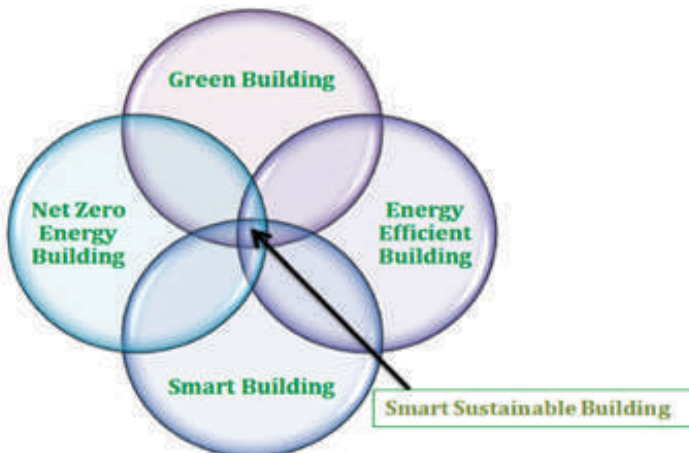
Ide dan Konsep NZEB

Torcellini dkk. (2006) melengkapi desain bangunan nol energi dan menunjukkan bahwa empat konsep yang telah dieksplorasi pada NZEB: net zero energy locations, net zero energy source, net zero energy cost, and net zero emissions.



*Konsep NZEB, Keseimbangan Energi yang Diproduksi dan Dikonsumsi*

Salah satu tujuan dari penelitian ini adalah untuk menunjukkan bahwa bangunan Net Zero Energy Building (NZEB) dapat dibangun dengan teknologi yang ada dan memberikan arahan melalui solusi dan contoh untuk merancang dan membangun NZEB di Bali bukan menambahkan teknologi baru yang justru menambah biaya. Menurut Berawi (2013), value engineering adalah suatu proses pembuatan keputusan berbasis multidisiplin yang sistematis dan terstruktur dengan melakukan analisis fungsi untuk mencapai nilai terbaik (best value) sebuah proyek dengan mendefinisikan fungsi-fungsi yang diperlukan untuk mencapai sasaran nilai (value) yang diinginkan dan menyediakan fungsi-fungsi tersebut dengan biaya yang optimum, konsisten dengan kualitas dan kinerja yang dipersyaratkan. Jadi dalam penelitian dan sayembara yang akan dilakukan, penilaian terhadap value engineering menjadi cukup penting.



*Integrasi Konsep Smart Sustainable Building*



# HASIL PENGUKURAN DAN ANALISIS TERMAL PADA RUMAH TRADISIONAL BALI

Oleh karena secara umum bangunan di Bali berupa hunian dan fasilitas akomodasi wisata, maka penelitian ini mengambil populasi langsung berdasarkan tiga kategori rumah dan hunian akomodasi wisata. Tipe pertama adalah hunian tradisional yang merupakan rumah warisan turun temurun pada satu keluarga. Tipe kedua adalah hunian modern yang berkembang di perkotaan Bali yakni rumah tapak yang digunakan oleh satu keluarga kecil dengan luasan tanah sekitar 100-200 m<sup>2</sup>. Sementara tipe ketiga yang menjadi tren adalah hunian akomodasi wisata dalam berbagai bentuk model seperti pondok wisata, hotel, villa yang merupakan hunian yang sifatnya temporer bagi wisatawan.

Sampel pengukuran untuk tipe pertama yaitu hunian tradisional yang merupakan rumah warisan turun temurun adalah rumah tradisional pada Desa Tenganan Pegringsingan, Karangasem dan Desa Penglipuran, Bangli. Desa Tenganan Pegringsingan dan Desa Penglipuran terletak pada kondisi geografis dataran tinggi, sehingga temperatur lingkungannya cenderung rendah, di bawah 32°C. Seperti dalam hal variasi temperatur ruangan pada rumah tradisional Desa Tenganan Pegringsingan berkisar antara 22°C – 31,7°C dan variasi temperatur ruangan pada rumah tradisional Desa Penglipuran berkisar antara 17,9°C – 30,8°C. Hal ini berbeda kondisinya dengan sampel tipe kedua dan tipe ketiga yang ada pada kondisi geografis dataran yang lebih rendah, memiliki variasi temperatur ruang yang lebih tinggi. Sampel tipe kedua, yaitu rumah pada Desa Melinggih di Gianyar memiliki variasi temperatur ruang 32,3°C – 33 ° C, dan sampel tipe ketiga berupa hunian sebagai akomodasi bagi wisatawan, yaitu akomodasi wisata di Desa Nyuh Kuning, Ubud memiliki variasi temperatur 31,2 ° C – 32,2 ° C. Perbedaan kondisi temperatur akan terlihat dari penggunaan penghawaan buatan. Pada rumah tradisional di Desa Tenganan Pegringsingan dan Desa Penglipuran, penghuni hanya mengandalkan penghawaan alami, sedangkan pada rumah di Desa Melinggih dan rumah akomodasi wisata di Desa Nyuh Kuning menggunakan penghawaan buatan seperti AC dan kipas angin untuk meningkatkan kenyamanan termal di dalam ruangan.

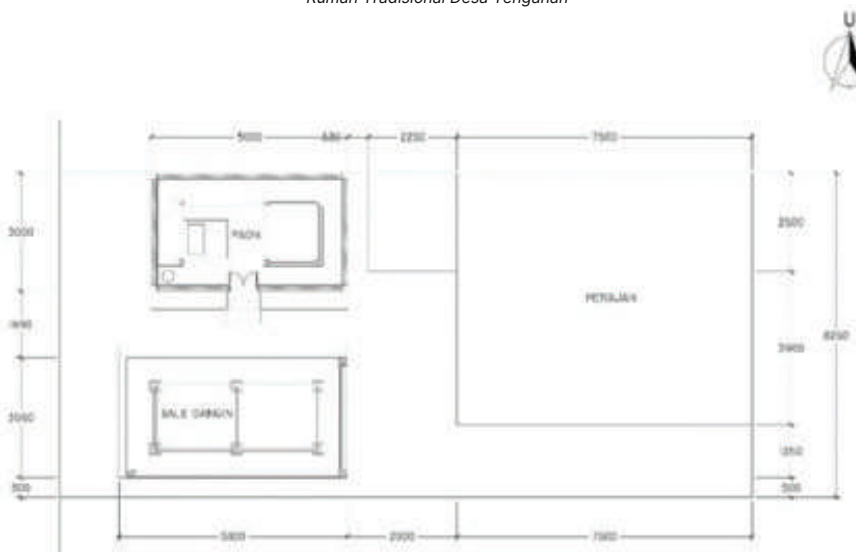
Kondisi temperatur tidak hanya dipengaruhi oleh kondisi geografis saja, tetapi juga dipengaruhi oleh orientasi bangunan dan posisi naungan/ pembayangan. Seperti contohnya pada rumah tradisional di Desa Tenganan

Pegringsingan, bangunan Bale Buga dan Bale Meten memiliki temperatur ruang maksimal yang paling tinggi di atas 30°C, dibandingkan bangunan lainnya pada satu persil rumah, karena dua bangunan tersebut berorientasi ke arah Timur-Barat. Masih pada rumah tradisional di Desa Tenganan Pegringsingan, bangunan Paon memiliki variasi temperatur ruangan yang paling rendah, karena posisi Paon mendapatkan naungan/pembayangan dari bangunan tetangga.

Faktor lain yang mempengaruhi kenyamanan termal adalah kelembaban udara. Berdasarkan pengukuran kelembaban dari sampel penelitian, baik sampel tipe 1, tipe 2 dan tipe 3, kelembaban berbanding terbalik dengan temperatur, dimana saat temperatur tinggi, kelembaban akan rendah, sebaliknya ketika temperatur mulai turun (akibat turunnya intensitas cahaya matahari), kelembaban udara akan semakin meningkat. Terkait hal tersebut, 4 sampel penelitian menunjukkan bahwa perubahan kelembaban yang cukup ekstrim umumnya terjadi pada bangunan-bangunan yang semi terbuka, seperti Bale Buga pada Desa Tenganan Pegringsingan dan Bale Dangin di Desa Penglipuran. Perubahan kelembaban yang ekstrim dapat diminimalisir dengan selubung bangunan. Perubahan kelembaban pada bangunan yang berselubung cenderung lebih terkontrol seperti pada Bale Meten di Desa Tenganan Pegringsingan dan Bale Paon di Desa Penglipuran.



*Rumah Tradisional Desa Tenganan*



*Layout Rumah Tradisional Desa Penglipuran*

# KONSEP RANCANGAN ARSITEKTUR DALAM PEMANFAATAN ENERGI TERBARUKAN DI BALI

Berdasarkan hasil survei lapangan di empat desa diatas, didapatkan bahwa rumah tradisional di Bali memiliki komposisi bangunan yang hampir serupa yaitu Merajan (tempat suci), Bale Daging, Bale Daja, Bale Dauh, dan Paon (dapur). Setiap bangunan memiliki fungsi yang spesifik dalam kehidupan sehari-hari penghuninya.

Hasil pengukuran suhu pada Desa Nyuh Kuning menunjukkan bahwa suhu ruangan di Bale Daja cenderung stabil, sementara suhu di area terbuka seperti Natah mengalami fluktuasi yang lebih besar. Hal ini disebabkan oleh perbedaan dalam selubung bangunan yang menghasilkan isolasi termal yang berbeda. Sedangkan pada Desa Penglipuran, hasil pengamatan menunjukkan bahwa suhu ruangan di Bale Paon cenderung lebih stabil daripada di Bale Daging. Hal ini dipengaruhi oleh selubung bangunan pada Bale Paon yang berupa anyaman bambu/bedeg pada dinding bangunan, yang membantu menjaga suhu ruangan.

Berdasarkan hasil analisa, bentuk dan selubung bangunan mempengaruhi perubahan suhu dan kelembaban dalam ruangan. Bangunan dengan selubung bangunan seperti Bale Paon cenderung memiliki tingkat kelembaban yang lebih stabil daripada bangunan terbuka seperti Bale Daging. Berdasarkan hasil wawancara dengan penghuni, tingkat kenyamanan bervariasi di setiap bangunan. Bale Daja dan Bale Daging dinilai cukup nyaman, sementara Paon memiliki keterbatasan ruang yang membuatnya kurang nyaman jika digunakan oleh lebih dari satu orang. Didapatkan pula bahwa penghuni rumah merasa sangat nyaman di setiap bangunan dalam rumah tradisional ini. Namun, mereka menggunakan kipas angin untuk menetralkan suhu ruangan yang panas. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun bangunan tradisional menawarkan kenyamanan tertentu, bantuan dari peralatan modern tetap diperlukan untuk menciptakan lingkungan yang optimal. Berdasarkan hasil pengamatan, pemilihan material bangunan dan desain struktur bangunan sangat mempengaruhi kinerja termal suatu bangunan.

Pendekatan holistik yang memperhitungkan berbagai faktor termal, seperti pemilihan material, desain struktur, ventilasi, dan isolasi termal, diperlukan untuk mencapai kenyamanan termal yang optimal dalam suatu bangunan. Penentuan posisi dan orientasi bangunan memiliki dampak signifikan terhadap pengaruh radiasi matahari dan angin. Fasad bangunan yang lebih besar menghadap utara dan selatan dapat berguna untuk mengoptimalkan penyinaran matahari dan ventilasi silang. Orientasi bangunan tegak lurus terhadap arah angin memungkinkan terjadinya ventilasi silang yang optimal. Penataan bangunan dalam pola klaster atau kotak-kotak dapat meningkatkan pergerakan udara dalam ruangan. Selain itu jarak antara bangunan dan kepadatan bangunan mempengaruhi distribusi kecepatan angin dan turbulensi dalam ruangan. Penyebaran angin dalam kelompok bangunan dipengaruhi oleh kekasaran permukaan bangunan dan sifat alami angin. Berdasarkan hasil analisa, dapat disimpulkan bahwa isolasi termal yang baik pada jendela, dinding, dan atap sangat penting untuk mengurangi perolehan panas dan meningkatkan efisiensi pendinginan dalam ruangan.

## 1. Konsep Kenyamanan Termal

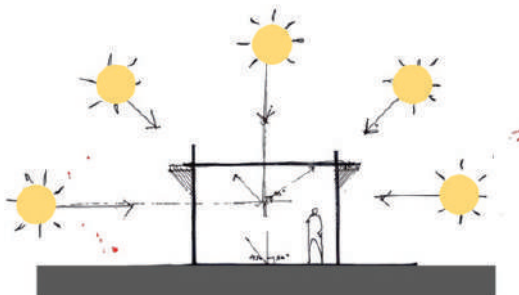
Menurut Evans (1980), masalah utama kenyamanan termal di daerah hangat dan lembab adalah suhu tinggi dan kelembaban, yang menyebabkan kondisi internal menjadi terlalu panas. Ketidaknyamanan termal muncul ketika suhu selalu mendekati suhu kulit (31-34 °C), sebagai akibat dari radiasi matahari yang berlebihan pada struktur bangunan dan perolehan panas internal. Pembuangan panas tubuh menjadi tidak mudah pada daerah dengan kelembaban udara tinggi. Ventilasi alami dapat digunakan untuk menurunkan suhu dengan mengganti udara hangat dengan udara dingin karena suhu di dalam ruangan seringkali lebih tinggi. Namun, lingkungannya terbatas karena suhu luar ruangan tidak dapat mendinginkan bangunan (Szokolay, 1993; Van Straten, 1967; Atkinson, 1960). Untuk menghasilkan pendinginan fisiologis, pergerakan udara dapat membantu dan mempercepat penguapan keringat pada tubuh manusia.

Dalam suatu bangunan, ventilasi alami diperlukan untuk tiga tujuan utama. Yang pertama adalah untuk kesehatan, yaitu mengganti udara luar yang lebih segar dengan udara dalam ruangan yang lama; yang kedua adalah untuk kenyamanan termal, yaitu menghilangkan panas berlebih dan meningkatkan penguapan kulit; dan yang terakhir adalah untuk pendinginan struktural melalui konveksi. Seperti yang disebutkan di atas, ventilasi masih dapat digunakan untuk menurunkan suhu udara di dalam ruangan meskipun ada keterbatasan. Jika ventilasi yang berlebihan diterapkan secara teratur di dalam gedung, bangunan tersebut akan memungkinkan untuk menurunkan suhu udara ke tingkat luar ruangan secara merata (Givoni, 1991; Petherbridge, 1974).

Penghawaan alami sebuah bangunan bergantung pada adanya perbedaan tekanan antara bagian dalam dan luar bangunan. Ini dapat dicapai melalui gaya termal atau gaya angin. Efek *stack*, yang sering disebut sebagai gaya *stack*, sangat bergantung pada perbedaan suhu di berbagai bagian bangunan, sedangkan gaya angin sebagian besar dipengaruhi oleh efek dinamis angin. Ventilasi silang dapat dikatakan sebagai satu-satunya metode untuk menghasilkan pergerakan udara yang efektif di dalam suatu bangunan. Untuk mencapai hal ini, bukaan harus ditempatkan pada lokasi yang memungkinkan saluran masuk dan keluar menghubungkan area dengan udara bertekanan tinggi ke area dengan udara bertekanan rendah.

## 2. Orientasi dan Kepadatan Bangunan

Rasio aspek rencana adalah aspek desain yang sering digunakan untuk mengetahui proporsi fasad yang terkena sinar matahari dan angin, dengan tujuan mengoptimalkan penyinaran sinar matahari dan arah angin pada berbagai permukaan. Sedangkan untuk radiasi matahari, sudut datang matahari ke permukaan tertentu sangat penting, karena mempengaruhi beban panas radiasi pada permukaan tersebut. Ketika sudut datang relatif terhadap permukaan mendekati 90o beban panas akan meningkat. Oleh karena itu, untuk bangunan di daerah khatulistiwa, bagian utara dan fasad selatan menyerap lebih sedikit panas dibandingkan fasad timur dan barat. Jika jendela atau fasad terbuka akan diterapkan ke dalam desain bangunan, maka harus diposisikan menghadap utara atau selatan untuk menghindari radiasi langsung dari sinar matahari rendah. Setelah itu, radiasi pada seluruh fasad dapat dikurangi dengan menggunakan komponen peneduh eksternal.



Pengaturan kelompok atau klaster bangunan juga berpengaruh terhadap kenyamanan termal, Koenigsberger dkk. (1974) menemukan bahwa penataan kelompok bangunan dengan pola klaster atau kotak-kotak, dapat menghasilkan tata ruang perumahan yang baik dengan pergerakan udara.

Penyebaran/distribusi angin pada sekelompok bangunan dipengaruhi oleh kekasaran permukaan bangunan dan sifat alami angin. Geometri kelompok bangunan juga berperan penting dalam mempengaruhi distribusi kecepatan angin dan turbulensi yang dialami oleh masing-masing bangunan ketika sekelompok bangunan menjadi lebih padat, seperti di pinggiran kota dan wilayah perkotaan. Hal ini disebabkan oleh fakta bahwa bentuk setiap bangunan diatur secara khusus dalam kelompok. Implikasi dari hal ini dalam desain adalah ketika penataan bangunan menjadi padat, kekasaran permukaan lingkungan meningkat, dan pemanfaatan lingkungan alam sebagai sarana pendinginan pasif menjadi terbatas.

### 3. Material Bangunan

Pilihan material elemen bangunan akan menentukan tingkat tekanan termal bangunan dan tentu saja pada kenyamanan termal penghuninya. Permukaan kualitas material (yaitu serapan atau reflektansi) elemen struktur sangat mempengaruhi perolehan panas matahari pada suatu bangunan. Pada daerah beriklim lembab dan panas sebaiknya menggunakan material yang reflektif untuk pemantulan panas, seperti material dinding dan atap yang berwarna putih, serta penting untuk penggunaan sun shading, penerapan orientasi dan ukuran jendela yang tepat. Material tipis dan ringan dengan permukaan atas reflektif diperlukan untuk atap (Lippsmeier, 1969; Evans, 1980). Hal ini akan mengurangi panas dari matahari pada siang hari dan menghindari panas yang tersimpan, yang akan menimbulkan rasa tidak nyaman pada malam hari.

Seperti yang disebutkan sebelumnya, ketahanan termal struktur elemen bangunan adalah faktor yang mengatur aliran panas melalui elemen selubung bangunan. Hal ini berfungsi sebagai isolasi, di mana perpindahan panas secara efektif dapat diperlambat secara konduksi, konveksi, atau radiasi untuk mencegah aliran energi yang tidak diinginkan. Oleh karena itu, nilai resistansi yang tinggi menunjukkan bahwa bahan itu terisolasi dengan baik. Reflektif, resistif, dan kapasitif adalah tiga jenis insulasi termal yang dapat digunakan dalam desain elemen struktur. Insulasi reflektif berfungsi baik ketika perpindahan panas dapat terjadi, seperti melintasi rongga atau melalui ruang loteng. Kekuatan radiasi dan serapan yang rendah adalah ciri isolator reflektif yang baik, contohnya adalah material aluminium foil yang baik dipasang pada bagian bawah struktur atap (Antaryama, 2000). Untuk isolator resistif yang menghambat perpindahan panas terbaik adalah udara itu sendiri. Oleh karena itu, bahan yang dapat menahan udara akan memiliki konduktivitas termal yang rendah, yang menghasilkan isolasi resistif yang luar biasa. Isolator resistif sangat efektif digunakan pada bangunan yang menggunakan pemanas dan AC.



## 4. Penghawaan Aktif dan Pasif

Elemen penghawaan pasif dalam desain bangunan antara lain :

### ■ Ventilasi

Ventilasi didominasi oleh angin, sehingga desain pasif harus diorientasikan terhadap rumah yang memiliki angin, dan ruangan harus dirancang sedemikian rupa sehingga memiliki ventilasi silang yang baik dan bukaan yang cukup di antaranya. Dengan demikian, dapat diperkirakan bahwa angin yang melalui rumah yang dirancang dengan cermat akan menghasilkan 20 pergantian udara per jam. Untuk ventilasi, ukuran bukaan antara ruangan dan dinding luar sangat penting, sehingga ventilasi silang diperlukan di area dinding atas.

### ■ Jendela

Orientasi jendela, ukuran dan jenis jendela menjadi pertimbangan dalam penghawaan pasif bangunan. Seperti jendela jenis *louvre* bermanfaat untuk penghawaan pasif karena mereka dapat mengatur aliran udara dan ventilasi. Namun, jika jendela tidak memiliki peneduh, luas kaca harus dibatasi hingga 15% dari area fasad. Peningkatan luas kaca hingga 30% akan meningkatkan panas di dalam ruangan, dengan fasad timur dan barat yang paling terpengaruh.

### ■ Isolasi termal dan ventilasi atap

Isolasi termal dan ventilasi atap penting untuk mengurangi panas akibat radiasi matahari. Atap harus memiliki isolasi termal yang sesuai dengan nilai  $U = 0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ , dengan penghalang uap di bagian luar dinding dan isolasi termal yang terhubung dengan baik dan kedap udara terhadap

uap penghalang atap. Diharapkan ventilasi atap melalui loteng, atap pelana, dan bukaan besar di atap.

### ■ Sun shading

Peneduh sinar matahari pada area kaca merupakan salah satu cara untuk mengurangi penyerapan/distribusi panas matahari melalui kaca serta area berlapis kaca. *Sun shading* harus ditempatkan di luar dan berwarna, untuk menghindari penyerapan radiasi yang terlalu banyak. Tirai dan penutup jendela yang berwarna gelap di bagian dalam jendela seharusnya dihindari, karena dapat menyerap semua radiasi matahari dan mentransfer sebagian besar panas ke ruangan. Sirip horizontal di atas jendela, yang menonjol dari fasad sering digunakan sebagai penghalau sinar matahari.

### ■ Dinding Luar

Dinding luar sebaiknya berwarna cerah dan diisolasi secara termal menghadap barat dan timur adalah cara terbaik untuk menghindari suhu operasi yang tinggi. Bagian dalam dinding luar dapat diisolasi secara termal, tetapi bahan yang digunakan harus sangat permeabel terhadap uap untuk menghindari air terakumulasi di bagian luar isolasi. Penghalang uap harus ditempatkan di bagian luar dinding karena tekanan uap dinding luar lebih tinggi daripada di dalamnya. Nilai  $U$  tidak boleh melebihi  $U = 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$  jika dinding ringan digunakan. Oleh karena itu, sangat penting untuk mendesain fasad agar dinding tetap kering.

Sebaliknya, elemen penghawaan aktif pada bangunan antara lain adalah :

### ■ Pendinginan Bangunan

Iklim mikro dalam ruangan di rumah ber-AC dirancang untuk berada di dalam batas kenyamanan yang dapat diterima. Mengurangi jumlah panas internal yang dihasilkan oleh penghuni, peralatan, dan transmisi tenaga surya melalui jendela dan selubung bangunan adalah salah satu cara untuk menurunkan beban pendinginan rumah aktif. Hal ini dilakukan untuk menghilangkan panas yang dihasilkan di dalam ruangan, diserap melalui selubung bangunan, dan disimpan sebagian. AC yang digerakkan secara elektrik menyediakan pendinginan. Mesin pendingin menghasilkan sekitar tiga kali jumlah energi yang diperlukan untuk menggerakkan kompresor. Suhu di dalam rumah tetap konstan pada titik tertentu ketika AC dihidupkan. Banyak udara diperlukan untuk mendinginkan karena kapasitas termal udara rendah. Sebagian pasokan udara dapat disirkulasikan kembali di dalam untuk mengurangi pendinginan udara segar. Hal ini harus dilakukan dengan cara yang memastikan bahwa asap, bau, dan mikroorganisme tidak menyebar ke seluruh ruangan atau ke area lain di rumah.

