

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Tinjauan Teori Pusat Informasi dan Edukasi *Mangrove*

#### 2.1.1 Tinjauan umum judul

Pengertian Judul proyek **Pusat Informasi dan Edukasi *Mangrove* Surabaya** dapat diuraikan sebagai berikut :

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia, arti kata *pusat* adalah :

1. Titik yang ditengah, dalam bulatan bola, lingkaran
2. Tempat yang letaknya di bagian tengah

Pokok pangkal atau yang menjadi tumpuan berbagai urusan, hal, dan sebagainya.

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia, arti kata *informasi* adalah : "suatu kabar atau pemberitahuan yang bersifat partisipatif atau melibatkan semua pihak untuk berinteraksi bersama dalam satu buah pikiran, perasaan dan kegiatan tertentu sehingga dapat berkurangnya keragu-raguan tentang suatu hal tertentu".

Kata *mangrove* mempunyai dua arti, pertama sebagai komunitas, yaitu komunitas atau masyarakat tumbuhan atau hutan yang tahan terhadap kadar garam/salinitas (pasang surut air laut); dan kedua sebagai individu spesies (Macnae, 1968 dalam Supriharyono, 2000). Hutan *mangrove* oleh masyarakat sering disebut pula dengan hutan bakau atau hutan payau. Namun menurut Khazali (1998), penyebutan *mangrove* sebagai bakau nampaknya kurang tepat karena bakau merupakan salah satu nama kelompok jenis tumbuhan yang ada dalam *mangrove*.

*Edukasi* adalah penambahan pengetahuan dan kemampuan seseorang melalui teknik praktik belajar atau instruksi, dengan tujuan untuk mengingat fakta atau kondisi nyata, dengan cara memberi dorongan terhadap pengarahannya diri (*self direction*), aktif memberikan informasi-informasi atau ide baru (Craven dan Hirnle, 1996 dalam Suliha, 2002).

*Surabaya* adalah sebuah salah kota besar di Indonesia, merupakan Ibu Kota Provinsi Jawa Timur. Kota ini merupakan lokasi tapak, yang terletak di daerah Kelurahan Wonorejo - Kecamatan Rungkut, merupakan suatu daerah dikawasan di bagian timur Kota Surabaya yang merupakan daerah pengembangan konservasi lingkungan.

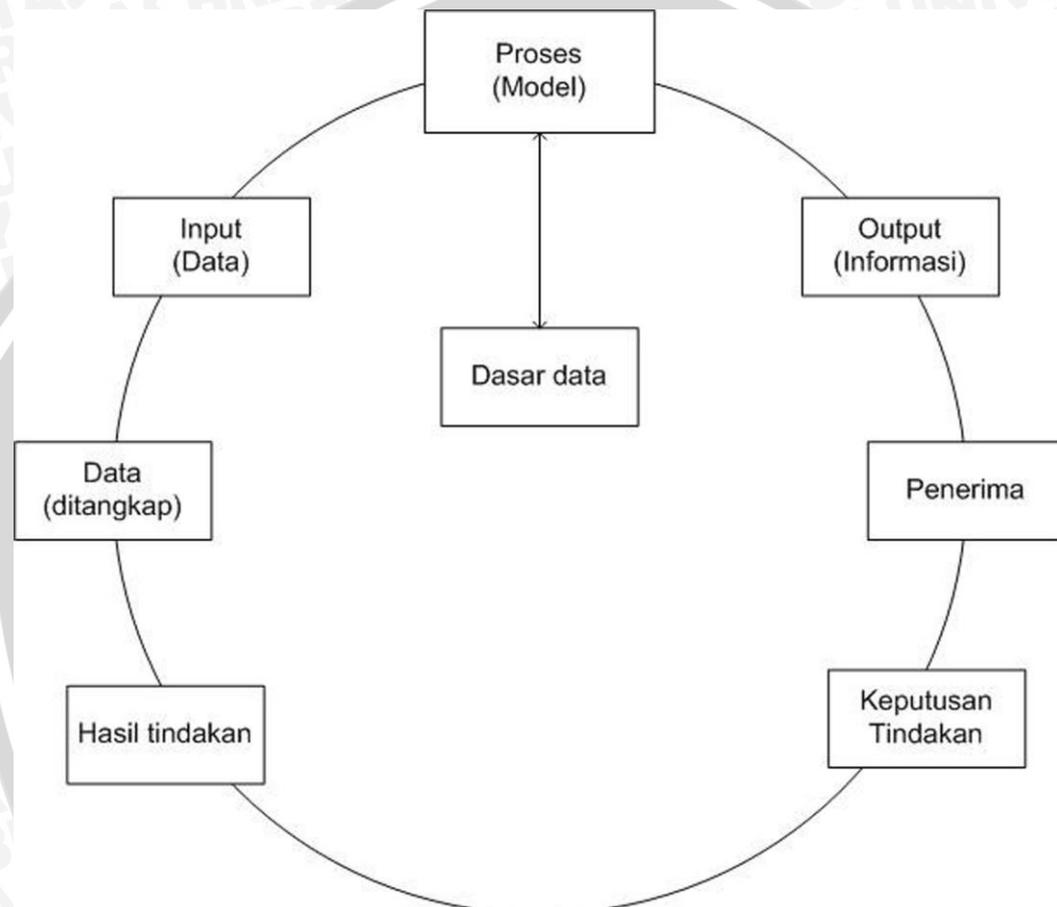
Dari pengertian definisi di atas, dapat diambil sebuah definisi besar untuk proyek adalah "**Pusat Informasi dan Edukasi *Mangrove* Surabaya**" suatu wadah atau tempat yang didalamnya menampung berbagai macam kegiatan sebagai pusat informasi,

pengembangan maupun edukasi lingkungan hidup berupa ekosistem *mangrove* baik di Surabaya maupun di Indonesia.