### ■ Pengkondisian Udara dalam Bangunan

Pada iklim lembab yang hangat, ada sedikit perbedaan suhu di dalam rumah dan kondisi luar yang diinginkan sepanjang tahun. Pada saat yang sama, tingkat uap di udara tinggi. Dalam situasi seperti ini, koil pemanas mungkin diperlukan untuk mengendalikan kelembaban, terutama dalam kasus di mana beban panas internal relatif rendah. Dalam hal ini, suhu udara didinginkan lebih rendah daripada suhu yang diinginkan, dan kemudian dipanaskan kembali.

Sistem pengkondisian udara dapat dirancang dengan tiga cara, seperti di bawah ini.

- Unit Kamar; ini adalah sistem pendingin udara yang paling sederhana, yaitu AC yang ditempatkan di lubang melalui dinding luar dan melayani ruangan individu.
- Unit Terpisah: Unit split memiliki satu unit kompresor dan pendingin di luar ruangan, dan sistem pipa mengirimkan media pendingin ke beberapa unit koil pendingin ruangan.
- Unit Pusat; unit pusat digabungkan dengan sistem ventilasi sentral, dan koil pendingin ditempatkan di sistem ventilasi

### ■ Insulasi Bangunan

Pada rumah ber-AC, suhu dinding luar lebih tinggi daripada di dalamnya karena radiasi matahari yang diserap meningkatkan suhu rata-rata di atas suhu udara. Saat udara pengkondisian diaktifkan, energi yang tinggi diperlukan untuk mendinginkan permukaan bagian dalam ke udara luar. Untuk mengurangi pendinginan energi, isolasi termal dapat dipasang. Untuk menghindari radiasi panas dari bahan isolasi, insulasi ini harus dibangun.

Pada rumah yang menggunakan AC, kondisi kedap udara pada jendela sangat penting karena ventilasi yang tidak diinginkan akan meningkatkan kualitas udara yang diperlukan untuk mendinginkan. Untuk kedap udara, ada perbedaan tekanan sebesar 1,7 m<sup>3</sup>/jam per m<sup>2</sup> luas jendela pada tekanan 50 Pa, dan jendela rumah harus diisolasi dengan baik. Menurut beberapa orang, rumah ber-AC memerlukan dua jendela kaca untuk mengurangi beban pendinginan. Karena tingginya biaya, hal ini tampaknya tidak dapat dibenarkan, menurut Adamson (1991). Selain itu, menggunakan unit kaca tertutup yang mahal dan sulit diperbaiki jika rusak.

Oleh karena itu, rancangan jendela yang ideal yang dapat menangani semua masalah ini. Pengurangan radiasi langsung dan difus sebesar 50% pada luas kaca sebesar 30% dari luas fasad dengan insulasi akan mengurangi beban pendinginan maksimal sebesar 25-40% dan kebutuhan pendinginan ruangan tahunan sebesar 20-30%. Nilai U jendela dapat kurang dari 1 W/m<sup>2</sup>K dengan pelapisan emisi rendah (Roos, 1998). Sebaliknya, mereka memiliki kemampuan untuk menahan panas dan menghemat energi untuk mendinginkan di iklim yang panas. Antara bukaan saluran masuk dan keluar udara, tekanan positif pergerakan udara (juga dikenal sebagai insulasi udara) harus dijaga. Bukaan tersebut harus berorientasi pada garis bujur arah angin yang sesuai. Bahan isolasi termal harus diletakkan di bawah ruang loteng udara di plafon dan nilai U tidak boleh lebih dari 0,5 W/m<sup>2</sup>K. Penghalang uap mungkin terletak di atas isolasi. Overhang yang terintegrasi dalam desain atap merupakan pertimbangan tambahan yang perlu diperhatikan, yaitu dampak yang dapat ditimbulkannya terhadap perlindungan dari matahari dan energi yang digunakan di dalam gedung. Di bagian bawah atap, sirkulasi udara bebas menghasilkan suhu pengoperasian yang relatif rendah dan efisiensi pendinginan yang tinggi (Goethe dan Kwasny, 1993).

# STRATEGI LANJUTAN UNTUK PENERAPAN NZEB YANG SELARAS DENGAN IDENTITAS ARSITEKTUR LOKAL DI BALI

Hasil analisis termal bangunan beberapa rumah tradisional di Bali telah dilakukan dan dapat disimpulkan bahwa arsitektur lokal Bali telah memiliki prinsip-prinsip yang sejalan dengan konsep pengkondisian kenyamanan termal pada iklim mikro bangunan, sehingga penerapan NZEB yang selaras dengan identitas arsitektur lokal Bali memungkinkan untuk dicapai. Tentu saja hal tersebut harus disertai dengan beberapa strategi lanjutan, yaitu :

### **1. PENGEMBANGAN INFRASTRUKTUR**

Perlu dilakukan pengembangan infrastruktur seperti pemasangan kipas angin atau pendingin ruangan yang ramah lingkungan untuk meningkatkan kenyamanan penghuni dalam kondisi cuaca yang panas.

### **2. EDUKASI PENGGUNAAN ENERGI TERBARUKAN**

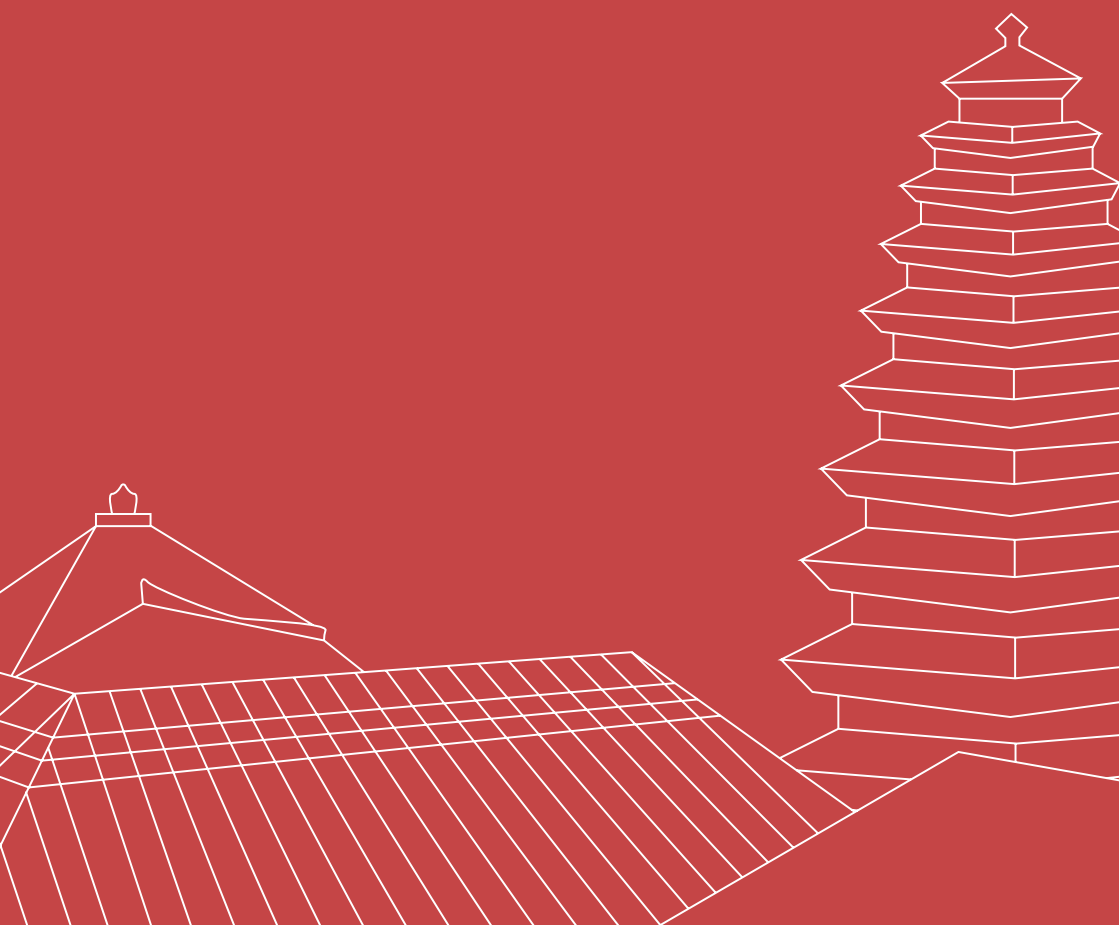
Penting untuk memberikan edukasi kepada masyarakat mengenai manfaat dan penerapan energi terbarukan seperti solar panel untuk mengurangi dampak lingkungan dan biaya listrik.

### **3. PERENCANAAN ARSITEKTUR ADAPTIF**

Dalam merancang atau memodernisasi rumah tradisional, perlu dipertimbangkan perencanaan arsitektur adaptif yang memanfaatkan sumber daya alam secara efisien dan menciptakan lingkungan yang nyaman dan berkelanjutan.

### **4. KONSERVASI BUDAYA**

Penting untuk mempertahankan dan melestarikan nilai-nilai budaya dalam rumah tradisional Bali, sambil menggabungkan teknologi modern untuk meningkatkan kenyamanan dan efisiensi energi.





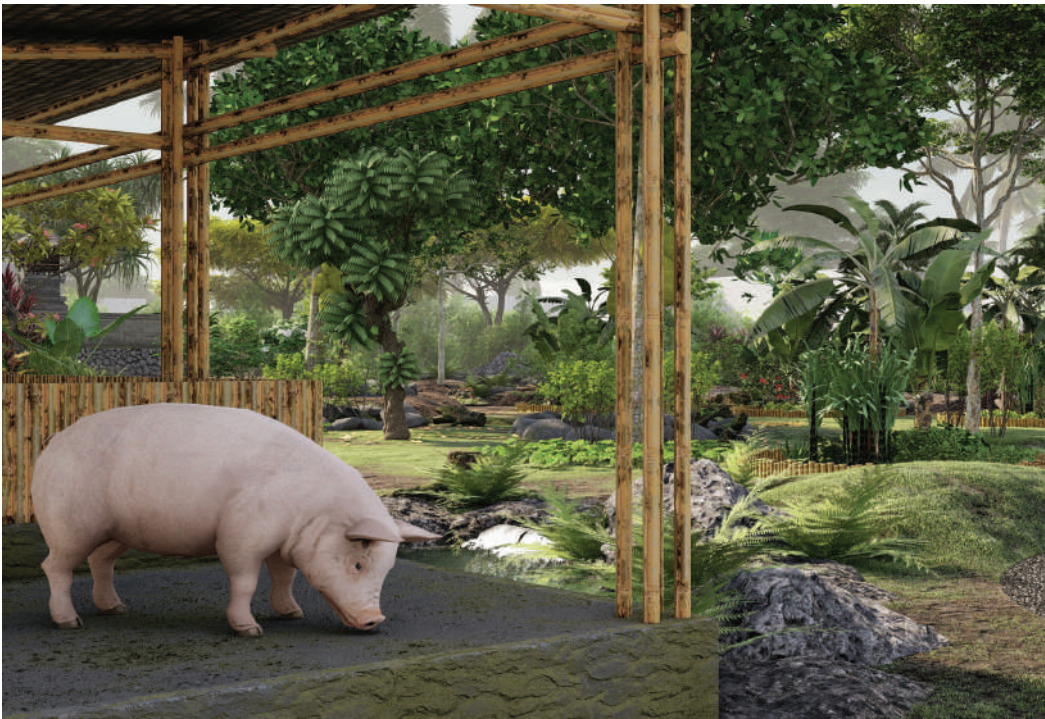
# LANSKAP TRADISIONAL



# BADATEBA

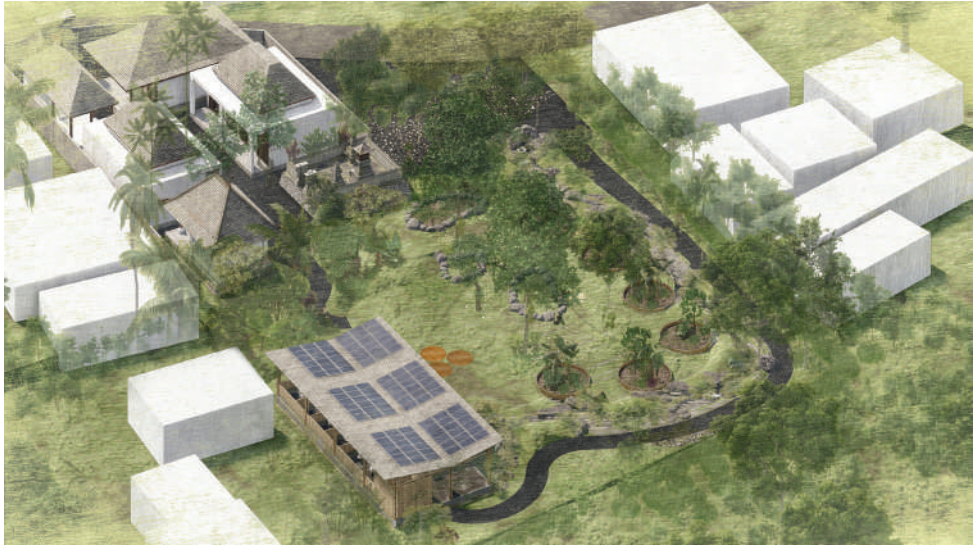
Teba merupakan istilah Bali yang merujuk ke halaman belakang area palemahan yang biasanya dimiliki tiap rumah sebagai satu kesatuan dari natah. Karena faktor ekonomi dan kebutuhan lain, area teba saat ini banyak mengalami alih fungsi lahan.

Zaman dulu warga Bali menggunakan teba sebagai area untuk memelihara ternak, terutama ternak babi. Masyarakat Bali memiliki daya konsumsi daging babi yang cukup besar. Selain digunakan sebagai sarana ritual, daging babi juga memiliki permintaan yang tinggi untuk produk kuliner. Tetapi pencemaran yang dihasilkan dari aktivitas peternakan babi menjadi masalah bagi lingkungan sekitar. Sehingga diperlukan perencanaan yang dapat mengintegrasikan aspek ekonomi dan ekologi sehingga keberadaan Teba sebagai sebuah warisan yang harus dijaga (aspek sosial budaya) dapat berjalan harmonis sebagai implementasi dari konsep Tri Hita Karana.





## SITE PLAN BADA TEBA



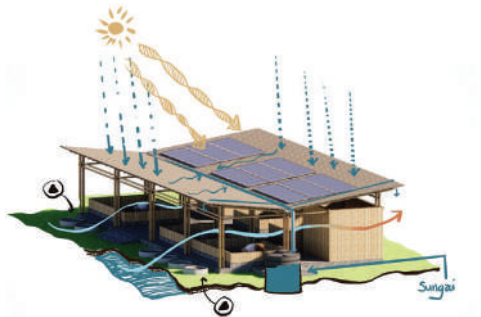
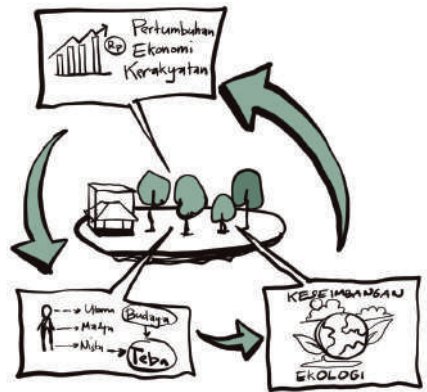
## KONSEP DESAIN

### SINERGI TEBA

Economic Growth, Ecological Balance, and Cultural Preservation

Konsep siklus pemanfaatan energi yang saling bersinggungan ini menciptakan keuntungan tidak hanya dari segi ekonomi, tetapi juga dari sisi ekologi. Dengan memanfaatkan energi secara efisien dan berkelanjutan, kita dapat mengurangi biaya operasional dan meningkatkan produktivitas, sehingga memberikan dampak positif pada pertumbuhan ekonomi.

Selain itu, penggunaan energi yang ramah lingkungan membantu menjaga keseimbangan ekosistem, mengurangi emisi karbon, dan mendukung upaya pelestarian alam. Siklus ini memastikan bahwa setiap tahap pemanfaatan energi saling mendukung dan memperkuat, menciptakan sebuah sistem yang harmonis dan berkelanjutan.



# STRATEGI DESAIN

## 1. WATER MANAGEMENT SYSTEM



Air hujan dimanfaatkan untuk konsumsi ternak dan pembersihan kandang. Air hujan akan ditampung pada *water tank* yang kemudian akan digunakan untuk kebutuhan pada kandang. Air juga didapatkan dari pemanfaatan air sungai yang terletak di belakang teba ketika cadangan air hujan telah habis. Sisa limbah padat akan dibersihkan dengan air kemudian difiltrasi pada kolam filtrasi, sisa filtrasi akan dimasukkan ke buis fermentasi. Urine babi kaya akan unsur Natrium, Kalium, dan fosfor baik untuk nutrisi tanaman di dalam Teba. Artificial Sungai berfungsi untuk menyalurkan nutrisi ke semua tanaman serta dalam visual sebagai atraksi buatan yang estetik

## 2. WASTE TREATMENT



Limbah yang ditimbulkan dari peternakan babi yaitu urine dan feses akan dipisahkan. pengolahan limbah padat yaitu feses akan dilakukan pada media penampung untuk memfermentasi limbah feses babi sehingga hasil fermentasi dapat digunakan sebagai pupuk kompos alami yang kaya akan nutrisi untuk tanaman di teba. Bahan fermentasinya menggunakan batang pisang yang sudah busuk yang memiliki kandungan EM4 akan dimasukkan bersamaan pada wadah-wadah fermentasi. Fermentasi terjadi selama satu setengah bulan. Satu Buis dapat menampung limbah satu ekor babi selama satu setengah bulan. Pupuk kompos hasil fermentasi selanjutnya digunakan untuk pupuk tanaman.

### 3. PERMACULTURE-BIODIVERSITAS



Mengembangkan fungsi teba yang sudah ada sebagai penyedia tanaman untuk penghuni rumah dengan menambah jumlah tanaman dan merancang lanskapnya agar terlihat lebih estetik. Dengan demikian, teba bisa menjadi area rekreasi keluarga dan meningkatkan kesadaran masyarakat akan pentingnya teba. Keberagaman jenis tanaman juga akan memperkaya biodiversitas teba, menjadikannya komponen penting dalam pelestarian lingkungan di tingkat mikro. Nilai serapan lahan akan meningkat dengan adanya berbagai macam strata tanaman yang digunakan. pemilihan tanaman juga didasarkan atas kebutuhan pakan dan kebutuhan penghuni,



Dampak yang ingin dicapai dari desain ini ialah Bada Teba bisa menjadi permodelan pelestarian ruang Teba yang *sustainable* dari aspek ekologi, ekonomi dan sosial budaya. Sehingga kelak bisa terkoneksi

dan terintegrasi dengan Teba lainnya dan mendukung pertumbuhan ekonomi di kota Denpasar melalui sektor peternakan.



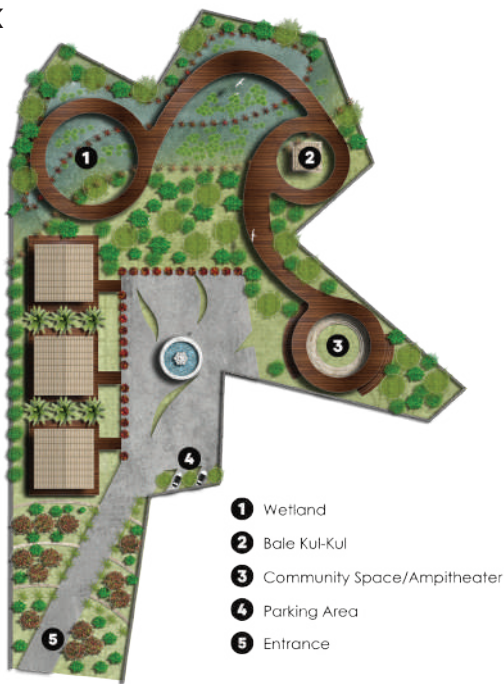
# WICAK

(WISDOM, INNOVATIVE, SMART,  
ADAPTIVE, CREATIVE)

**W**ICAK mewujudkan pendekatan desain lanskap hemat energi yang komprehensif. Ini adalah upaya memanfaatkan sumber daya secara bijak, inovasi ramah lingkungan, pemilihan material yang tepat, kemampuan beradaptasi terhadap iklim, dan kreativitas untuk menciptakan lingkungan yang berkelanjutan, menarik secara visual, dan hemat energi.

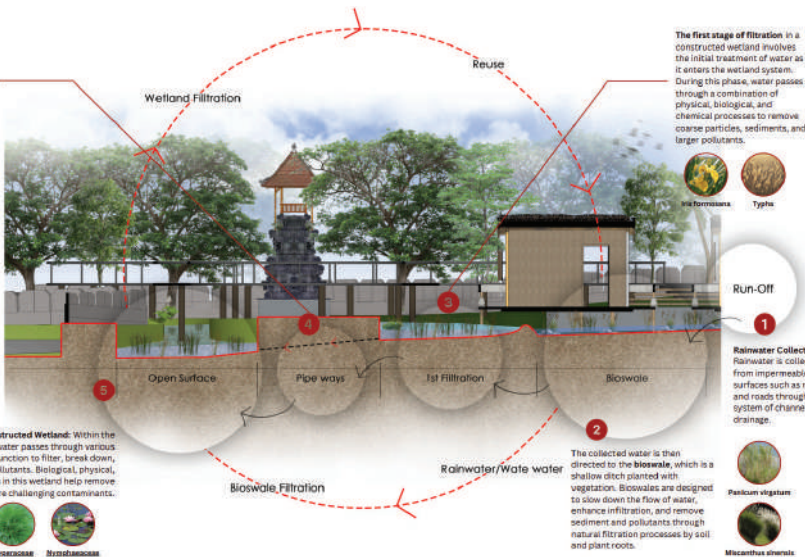


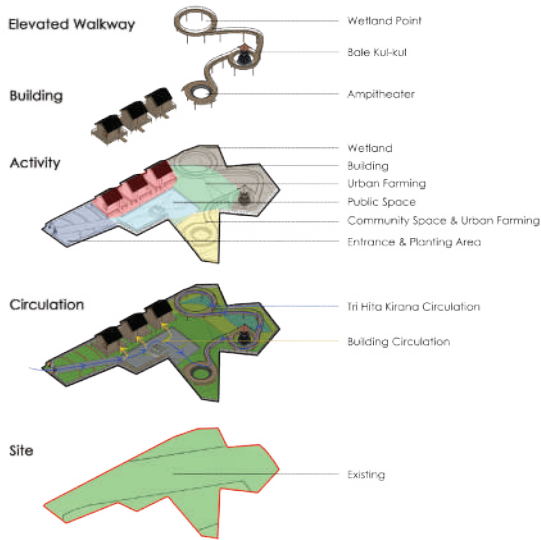
# SITE PLAN WICAK



**Directing to Constructed Wetland:** Water filtered in the bioswale is then directed to the constructed wetland. This wetland is a system specifically designed to mimic the natural functions of wetlands, using a combination of vegetation, soil, and microorganisms to further purify water.

**Processes in Constructed Wetland:** Within the constructed wetland, water passes through various zones of vegetation that function to filter, break down, and absorb remaining pollutants. Biological, physical, and chemical processes in this wetland help remove more challenging contaminants.





Pemilihan lokasi di Jalan Padang Kartika, Denpasar Barat yang cenderung padat pemukiman penduduk. Desain ini dibuat sebagai upaya penyediaan ruang-ruang terbuka publik yang hijau, dengan pengelolaan yang bertanggungjawab sehingga mencegah berkembangnya kawasan kumuh. Desain ini mengikuti topografi tanah untuk mengarahkan limpasan air hujan melalui *bioswales*, tempat air sebagian diserap oleh tanah dan sebagian dialirkan ke lahan basah untuk digunakan kembali dalam irigasi dan kebutuhan lainnya, strategi ini memastikan penggunaan air yang berkelanjutan dan pelestarian ekosistem.

Desain ini mewujudkan filosofi Tri Hita Karana yang melambangkan tiga aspek utama yakni jalan layang membentuk tiga area yang mewakili aktivitas manusia, identitas masyarakat Bali yang disimbolkan dengan Bale Kul Kul, dan area lahan basah yang melambangkan alam.

## KONSEP NZEB

Sistem lahan basah pada desain lansekap ini mengutamakan pengelolaan air yang komprehensif di dalam lokasi. Prinsip utama dari sistem ini adalah untuk memastikan bahwa 100% air di lokasi dimanfaatkan semaksimal mungkin. Air hujan dan air limbah rumah tangga diolah melalui *bioswales*, yang merupakan sistem drainase alami untuk membersihkan air dari polutan melalui penyerapan oleh tanaman dan tanah. Air murni kemudian dikumpulkan di lahan basah buatan. Lahan basah ini dirancang untuk menyimpan

air bersih yang selanjutnya dapat digunakan warga untuk berbagai kebutuhan sehari-hari seperti kebutuhan toilet dan irigasi. Dengan sistem ini, lahan basah tidak hanya berfungsi sebagai elemen ekologi yang meningkatkan kualitas air dan menyediakan habitat bagi satwa liar tetapi juga berfungsi sebagai sistem pengelolaan sumber daya air yang efisien dan berkelanjutan, mengurangi beban sistem air kota dan mempromosikan sistem air yang lebih ramah lingkungan gaya hidup.

\**Bioswales* adalah cekungan bervegetasi yang dirancang untuk menyaring serta menampung limbah air hujan atau sebagai media konservasi air.





# BALI LOCA HOUSE

LANSKAP TRADISIONAL

Hashifati Ajrina, S.P., M.P.W.K.



Bali Loca House merupakan implementasi rumah tradisional Bali yang beradaptasi dengan modernitas. Ada perpaduan antara elemen arsitektur tradisional dengan teknologi modern untuk menciptakan ruang hidup yang harmonis dan efisien, namun tetap menghormati warisan budaya.

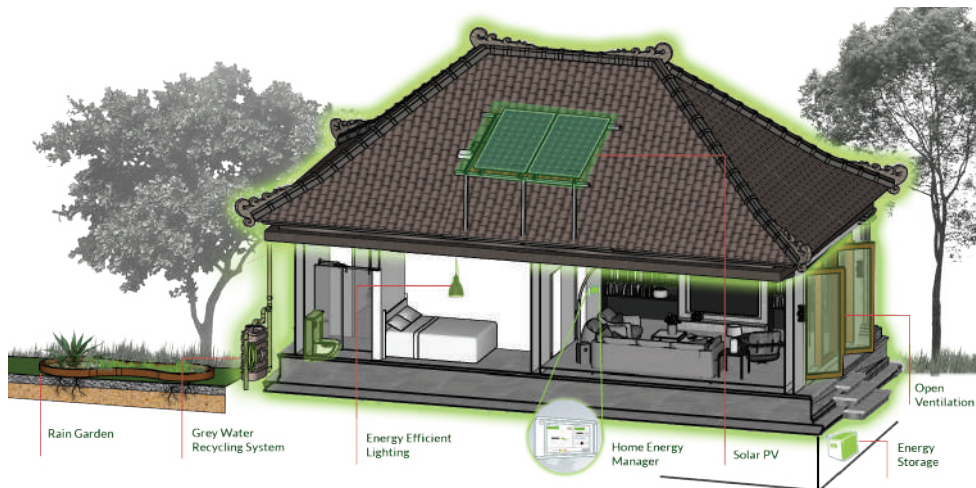
Dirancang dengan mengusung konsep *Net Zero Energy Building* pada setiap bangunan dan penerapan *Nature Based Solutions* melalui pembangunan lanskap alami dan taman penampungan air, hunian ini diharapkan menjadi solusi bagi pemenuhan aktivitas manusia yang lebih berkelanjutan.

## SITE PLAN BALI LOCA HOUSE



- SKALA 1:200
- KETERANGAN
- |                  |                    |
|------------------|--------------------|
| 1. Angkul-angkul | 6. Area Parkir     |
| 2. Aling-aling   | 7. Bale Daje       |
| 3. Pura          | 8. Bale Dauh       |
| 4. Bale Dangin   | 9. Paon            |
| 5. Jineng        | 10. Rain Garden    |
|                  | 11. Taman Belakang |





## PENERAPAN PRINSIP NET ZERO ENERGY BUILDING PADA SETIAP ELEMEN RUMAH DIANTARANYA:

### ■ Grey Water Recycling System

Sistem penampungan air hujan dan mengumpulkan, menyaring, dan membersihkan air bekas untuk digunakan kembali dalam berbagai proses *non-potable* seperti irigasi taman, toilet siram, dan pembersihan lantai.

### ■ Solar Panel Energy

Mengintegrasikan sumber energi terbarukan seperti panel surya untuk mencapai konsumsi energi nol bersih.

### ■ Energy Storage

Tempat penyimpanan energi cadangan Listrik melalui penerapan sistem PLTS *hybrid* dimana memiliki Panel surya akan memiliki tempat cadangan pasokan listrik melalui baterai.

### ■ Open Ventilation

Memprioritaskan pendinginan pasif dan ventilasi alami untuk mengurangi dampak iklim tropis.

### ■ Home Energy Manager

Sistem control dan indikator konsumsi energi hunian untuk *net zero energy home* yang membantu pemilik rumah mengatur konsumsi energi.

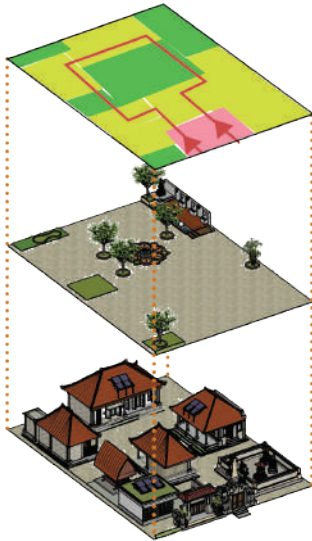
### ■ Passive Cooling

Memprioritaskan pendinginan pasif dan ventilasi alami untuk mengurangi dampak iklim tropis.

### ■ Energy Efficient Lighting

Orientasi pemanfaatan cahaya matahari sebagai pencahayaan alami juga menjadi aspek yang dipertimbangkan dalam pembuatan Bali Locahouse.

# NATURE BASED SOLUTION



## ■ Rain Garden

Taman yang berfungsi untuk menangkap, menyerap, dan mengatur aliran air hujan secara alami

## ■ Green Wall

Pendinginan alami melalui aplikasi tanaman pada dinding di area parkir

## ■ Natural Landscaping

Penyusunan tanaman secara alami untuk memaksimalkan penyerapan air tanah.





Desain ini juga menerapkan passive design strategies, yaitu pendekatan desain bangunan yang menggunakan elemen alami, seperti sinar matahari, angin, dan vegetasi, untuk menciptakan lingkungan interior yang nyaman.

Kombinasi antara hardscape dan softscape yang harmonis serta penambahan elemen air menciptakan suasana ketenangan dan menjadi pendingin alami yang tepat untuk iklim tropis Bali.



# GRIYA HARSA

Griya Harsa merupakan hunian tradisional Bali yang menggunakan konsep *net zero energy*. Dengan menerapkan konsep sumber energi terbarukan dan efisiensi energi, Griya Harsa menunjukkan harmonisasi yang menarik antara lanskap tradisional Bali dan kemajuan teknologi dalam bidang energi.

Griya Harsa merupakan contoh penerapan harmonis antara kebutuhan manusia dan keberlanjutan dari suatu lanskap.

Pertumbuhan manusia yang pesat meningkatkan kebutuhan akan energi, hal ini mengakibatkan tingkat polusi dan emisi karbon terus meningkat. Dengan menerapkan konsep *net zero energy* pada rumah tradisional Bali, harapannya dapat menjaga keaslian budaya Bali dan meningkatkan keberlanjutan lingkungan.

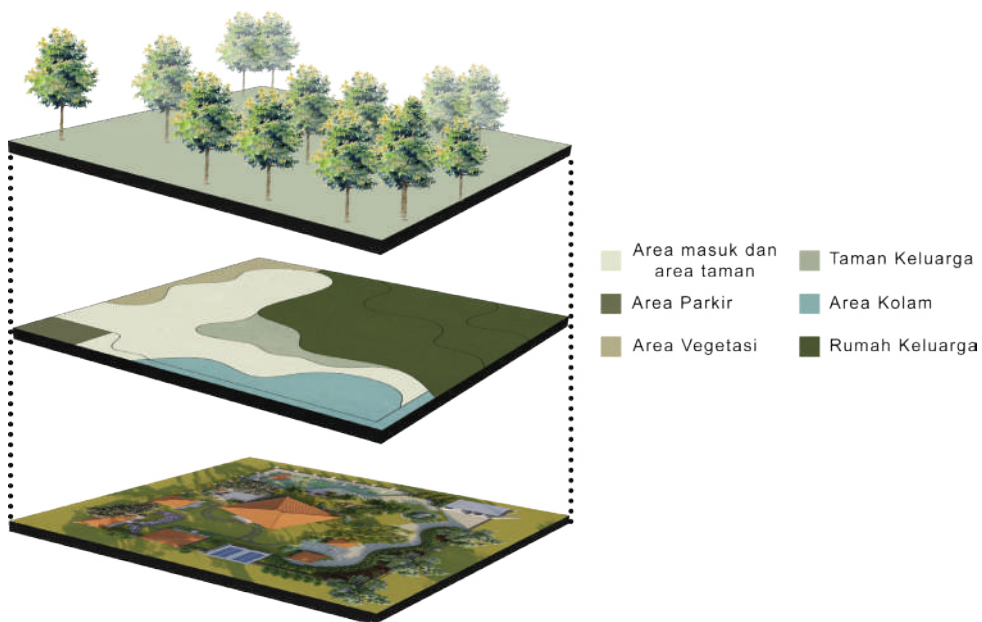


## SITE PLAN GRIYA HARSA



### GRIYA HARSA MENERAPKAN KONSEP NET ZERO ENERGY SERTA INFRASTRUKTUR HIJAU UNTUK MENCIPTAKAN HUNIAN YANG BERKELANJUTAN SERTA PENGGUNAAN MATERIAL YANG RAMAH LINGKUNGAN, DIANTARANYA:

- Penggunaan solar panel sebagai sumber energi baru yang ramah lingkungan.
- Penggunaan *permeable paving* untuk menyerap limpasan air hujan.
- Penggunaan rain garden sebagai rain harvesting untuk keperluan penyiraman pada tapak. Adapun penggunaan taman atau lanskap di Griya Harsa mengadopsi konsep bentukan dari Subak yang berundak-undak.







Salah satu konsep dalam Net Zero Energy adalah pengurangan karbon. Vegetasi merupakan salah satu unsur alam yang dapat membantu penyerapan karbon. Pemilihan vegetasi pada hunian tradisional Bali ini terdiri dari tanaman peneduh, estetika dan beberapa tanaman lainnya yang wajib diletakkan

pada hunian tradisional Bali. Vegetasi yang digunakan merupakan vegetasi yang hidup di iklim tropis dan mampu bertahan dalam iklim yang ada di Indonesia. Pemilihan vegetasi berdasarkan kebutuhan masyarakat Bali, salah satunya yaitu kebutuhan tanaman berbunga untuk ibadah.

# BUNGA TUNJUNG BALI

LANSKAP TRADISIONAL

Arif Yulianto

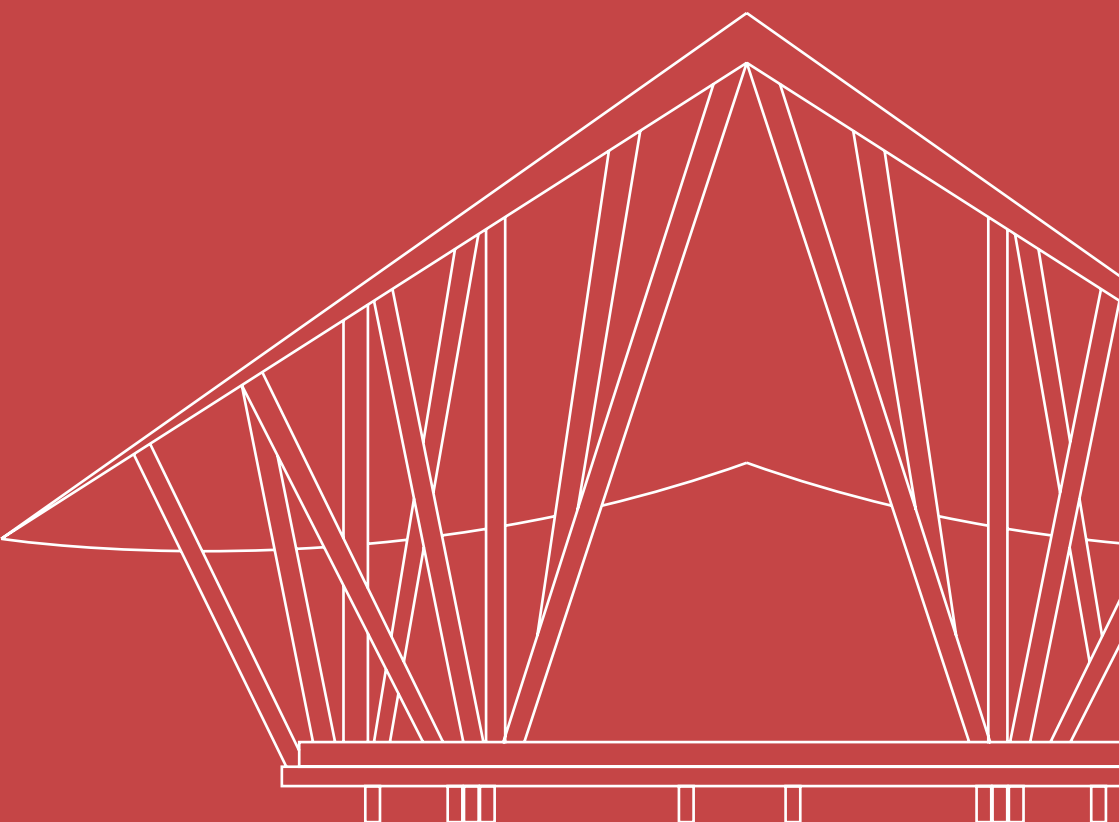
**B**unga Tunjung atau Teratai menjadi inspirasi dalam desain fasilitas pertunjukan budaya Bali ini. Penggunaan solar panel elastis berbentuk bunga Tunjung di area plaza pertunjukan menjadi *vocal point* yang estetik sekaligus teknologi yang inovatif dan adaptif untuk menghasilkan listrik yang mampu memenuhi kebutuhan energi di area hiburan tersebut.





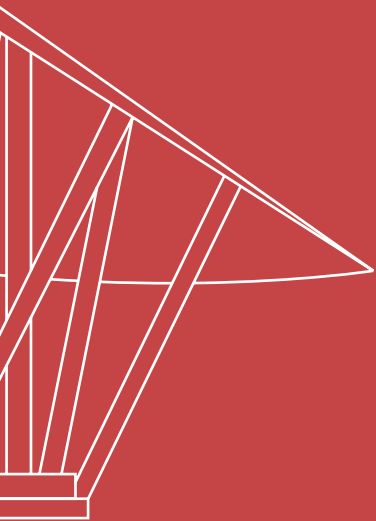


Bunga Tunjung Bali terdiri atas beberapa area, diantaranya plaza pertunjukan, miniatur pura Bali dan balai adat, pool resto, dan juga area bermain anak (playground). Adapun konsep NZEB yang diterapkan pada fasilitas ini diantaranya solar panel elastis serta pembangkit listrik tenaga air yang digerakkan oleh turbin dan baling-baling di area kolam yang mengelilingi fasilitas ini.





# PARIWISATA



# ME-BALIK

("KEMBALI KE IBU PERTIWI")

**M**E-BALIK mengajak kita bernostalgia akan Bali tempo dulu. Akomodasi wisata ini memberikan sensasi menginap di rumah tradisional Bali kuno yang dibuat semirip mungkin dengan aslinya, dari penggunaan material hingga suasana yang diciptakan.

Ini adalah upaya reminder agar kita tetap 'eling', bahwa sejatinya kita semua hanya bagian kecil dari alam dan kita punya tanggungjawab untuk melestarikannya demi hidup manusia yang berkelanjutan. Beberapa *experience* yang ditawarkan Me-Balik antara lain merasakan hidup keseharian dan berinteraksi dengan warga lokal, sesi workshop pembuatan makanan dengan rempah khas Bali, serta edukasi tentang berbagai konsep kearifan lokal Bali. Konsep Me-Balik ini bisa diadopsi di desa-desa wisata sehingga bermanfaat secara ekonomi dan menekan laju urbanisasi.





# SITE PLAN ME-BALIK



Selain menggunakan arsitektur Bali tempo dulu yang kental berlandaskan konsep Tri Hita Karana dan Asta Kosala Kosali, lanskap berupa natah menjadi ruang hijau yang mengikat keseluruhan zonasi pada desain ini.



# STRATEGI NZEB

## Strategi NZEB yang diterapkan, diantaranya:

- Menggunakan kayu *re-use* dan material lokal Bali yang ramah lingkungan sehingga bisa meminimalisir *carbon foot print*.
- Menggunakan *grey water system* untuk pengolahan limbah air
- Merespon pemanfaatan air hujan yang disimpan di sumur resapan/ataupun biopori
- Menggunakan komposter untuk mengelola limbah organik, kemudian dimanfaatkan untuk pupuk tanaman
- Menerapkan atap bangunan menyerupai atap wantilan untuk mengoptimalkan aliran udara dan pencahayaan alami yang masuk dengan konsep *passive cooling*.
- Memakai solar panel untuk menyimpan energi listrik
- Menyediakan kebun rempah dan pangan



LIMBAGAN



RAMED EARTH



KAYU "RE-USE"



ATAP  
SIRAP BAMBU



DINDING ANYAMAN BAMBU



BAMBU YANG DIANYAM DIBUAT  
MEMILIKI RONGGA

PASSIVE COOLING

SKEMA  
PASSIVE  
COOLING







# BHUANA LESTARI VILLA

PARIWISATA —

I Gusti Agung Dini Restiani  
Gede Yoga Mardiana Putra

Bhuana Lestari Villa menawarkan desain akomodasi pariwisata yang mengusung *Net Zero Energy* dengan menjunjung tinggi identitas arsitektur Bali.

Konsep arsitektur Bali diimplementasikan secara vertikal (Tri Angga), zonasi (Tri Mandala), hingga ruang-ruang harmonis yang tercipta dari pemaknaan Tri Hita Karana.







#### BATU ANDESIT

Dalam budaya Hindu Bali, batu andesit diyakini memiliki kekuatan spiritual yang dapat melindungi tempat suci dari pengaruh jahat. Selain itu, batu andesit sangat tahan lama, mudah dibersihkan dan tersedia melimpah di Bali.

#### ATAP SIRAP

Penggunaan atap sirap sebagai bentuk penghormatan terhadap leluhur Bali serta memiliki ketahanan yang tinggi dan sifat isolator yang baik.

#### PAVING BLOCK

Material pekerasan parkir namun tetap ada daya serap air melalui rumput dan tanah di sela-selanya.

#### BATU HIJAU

Memberikan kesan alami dan menyegarkan pada kolam renang, serta dapat membantu menjaga suhu air kolam renang agar tidak mudah panas.

#### KAYU JATI

Memiliki daya tahan yang kuat, keindahan alami yang khas dan pohonnya banyak tumbuh di Bali.

#### KAYU BENGKIRAI DAN BATU SLIT SINGARAJA

Material pintu masuk utama yang mengkombinasikan lokalitas dan modernitas melalui pemakaian material lokal dan bentuk yang simple.

LAPORAN PERANCANGAN  
BHJANA LESTARI VILLA

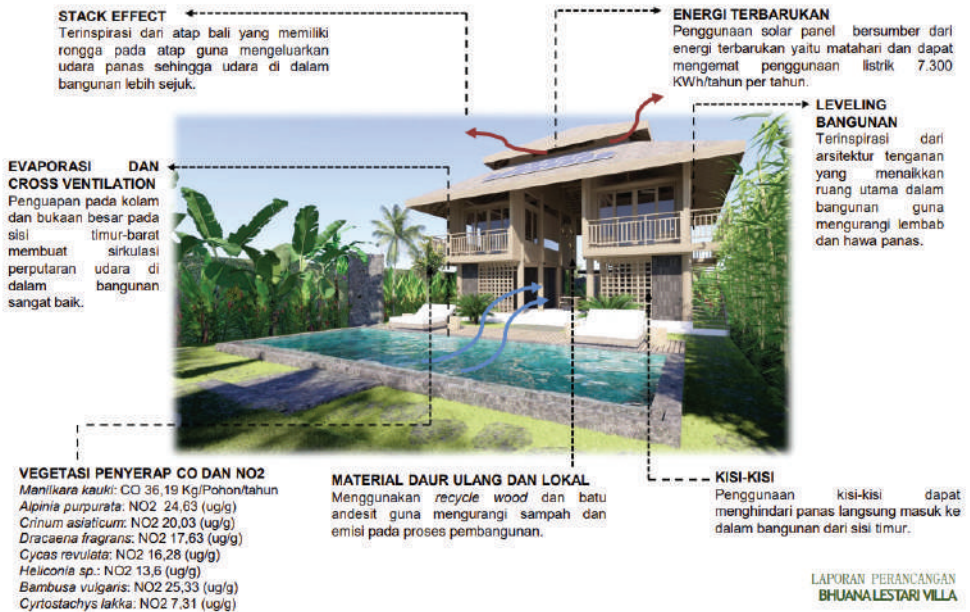




Desain villa modern yang didominasi material kayu ini mengadopsi struktur vernakular rumah panggung nusantara yang berfungsi sebagai *passive cooling* sehingga dapat menciptakan aliran angin di bawah

bangunan serta menambah pencahayaan alami ke dalam bangunan. Selain memakai material bebatuan lokal, bangunan ini juga menggunakan material kayu tersertifikasi *Greenship*.