### 2.1.2 Tinjauan teori informasi

#### A. Definisi informasi

Informasi berguna untuk pembuat keputusan karena informasi menurunkan ketidakpastian dengan meningkatkan pengetahuan. Informasi tersebut merupakan hasil pengolahan data atau fakta.



Gambar 2.1 Siklus informasi  
Sumber : Tata Sutabri, S.Kom., MM, 2005:21

Data diolah melalui suatu model menjadi informasi, penerima informasi tersebut membuat suatu keputusan dan melakukan tindakan yang berarti menghasilkan suatu tindakan yang lain. Tindakan tersebut akan membuat sejumlah data kembali dan data akan ditangkap sebagai input. Data yang ditangkap akan diproses kembali lewat suatu model dan seterusnya membentuk suatu siklus.

#### B. Prinsip dasar dalam proses informasi

Dalam proses informasi seharusnya memperhatikan prinsip dasar informasi, seperti yang dikatakan Dwi Wahono (2004), bahwa prinsip-prinsip tersebut adalah sebagai berikut:

1. Informasi yang berwujud pola alamiah atau berupa simbol yang kompleks.
2. Informasi memiliki makna yang serupa bagi berlainan orang, selama mereka memiliki konsep dan pengalaman hidup yang serupa.
3. Informasi harus mampu menciptakan pola pada objek data dengan kemampuan merekam atau menerima dua keadaan yang berlainan.
4. Proses informasi merupakan proses yang bersifat memilih, yang memerlukan pengamatan, perhatian dan penafsiran yang selektif terhadap informasi yang digunakan bersama.

#### C. Bentuk informasi

Yang dimaksud dengan bentuk-bentuk informasi adalah penyampaian informasi dari satu ke yang lainnya atau sebaliknya. Adapun yang dimaksud dengan bentuk-bentuk informasi adalah penyampaian informasi dari satu ke yang lainnya atau sebaliknya. Ada beberapa bentuk informasi, antara lain :

1. Informasi Lisan, yaitu penyampaian informasi melalui lisan/pembicaraan.
2. Informasi Tertulis, yaitu bentuk informasi dengan tulisan
3. Informasi Pandangan, yaitu bentuk informasi melalui peragaan

Berikut beberapa sumber informasi yang dijadikan rujukan oleh insinyur dalam memenuhi kebutuhannya midalnya buku-buku, terbitan berkala dan laporan penelitian

#### D. Sifat informasi

1. Informasi Pasif, yaitu pelayanan langsung melalui permintaan data pelayanan, pameran atau papan informasi.
2. Informasi Aktif, yaitu informasi yang dalam prosesnya terjadi informasi secara interaktif.

#### E. Manfaat informasi

Menurut Sutanta (2003:11), Informasi dapat dikatakan bernilai apabila dapat memberikan manfaat kepada para pengguna. Manfaat informasi adalah :

1. Menambah pengetahuan, dengan adanya informasi akan dijadikan sebagai bahan pertimbangan yang mendukung proses pengambilan keputusan.
2. Mengurangi resiko kegagalan, karena apa yang akan terjadi dapatdiantisipasi.
3. Mengurangi ketidakpastian pemakai informasi, karena apa yang akan terjadi dapat diketahui sebelumnya, sehingga menghindari keraguan pada saat pengambilan keputusan.

4. Mengurangi keragaman yang tidak diperlukan sehingga dapat menghasilkan keputusan yang lebih terarah.
5. Memberikan standar, aturan, ukuran dan keputusan untuk menentukan pencapaian, sasaran dan tujuan.

### 2.1.3 Tinjauan teori ekosistem *mangrove*

#### A. Pengertian ekosistem *mangrove*

Ekosistem *mangrove* adalah suatu sistem di alam tempat berlangsungnya kehidupan yang mencerminkan hubungan timbal balik antara makhluk hidup dengan lingkungannya dan diantara makhluk hidup itu sendiri, terdapat pada wilayah pesisir, terpengaruh pasang surut air laut, dan didominasi oleh spesies pohon atau semak yang khas dan mampu tumbuh dalam perairan asin/payau (Santoso, 2000). Ekosistem ini mempunyai fungsi ekologis dan ekonomis. Fungsi ekologis hutan *mangrove* antara lain : pelindung garis pantai, mencegah intrusi air laut, habitat (tempat tinggal), tempat mencari makan (*feeding ground*), tempat asuhan dan pembesaran (*nursery ground*), tempat pemijahan (*spawning ground*) bagi aneka biota perairan, serta sebagai pengatur iklim mikro. Sedangkan fungsi ekonominya antara lain : penghasil keperluan bangunan tangga, penghasil keperluan industri, dan penghasil bibit. Selain fungsi diatas juga terjadi intraksi antar makhluk hidup pada ekosistem *mangrove*, terjadi pada kumpulan *mangrove* yang membentuk suatu keanekaragaman hayati yaitu hutan *mangrove*.