## STRATEGI NZEB







# KIMALOKA

## THE GLIMPSE OF KAHYANGAN



Berangkat dari keresahan atas pembangunan wisata di Bali yang sering kali eksploitatif terhadap alam dan mengesampingkan peran serta budaya masyarakat lokal, Kimaloka hadir sebagai aksi kecil yang diharapkan dapat menjadi contoh bagi pembangunan pariwisata di masa depan.

Seperti makna dari Kimaloka yakni hunian yang kokoh dan indah; Kimaloka dirancang untuk menciptakan dampak positif bagi lingkungan sekitar, aspek sosial, dan ekonomi lokal.

### SITE PLAN KIMALOKA



Dalam budaya Bali, Asta Kosala Kosali menjadi pedoman teknis dan filosofis dalam pembangunan rumah adat Bali. Secara keseluruhan, Asta Kosala Kosali merupakan konsep arsitektur yang holistik yang mempertimbangkan aspek fisik, spiritual, dan lingkungan. Konsep ini bertujuan untuk menciptakan bangunan yang selaras dengan alam dan memberikan manfaat bagi penggunaannya. Kimaloka mengadaptasi dan

mengambil intisari dari beberapa konsep Asta Kosala Kosali dalam merancang villa ini, baik dalam aspek spasial dan bentuk, baik dalam skala makro maupun mikro. Adapun beberapa konsep yang diadaptasikan dalam desain Kimaloka diantaranya Tri Angga (pada leveling secara vertikal), Tri Mandala (pada penyusunan spasial ruang), serta konsep mikrokosmos dan makrokosmos.



# STRATEGI NZEB

## 1. Menghilangkan batas antara ruang luar dengan ruang dalam

Berupaya membawa kesadaran akan pentingnya ekosistem alam sekitar dengan meminimalisir pembatas bangunan serta memberikan pengalaman autentik yang menyatu dengan alam. Mengajak penghuni villa untuk merenungkan kembali makna alam bagi manusia, dan merasakan keindahan serta kekuatan alam sebagai bagian integral dari kehidupan sehari-hari.



## 2. Menggunakan desain pasif untuk penghawaan dan pencahayaan

Kimaloka menerapkan sistem *adaptive comfort*, yang memungkinkan penghuni menyesuaikan suhu nyaman sesuai kondisi lingkungan sekitar. Adapun teknis yang dilakukan pada desain adalah dengan memaksimalkan bukaan pada bangunan untuk mengurangi penggunaan pencahayaan maupun penghawaan buatan, menggunakan *cross ventilation* dan *shading device* untuk mengontrol cahaya yang masuk ke bangunan.



## 3. Menanam sebanyak mungkin tumbuhan hijau

Penanaman tumbuhan hijau, terutama pohon, memainkan peran penting dalam meningkatkan kualitas udara karena kemampuan mereka untuk menyaring polutan udara secara efektif. Pohon-pohon ini juga berfungsi sebagai peneduh alami bagi bangunan, mengurangi intensitas sinar matahari yang masuk pada siang hari, sehingga menurunkan suhu dalam ruangan dan mengurangi kebutuhan pendinginan buatan. Selain itu, pohon-pohon ini berfungsi sebagai penghalang visual dan audio, menciptakan privasi dan ketenangan bagi para pengunjung.



#### 4. Menerapkan Reuse, Reduce, Recycle, dan lokalitas dalam seluruh aspek

Material daur ulang diprioritaskan untuk mendukung keberlanjutan lingkungan. Botol kaca dijadikan partisi dan jendela, kayu palet digunakan sebagai partisi dan fasad, dan bahan bekas seperti atap, jendela, dan pintu diolah kembali untuk konstruksi. Agregat kasar dan halus dari limbah seperti plastik untuk beton non-struktural digunakan sebagai material konstruksi, sementara pecahan genteng atau batubara digunakan untuk beton struktural, mengurangi limbah dan emisi dari pembangunan. Sampah di villa ini dikumpulkan dan dipilah sesuai kategori. Sampah anorganik yang masih berguna bisa dijual atau dijadikan

bahan kerajinan, sedangkan sampah organik diubah menjadi kompos untuk area taman, memperkaya tanah secara alami. Upaya konservasi energi dilakukan dengan desain pasif yang memaksimalkan sirkulasi udara dan pencahayaan alami. Penggunaan tembok beton dikurangi untuk mengurangi residu dan jejak karbon selama konstruksi. Elemen kayu keruing banyak digunakan karena ketersediaannya di Pulau Bali, mengurangi jejak karbon dari pengiriman material. Selain itu, digunakan karya dekoratif dari seniman lokal sehingga memberikan kontribusi pada ekonomi dan budaya lokal.



#### 5. Menggunakan energi terbarukan untuk menunjang seluruh kebutuhan bangunan

Villa ini akan memenuhi kebutuhan energinya secara mandiri melalui penggunaan panel surya yang dipilih sesuai dengan konteks tapak. Upaya ini tidak hanya bertujuan untuk mengurangi ketergantungan pada energi fosil yang merusak lingkungan, tetapi juga untuk memanfaatkan sumber energi terbarukan yang efektif, efisien, dan mudah diintegrasikan dengan bangunan. Solar panel dengan daya 550 Wp berjumlah 6 unit, yang terdiri dari 4

pcs dengan spesifikasi 48V 200 Ah, inverter 3 Kilowatt, dan Solar Charge Controller dengan daya 90 A, akan menjadi pilar utama dalam menyediakan energi untuk villa ini.

Selain itu, air hujan akan ditampung untuk mengairi taman pada bagian bawah tapak. Sistem ini tidak memerlukan listrik karena area penampungan air berada pada elevasi yang lebih tinggi dan dapat memanfaatkan gravitasi untuk mengalirkannya.

# UMAH POLYCARBONATE

PARIWISATA —

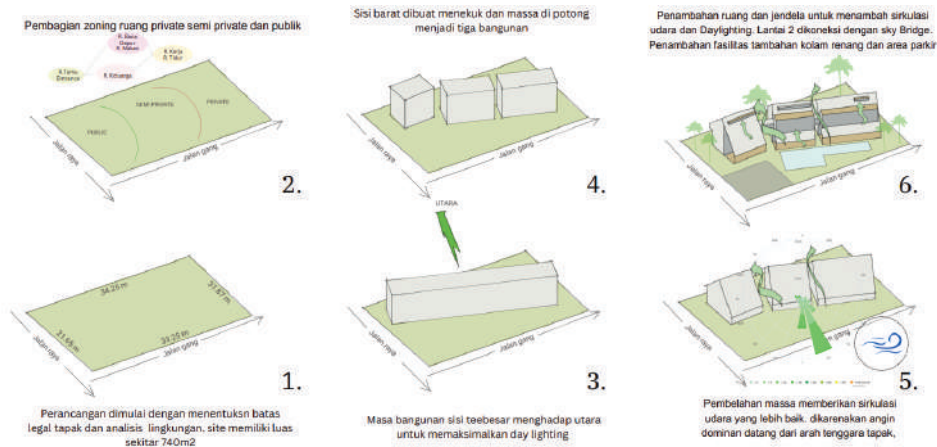
Muhammad Akram Basuki

U mah Polycarbonate menawarkan perpaduan konsep arsitektur budaya lokal dan prioritas pada kenyamanan termal untuk dapat meningkatkan daya tarik pariwisata.

Pariwisata menjadi sektor unggulan dengan income terbesar bagi Bali, tiap tahun turis asing berdatangan untuk menikmati alam dan budaya Bali yang kaya. Demi menjaga kenyamanan pengunjung, diperlukan fasilitas penginapan yang memberikan kenyamanan thermal bagi wisatawan.



# KONSEP MASSA



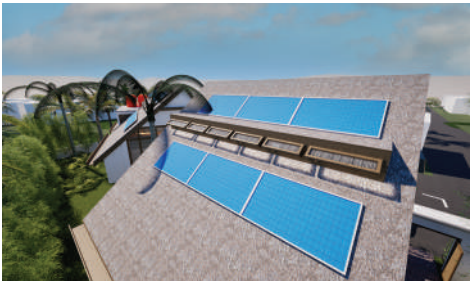
# STRATEGI NZEB

Ada beberapa strategi yang dilakukan untuk mendukung target Bali Net Zero Emission di tahun 2045, diantaranya:



- **Mengurangi Konsumsi Energi dan Air**  
Untuk penghematan energi, maka digunakan *solar panel* dan *rain water collector*. Di timur bangunan terdapat tangki air dengan penyaring alami guna menampung air hujan yang turun sehingga mengurangi beban PDAM bangunan.

- **Adaptasi Cuaca**  
Strategi *passive daylighting* dan sirkulasi udara silang (*cross ventilation*) diterapkan pada desain ini. Untuk meningkatkan kenyamanan ruangan maka bukaan jendela dibuat lebar dan dapat dibuka (bukan jendela mati), menghadap arah angin dari tenggara tapak, material panel menggunakan *polycarbonate* sebagai pengganti kaca - *polycarbonate* terbilang ringan, tahan cuaca, memantulkan UV dan lebih ekonomis dari kaca pada umumnya.



## ■ Recyclable Material

Material arsitektural yang digunakan menggunakan material alami tahan lama dan *recyclable*. *Recyclable* adalah istilah yang digunakan untuk menjelaskan bahan yang dapat diolah ulang dan diproduksi kembali menjadi produk baru

## ■ Tanaman Penyerap CO2

Beberapa tanaman bukan hanya sebagai dekorasi, karena memiliki daya serap CO2 yang tinggi, juga menghasilkan O2 yang cukup banyak.



## Recyclable material

Material arsitektural yang digunakan menggunakan material alami tahan lama dan *recyclable*



Bata merah



SolarLite  
polycarbonate



Atap alang-  
alang



Batu kali



kayu bengkirai



## Tanaman Penyerap CO2

Beberapa tanaman bukan hanya sebagai dekorasi, karena memiliki daya serap CO2 yang tinggi juga menghasilkan O2 banyak

Perkiraan Total Daya Serap  
149,26 kg CO2



Palem raja  
0,39 kg /ph



Paku



Monstera



Lidah buaya  
0,78 kg/ ph



Peace Lily  
15,48 kg/ ph



Bambu air  
0,11 kg /ph



Bambu kuning



Kuping gajah



Palem bambu



Lidah Mertua  
0,87 kg/ ph



Sri rejeki  
0,9 kg/ ph





# VILLA OMAH IJO

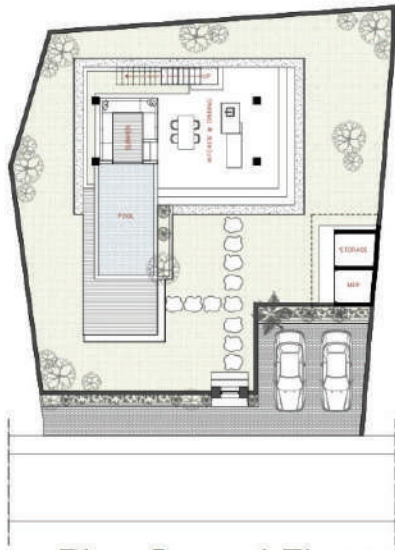
PARIWISATA —

I Wayan Wahyu Sambu Ardika Putra  
Putu Rivaldy Balandika

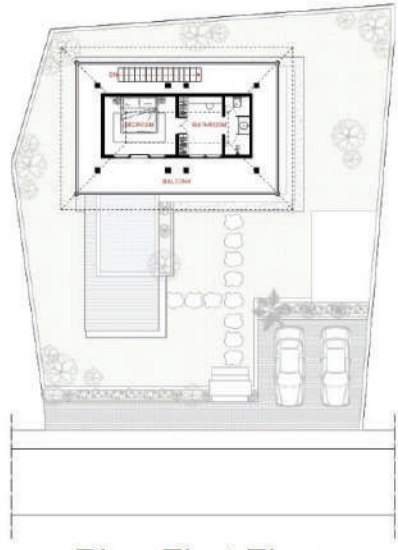
Villa Omah Ijo menjawab tantangan bagaimana sebuah desain akomodasi pariwisata bisa ikut berkontribusi untuk mengatasi pemanasan global

Selain menggunakan konsep arsitektur tradisional Bali seperti Tri Mandala (zoning) dan Tri Angga (vertikal), Omah Ijo juga menggunakan beberapa strategi NZEB mulai dari pemakaian material lokal, *cross ventilation*, pengelolaan sampah, daur ulang limbah, *rain harventing*, dan *solar panel*.





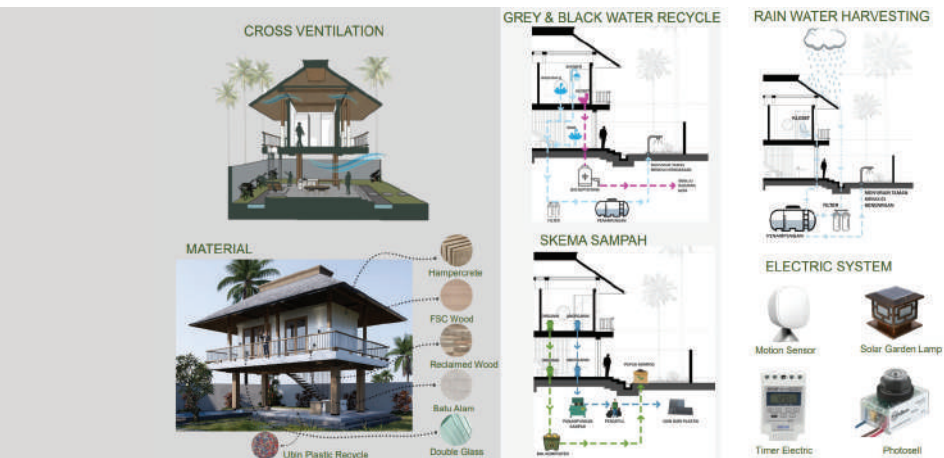
Plan Ground Floor



Plan First Floor

Agar bangunan ini dapat secara maksimal memenuhi *Net Zero Energy Building* maka ada beberapa skema yang direncanakan; yaitu *solar panel* dengan sistem *off grid* agar bangunan bisa menghasilkan listriknya sendiri, *cross ventilation* dengan desain dinding bangunan yang tidak menyatu dengan struktur

atap ala Bale Bali sehingga penghawaan alami dapat masuk dari celah tersebut; *rain water harvesting* yaitu mengkonservasi air hujan agar bisa digunakan kembali, *black and grey water recycle* yaitu pengolahan limbah air kotor dan air bekas agar bisa digunakan kembali.















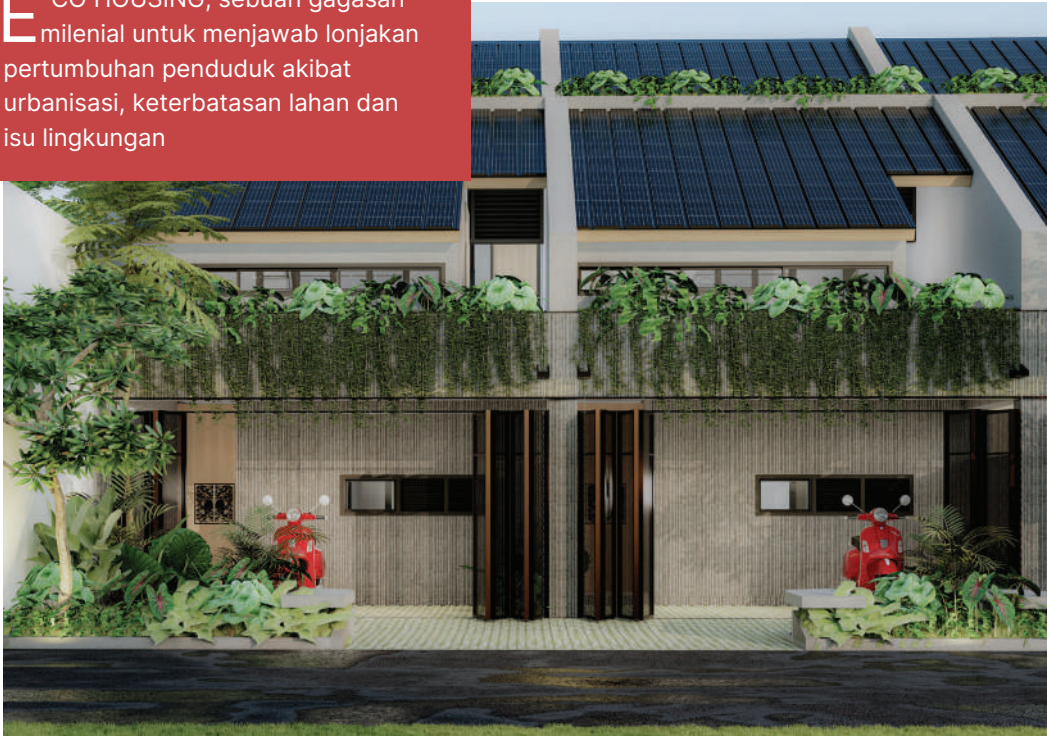
# URBAN HOUSE



# E-CO HOUSING

COME IN – COMMUNITY +  
COLLABORATIVE – CONTINUES

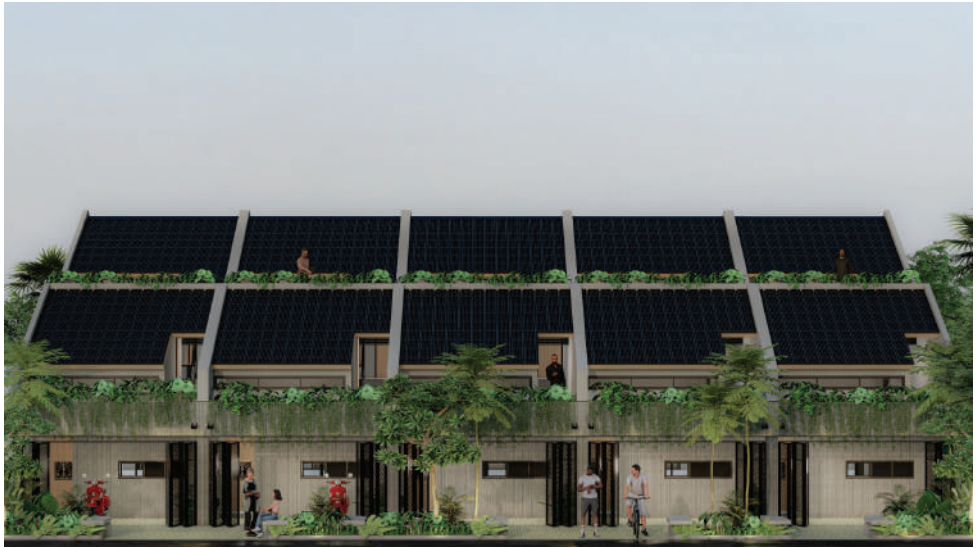
**E**-CO HOUSING, sebuah gagasan milenial untuk menjawab lonjakan pertumbuhan penduduk akibat urbanisasi, keterbatasan lahan dan isu lingkungan



Beranjak dari fenomena generasi milenial yang mulai sulit memiliki hunian sendiri dikarenakan keterbatasan lahan, nilai lahan di perkotaan yang melonjak tinggi, urbanisasi tak terbandung yang memicu timbulnya pemukiman-pemukiman tak beraturan yang berujung pada peningkatan emisi karbon kota dari lonjakan pertumbuhan penduduk. Ide & gagasan ini adalah respon menjawab

permasalahan hunian urban berupa strategi perancangan arsitektur rumah berbasis Net Zero Energy Building; hunian masa depan yang bisa memenuhi kebutuhan energinya sendiri, mereduksi emisi karbon, serta ramah lingkungan di lahan terbatas. Hunian ini seakan membuktikan bahwa sang milenial punya mimpi tak terbatas, meski di tengah keterbatasan.





Ada tiga pilar yang dikonsepsikan pada E-Co Housing yakni keterbukaan (come in) yang diaplikasikan pada bukaan dan open space yang memungkinkan terbentuknya komunitas + kolaborasi (community + collaborative), aksi tersebut diharapkan dapat membentuk gaya hidup lestari dan berkelanjutan (continues).

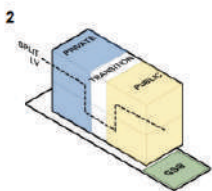


# STRATEGI PENERAPAN NZEB



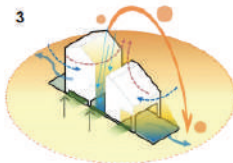
## Starting Quality Micro Space

Sebagai respon terhadap impact penyusutan lahan, site eksisting yang kecil dimanfaatkan secara maksimal dengan mengaplikasikan modul persegi ruang menjadi 5 meter. Ukuran tersebut menjadi acuan dalam merancang ruang-ruang nantinya yang merujuk ke sisi kualitas ruang yang compact



## Mass Form + Zone

Bentuk awal massa ramping memanjang sebagai respon lahan eksisting yang kecil, dengan start pembagian 3 zona, Dapur ditempatkan di depan menjadi ruang penyambung yang didominasi area terbuka, mengadopsi konsep *natah* di Bali yang sekaligus berfungsi sebagai ruang transisi antara zona publik dengan privat

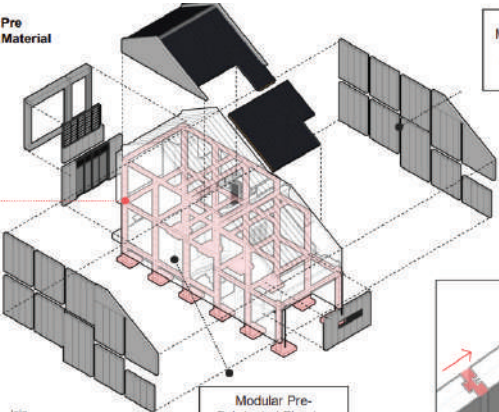


## Climate Respond

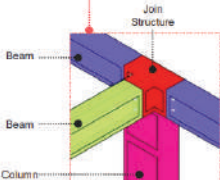
Berdasarkan starting form, kemudian bentukkan massa disubstraksi dengan acuan merespon iklim mikro pada site, sebagai bentuk pengaplikasian elemen-elemen aktif & pasif desain yang merujuk pada goals **Net Zero Energy Building**

## 4 Modular + Pre fabricated Material

Modular Structure based on 5x5 Space Modul

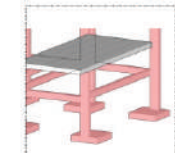


Modular Pre-Fabricated Wall based

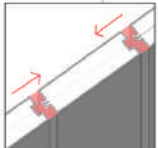


Join struktur modular mengadopsi system Modular pada RUSHA yang kemudian dikembangkan dan disesuaikan dengan konsep rancangan

Modular Pre-Fabricated Flooring



Material lantai menggunakan modul 50cm lebar \* Panjang 5 m mengikuti modul ruang 5x5 m

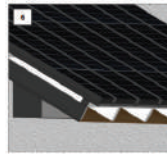


Material dinding menggunakan bahan Sandwich panel dengan ukuran tebal 15cm

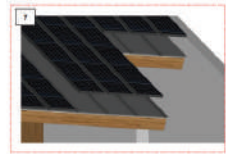


Kaca rakit digunakan sebagai alternatif alat perapung suhu udara

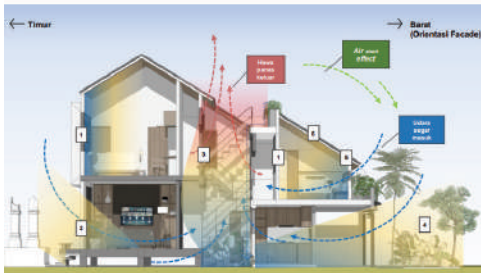
Ekspansi bentuk pengalasan kombinasi kaca rakit dengan jendela lipit yang folding



Insulasi layer atap dengan instalasi benapip untuk menjaga kondisi termal ruangan



Pengaplikasian solar panel jenis Mono crystaline yang dapat dicustom ukurannya menyesuaikan bidang & profil atap



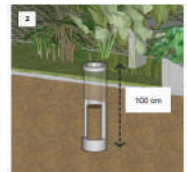
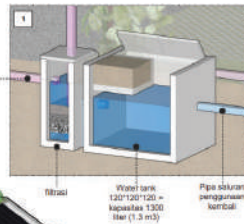
#### Feature Rain Water Harvesting, Biopory, Area Resapan & Waste Managemen t

Pemanfaatan air hujan diarahkan dominan untuk keperluan service  
Yakni untuk menyiram tanaman, mencuci kendaraan flush toilet, mencuci pakaian (opsional)

**20%**  
Untuk menyiram tanaman, mencuci motor

**40%**  
Untuk menyiram tanaman, mencuci motor

Area bawah panggung rumah sebagai fungsi resapan air hujan yang berlebih sehingga meminimalisir genangan



Lubang biopori sebagai korong pendukung pertumbuhan sampah organik langsung di rumah, serta membantu air hujan menembus lapisan tanah (perkolasi)

**40%**  
Untuk menyiram tanaman, mencuci motor



# NATAH

Natah di dalam arsitektur Bali tidak dimaknai hanya sebatas halaman rumah namun mengandung makna keselarasan dan keseimbangan kosmologi yaitu keselarasan antara mikrokosmos dan makrokosmos.



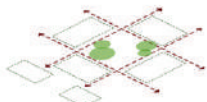
Natah mengadaptasi pola bangunan dan tata letak hunian tradisional Bali untuk menciptakan hunian di lahan terbatas yang fungsional agar terciptanya keselarasan antara pengguna, alam, dan lingkungannya. Bangunan disusun secara vertikal dengan beragam skala ruang

yang dianyam dengan taman di tengah (natah) sebagai penghubung antar massa bangunan, sehingga akan menciptakan hunian yang dapat mengakomodasi pengguna, alam, dan lingkungan berinteraksi secara langsung maupun tidak langsung.

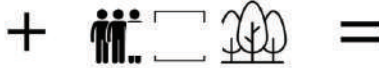


Sebuah hunian berkonsep natah(taman) dimana antar ruang dalam dan ruang luar saling terintegrasi layaknya anyaman yang menciptakan keselarasan hubungan antara alam, manusia dan lingkungannya untuk mencapai NET ZERO ENERGY BUILDING

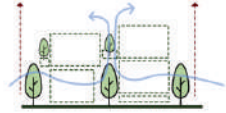
## GAGASAN UTAMA



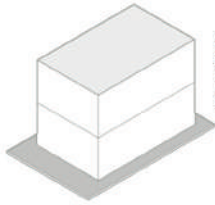
MENGADAPTASI POLA BANGUNAN HUNIAN TRADISIONAL BALI



MEMCIPTAKAN HUNIAN DILAHAN TERBATAS YANG FUNGSIONAL ADAR TCEIPTANYATA KESELARASAN ANTARA PENGGUNA DAN ALAMNYA

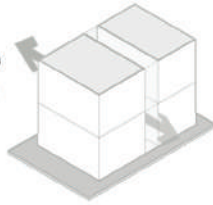


BANGUNAN DI SUSUN SECARA VERTIKAL DENGAN BERAGAM SKALA RUANG YANG DIANYAM DENGAN TAMAN DI TENGAH (NATAH) SEBAGAI PENGHUBUNG ANTAR MASSA BANGUNAN



### 1. KDB & RTH

SITE MENULUNG LUASAN 100 m<sup>2</sup> DENGAN LEMPERAN SAMPING DAN BELAKANG 1 METER DAN SEPAPAN DEPAN 2 M DENGAN JUMLAH LANTAI BANGUNAN YAITU 2 LANTAI LUAS BANGUNAN 84 M<sup>2</sup>



### 2. PEMBAGIAN MASA

MASA DIBAGI MENJADI 2 DENGAN MEMBERI JARAK ANTAR MASA YANG AKAN DIFUNGSIKAN SEBAGAI COURTYARD. ADANYA AREA COURTYARD JUGA MEMBANTU SIKLUS UDARA PADA BANGUNAN MENJADI LEBIH BAIK.



### 3. AREA HUJAU

MASA BANGUNAN BAGIAN DEPAN DIBUAT TIDAK MASIF, SERTA MASA BANGUNAN BAGIAN BELAKANG DIBUAT LEBIH TINGGI BERGADAR. KAN FUNGSI BAGIAN BELAKANG YANG MERUPAKAN KAMAR TIDUR

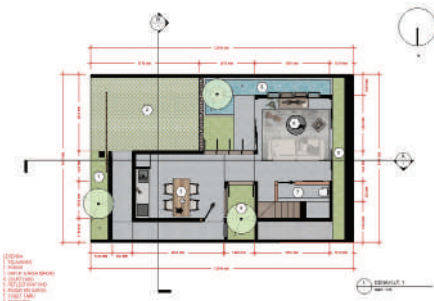


### 3. FASAD BANGUNAN

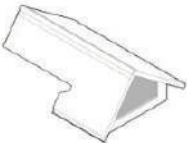
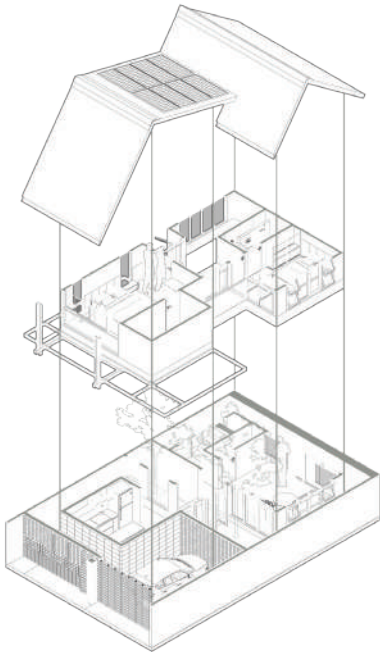
BANGUNAN MENGGUNAKAN ATAP PELANA YANG TINGGI GUNA MENGOBATI SIKLUS UDARA YANG BAIK SERTA MEMILAI ISIR TANCARAN SUDAN MATIHARI. MATERIAL YANG DIGUNAKAN PADA FASAD MENGGUNAKAN MATERIAL LOKAL

Hunian dua lantai ini memiliki luasan 100 m<sup>2</sup> dengan luas bangunan 84 m<sup>2</sup>. Massa bangunan dibagi menjadi dua dengan memberi jarak antar massa yang akan difungsikan sebagai *courtyard*. Massa bangunan bagian depan dibuat tidak masif, sedangkan massa bangunan bagian belakang dibuat lebih tinggi sebagai *cross ventilation*. Fasad bangunan menggunakan atap pelana guna menyesuaikan

dengan iklim tropis, dan dibuat lebih atraktif dengan perbedaan ketinggian. Pada bagian *finishing* menggunakan *tone* warna kontras antara lantai 1 dan lantai 2 dengan kombinasi material batu alam dan cat tekstur. Hunian juga dianyam dengan vegetasi disetiap celah bangunan yang membuat tampilan hunian ini menjadi lebih asri.



# KONSEP NET ZERO ENERGI BUILDING



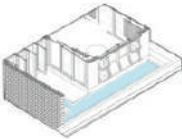
## NAUNGAN

ATAP PELANA SEBAGAI NAUNGAN YANG SESUAI DENGAN IKLIM TROPIS



## BREATHABLE WALL

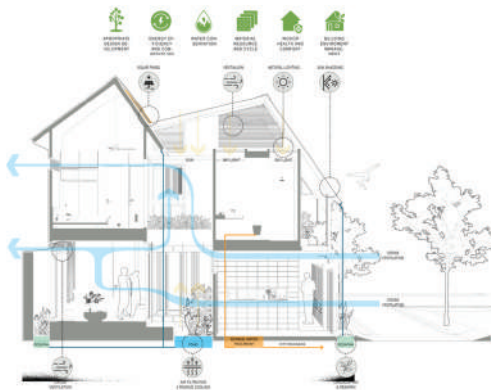
ADANYA BUKAN PADA DINDING DALAM BENTUK JENDELA NAKO YANG DAPAT DISESUAIKAN INTENSITAS UDARA MASUK KEDALAM RUANGAN



## NATAH

NATAH SEBAGAI AREA VEGETASI. KONSERVASI AIR DENGAN MEMANFAATKAN KEMBALI AIR HUJAN DAN TEMPAT SUPPLY O<sub>2</sub>





Untuk mencapai NET ZERO ENERGI BUILDING, hunian ini didesain dengan pendekatan *passive building*. Belajar dari prinsip-prinsip arsitektur tradisional Bali, yang mana menggunakan energi yang paling minimal melalui pemahaman terhadap kondisi iklim dan lingkungan sekitar. Hunian ini didesain seakan dapat bernapas melalui bukaan jendela dan kisi-kisi di dalamnya. Beragam ukuran jendela dan *skylight* pada setiap sisi bangunan didesain agar cahaya matahari dapat masuk dengan baik ke dalam bangunan sehingga dapat menghemat energi pada siang hari. Pada bagian timur dan barat dibuatkan atap pelana dan vegetasi pada bagian depan untuk mereduksi cahaya matahari berlebih pada siang hari. Adanya *reflection pond* dan



# BALE GESING

**B**ale Gesing merupakan model hunian *cluster* (terdapat *green barrier* untuk menjaga privasi dan keasrian taman bagian dalam) dilengkapi dengan fasilitas playground dan bale bengong atau gazebo yang dapat dimanfaatkan para penghuni di dalamnya.

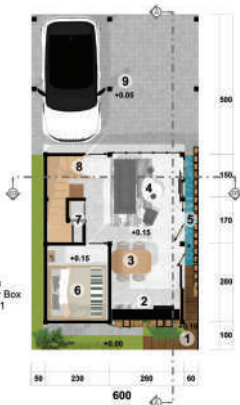
Fasilitas tersebut disediakan sebagai manifestasi konsep pawongan, memberikan ruang agar masyarakat urban bisa tetap saling bertegur sapa dan bersosialisasi. *Shared backyard* manifestasi dari palemahan berupa taman komunal untuk menciptakan suasana yang menyegarkan, *urban farming*, serta *green barrier* sebagai pelindung privasi dan *pollution barrier*; parhyangan dengan orientasi balkon hunian menghadap arah Gunung Agung.





Denah Lt. 1

1. Entrance
2. Dapur
3. Area Makan
4. Ruang Keluarga
5. Kolam & Planter Box
6. Kamar Tidur Lt. 1
7. Toilet
8. Tangga
9. Carport



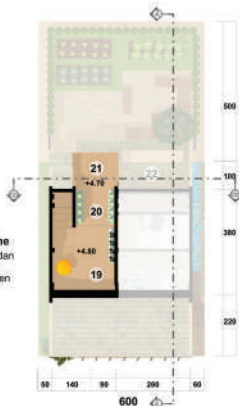
Denah Lt. 2

10. Ruang Kerja
11. Kamar Tidur Lt. 2
12. Kamar Mandi
13. Void dan Area Santai
14. Area Cuci
15. Kamar Tidur Anak Lt. 2
16. Tangga
17. Barbeque dan Area Santai Rooftop
18. Elevated Garden



Denah Mezzanine

19. Area Gudang dan Panel
20. Bioponik Garden
21. Balkon
23. Atap



Konsep hunian hijau diawali dengan pemilihan material CLB (Cross Laminated Bamboo) yang memiliki low embodied carbon sebanyak 78,7%. Pengolahan *grey water* dengan sistem *constructed wetland* membuat air dapat *direcycle* untuk mendukung kegiatan non-konsumsi. Desain pasif bangunan dengan optimalisasi bukaan untuk penghawaan alami mampu mereduksi beban pendinginan untuk mencapai kenyamanan termal.

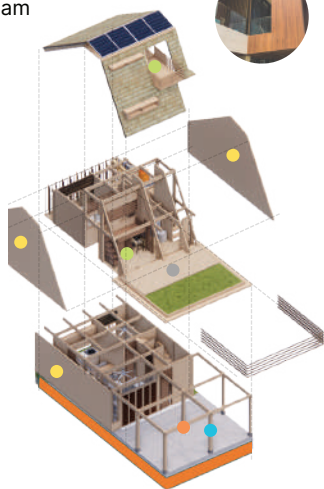
Selain itu, hadirnya bukaan juga mendukung tingkat ketercapaian pencahayaan alami dalam ruang. Desain pasif yang mampu meminimalisir konsumsi energi didukung pula dengan pemasangan panel surya pada bagian atap (dengan tingkat radiasi matahari tertinggi) dan berorientasi ke arah utara sehingga energi alternatif yang dihasilkan mampu mendukung 100% konsumsi energi listrik hunian atau mencapai predikat *net zero energy*.





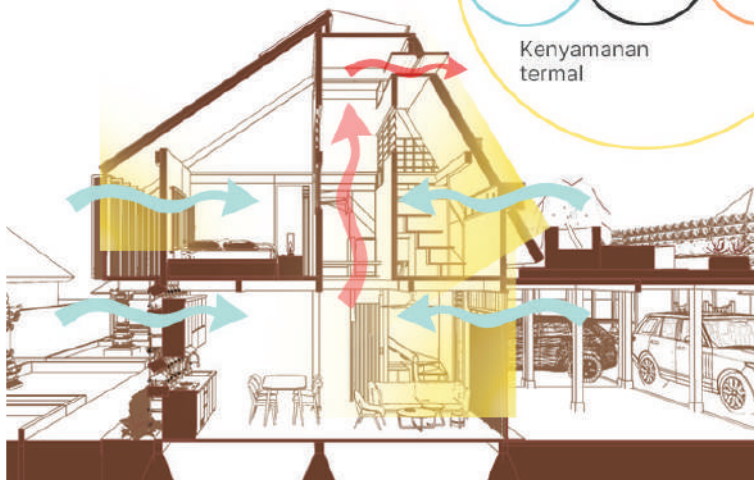
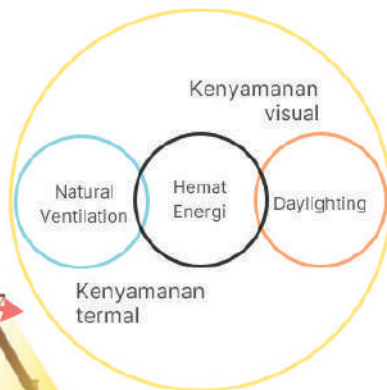


- CLB Wall panel
- CLB Slab
- CLB
- Slab+sement screeding
- CLB column
- CLB beam



22%

Ratio luas  
bukaan dan luas  
lantai >20%



# ANANTARA CASA

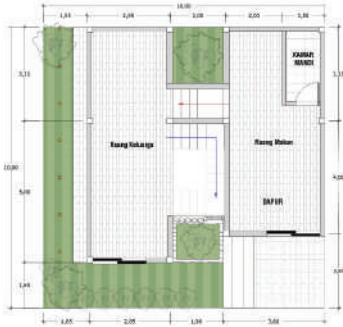
**A**nantara Casa berasal dari Bahasa sansekerta yang berarti kehangatan tanpa jarak. Kehangatan tanpa jarak ini memiliki arti untuk menyatukan tiga aspek yakni, Tuhan, manusia dan alam tanpa adanya jarak sedikitpun.



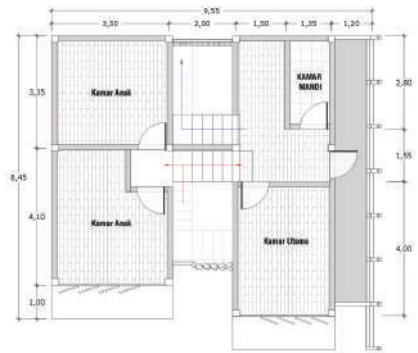
Untuk mendukung tiga aspek tersebut rumah ini menggunakan bahan yang ramah lingkungan serta nyaman untuk digunakan di iklim tropis khususnya daerah Bali. Fokus utama desain rumah ini ialah penggunaan material yang dapat digunakan kembali dan tidak merusak alam. Guna menghemat sumber daya listrik, tiap rumah menggunakan panel surya yang dikombinasikan dengan baterai. Penggunaan metode *rain harvesting* juga berfungsi untuk

menghemat penggunaan air yang dapat digunakan untuk menyiram tanaman, mencuci mobil, untuk kolam, dan untuk menyiram *closet*. Pada bangunan ini terdapat kolam di setiap sisi rumah yang bertujuan untuk mendinginkan area di sekitar rumah. Rumah-rumah tidak menggunakan pendingin udara buatan /AC karena dilengkapi dengan bukaan yang sangat baik yang membuat udara dapat berputar secara bebas.





Denah Lt.1

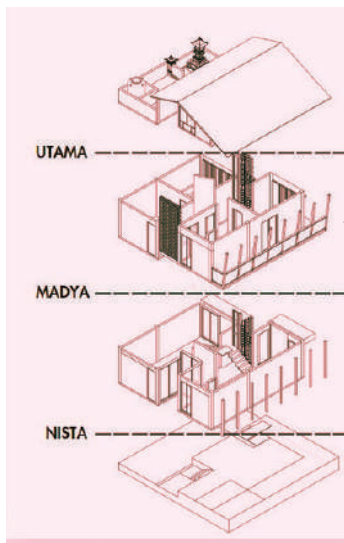


Denah Lt.2

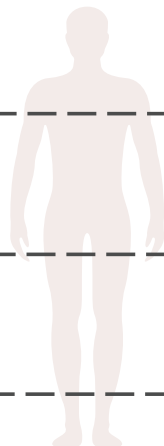
Anantara Casa merupakan sebuah kompleks perumahan keluarga yang memiliki tiga bagian rumah di dalamnya. Perumahan ini menerapkan konsep Tri Hita Karana, Tri Angga dan Dewata Nawasanga dalam Asta Kosala Kosali

baik secara mikro maupun makro. Asta kosala kosali adalah sebuah pedoman bagi masyarakat Hindu Bali yang berisikan mengenai tata cara penataan lahan untuk tempat tinggal serta bangunan suci.

### Konsep Tri Hita Karana



### Konsep Tri Angga



Hubungan dengan Tuhan



Hubungan dengan sesama Keluarga



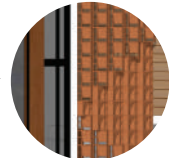
Hubungan dengan alam

# IMPLEMENTASI KONSEP RAMAH LINGKUNGAN

**A** Bahan atap menggunakan genteng terakota yang memiliki daya redam panas yang baik dan juga mudah untuk ditemukan di area pembuatan rumah.



**B** Roster berfungsi untuk memaksimalkan udara yang masuk dari bagian depan rumah dan mengeluarkan hawa panas dari dalam bangunan.



**C** *Double skin* pada bukaan lantai 2 ditujukan untuk mereduksi panas matahari yg masuk tanpa mengurangi cahaya dari sinar matahari



**D** Dinding menggunakan *conwood* di bagian luar dan grc di bagian dalam. Tujuannya untuk meminimalisir beban struktur pada kolom dan balok serta menghalau panas dari luar agar tidak masuk ke dalam.



**E** Dinding menggunakan acian tanpa di finishing untuk mendukung konsep industrial. Efek dari dinding plesteran ini memberikan efek dingin pada lantai. Bukaan jendela menggunakan *insulated glass* yang dapat meminimalisir panas dari matahari







# BALE INTAR

(KETIKA TRADISI BERTEMU TEKNOLOGI)

Bale Intar adalah rumah pintar yang merespon budaya lokal dan memanfaatkan energi keterbaruan dengan efisiensi material, ruang, waktu, dan fitur didalamnya.

Rumah masa depan yang merepresentasikan bentuk gunung dan siluet pura yang melambangkan kesakralan - terus berkembang dan berinovasi bersama teknologi untuk berusaha menjadi solusi hunian pintar masa depan yang kaya makna filosofis.



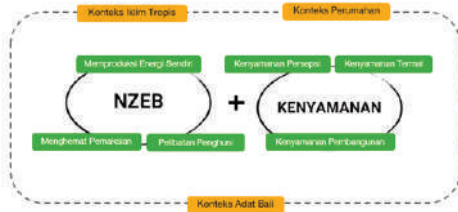




Denah Lt. 1



Denah Lt. 2



# NZEB STRATEGY

## KONTEKS IKLIM TROPIS

Untuk menjawab isu NZEB, hunian ini berupaya untuk memaksimalkan potensi tersebut dengan konsep 3M NZEB (Memproduksi energi sendiri, Menghemat pemakaian, dan Melibatkan penghuni).

Upaya mencapai net zero energi building dari Bale Intar ini diterapkan dengan :

1. Mengurangi penggunaan energi lewat *passive and active design*,
2. Memanen energi di sekitar dengan panel surya dan biogas, serta
3. Melibatkan penghuni untuk mencapai habit penghematan energi.

Dalam kaitannya tentang penghematan energi lewat pendekatan desain aktif dan desain pasif, menurut Sankey dapat menghemat energi sebesar 52%. Strategi desain pasif menggunakan sumber energi sekitar, bukan energi yang dibeli seperti listrik atau gas alam. Strategi ini mencakup penggunaan jendela *emisivity* rendah,

Bale Intar sebagai model hunian pintar, memaknai hunian sebagai warisan budaya, berupaya untuk memenuhi 3 konteks yang menjadi landasan utama perancangan yaitu konteks iklim tropis, konteks perumahan, dan konteks adat Bali.

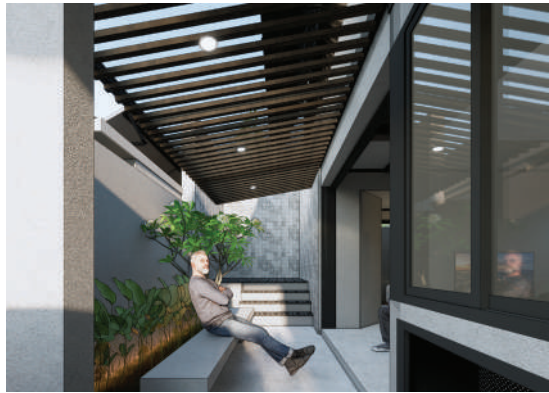
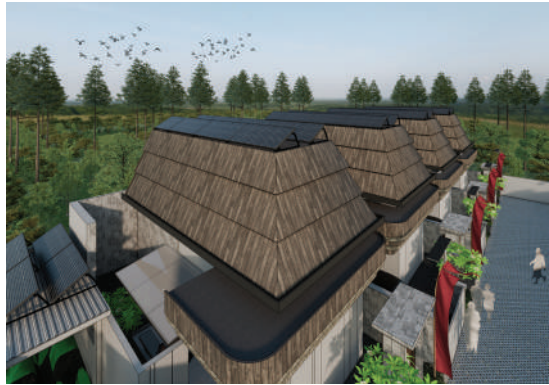


ruang atap untuk reduksi panas, tanaman peneduh, pencahayaan dan penghawaan alami, *secondary skin*, orientasi, dan ventilasi silang. Sedangkan desain aktif yang diterapkan adalah penggunaan: sistem pencahayaan dengan lampu hemat energi dan sensor waktu, sistem pendingin hemat energi hanya di satu kamar, kipas angin, dan *humidifier*. Termasuk dalam desain aktif adalah pemanenan energi terbarukan yang terdapat di site lewat energi matahari dan limbah aktivitas pengguna. Dua hal ini dapat memproduksi energi sendiri lewat solar panel dengan sistem *stand alone* serta memproduksi bio gas dengan pemanfaatan limbah dapur yang terkonsentrasi di satu titik.