Ekosistem *mangrove*, baik secara sendiri maupun secara bersama dengan ekosistem padang lamun dan terumbu karang berperan penting dalam stabilisasi suatu ekosistem pesisir, baik secara fisik maupun secara biologis, disamping itu, ekosistem *mangrove* merupakan sumber *plasma nutfah* yang cukup tinggi misalnya, *mangrove* di Indonesia terdiri atas 157 jenis tumbuhan tingkat tinggi dan rendah, 118 jenis fauna laut dan berbagai jenis fauna darat (Kusmana, 2002).

#### B. Karakteristik ekosistem *mangrove*

Karakteristik dari ekosistem *mangrove* dipengaruhi oleh keadaan tanah, salinitas, penggenangan, pasang surut, dan kandungan oksigen. Adapun adaptasi dari tumbuhan *mangrove* terhadap habitat tersebut tampak pada morfologi dan komposisi struktur tumbuhan *mangrove*.

Ekosistem *mangrove* hanya didapati di daerah tropik dan sub-tropik. Ekosistem *mangrove* dapat berkembang dengan baik pada lingkungan dengan ciri-ciri ekologi sebagai berikut:

1. Jenis tanahnya berlumpur, berlempung atau berpasir dengan bahan-bahan yang berasal dari lumpur, pasir atau pecahan karang;
2. Lahannya tergenang air laut secara berkala, baik setiap hari maupun hanya tergenang pada saat pasang purnama. Frekuensi genangan ini akan menentukan komposisi vegetasi ekosistem *mangrove* itu sendiri;
3. Menerima pasokan air tawar yang cukup dari darat yang berfungsi untuk menurunkan salinitas, menambah pasokan unsur hara dan lumpur;
4. Suhu udara dengan fluktuasi musiman tidak lebih dari 5°C dan suhu rata-rata di bulan terdingin lebih dari 20°C;
5. Airnya payau dengan salinitas 2-22 ppt atau asin dengan salinitas mencapai 38 ppt;
6. Arus laut tidak terlalu deras;
7. Tempat-tempat yang terlindung dari angin kencang dan gempuran ombak kuat;
8. Topografi pantai yang datar/landai.

### C. Manfaat *mangrove*

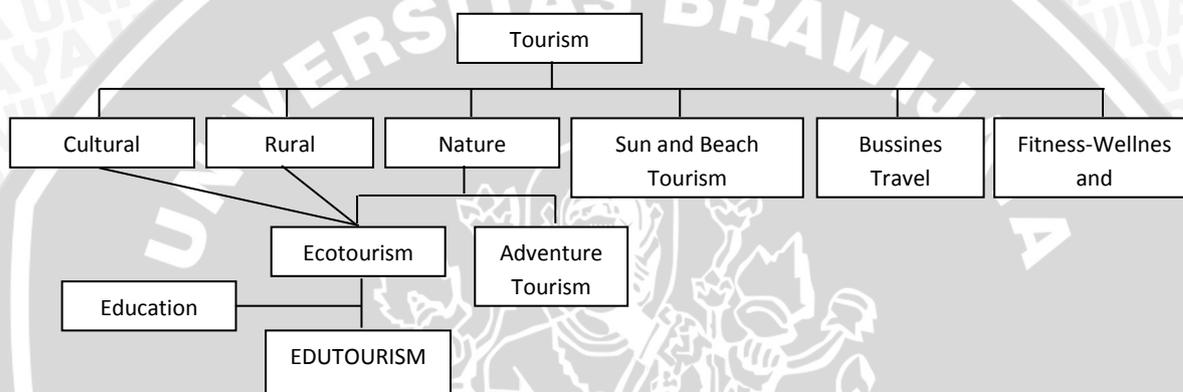
Dinas Perikanan Provinsi Jawa Timur (1994), menyatakan bahwa ekosistem hutan *mangrove* mempunyai peranan dan fungsi penting yang dapat mendukung kehidupan manusia baik langsung maupun tidak langsung, adalah sebagai berikut :

1. Fungsi ekologis ekosistem hutan *mangrove* menjamin terpeliharanya:
  - a. Lingkungan fisik, yaitu perlindungan pantai terhadap pengikisan oleh ombak dan angin, pengendapan sedimen, pencegahan dan pengendalian intrusi air laut ke wilayah daratan serta pengendalian dampak pencemaran air laut.
  - b. Lingkungan biota, yaitu sebagai tempat berkembang biak dan berlindung biota perairan seperti ikan, udang, moluska dan berbagai jenis reptil serta jenis-jenis burung serta mamalia.
  - c. Lingkungan hidup daerah di sekitar lokasi (khususnya iklim makro).
2. Fungsi Sosial dan ekonomis, yaitu sebagai:
  - a. Sumber mata pencaharian dan produksi berbagai jenis hasil hutan.
  - b. Tempat rekreasi atau wisata alam.
  - c. Obyek pendidikan, latihan dan pengembangan ilmu pengetahuan.

## 2.2 Tinjauan Teori Edukasi Lingkungan Hidup

### 2.2.1 Pusat edukasi lingkungan hidup

Wisata edukasi atau *Edutourism* dapat disebut juga wisata pendidikan adalah suatu program dimana wisatawan berkunjung ke suatu lokasi wisata dengan tujuan utama untuk memperoleh pengalaman pembelajaran secara langsung di obyek wisata tersebut. (Rodger, 1998, p.28). Menurut Direktorat Jenderal PHKA *edutourism* merupakan diversifikasi daya tarik wisata dari wisata alam yang bertujuan untuk memperluas dan memperbanyak produk wisata alam (Ditjen PHKA, 2001). Sehingga jika digambarkan dalam bagan *Tourism Market* yang dipublikasikan oleh WTO, maka posisi *Edutourism* atau wisata pendidikan adalah sebagai berikut :



Gambar 2.2 Posisi *Edutourism* dalam *Tourism Market*  
Sumber: WTO, 2001 & Ditjen PHKA 2001

Karena *edutourism* merupakan turunan atau sub tipe obyek wisata alam maka dasar pengembangannya pun tidak jauh berbeda dan tetap menggunakan kaidah-kaidah ekowisata. Hal ini dimaksudkan agar tidak terjadi penyimpangan dari konsep dasar yang digunakan, dan hanya menambahkan segi edukatif khususnya pendidikan lingkungan di dalam konsep pengembangan ekowisata.

### 2.2.2 Kriteria wisata edukasi

Berdasarkan pernyataan Crabtree (2002:5) tentang prinsip dasar ekowisata, maka edutourism juga memiliki 8 (delapan) prinsip dasar yang harus dipenuhi dengan fokus utama pada sektor pelayanan pendidikan, yaitu sebagai berikut:

1. Memiliki fokus pada wilayah alami yang menjamin pengunjung memiliki kesempatan untuk menikmati alam secara langsung.
2. Menyediakan layanan penerangan atau pendidikan kepada pengunjung dalam menikmati alam agar mereka memiliki tingkat pengertian, apresiasi, dan kepuasan yang lebih besar dalam berwisata.

3. Melakukan penanganan kegiatan wisata yang dapat memberikan efek terbaik dalam memelihara kelestarian ekologi.
4. Memberikan kontribusi terhadap konservasi lingkungan dan warisan budaya.
5. Memberikan kontribusi positif bagi kehidupan ekonomi dan sosial masyarakat lokal secara terus-menerus.
6. Menghormati budaya lokal serta sensitif terhadap keberadaan dan pengembangan budaya tersebut.
7. Secara konsisten menjadikan aspirasi pengunjung sebagai masukan dan pertimbangan dalam mengembangkan kegiatan wisata.
8. Dipasarkan dan dipromosikan secara jujur dan akurat sehingga pada saat dikunjungi dapat memenuhi harapan para wisatawan secara nyata.

Kriteria-kriteria *edutourism* yang digunakan adalah kriteria dari penggabungan dan kompilasi prinsip-prinsip dan ciri-ciri dasar pengembangan wisata alam yang dipadukan dengan faktor pendidikan yang dimasukkan ke dalam salah satu atraksi wisata. Dapat diambil kesimpulan bahwa pengembangan *edutourism* di suatu kawasan harus memenuhi kriteria-kriteria ekowisata yang dibagi dalam tiga kajian yaitu kajian fisik, kajian ekonomi, dan kajian sosial masyarakat.

### **2.2.3 Kriteria daerah tujuan wisata edukasi**

Daerah-daerah yang biasa dijadikan kawasan *edutourism* adalah daerah atau kawasan yang juga sesuai untuk pengembangan ekowisata dengan basis pendidikan. Kriteria daerah tujuan *edutourism* baik di luar negeri maupun di dalam negeri adalah (Yoeti, 1999:42):

1. Daerah atau wilayah yang diperuntukkan sebagai kawasan pemanfaatan berdasarkan rencana pengelolaan pada kawasan seperti Taman Wisata Pegunungan, Taman Wisata Danau, Taman Wisata Pantai atau Taman Wisata Laut.
2. Daerah atau zona pemanfaatan pada Kawasan Taman Nasional seperti Kebun Raya, Hutan Lindung, Cagar Alam atau Hutan Raya.
3. Daerah Pemanfaatan untuk Wisata Berburu berdasarkan rencana pengelolaan Kawasan Taman Perburuan.

### **2.2.4 Wisata edukasi lingkungan hidup**

Pendidikan Lingkungan Hidup adalah sebuah lembaga swadaya masyarakat yang memiliki tujuan menyediakan program, tenaga serta fasilitas dalam upaya

mendidik, meningkatkan kesadaran dan memotivasi perilaku masyarakat Indonesia tentang lingkungan. Tema yang akan menjadi fokus setiap PPLH sangat tergantung pada kebutuhan masyarakat, dari potensial lokasi dan kepentingan nasional. Fasilitas dan program berfokus pada salah satu di antara topik dibawah ini : pertanian , hutan, ekologi kelautan, kesehatan masyarakat, pemukiman dan lalu lintas, kelestarian alam, air, energi, dan benda.

Dari beberapa definisi yang telah disebutkan, pengertian wisata edukasi lingkungan hidup adalah suatu program dimana wisatawan berkunjung ke suatu lokasi wisata dengan tujuan utama untuk memperoleh pengalaman pembelajaran secara langsung di obyek wisata tersebut, dalam hal ini, objek yang dipelajari adalah lingkungan hidup dengan tujuan meningkatkan kesadaran dan memotivasi perilaku masyarakat peduli terhadap lingkungan.