## KONTEKS PERUMAHAN

Sebagai hunian pintar masa depan, Bale Intar tetap berupaya menghadirkan kenyamanan bagi sang Penghuni. Terdapat tiga aspek utama yang diimplementasikan, yaitu kenyamanan termal, kenyamanan persepsi, dan kenyamanan saat pembangunan. Berdasar pada konteks iklim Tropis, Bale Intar melakukan beberapa pendekatan untuk mencapai kenyamanan termal dengan,

1. *Cross ventilation* untuk memaksimalkan gerakan udara
2. Menghalau panas matahari langsung dengan orientasi, *secondary skin*, peneduh pohon, dan ruang atap yang besar
3. Menjaga kelembaban ideal dengan menggerakkan udara dan pemasangan *dehumidifier*



## ■ KONTEKS ADAT BALI

Denah Bangunan yang digunakan mengacu pada landasan filosofis Rumah Adat Bali dengan zonasi sakral-profan dan sirkulasinya. Zonasi yang digunakan dalam Bale Intar mengimplementasikan konsep Tri Mandala yang diadaptasikan menjadi Nista Mandala (jaba sisi), yaitu area terluar yang berarti area paling kurang sakral disini diimplementasikannya sebagai area dapur/service. Madya Mandala (jaba tengah), yaitu area peralihan atau area tengah yang memiliki tingkat kesakralan menengah. Utama Mandala (jeroan), yaitu area terakhir atau terdalam yang berarti area paling disakralkan (area ibadah).

Upaya - upaya pemenuhan unsur NZEB dalam hunian pintar ini diterapkan secara efektif, padat, sistematis, dan *less maintenance*. Sebagai upaya membiasakan pengguna dan meningkatkan kesadaran atas pentingnya NZEB bagi keberlanjutan masa depan, dilakukan pendaur ulangan sampah organik dari sisa makanan menjadi energi terbarukan dan pupuk cair dengan pusat pengolahan limbah dapur menjadi biogas diletakkan di bagian depan perumahan dan didistribusikan kepada tiap rumahnya. *Solar Panel* diimplementasikan sebagai Panel Atap yang Mengadaptasi bentuk gunung dan siluet pura yang melambangkan kesakralan.



Warisan Budaya Arsitektur Nusantara tak terkecuali Arsitektur Bali telah melewati serangkaian perkembangan yang terjadi dalam lintas generasi. Masifnya perkembangan teknologi dan inovasi mampu meruntuhkan dan menggerus Arsitektur Nusantara yang sebenarnya harus dilindungi. Bale Intar berupaya tidak hanya membuka pandangan

bahwa Arsitektur Nusantara khususnya Arsitektur Bali bukanlah arsitektur yang kuno, namun justru mengembangkan potensi Arsitektur Bali sendiri dengan mengkolaborasikan inovasi teknologi terbarukan hingga mencapai *Net Zero Energy Building* bahkan *Surplus Energy*.





—  
**IMAJINATIF**

# EKOWISATA SUBAK SEMBUNG

IMAJINATIF —

I Wayan Eka Swartama

Zen Zero Zona

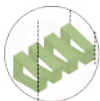
Renaldy Nataniel Mantiri

**E**kowisata Subak Sembung  
mengangkat eksotisme sistem  
irigasi sawah di Bali yang terintegrasi  
dengan fasilitas wisata.

Konsep bangunan Jineng atau Lumbung diadopsi sebagai vista utama ketika memasuki areak Subak Sembung yang berlokasi di daerah Peguyangan ini. Tidak hanya sebagai upaya melestarikan kearifan lokal yang kaya, bangunan Jineng ini memperkuat eksistensi arsitektur tradisional di tengah gempuran modernisasi Bali.



PENGALAMAN  
WISATA



STUKTUR HYBRID  
MODULAR



NET ZERO  
ENERGY BUILDING



TIPOLOGI  
KLUSTER



ARSITEKTUR  
BALI



INOVASI



## DIAGRAM RUANG



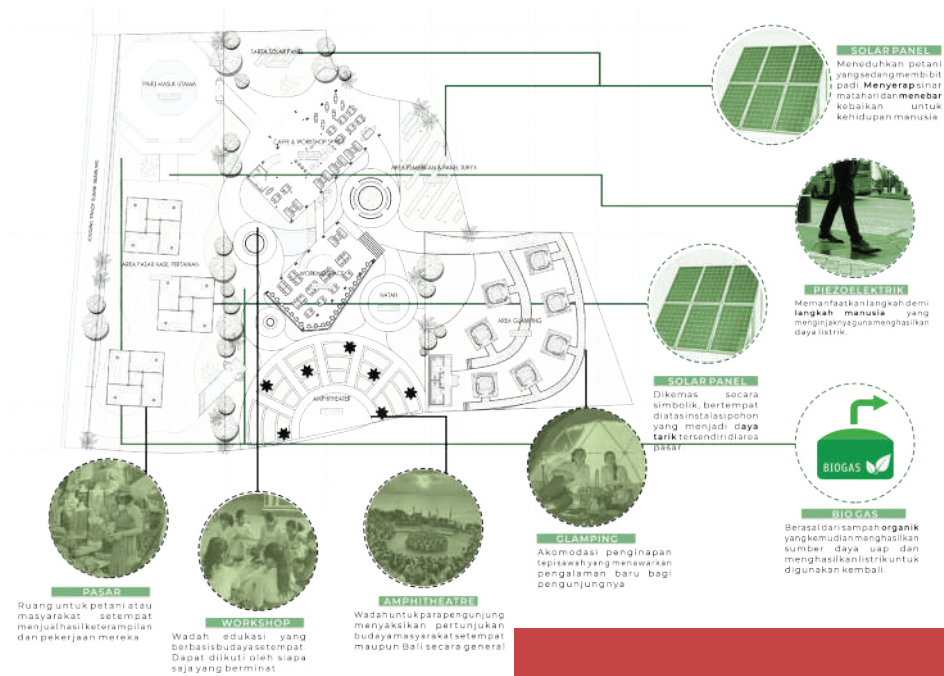


Subak Sembung didesain dengan beberapa fasilitas yakni area pasar sebagai ruang interaksi antara petani ataupun masyarakat setempat menjual hasil pertanian dan kerajinan mereka, area workshop sebagai wadah edukasi, *amphitheater* untuk pertunjukan budaya, serta *glamping* sebagai fasilitas akomodasi wisata. Untuk bisa beradaptasi dengan perkembangan zaman dan kerentanan akan isu lingkungan; Ekowisata Subak Sembung ini menggunakan pendekatan desain menuju Net Zero Energy Building (NZEB), diantaranya:

- Solar Panel, tersedianya area panen sinar matahari (Harvest Area) di Ekowisata Subak Sembung dimaksudkan sebagai upaya menghasilkan energi listrik yang efisien dan ramah lingkungan, selain itu menjadi experience yang menarik bagi wisatawan yang berkunjung.
- *Piezoelektrik*, pemanfaatan tekanan pada langkah manusia untuk menghasilkan daya listrik.
- *Biogas*, menghasilkan energi alternatif dari dekomposisi sampah organik yang kemudian menghasilkan sumber daya uap dan menghasilkan listrik untuk digunakan kembali.







Berpijak pada Tri Hita Karana, Subak Sembung memberikan pengalaman memaknai harmonisasi hubungan manusia dengan Tuhan, manusia dengan manusia, dan manusia dengan lingkungan secara lebih riil.



# /JINENG

## BIJAK MENYAMPAH DI TEGALLALANG

Jineng menawarkan blueprint arsitektur regeneratif pada ekowisata pengelolaan limbah pertanian di Tegallalang Bali.

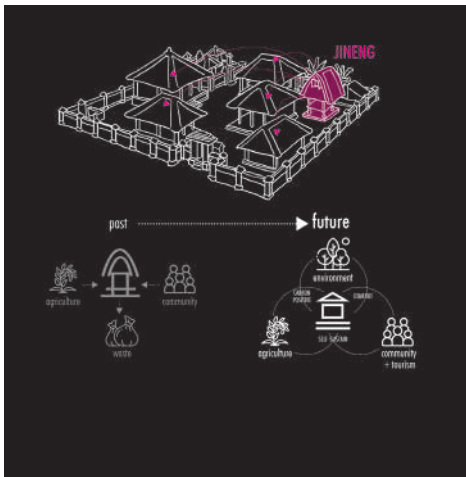
Fasilitas rekreasi publik ini tidak semata menyediakan ruang komersil pariwisata, tapi juga mengelola limbah gabah dan sekam padi dari hasil pertanian areal persawahan Tegallalang serta limbah-limbah lainnya yang terutama berasal dari sektor pariwisata seperti plastik. Menggunakan prinsip arsitektur regeneratif yang mandiri secara sumber daya energi, air, dan material, emisi karbon yang rendah, serta mendukung kenyamanan civitas di ruang dalam.



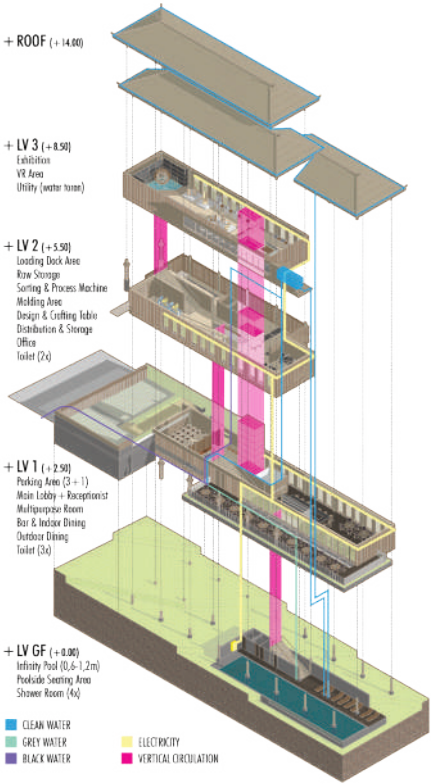
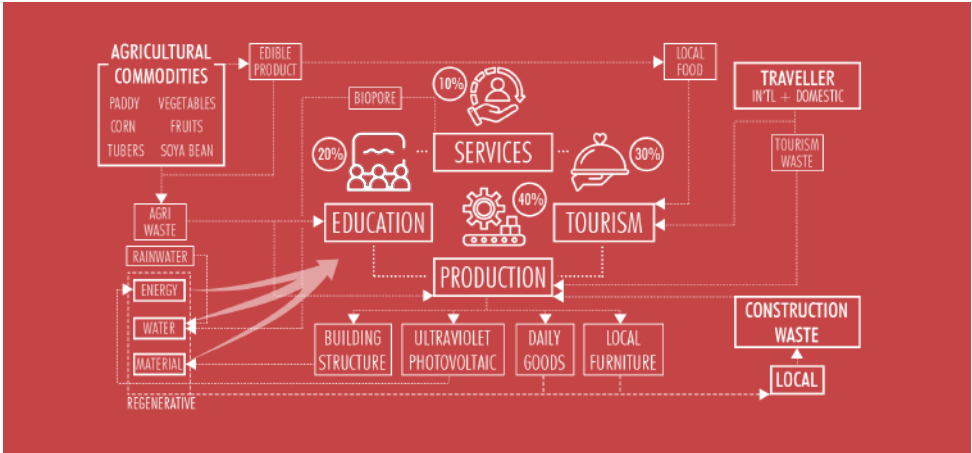
100%

sekam padi di setiap musim panen, pun kendati dengan pariwisata yang memproduksi limbah domestik setiap harinya. Bak bom waktu, kehadiran limbah ini mencemari lingkungan dan merusak keseimbangan alam. Lalu bagaimana arsitektur dapat hadir sebagai solusi untuk mengembalikan keseimbangan alam akibat dari pengelolaan limbah yang tidak bijak dan terkesan senyap? /Jineng menjadi salah satu opsi solusi.

100%

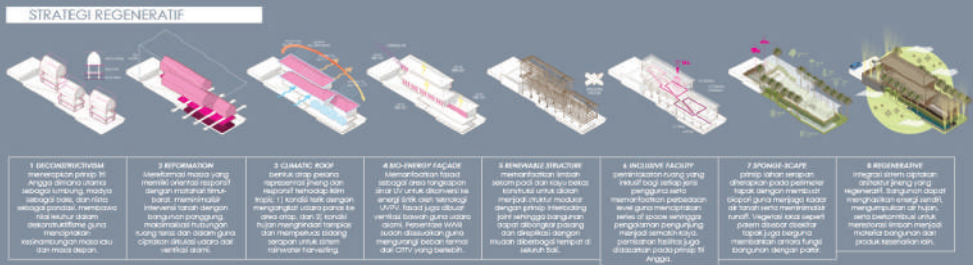






Aksonometri





## 1 DECONSTRUCTIVISM

Menerapkan prinsip Tri Angga dimana utama sebagai lumbung, madya sebagai bale, dan nista sebagai pondasi - membawa nilai leluhur dalam dekonstruktifisme guna menciptakan kesinambungan masa lalu dan masa depan.

## 3 CLIMATIC ROOF

Bentuk atap pelana representasi jineng dan responsif terhadap iklim tropis; 1) kondisi terik dengan mengangkat udara panas ke area atap, dan 2) kondisi hujan menghindari tampias dan memperluas bidang serapan untuk sistem *rainwater harvesting*.

## 5 RENEWABLE STRUCTURE

Memanfaatkan limbah sekam padi dan kayu bekas konstruksi untuk diolah menjadi struktur modular dengan prinsip *interlocking joint* sehingga bangunan dapat dibongkar pasang dan direplikasi dengan mudah diberbagai tempat di seluruh Bali.

## 7 SPONGE-SCAPE

Prinsip lahan serapan diterapkan pada perimeter tapak dengan membuat biopori guna menjaga kadar air tanah serta meminimalisir *runoff*. Vegetasi lokal seperti palem disebarkan disekitar tapak juga berguna memisahkan antara fungsi bangunan dengan parkir.

## 2 REFORMATION

Selain mereformasi massa yang memiliki orientasi responsif dengan matahari timur-barat, penggunaan bangunan panggung juga sebagai upaya *passive cooling* untuk mendukung kenyamanan thermal civitas.

## 4 BIO-ENERGY FACADE

Memanfaatkan fasad sebagai area tangkapan sinar UV untuk dikonversi ke energi listrik oleh teknologi UVPV. Fasad juga dibuat memiliki banyak ventilasi untuk memaksimalkan sirkulasi udara.

## 6 INCLUSIVE FACILITY

Zoning ruang yang inklusif bagi setiap jenis pengguna serta memanfaatkan perbedaan level guna menciptakan *series of space* sehingga pengalaman pengunjung menjadi semakin kaya. Zoning juga didasarkan pada prinsip Tri Angga.

## 8 REGENERATIVE

Integrasi sistem ciptakan arsitektur jineng yang regeneratif. Bangunan dapat menghasilkan energi sendiri, mengumpulkan air hujan, serta berkontribusi untuk merestorasi limbah menjadi material bangunan dan produk keseharian lain.

# NZE

IMAJINATIF

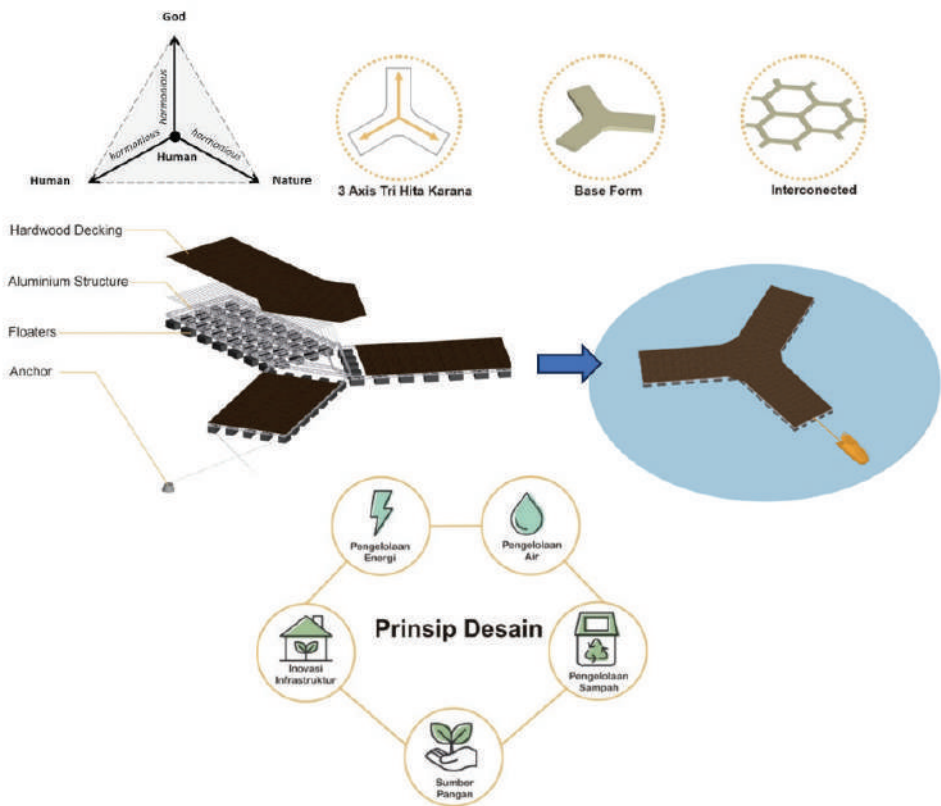
Yoga Adi Prastowo

# ARCHIPELAGO

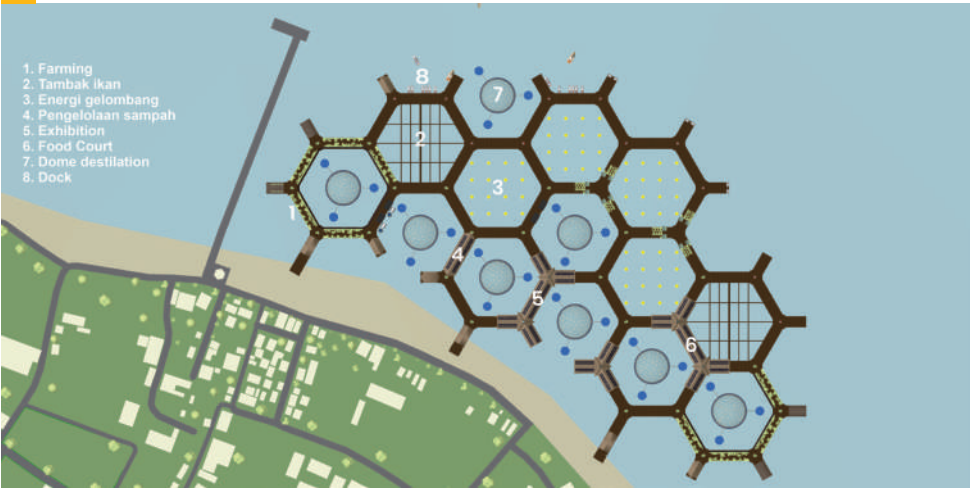
NZE Archipelago merupakan atraksi wisata edukasi dengan bentuk kepulauan buatan yang terdiri dari sejumlah *dome platform* yang terhubung satu sama lain. *Dome platform* dibuat dengan *Y shaped* yang mengadopsi konsep Tri Hita Karana.

Selain memberikan edukasi mengenai Net Zero Energy, NZE Archipelago berusaha untuk mengintegrasikan sejumlah prinsip desain berkelanjutan dalam beberapa fasilitas diantaranya inovasi infrastruktur berupa penciptaan ruang publik edukatif dengan memanfaatkan area pesisir yang panas dan berlimpah sinar matahari, pengelolaan energi berupa fasilitas *solar panel harvesting*, pengelolaan air melalui fasilitas destilasi (penyulingan air laut menjadi air tawar), fasilitas pengelolaan sampah, serta sumber pangan berupa *farming* dan penyediaan *food court*.





# SITE PLAN NZE ARCHIPELAGO

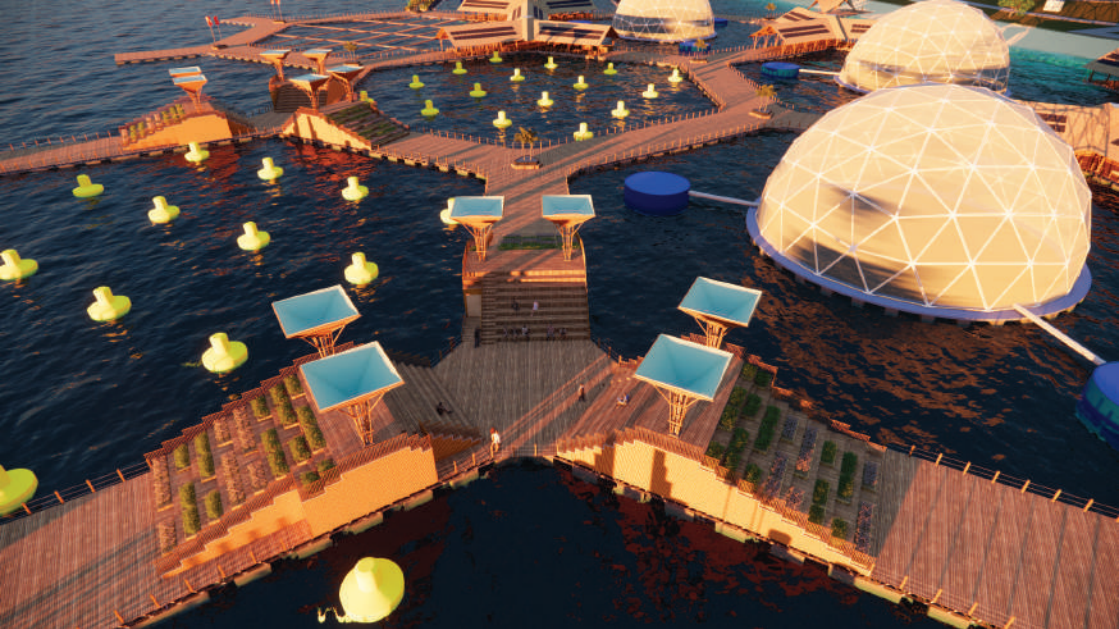




Ide fasilitas ini tercetus dari permasalahan yang dihadapi pulau Nusa Penida dengan minimnya akses air bersih serta potensi cahaya matahari berlimpah di lautan Nusa Penida, sehingga NZE Archipelago diharapkan bisa menjadi salah satu solusi dari masalah tersebut melalui penyediaan fasilitas destilasi dan *solar panel farming*.







# MAGAGAPAN

**M**egagapan dalam Bahasa Bali berarti membawa oleh-oleh. Pemilihan nama ini tentunya tidak terlepas dari fungsi dari fasilitas ini yakni pusat cinderamata di wisata air terjun Kanto Lampo.