## **2.3 Tinjauan Teori Perancangan Bangunan**

### **2.3.1 Konsep Arsitektur Berkelanjutan**

Dalam arsitektur terdapat konsep pembangunan atau arsitektur yang berkelanjutan. Menurut James Steele dalam *Sustainable Architecture* (1997) Arsitektur yang berkelanjutan adalah arsitektur yang memenuhi kebutuhan saat ini, tanpa membahayakan kemampuan generasi mendatang, dalam memenuhi kebutuhan mereka sendiri. Kebutuhan itu berbeda dari satu masyarakat ke masyarakat lain, dari satu kawasan ke kawasan lain dan paling baik bila ditentukan oleh masyarakat terkait. Secara lebih luas arsitektur berkelanjutan mencakup beberapa aspek berikut ini :

#### *A. Environmental Sustainability*

Yaitu pembangunan yang mempertahankan sumber daya alam agar bertahan lebih lama karena memungkinkan terjadinya keterpaduan antar ekosistem, yang dikaitkan dengan umur potensi vital sumber daya alam dan lingkungan ekologis manusia, seperti iklim planet, keberagaman hayati, dan perindustrian.

#### *B. Social Sustainability*

Yaitu pembangunan yang minimal mampu mempertahankan karakter dari keadaan sosial setempat. Namun, akan lebih baik lagi apabila pembangunan tersebut justru meningkatkan kualitas sosial yang telah ada. Setiap orang yang terlibat dalam pembangunan tersebut, baik sebagai subjek maupun objek, haruslah mendapatkan perlakuan yang adil. Hal ini diperlukan agar tercipta suatu stabilitas sosial sehingga terbentuk budaya yang kondusif.

### C. *Economical Sustainability*

Yaitu pembangunan yang relative rendah biaya inisiasi dan operasinya. Selain itu, dari segi ekonomi bisa mendatangkan profit juga, selain menghadirkan benefit seperti yang telah disebutkan pada aspek-aspek yang telah disebutkan sebelumnya. Pembangunan ini memiliki ciri produktif secara kuantitas dan kualitasnya, serta memberikan peluang kerja dan keuntungan lainnya untuk individu kelas menengah dan bawah.

Konsep dalam arsitektur yang mendukung arsitektur berkelanjutan, antara lain :

#### 1. Dalam efisiensi penggunaan energi :

- a. Memanfaatkan sinar matahari untuk pencahayaan alami secara maksimal pada siang hari, untuk mengurangi penggunaan energi listrik.
- b. Memanfaatkan penghawaan alami sebagai ganti pengkondisian udara buatan (*air conditioner*).
- c. Menggunakan ventilasi dan bukaan, penghawaan silang, dan cara-cara inovatif lainnya.
- d. Memanfaatkan air hujan dalam cara-cara inovatif untuk menampung dan mengolah air hujan untuk keperluan domestik.
- e. Konsep efisiensi penggunaan energi seperti pencahayaan dan penghawaan alami merupakan konsep spesifik untuk wilayah dengan iklim tropis.

#### 2. Dalam efisiensi penggunaan lahan:

- a. Menggunakan seperlunya lahan yang ada, tidak semua lahan harus dijadikan bangunan, atau ditutupi dengan bangunan. Menggunakan lahan secara efisien, kompak dan terpadu.
- b. Potensi hijau tumbuhan dalam lahan dapat digantikan atau dimaksimalkan dengan berbagai inovasi, misalnya pembuatan atap diatas bangunan (taman atap), taman gantung (dengan menggantung pot-pot tanaman pada sekitar bangunan), pagar tanaman atau yang dapat diisi dengan tanaman, dinding dengan taman pada dinding ,dan sebagainya.
- c. Menghargai kehadiran tanaman yang ada di lahan, dengan tidak mudah menebang pohon-pohon, sehingga tumbuhan yang ada dapat menjadi bagian untuk berbagi dengan bangunan.
- d. Desain terbuka dengan ruang-ruang yang terbuka ke taman (sesuai dengan fleksibilitas buka-tutup yang direncanakan sebelumnya) dapat menjadi

inovasi untuk mengintegrasikan luar dan dalam bangunan, memberikan fleksibilitas ruang yang lebih besar.

- e. Dalam perencanaan desain, pertimbangkan berbagai hal yang dapat menjadi tolak ukur dalam menggunakan berbagai potensi lahan, misalnya; luas ruang yang diperlukan, letak lahan (di kota atau di desa), bentuk site dan pengaruhnya terhadap desain ruang-ruang, banyak potensi cahaya dan penghawaan alami.

3. Dalam efisiensi penggunaan material :

- a. Memanfaatkan material sisa untuk digunakan juga dalam pembangunan, sehingga tidak membuang material, misalnya kayu sisa dapat digunakan untuk bagian lain bangunan.
- b. Memanfaatkan material bekas untuk bangunan, komponen lama yang masih bisa digunakan, misalnya sisa bongkaran bangunan lama.
- c. Menggunakan material yang masih berlimpah maupun yang jarang ditemui dengan sebaik-baiknya, terutama untuk material seperti kayu.

4. Dalam penggunaan teknologi dan material baru :

- a. Memanfaatkan potensi energi terbarukan seperti energi angin, cahaya matahari dan air untuk menghasilkan energi listrik domestik untuk rumah tangga dan bangunan lain secara independen.
- b. Memanfaatkan material baru melalui penemuan baru yang secara global dapat membuka kesempatan menggunakan material terbarukan yang cepat diproduksi, murah dan terbuka terhadap inovasi, misalnya bambu.

5. Dalam manajemen limbah :

- a. Membuat sistem pengolahan limbah domestik seperti air kotor (*black water*, *grey water*) yang mandiri dan tidak membebani sistem aliran air kota.
- b. Cara-cara inovatif yang patut dicoba seperti membuat sistem dekomposisi limbah organik agar terurai secara alami dalam lahan, membuat benda-benda yang biasa menjadi limbah atau sampah domestik dari bahan-bahan yang dapat didaur ulang. Pemilihan material yang tepat turut mempengaruhi kondisi lingkungan setempat, proses pembangunan dan pemeliharaan bangunan. Menggunakan material dari sumber dayaterbarukan, material daur. ulang dan produk lokal setempat dapat menjaga kondisi lingkungan dan mendorong ekonomi dan produksi lokal suatu daerah.

Menurut Wulfram, bahan bangunan dapat dibedakan menjadi dua, yaitu:

1. Bahan bangunan alami, tidak mengandung zat yang mengganggu kesehatan penghuni seperti batu alam, kayu, bambu, dan tanah liat.
2. Bahan bangunan buatan, mengandung zat kimia yang dapat membahayakan kesehatan manusia seperti pipa, plastik, *rock wool*, cat kimia, dan perekat.

Menggunakan material lokal merupakan salah satu bentuk dukungan terhadap ekonomi dan mengurangi jumlah transportasi, apalagi transportasi melalui laut, karena jauh dan banyak memerlukan energi. Proses yang sederhana cenderung membutuhkan sedikit energi dan hemat energi.

Tabel 2.1 Energi yang dibutuhkan dalam pembuatan beberapa produk

No	Jenis Produk	KWH/ metric ton
1.	Kayu	1000
2.	Bambu	600
3.	Semen	1400
4.	Kaca	3900
5.	Besi	4000
6.	Plastik	28.000
7.	Aluminium	71.000

Sumber: *GBCI network and Sharing*, 2010

Menurut Heinz Fricks, bahan bangunan dikelompokkan dalam 6 jenis yang dapat dilihat pada Tabel 2.2 berikut :

Tabel 2.2 Kelompok bahan bangunan

No	Kelompok bahan bangunan	Contoh bahan bangunan
1.	Bahan bangunan yang dapat dibudidayakan kembali ( <i>regeneratif</i> )	Kayu, bambu, rotan, rumbia, alang-alang, serabut kelapa, kulit kayu, kapas, kapuk, kulit binatang, wol.
2.	Bahan bangunan alam yang dapat digunakan kembali ( <i>reuse</i> )	Tanah, tanah liat, lempung, tras, kapur, batu kali, batu alam.
3.	Bahan bangunan yang dapat digunakan kembali.	Limbah, potongan, sampah, ampas, bahan kemasan, mobil bekas, ban mobil, serbuk kayu, potongan kaca.
4.	Bahan bangunan alam yang mengalami transformasi sederhana	Batu merah, genting tanah liat, batako, konblok, logam, kaca, semen.
5.	Bahan bangunan alam yang mengalami beberapa tingkat perubahan transformasi	Plastik, bahan sintesis, epoksi
6.	Bahan bangunan komposit	Beton bertulang, pelat serat semen, beton komposit, cat kimia, perekat.

Sumber: Frick & Suskiyanto, 2007

Berdasarkan analisa dari beberapa teori dapat disimpulkan bangunan ekologis dan pembangunan yang berkelanjutan adalah arsitektur yang memperhatikan banyak aspek diantaranya:

1. Desain yang memperhatikan lingkungan

2. Pemilihan material yang tepat
3. Pemilihan dan penerapan material serta sumber daya setempat, terutama pada pemilihan material alami
4. Kontribusi dan dampak bangunan terhadap lingkungan alam dan lingkungan sosial di sekitar bangunan
5. menjaga ketersediaan material alam dan material bangunan untuk masa depan.

Berdasarkan kriteria-kriteria bahan bangunan di atas, dapat disimpulkan bahwa bahan bangunan alami seperti bambu, tanah dan kayu merupakan bahan bangunan ramah lingkungan karena dapat diperoleh secara lokal di daerah setempat serta dapat dibudidayakan kembali. Bahan bangunan tersebut juga menghasilkan racun yang lebih sedikit, dan menghasilkan polusi yang lebih sedikit pada lingkungan. Hal ini dapat mendukung perancangan bangunan yang berfungsi sebagai sarana edukasi lingkungan.

### **2.3.2 Membangun di daerah rawa – rawa**

Dalam membangun di daerah yang tergenang air diperlukan perhatian khusus terhadap system konstruksi bangunan yang sesuai terhadap konsisi tapaknya. Menurut Heinz Frik dalam bukunya *Arsitektur Ekologis*, hal – hal yang perlu diperhatikan diantaranya :

#### **A. Tapak / lahan**

Lahan yang terkena pasang surut biasanya secara ekologis merupakan lahan lahan yang keanekaragaman hayatinya paling kaya karena tempat pertemuan antara komunitas akuatik dan komunitas terrestrial yaitu ekosistem *mangrove*. Jika lahan rawa-rawa yang berfungsi sebagai sepon yang mengatur kelebihan air dari darat (banjir) dan kelebihan air dari laut (pasang purnama dan *rob*) akan ditimbun tanah untuk pembangunan, maka pengaturan banjir dan *rob* serta ekosistem akan rusak. Sebaiknya pada lahan tersebut digunakan bangunan panggung.