Desain pusat cinderamata ini mengkolaborasikan konsep arsitektur Bali dengan aspek sustainable design yang adaptif untuk mencapai *Net Zero Energy Building*. Desain adaptif dimaksudkan untuk dapat menyesuaikan dengan perubahan kondisi lingkungan serta perubahan kebutuhan sesuai zaman. Strategi *net zero energy building* diterapkan mulai dari proses konstruksi hingga operasional bangunan. Untuk mencapai hal

tersebut, bangunan akan menggunakan sistem *off-grid* yang memiliki pembangkit energi sendiri dengan pemanfaatan aliran sungai sebagai sumber dayanya. Penggunaan material rendah emisi terutama material lokal yang dapat diperbarui, serta desain pasif dengan memanfaatkan pencahayaan dan penghawaan alami secara maksimal.

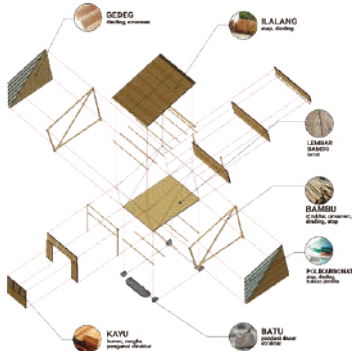


# SITE PLAN MAGAGAPAN



Konsep arsitektur Bali yang diterapkan ialah asta kosala kosali. Konsep ini dikenal dengan menggunakan anatomi tubuh manusia sebagai unit pengukuran yang diterapkan dalam bangunannya. Dalam penerapannya, desain ini akan menggunakan komponen modular serta peletakkannya yang mengacu pada sistem pengukuran tersebut. Selain itu, desain juga

menerapkan konsep kosmologis Tri Angga. Konsep ini membagi bangunan kedalam tiga zona vertikal. Pada desain ini penerapannya di area bawah (Angga Nista) seperti pondasi dan tiang penyangga, area tengah (Angga Madya) pada pintu, dinding, dan jendela, serta area atas (Angga Utama) pada atap.

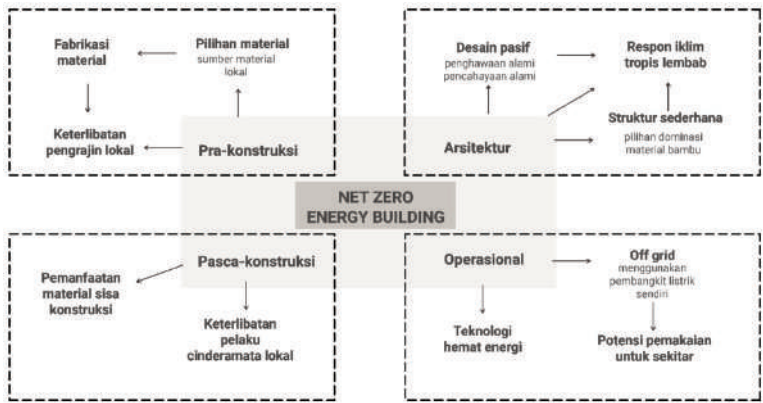


Konsep rendah emisi diterapkan dalam format desain struktur yang sederhana. Bentuk yang sederhana dapat mengurangi energi yang dibutuhkan selama konstruksinya. Penggunaan material lokal menjadi prioritas untuk menekan carbon footprint. Sistem modular digunakan untuk dapat mengurangi dampak emisi secara signifikan karena dapat diproduksi secara massal, meminimalisir buangan sisa material, dan di sisi lain sekaligus meningkatkan ekonomi masyarakat pengrajin.

## SISTEM MODULAR DENGAN ASTA KOSAL KOSALI



## STRATEGI NZEB



Secara prinsip penerapan Net Zero Energy Building (NZEB) pada desain ini dapat dibagi kedalam empat kategori yakni pada pra-konstruksi, pasca-konstruksi, arsitektur, dan operasional. Pada pra- konstruksi penerapan konsep NZEB dimulai dari pemilihan material lokal khususnya yang bersumber dari sekitaran area dengan tujuan mengurangi emisi/energi yang timbul dari proses transport material.

Sistem yang digunakan adalah dengan modul fabrikasi yang bertujuan agar material yang terpakai dapat digunakan dengan maksimal,

memudahkan pekerjaan konstruksi nantinya sehingga dapat meminimalisir kebutuhan energi. Keterlibatan pengrajin lokal dalam proses ini juga akan sangat bermanfaat dalam menghemat kalkulasi tenaga kerja yang dibutuhkan selain manfaat ekonomi yang didapat oleh pengrajin tersebut. Kategori pasca-konstruksi diterapkan lebih pada pemanfaatan kembali material sisa konstruksi yang kemungkinan akan timbul setelah konstruksi. Material sisa dapat dimanfaatkan seperti menggunakannya sebagai perabot ataupun bahan dasar dalam membuat cinderamata.



Kategori arsitektur lebih mengutamakan desain akhir yang merespon iklim tropis lembab sesuai lokasi dimana desain ini berada. Strateginya dengan menerapkan desain pasif dengan memanfaatkan penghawaan dan pencahayaan alami. Vegetasi eksisting dilokasi seperti pohon besar akan dimanfaatkan sebagai pembayang guna mengurangi panas berlebih saat siang hari. Selain itu, pemilihan material dominan bambu dikarenakan sifat material bambu yang sangat tahan dengan keadaan lembab dibanding kayu. Bambu juga dapat dengan mudah dijumpai di berbagai wilayah dengan waktu panen yang relatif singkat 3-4 tahun.

Pada operasionalnya akan menggunakan sistem *off-grid* dengan menghasilkan energi listrik sendiri. Energi listrik yang dihasilkan dengan memanfaatkan aliran sungai pada lokasi air terjun. Energi ini yang akan menyuplai kebutuhan listrik utama pada pusat cinderamata ini. Penggunaan teknologi hemat energi seperti lampu LED akan sangat bermanfaat karena memiliki durabilitas yang lama. Selain itu, karena ada kemungkinan energi yang dihasilkan akan berlebih sebab aliran yang terus menerus, maka energi yang dihasilkan juga dapat dimanfaatkan pada bangunan penunjang lainnya ataupun dapat disimpan dengan baterai agar bisa digunakan kembali di masa mendatang.



# SIAR SIUR

**S**iar Siur bermakna menyuarakan kebaikan dan bermanfaat bagi siapapun. Siar Siur merupakan bangunan *mix-used* yang menyediakan fasilitas *work life balance* seperti *co-working* dan ruang yoga.



Di Nusa Penida, isu ekonomi rendah bagi masyarakat lokal, terutama petani kelapa, menjadi salah satu tantangan yang dihadapi. Selain itu, masalah sampah dan kurangnya bangunan penunjang produktivitas dan hidup bagi turis dan wisatawan juga menjadi perhatian utama. Oleh karena itu diperlukan pengembangan desain *Net Zero Energy Building* untuk mendukung tujuan *Net Zero Emission*, terutama dalam pengembangan

wisata ramah lingkungan dengan mengintegrasikan nilai kearifan lokal Bali.

Adapun beberapa konsep dalam arsitektur Bali yang diimplementasikan pada Siar Siur diantaranya Tri Angga sebagai zoning vertikal, Sanga Mandala sebagai zoning horizontal dan Tri Hita Karana sebagai landasan untuk menentukan kebutuhan ruang yang tujuannya untuk menghasilkan harmonisasi diantara Tuhan, manusia, dan lingkungan.



## TATA RUANG SANGA MANDALA



1



**Diawali dengan site Persegi**  
penerapan Sanga Mandala  
merupakan konsep penataan  
ruang berdasarkan sembilan arah  
mata angin dan kosmologi Bali.

2



**Membagi area bangunan  
menjadi sembilan zona:**  
Membagi area bangunan menjadi  
sembilan zona berdasarkan  
fungsinya, seperti zona yoga,  
zona coworking, zona klinik, zona  
taman, dan zona utilitas.

3



**Arah dan orientasi:**  
Memposisikan bangunan  
sesuai dengan arah mata  
angin dan kosmologi Bali,  
dengan mempertimbangkan  
posisi Gunung Agung  
sebagai pusat spiritual.

4



**Menciptakan keseimbangan  
dan harmoni:**  
Keseimbangan dan harmoni  
antar zona, baik secara visual  
maupun fungsional, dengan  
menciptakan kesatuan dan  
keterkaitan antar ruang.

5

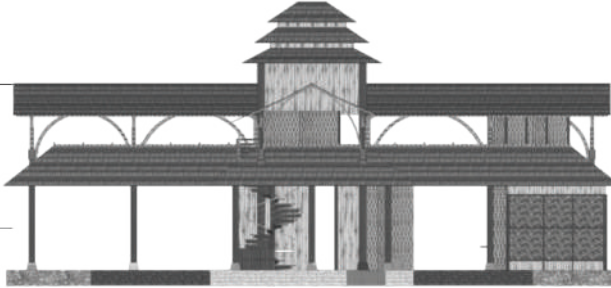


Penataan ruang berdasarkan  
Sanga Mandala bertujuan  
untuk menciptakan  
**keseimbangan dan harmoni**  
dengan alam semesta, serta  
mendukung aktivitas manusia  
sehari-hari.

HEAD

BODY

FEET



HEAD  
BODY  
THE FEET

## TRI HITA KARANA IN NET ZERO ARCHITECTURE

MIX USED BUILDING  
(HEALTH, PRODUCTIVITY, HAPPINESS, PEACE)

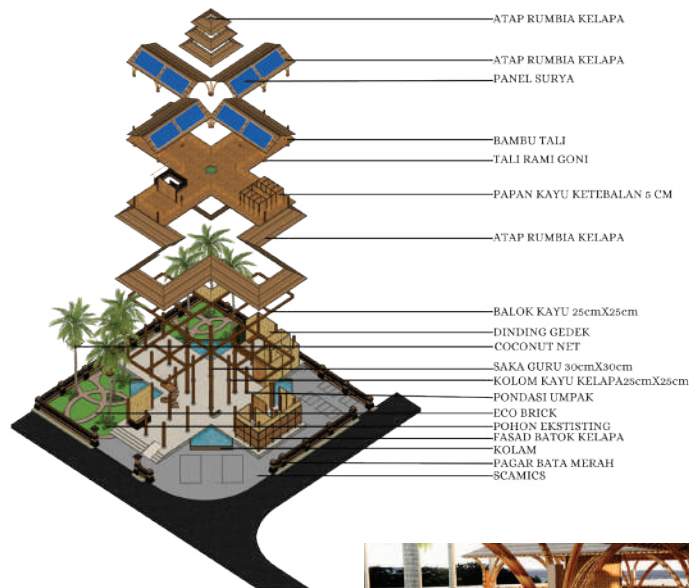
### PARAHYANGAN (WORK LIFE BALANCE)



**PAWONGAN**  
(SOCIETY & ECONOMY)

**PALEMAHAN**  
(ENVIRONMENTALLY FRIENDLY)

# AKSONOMETRI



## DESIGN STRATEGY

### 1. Net Zero Energy Building (NZEB)

Net Zero Energy Building (NZEB) adalah bangunan yang dirancang untuk menghasilkan energi sebanyak yang dikonsumsi dalam setahun. Strategi ini melibatkan penggunaan teknologi efisiensi energi, seperti insulasi termal yang baik, penghawaan dan pencahayaan alami, dan memanfaatkan pengumpulan energi secara mandiri. Selain itu, bangunan ini dilengkapi dengan sumber energi terbarukan, seperti panel surya atau turbin angin, untuk menghasilkan energi sendiri. Penggunaan pencahayaan alami dan ventilasi silang juga dioptimalkan untuk mengurangi konsumsi energi.



### 2. Arsitektur Tradisional Bali

Arsitektur Tradisional Bali menggabungkan elemen budaya dan spiritual yang kuat dengan prinsip-prinsip keberlanjutan. Desain ini menekankan pada penggunaan material lokal seperti bambu, batu, dan kayu, yang tidak hanya ramah lingkungan tetapi juga memberikan estetika yang khas. Pengaturan ruang mengikuti konsep Tri Hita Karana, yang meliputi hubungan harmonis antara manusia dengan Tuhan, manusia dengan alam, dan manusia dengan sesamanya. Bangunan sering kali didesain terbuka untuk memaksimalkan aliran udara dan pencahayaan alami, serta diatur mengikuti tata ruang yang sakral dan hierarkis.



## DESIGN STRATEGY



**Net Zero Energy Building**  
Penerapan Upaya bangunan  
Nol Emisi dari setiap aspek.



**Arsitektur Tradisional Bali**  
Integrasi desain dengan  
nilai-nilai ATB (Arsitektur  
Tradisional Bali) & Tahan  
Gempa



**GEDSI**  
(Gender Equality, Disability,  
and Inclusion)  
Desain bangunan secara fungsi  
dan ruang yang universal



**Konservasi Lingkungan**  
Berusaha untuk menjaga site  
tetap alami



**Green Circular Economic**  
Pendukung Siklus ekonomi hijau  
dengan ekonomi protektif terhadap  
Masyarakat Lokal



**Work Life Balance**  
Menjadi tempat produktivitas  
dengan menyelaraskan antara  
pekerjaan dan kehidupan

### 3. Strategi GEDSI

Strategi GEDSI (Gender Equality, Disability, and Social Inclusion) dalam arsitektur memastikan bahwa bangunan dan ruang publik dapat diakses dan digunakan oleh semua orang tanpa memandang gender, disabilitas, atau latar belakang sosial. Desain ini mencakup aksesibilitas fisik seperti ramp, dan toilet yang dapat diakses oleh pengguna kursi roda, serta ruang-ruang yang aman dan inklusif bagi semua gender. Selain itu, perhatian diberikan pada penciptaan ruang yang mendukung interaksi sosial dan kesejahteraan komunitas yang beragam.

### 5. Green Circular Economy (Mengandalkan Petani Kelapa)

Strategi *Green Circular Economy* dalam arsitektur mengutamakan prinsip-prinsip ekonomi sirkular, yang mana limbah diubah menjadi sumber daya yang bermanfaat. Dalam konteks ini, petani kelapa menjadi pusat dari siklus ekonomi hijau, dengan memanfaatkan seluruh bagian tanaman kelapa untuk berbagai kebutuhan konstruksi dan energi.

### 4. Konservasi Lingkungan dengan Menjaga Tatanan Lingkungan dan Material Ramah Lingkungan

Konservasi lingkungan dalam desain arsitektur melibatkan penggunaan material ramah lingkungan yang dapat diperbarui, didaur ulang, atau memiliki jejak karbon rendah. Tata letak bangunan direncanakan untuk mengintegrasikan dengan lingkungan alami, meminimalkan gangguan pada ekosistem yang ada, dan menjaga kualitas udara serta air. Strategi ini juga melibatkan penggunaan teknologi hijau seperti sistem pengolahan air limbah, pengumpulan air hujan, dan taman atap yang berfungsi sebagai isolasi termal secara alami.

### 6. Work Life Balance Desain

Desain yang mendukung *work-life balance* menciptakan ruang yang memungkinkan keseimbangan antara pekerjaan dan kehidupan pribadi. Ini termasuk Ruang yang fleksibel dengan ruang kolaboratif, area relaksasi, dan akses ke ruang terbuka hijau. Di hunian, elemen seperti ruang kerja yang nyaman, area rekreasi, dan koneksi yang baik dengan alam turut mendukung kesejahteraan penghuninya



# PERHITUNGAN KEBUTUHAN ENERGI

*Net Zero Energy Building* (NZEB) merupakan konsep bangunan yang dirancang untuk menghasilkan energi sebanyak yang dikonsumsi dalam satu tahun, sehingga mencapai keseimbangan antara penggunaan dan produksi energi. Salah satu teknologi kunci yang mendukung konsep NZEB adalah Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). PLTS sendiri terbagi menjadi 3 sistem yaitu on grid, hybrid dan off grid, namun pada katalog ini hanya akan membahas 2 jenis sistem saja.

| Tentang                      | On Grid (grid-connected)                                                                                                                                                                                                  | Off Grid (stand alone)                                                                                                 |
|------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Pengertian                   | Energi yang dihasilkan oleh panel surya digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik rumah terlebih dahulu. Jika produksi energi dari PLTS tidak cukup untuk memenuhi kebutuhan, listrik tambahan diambil dari jaringan PLN | Sistem tenaga surya yang beroperasi secara mandiri dan tidak terhubung ke jaringan penyedia tenaga listrik seperti PLN |
| Perbedaan                    | Hanya bisa beroperasi siang hari (selama matahari bersinar)                                                                                                                                                               | dapat beroperasi siang dan malam                                                                                       |
| Penyimpanan Energi           | Tidak memerlukan baterai                                                                                                                                                                                                  | Memerlukan baterai untuk penyimpanan energi                                                                            |
| Biaya Awal                   | Lebih rendah (tanpa baterai)                                                                                                                                                                                              | Lebih tinggi (dengan baterai)                                                                                          |
| Ketahanan terhadap Pemadaman | Tidak berfungsi saat jaringan mati                                                                                                                                                                                        | Tetap berfungsi selama ada cukup energi dalam baterai                                                                  |
| Pemeliharaan                 | Lebih sederhana, minim perawatan                                                                                                                                                                                          | Perlu perawatan extra untuk komponen baterainya                                                                        |

Untuk menghitung kapasitas Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan energi di suatu properti memerlukan beberapa langkah, termasuk mengidentifikasi kebutuhan energi, menghitung energi yang dapat dihasilkan oleh panel surya, dan menentukan jumlah panel yang dibutuhkan. Berikut langkah-langkahnya:

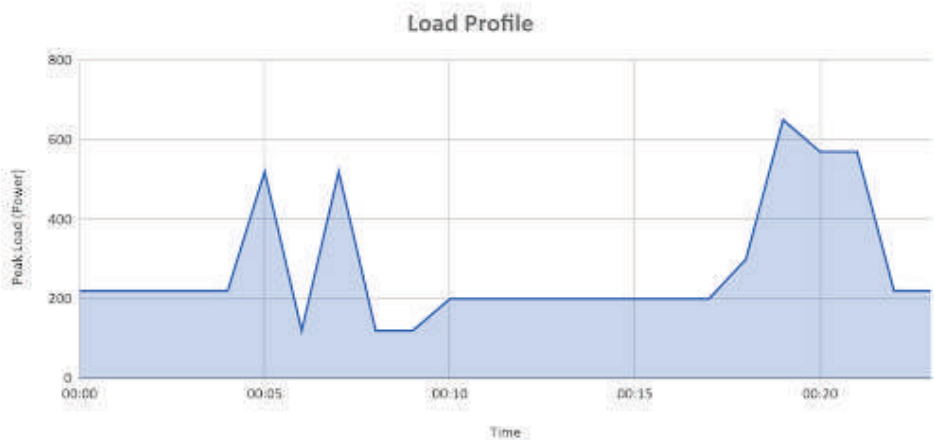
## SISTEM ONGRID

### LANGKAH 1: MENENTUKAN KEBUTUHAN ENERGI HARIAN

Berikut ini contoh kebutuhan energi pada karya Lanskap Tradisional A10:

| Bangunan                           | Alat        | Jumlah | Durasi | Jam Menyala | Daya (W) | Energi (Wh) |
|------------------------------------|-------------|--------|--------|-------------|----------|-------------|
| Bale Dangin                        | Lampu       | 3      | 12     | 18.00-06.00 | 10       | 360         |
| Jineng                             | Lampu       | 2      | 12     | 18.00-06.00 | 10       | 240         |
| Bale Daje<br>(2 kamar tidur, 1 WC) | Lampu       | 5      | 12     | 18.00-06.00 | 5        | 500         |
| Bale Dauh<br>(2 kamar tidur, 1 WC) | Lampu       | 5      | 12     | 18.00-06.00 | 5        | 500         |
|                                    | TV          | 1      | 3      | 19.00-22.00 | 350      | 600         |
|                                    | Kipas Angin | 1      | 10     | 10.00-20.00 | 350      | 500         |
| Sub Total                          |             |        |        |             |          | 2.700       |
| Paon<br>(Dapur, Ruang Makan, 1 WC) | Mesin Cuci  | 1      | 1      | 07.00-08.00 | 400      | 400         |
|                                    | Pompa Air   | 1      | 1      | 05.00-06.00 | 300      | 300         |
|                                    | Kulkas      | 1      | 24     | 00.00-23.59 | 450      | 10.800      |
| Sub Total                          |             |        |        |             |          | 11.500      |
| Total                              |             |        |        |             |          | 14.200      |





Grafik profil beban untuk properti tersebut (didapatkan daya beban puncak sekitar 650 W)

Sudah diketahui bahwa kebutuhan energi harian adalah 14.200 Wh = 14,2 kWh

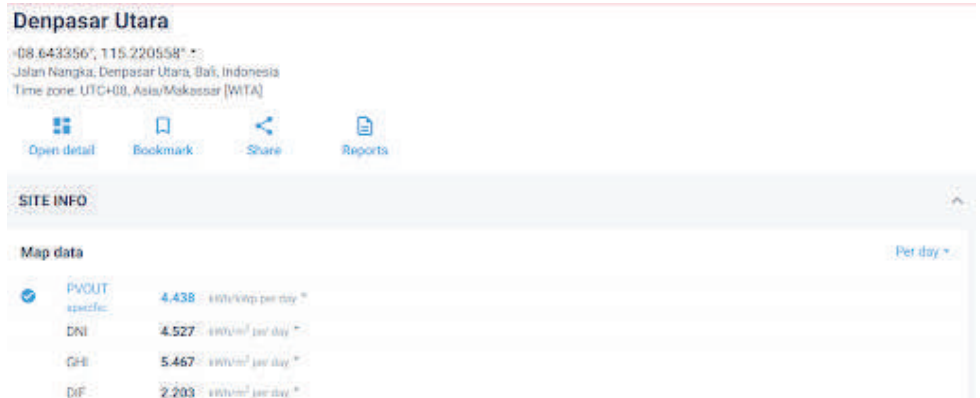
\*Karena sistem on-grid hanya bisa memproduksi listrik saat matahari bersinar, maka sistem ini hanya bisa untuk mensuplai kebutuhan energi listrik di siang hari.

14,2 kWh adalah kebutuhan listrik harian (24 jam), maka jika diasumsikan kebutuhan listrik siang hari adalah 50% dari total kebutuhan energi harian, maka :

$$\text{Kebutuhan energi siang hari} = \frac{\text{Kebutuhan Energi Harian (kWh)}}{2} = 7,1 \text{ kWh}$$

## LANGKAH 2: MENENTUKAN INTENSITAS RADIASI MATAHARI

Cari data tentang intensitas radiasi matahari di lokasi rumah (dinyatakan dalam kWh/m<sup>2</sup>/hari). Kunjungi <https://globalsolaratlas.info/> dan masukkan lokasi :



Misalnya, Lokasi Denpasar Utara, Bali memiliki rata-rata intensitas radiasi matahari sekitar 4,438 kWh/m<sup>2</sup>/hari

## LANGKAH 3: MENGHITUNG KEBUTUHAN DAYA PANEL SURYA

### 1. Estimasi Efisiensi Sistem

- Efisiensi sistem PLTS biasanya berkisar antara 70% hingga 80% karena berbagai faktor seperti efek shading, efisiensi inverter, kehilangan energi pada kabel, dan kondisi cuaca.
- Misalkan kita menggunakan efisiensi 75%.