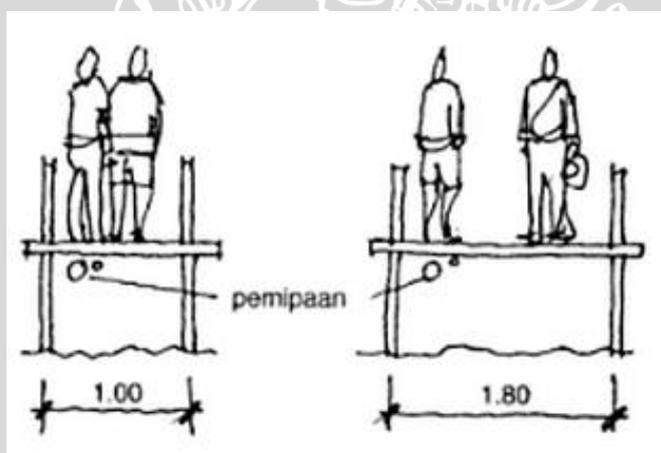
#### **B. Pencapaian dan sirkulasi**

Pencapaian lahan tergenang air merupakan permasalahan yang perlu dipertimbangkan dari awal. Bangunan panggung biasanya berhubungan dengan jalan setapak panggung seperti jembatan memanjang dengan penyangga berjarak < 3.00 m. Dengan begitu bangunan panggung biasanya dapat dicapai dari satu sisi saja (sisi daratan), disitu lalu lintas kendaraan bermotor berhenti. Hal ini berarti bahwa diseluruh tatanan masa bangunan panggung, jalan pencapaian merupakan jalan setapak.



Gambar 2.3 Bangunan panggung dengan sirkulasi jembatan penghubung  
 Sumber : Heinz Frick, 2006, Seri Eko-Arsitektur 2 "Arsitektur Ekologis".

Selain mempunyai penyangga jarak < 3.00 m, jalan setapak primer memiliki lebar 1.80 m dengan sandaran di sebelah kanan kirinya dan jalan setapak sekunder memiliki lebar 1.00 m dengan sandaran minimal pada satu sisi. Pada sepanjang sisi bawah papan bisa digunakan sebagai tempat pemipaan air bersih dan air tinja umumnya tidak terlalu sulit karena permukaan lantai bangunan panggung biasanya letaknya lebih tinggi daripada daratan terdekat. Oleh karena itu air tinja sebaiknya disalurkan ke daratan terdekat.



Gambar 2.4 Dimensi jalan setapak panggung dan penempatan saluran utilitas  
 Sumber : Heinz Frick, 2006, Seri Eko-Arsitektur 2 "Arsitektur Ekologis".

### C. Limbah

Makin kecil daerah yang menggunakan pengolahan air limbah secara ekologis makin sederhana dan murah penyediaan, pengolahan dan pengontrolannya. Disamping itu pengguna lahan juga kecil penyesuaiannya secara ekologis pada lingkungan alam lebih mudah. Sistem kolam adalah system yang paling sederhana dengan embuat lubang didalam tanah yang tidak kedap air (tanah berkerikil, bercadas, tras, dan sebagainya)

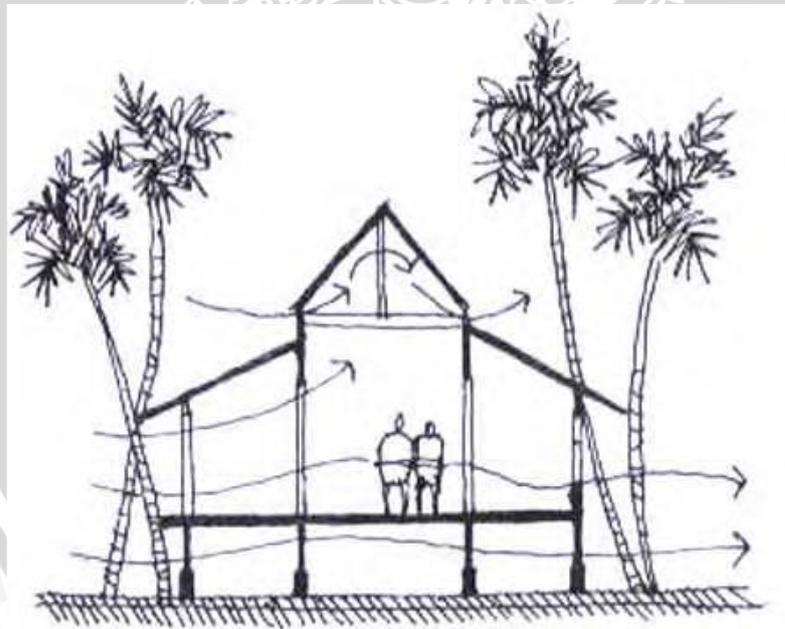
perlu dikedap terhadap rembesan air dengan menggunakan tanah liat, tanah pekat, atau kapur, semen, dan sebagainya.

#### D. Sampah

Sampah sisa dari proses bangunan sebaiknya dipisahkan langsung di tempat berdasarkan asalnya yang terdiri atas sampah organik (sampah basah) dan sampah anorganik (sampah kering) ditampung pada tempat sementara yang kemudian dapat diangkut ke daratan. Sampah organik kemudian dapat dikomposkan sehingga menjadi pupuk alam dan sampah anorganik bias didaur ulang dan hanya bagian yang tersisa dibuang ke TPA.

#### E. Bangunan panggung

Bangunan panggung sapat dimanfaatkan juga untuk meningkatkan penyegaran udara secara alamiah, hal tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan *cross ventilation* yang bertujuan memindahkan udara panas yang diakibatkan sinar matahari ke luar. Optimalisasi bukaan pada selubung bangunan atau dinding yang letaknya di ketinggian dekat lantai, tengah ruang maupun di bawah atap akan menunjang aliran udara dan ditunjang oleh angin yang bergerak dibawah lantai.