### 2. Menghitung Daya yang Diperlukan

$$\text{Kapasitas PLTS yang Diperlukan (kWp)} = \frac{\text{Kebutuhan Energi Siang Hari (kWh)}}{\text{Intensitas Radiasi Matahari (kWh/m}^2\text{/hari)} \times \text{Efisiensi Sistem}}$$

$$\text{Substitusi nilai yang diketahui:} \quad = \frac{7,1}{3,328} = 2,133 \text{ kWp}$$

$$\text{Kapasitas PLTS yang Diperlukan (kWp)} = \frac{7,1 \text{ (kWh)}}{4,438 \text{ kWh/m}^2\text{/hari} \times 75\%}$$

Jadi, kapasitas PLTS yang diperlukan adalah 2,133 kWp atau 2.133 Wp.

## LANGKAH 4: MENENTUKAN JUMLAH PANEL SURYA

### 1. Daya Panel Surya:

- Tentukan daya per panel surya yang akan digunakan. Misalnya, jika menggunakan panel surya dengan daya 550 W.

### 2. Menghitung Jumlah Panel Surya:

- Tentukan daya per panel surya yang akan digunakan. Misalnya, jika menggunakan panel surya dengan daya 550 W.

$$\text{Jumlah Panel Surya} = \frac{\text{Kapasitas yang diperlukan (kW)}}{\text{Daya per Panel Surya (Wp)}}$$

Substitusi nilai yang diketahui:

$$\text{Jumlah Panel Surya} = \frac{2,133}{550} = 3,8 \text{ unit}$$

Karena jumlah panel harus bulat, maka dibutuhkan 4 panel surya masing-masing 550 W.

### Contoh Perhitungan Akhir

- **Kebutuhan Energi Harian (Siang Hari):** 7,1 kWh
- **Intensitas Radiasi Matahari:** 4.438 kWh/m<sup>2</sup>/hari
- **Efisiensi Sistem:** 75%
- **Kapasitas PLTS yang Diperlukan:** 2,133 kWp atau 2.133 Wp
- **Kapasitas inverter:** 2 kW (tergantung ketersediaan di pasar)
- **Daya per Panel Surya:** 550 W (tergantung ketersediaan di pasar)
- **Jumlah Panel Surya:** 4 panel

Dengan mengikuti langkah-langkah ini, Anda dapat menghitung kapasitas PLTS yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan energi rumah tradisional/akomodasi wisata di Bali.

## LANGKAH 5: MENGHITUNG NERACA ENERGI

Neraca energi dalam konsep Net Zero Energy Building (NZEB) adalah perhitungan yang memastikan bahwa jumlah energi yang dihasilkan oleh bangunan dari sumber energi terbarukan setara dengan atau lebih besar dari jumlah energi yang dikonsumsi oleh bangunan tersebut selama satu tahun.

### Komponen Utama Neraca Energi NZEB

1. Energi yang dibutuhkan/konsumsi :

$$14,2 \text{ kWh per hari, maka per tahun} = 14,2 \times 365 = 5.183 \text{ kWh}$$

2. Energi yang dihasilkan/produksi :

$$\begin{aligned}\text{Produksi Tahunan} &= \text{Total Daya Panel} \times \text{Intensitas Radiasi} \times \text{Efisiensi Sistem} \times 365 \\ &= (550 \times 4 \text{ unit}) \times 4,438 \text{ kWh/m}^2/\text{hari} \times 75\% \times 365 \\ &= 2.637,8 \text{ kWh}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Selisih Energi Tahunan} &= \text{Energi yang Dihasilkan} - \text{Kebutuhan Energi} \\ &= 2.637,8 \text{ kWh} - 5.183 \text{ kWh} \\ &= -2.545,2 \text{ kWh per tahun}\end{aligned}$$

Selisih energi harian negatif berarti ada kekurangan energi sebanyak 2.545,2 kWh per tahun.

## SISTEM OFFGRID

### LANGKAH 1: MENENTUKAN KEBUTUHAN ENERGI HARIAN

Gunakan data yang sama dengan sistem on grid, sudah diketahui bahwa kebutuhan energi harian adalah  $14.200 \text{ Wh} = 14.2 \text{ kWh}$

### LANGKAH 2: MENENTUKAN INTENSITAS RADIASI MATAHARI

Contoh : Lokasi Denpasar Utara, Bali memiliki rata-rata intensitas radiasi matahari sekitar  $4,438 \text{ kWh/m}^2/\text{hari}$

### LANGKAH 3: MENGHITUNG KEBUTUHAN KAPASITAS BATERAI

Karena sistem off grid tidak terhubung jaringan PLN, maka diperlukan baterai yang bisa menyimpan energi selama 1 hari penuh. Berikut beberapa faktor yang diperhatikan:

**“Autonomy Days”** mengacu pada jumlah hari sebuah sistem dapat beroperasi secara mandiri tanpa input energi eksternal. Singkatnya, seberapa lama baterai dapat menyediakan daya tanpa diisi ulang. Misalnya, saat musim hujan dimana selama 2-3 hari berturut-turut mendung, maka autonomy days adalah variabel yang perlu diperhitungkan, apalagi saat tidak ada genset/PLN/energi alternatif lainnya.

**Menentukan Kedalaman Discharge (DoD):** Menentukan seberapa dalam baterai bisa dihabiskan sebelum diisi ulang untuk memastikan umur panjang baterai. Biasanya 70-80%.

$$\text{Kapasitas Baterai (kWh)} = \frac{\text{Kebutuhan Energi Harian (kWh)} \times \text{Autonomy Days}}{\text{DoD}}$$

Substitusi nilai yang diketahui:

$$\text{Kapasitas Baterai (kWh)} = \frac{14,2 \text{ (kWh)} \times 1 \text{ hari}}{80\%} = 17,75 \text{ kWh}$$

Jadi, kapasitas baterai yang diperlukan minimum adalah 17,75 kWh atau tergantung ukuran kapasitas yang tersedia di pasar.

## LANGKAH 4: MENENTUKAN KAPASITAS & JUMLAH PANEL SURYA

Misalnya, jika menggunakan panel surya dengan daya 550 W.

**Menghitung Jumlah Panel Surya:**

$$\text{Kapasitas PLTS yang Diperlukan (kWp)} = \frac{17,75 \text{ (kWh)}}{4,438 \text{ kWh/m}^2/\text{hari} \times 75\%} = \frac{17,75}{3,328} = 5,333 \text{ kWp}$$

$$\text{Jumlah Panel Surya} = \frac{5,333}{550} = 9,69 \text{ unit}$$

Karena jumlah panel harus bulat, maka dibutuhkan 10 panel surya masing-masing 550 W.

### Contoh Perhitungan Akhir

- **Kebutuhan Energi Harian:** 14,2 kWh
- **Intensitas Radiasi Matahari:** 4.438 kWh/m<sup>2</sup>/hari
- **Efisiensi Sistem:** 75%
- **Kapasitas PLTS yang Diperlukan:** 5,333 kWp
- **Kapasitas inverter:** 5 kW (tergantung ketersediaan di pasar)
- **Kapasitas Baterai:** 17,75 kWh (tergantung ketersediaan di pasar)
- **Daya per Panel Surya:** 550 W (tergantung ketersediaan di pasar)
- **Jumlah Panel Surya:** 10 panel

## LANGKAH 5: MENGHITUNG NERACA ENERGI

### Komponen Utama Neraca Energi NZEB

#### 1. Energi yang dibutuhkan/konsumsi :

$$17,75 \text{ kWh per hari, maka per tahun} = 17,75 \times 365 = 6.478,75 \text{ kWh}$$



2. Energi yang dihasilkan/produksi :

Produksi Tahunan=Total Daya Panel×Intensitas Radiasi×Efisiensi Sistem x 365  
= (550×10 unit) x 4,438 kWh/m²/hari x 75% x 365  
= 6.681,96 kWh

Selisih Energi Tahunan = Energi yang Dihasilkan–Kebutuhan Energi  
= 6.681,96 kWh - 6.478,75 kWh  
= 203,21 kWh per tahun

Selisih energi harian positif berarti ada surplus energi sebanyak 203,1 kWh per tahun.

| No | Sistem   | Kisaran Harga                                  | Kisaran Harga dari contoh perhitungan di atas | Penghematan yang didapatkan | ROI (tahun) |
|----|----------|------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------|-------------|
| 1  | On grid  | 15.000-17.000 per Wp                           | Rp. 17.000 × 2.133 Wp<br>= Rp. 36.261.000     | <b>Rp 373.238</b>           | 8,09        |
| 2  | Off grid | 40.000-∞ per Wp (bergantung kapasitas baterai) | Rp 40.000 × 5.333 Wp<br>= 213.320.000         | <b>Rp 933.095</b>           | 19,05       |

Penghematan bulanan dari pengurangan penggunaan listrik PLN:

Misalnya, tarif listrik PLN adalah Rp 1.699 per kWh (kategori R3)  
Maka, penghematan bulanan adalah:

Penghematan bulanan = Produksi bulanan dari PLTS × Tarif listrik

- On grid, bisa dibandingkan dengan tarif listrik dari PLN  
Penghematan = 2200 Wp x 4,438 kWh/m²/hari x 75% x 30 hari x 1.699 = **Rp 373.238**
- Off grid, bisa dibandingkan dengan harga solar, karena biasanya offgrid dipakai di remote area yang tidak ada jaringan PLN menggunakan diesel. Namun pada perhitungan kali ini asumsi dengan tarif yang sama dengan PLN dulu saja.1  
Penghematan = 5500 Wp x 4,438 kWh/m²/hari x 75% x 30 hari x 1.699 = **Rp 933.095**

Menghitung waktu pengembalian investasi (Payback period):

Waktu pengembalian investasi adalah:

On grid =  $\frac{\text{Biaya Investasi}}{\text{Penghematan Bulanan}} = \frac{36.261.000}{373.238} = 8,09 \text{ tahun}$

Off grid =  $\frac{\text{Biaya Investasi}}{\text{Penghematan Bulanan}} = \frac{213.320.000}{933.095} = 19,05 \text{ tahun}$

Dari perhitungan di atas, Anda bisa melihat bahwa dengan memasang PLTS on grid berkapasitas **2,2 kWp**, Anda bisa menghemat sekitar **Rp 373.238** per bulan, dengan waktu pengembalian investasi sekitar **8,09** tahun, dan total penghematan selama 25 tahun bisa mencapai **Rp 111.971.400**.

Catatan : perhitungan diatas belum mempertimbangkan *annual degradation* dari komponen, *autonomy days*, . Konsultasikan kebutuhan Anda dengan ahlinya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, H. K. and H. Z. Alibaba (2017). "Retrofits for energy efficient office buildings: integration of optimized photovoltaics in the form of responsive shading devices." *Sustainability* 9(11): 2096.
- Ahmad, Q. and S. Szokolay (1993). "Thermal design tools in Australia a comparative study of TEMPER, CHEETAH, ARCHIPAK and QUICK."
- Amin, N. and A. Karamchandani (1983). *Passive cooling techniques for the architect in Baroda, India. Passive and Low Energy Architecture*, Elsevier: 725-731.
- Antaryama, I. G. N. (1999). *House form transformation and climate in Bali: A study of the climatic response of traditional and contemporary house forms*, The University of Manchester (United Kingdom).
- Aritama, A. A. N., et al. (2022). "Identification Of Green Architectural Characteristics Of Tenganan Peglingsingan Village, Karangasem, Bali." *ASTONJADRO* 11(2): 458-467.
- Arumägi, E. and T. Kalamees (2020). "Cost and energy reduction of a new nZEB wooden building." *Energies* 13(14): 3570.
- Ballantyne, E., et al. (1977). "Probit analysis of thermal sensation assessments." *International Journal of Biometeorology* 21: 29-43.
- Berawi, M. A., et al. (2013). "Integrating quality management and value management methods: creating value added for building projects." *International Journal of Technology* 1(2013): 45-55.
- Braun, P. and R. Rüther (2010). "The role of grid-connected, building-integrated photovoltaic generation in commercial building energy and power loads in a warm and sunny climate." *Energy Conversion and Management* 51(12): 2457-2466.
- Bryman, A. and D. Cramer (1992). "Quantitative data analysis for social scientists." *Estudios Geográficos* 53(207): 347.
- Chandanachulaka, N. and W. Khan-ngern (2016). *Zero energy consumption home based on utilization-pricing ratio, using solar system in Bangkok*. 2016 13th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON), IEEE.
- Chang, Ni-bin, (2011), "System Analysis for Sustainable Engineering", New Yor: McGraw- Hill.
- Creswell, J. W., et al. (2003). "Advanced mixed." *Handbook of mixed methods in social & behavioral research* 209: 209-240.
- D'agostino, D., et al. (2017). "Towards nearly zero energy buildings in Europe: A focus on retrofit in non-residential buildings." *Energies* 10(1): 117.
- Dehwah, A. H. and M. Asif (2019). "Assessment of net energy contribution to buildings by rooftop photovoltaic systems in hot-humid climates." *Renewable energy* 131: 1288-1299.

- dos Santos, Í. P. and R. Rüther (2012). "The potential of building-integrated (BIPV) and building-applied photovoltaics (BAPV) in single-family, urban residences at low latitudes in Brazil." *Energy and Buildings* 50: 290-297.
- Dwijayasatra, Nikko, (2013), "Kajian Arsitektur Hijau Desa Adat Penglipuran Bali" respository. ipd.ac.id
- Dwijendra, N. K. A. (2008). *Arsitektur rumah tradisional Bali: berdasarkan asta kosala-kosali*, Kerjasama Bali Media Adhikarsa [dengan] Udayana University Press.
- Dwijendra, N. K. A. and N. Ketut (2003). "Perumahan dan permukiman tradisional Bali." *Jurnal Permukiman* "Natah 1(1): 8-24.
- Evans, J. M. (2003). "Evaluating comfort with varying temperatures: a graphic design tool." *Energy and Buildings* 35(1): 87-93.
- Fabrizio, E. (2020). Zero energy buildings: a reached target or a starting point?, *MDPI*. 10: 512.
- Fanger, P. O. (1970). *Analysis and applications in environmental engineering. Thermal comfort*.
- Givoni, B. (1991). "Performance and applicability of passive and low-energy cooling systems." *Energy and Buildings* 17(3): 177-199.
- Givoni, B. and E. Hoffman (1966). "Effect of window orientation on indoor air temperature." *Architectural Science Review* 9(3): 80-83.
- Goethe, R. and R.J. Kwasny. (1993) *ValueAdded Sun Shading TheIntegration of Photovoltaics in Building*. London: James & James, *European Directory of Energy Efficient Building*, pp.61
- Hák, T., Janoušková, S., & Moldan, B. J. E. i. (2016). Sustainable Development Goals: A need for relevant indicators. 60, 565-573.
- Halim, M., et al. (2020). *VISUAL (Vertikalitas Arsitektur Tradisional Bali) pada Rumah Susun di Kawasan Sarbagita, Nuansa Cendekia*.
- Hammersley, M. (1992). "Some reflections on ethnography and validity." *Qualitative studies in education* 5(3): 195-203.
- Harkouss, F., et al. (2018). *Passive designs and renewable energy systems optimization of a net zero energy building in Embrun/France*. IOP conference series: earth and environmental science, IOP Publishing.
- Jain, M., et al. (2017). "A governance perspective on net zero energy building niche development in India: The case of New Delhi." *Energies* 10(8): 1144.
- Kaler, I. (1983). "Butir-butir tercecceer tentang adat Bali." *Kayumas Agung*. Denpasar.
- Kalmar, F. (2016). "Interrelation between glazing and summer operative temperature in buildings." *International Review of Applied Sciences and Engineering* 7(1): 51-60.
- Kaneda, D., et al. (2010). *Plug load reduction: The next big hurdle for net zero energy building design*. ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings.

Khakian, R., et al. (2020). "Modeling nearly zero energy buildings for sustainable development in rural areas." *Energies* 13(10): 2593.

Koenigsberger, O. and R. Lynn (1965). "Roofs in the warm humid tropics."

Koenigsberger, O., et al. (1959). "Window and Ventilator Openings in Warm and Humid Climates." *Architectural Science Review* 2(2): 82-96.

Korsgaard, V. and T. V. Esbensen (1975). "Solar heating of buildings in Denmark."

Kumurur, V. A. (2009). "Pola perumahan dan pemukiman desa tenganan bali." *Jurnal Sabua* 1(1): 1-7.

Latif, S., et al. (2019). "Identifikasi Kenyamanan Termal Rumah Tradisional Bugis di Iklim Tropis Lembap." *Tesa Arsitektur* 17(1).

Lee, B., et al. (1980). "A method for the assessment of the wind-induced natural ventilation forces acting on low rise building arrays." *Building Services Engineering Research and Technology* 1(1): 35-48.

Lippsmeier, G. (1969). "Tropenbau= Building in the tropics."

Mallick, F. H. (1996). Thermal comfort and building design in the tropical climates. *Energy buildings*, 23(3), 161-167.

Marszal, A. J., et al. (2010). Net zero energy buildings-calculation methodologies versus national building codes. EuroSun Conference, Graz, Austria.

Moran, P., et al. (2020). "Sustainable energy efficiency retrofits as residenial buildings move towards nearly zero energy building (NZEB) standards." *Energy and Buildings* 211: 109816.

Muliawan, M. S. D., et al. (2022). "Pendampingan Pemasaran Produk Berbasis Online bagi Kelompok Pengusaha Babi Guling." *Jurnal Abdidas* 3(6): 1055-1061.

Musall, E., et al. (2010). Net Zero energy solar buildings: an overview and analysis on worldwide building projects. EuroSun conference.

Nanta, P. (2009). Social change and the Thai house: a study of transformation in the traditional dwelling of Central Thailand (Doctoral dissertation, University of Michigan).

Novotny, V. (2011). "Water and energy link in the cities of the future—achieving net zero carbon and pollution emissions footprint." *Water Science and Technology* 63(1): 184-190.

Olgay, V. and A. Olgay (1963). *Design with climate: bioclimate approach to architectural regionalism*, Princeton University Press.

Petherbridge, P. (1974). "Limiting the temperatures in naturally ventilated buildings in warm climates."

Pikas, E., et al. (2017). "Cost-benefit analysis of nZEB energy efficiency strategies with on-site photovoltaic generation." *Energy* 128: 291-301.



- Putra, I. D. G. A. D. (2014). "Traditional Balinese House Transformation In Tourist Villages." *Space* 1(2).
- Putra, I. D. G. A. D., et al. (2015). "The transformation of the traditional Balinese house in tourist villages: Maintaining the culture and obtaining economic benefit." *Applied Mechanics and Materials* 747: 68-71.
- Pebriyanti, NLPE dan Suryada, IGAB. (2021). *Evaluasi Kenyamanan Termal pada Rumah Tinggal Berbahan Bambu di Desa Bali Aga, Denpasar*. Universitas Udayana
- Rodríguez Vidal, I., et al. (2020). "Thermal comfort in nzeb collective housing in Northern Spain." *Sustainability* 12(22): 9630.
- Rowland, I. D. and T. N. Howe (2001). *Vitruvius: 'Ten books on architecture'*, Cambridge University Press.
- Runa, I. W. (2018). *Arsitektur publik Bali kuno: sistem spasial desa pegunungan*, Udayana University Press.
- Salem, R., et al. (2020). "Energy performance and cost analysis for the nZEB retrofit of a typical UK hotel." *Journal of Building Engineering* 31: 101403.
- Singh, J. (2006). *Building mycology: management of decay and health in buildings*, Taylor & Francis.
- Singh, V. (2018). "Zero Energy Buildings: the Role of Building Envelope & Services."
- Singh, R., Walsh, P., & Mazza, C. J. S. (2019). Sustainable housing: Understanding the barriers to adopting net zero energy homes in Ontario, Canada. 11(22), 6236.
- Siwalatri, N. K. A., et al. (2015). "Spatial concepts of Bali indigenous architecture." *Procedia-Social and Behavioral Sciences* 179: 118-127.
- Smith, P. R. and P. K. Tamakloe (1970). "Natural ventilation in hot/humid areas." (No Title).
- Soebandi, K. (1990). "Konsep Bangunan Tradisional Bali." Denpasar: Percetakan Bali Post.
- Sueca, N. P. (2003). *Housing transformation: improving environment and developing culture in Bali*, University of Newcastle upon Tyne.
- Susanta, I. N. (2017). "Makna dan konsep arsitektur tradisional bali dan aplikasinya dalam arsitektur bali masa kini." *Space* 4(2): 199-212.
- Susanta, I. N. and I. W. Wiryawan (2016). *Konsep Dan Makna Arsitektur Tradisional Bali Dan Aplikasinya Dalam Arsitektur Bali*. Workshop 'Arsitektur Etnik Dan Aplikasinya Dalam Arsitektur Kekinian.
- Torcellini, P., et al. (2006). *Zero energy buildings: a critical look at the definition*, National Renewable Energy Lab.(NREL), Golden, CO (United States).
- Trimariantio, C. (2003). *Thermal efficient dwelling design: Bali, Indonesia*. Newcastle University,
- Utari, C. (2021). "Perubahan Fungsi Teba di Pekarangan Desa Nyuh Kuning." *Jurnal Arsitektur Lansekap* 7(2): 263-272.

Van Straaten, J. F. (1967). "Thermal performance of buildings." (No Title).

Wastika, D. N. (2005). "Penerapan konsep tri hita karana dalam perencanaan perumahan di Bali." Jurnal Permukiman Natak 3(2): 62-105.

Wijaya Kusuma, I. (1999). Numerical investigations of airflow and heat transfer in traditional Balinese buildings. Brunel University School of Engineering and Design PhD Theses,

Windhu, I. B. O. (1984). Bangunan tradisional Bali serta fungsinya, Direktorat Jenderal Kebudayaan.

Zhivov, A., et al. (2015). Demonstrate energy component of the installation master plan using net zero installation virtual testbed, Final Report. ESTCP Project EW-201240. [https://apps.dtic.mil/sti/pdfs ....](https://apps.dtic.mil/sti/pdfs....)

Zhivov, A., et al. (2010). Towards a net zero building cluster energy systems analysis for a brigade combat team complex. Energy Sustainability.

## PERATURAN DAN UNDANG-UNDANG

Undang-Undang (UU) Nomor 28 Tahun 2002 tentang Bangunan Gedung

Peraturan Presiden Nomor 112 Tahun 2022 tentang Percepatan Pengembangan Energi Terbarukan Untuk Penyediaan Tenaga Listrik

Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 02/PRT/M/2015 Tentang Bangunan Gedung Hijau

Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 21 Tahun 2022 tentang Penilaian Kinerja Bangunan Gedung Hijau

Peraturan Menteri PUPR Nomor 10 Tahun 2023 tentang Bangunan Gedung Cerdas (BGC)

Peraturan Daerah Provinsi Bali Nomor 5 Tahun 2005 tentang Persyaratan Arsitektur Bangunan Gedung

Peraturan Gubernur Bali Nomor 45 Tahun 2019 tentang Bali Energi Bersih

Pedoman Teknis Penyelenggaraan Bangunan Gedung Hijau Dalam Rangka Implementasi Bali Energi Bersih Di Provinsi Bali Tahun 2022





**PENERBIT**



**INSTITUT DESAIN DAN BISNIS BALI**

Kampus IDB Bali, Jl. Tukad Batanghari No. 29 Panjer, Denpasar-Bali

Telepon: 0361-8955648

ISBN 978-623-97806-0-9



WRI X BTI © 2024