Gambar 2.5 *Cross Ventilation* pada bangunan panggung  
Sumber : Heinz Frick, Arsitektur Ekologis (2006)

Sementara itu permukaan atap menerima radiasi panas dari matahari sepanjang hari. Akibatnya terjadi interval suhu yang cukup lebar antara permukaan atap dan lantai. Perbedaan suhu ini menyebabkan terjadinya perbedaan tekanan sehingga udara mengalir dari bawah ke atas. Dengan demikian udara di dalam ruang akan lebih cepat berganti dan memaksimalkan penghawaan secara alami.

## F. Struktur

Untuk efisiensi penggunaan lahan dan pengerjaan, struktur kaku dan modular sering digunakan. Struktur bangunan panggung dapat memberi pencegahan terhadap rayap di antara tiang dan *sloof* baik dengan konstruksi kayu maupun beton bertulang.

## G. Pondasi di Daerah Rawa

### 1. Pondasi Setempat

Pondasi ini digunakan pada bagian bangunan yang terpisah misalnya kolom, tiang dan sebagainya. Biasanya pondasi ini digunakan pada bangunan panggung di daerah rawa-rawa atau yang terancam banjir. Bahan bangunan yang sering digunakan adalah kayu, batu alam, atau beton. Pada konstruksi pondasi kayu perlu diperhatikan bahwa kayu yang tidak terlalu terendam air akan membusuk. Karena keadaan *kering-basah* dapat menyebabkan kayu lebih cepat lapuk daripada kayu yang terendam air secara terus menerus. Untuk menghindari hal tersebut, kayu ulin menjadi pilihan paling baik.

### 2. Pondasi Lajur

Pondasi ini diletakkan di bagian bawah sehingga terbaring datar. Tiang struktur bangunan panggung dipasang dengan purus di dalam lubang tersebut. Pondasi ini menggunakan dua batang kayu bulat untuk menghindari turunnya tiang struktur bangunan panggung yang dilengkapi dengan kayu sepatu (Heinz Frick).

### 3. Pondasi Tiang Pancang

Pondasi ini digunakan untuk bangunan yang selalu terendam air (Heinz Frick). Kayu yang selalu berada di dalam air tidak akan membusuk karena tidak ada oksigen yang masuk. Jarak antara tiang pancang kayu sekurang-kurangnya 2,5 kali garis tengah dan seharusnya  $> 60$  cm.

## 2.4 Tinjauan Struktur dan Konstruksi Bangunan Bambu

### 2.4.1 Sifat-sifat bambu secara umum

Bambu yang tumbuh di Indonesia beragam dan memiliki karakteristik masing-masing. Namun tidak semua jenis bambu bisa dimanfaatkan sebagai material bangunan. Diberbagai daerah bambu sudah banyak digunakan sebagai bahan bangunan yang ramah lingkungan dan terjangkau. Seratnya yang liat dan elastis sangat baik dalam menahan beban (baik beban tekan/tarik, geser, maupun tekuk). Klasifikasi dan spesifikasi ragam bambu yang bisa dimanfaatkan sebagai material bangunan dijelaskan pada tabel 2.3 berikut.

Tabel 2.3 Klasifikasi dan spesifikasi ragam bambu

No.	Nama	Spesifikasi	Budidaya
1	<i>Bambusa bambos</i> (L.) Voss bambu ori, jawa: pring ori	Tinggi mencapai 30 m (dinding batang sangat tebal dan batang berbulu tebal); 15-18 cm (jarak buku 20-40 cm); hijau muda.	umur 3-4 tahun
2	<i>Bambusa vulgaris Schrader ex Wendland</i> , pring ampel, bambu ampel, haur	Tinggi mencapai 10-20 m (batang berbulu sangat tipis dan tebal dinding batang 7-15 mm); 4-10 cm (jarak buku 20-45 cm); kuning muda bergaris hijau tua.	3 tahun, puncak produksi mulai umur 6-8 tahun
3	<i>Dendrocalamus asper</i> (Schultes f.) Backer ex Heyne bambu petung, buluh betung, bulu jawa, betho	Tinggi mencapai 20-30 m (batang berbulu tebal dan ebal dinding batang 11-36 mm); 8-20 cm (jarak buku 10-20 cm di bagian bawah dan 30-50 cm di bagian atas); coklat tua.	3 tahun, puncak produksi mulai umur 5-6 tahun
4	<i>Gigantochloa apus</i> (J.A & J.H. Schultes) Kurz Pring apus, pupus	Tinggi mencapai 8-30 m (batang berbulu tebal dan tebal dinding batang 1,5 cm); 4-13 cm (jarak buku 20-75); hijau keabu-abuan cenderung kuning mengkilap.	1-3 tahun pada musim kering (antara April sampai Oktober) pada batang yang sudah berumur lebih dari 2 tahun
5	<i>Gigantochloa atroviolacea</i> Widjaja bambu hitam, pring. wulung, peri laka	Tinggi mencapai 2 m (batang berbulu tipis/halus dan tebal, dinding batang hingga 8 mm); 6-8 cm (jarak buku 40-50 cm); Dari hijau-coklat tua-keunguan atau hitam.	4-5 tahun
6	<i>Gigantochloa pseudoarundinacea</i> (Steudel) Widjaja bambu andong, gambang surat, peri	Tinggi mencapai 7-30 m (batang berbulu tebal dan tebal dinding batang hingga 2 cm); 5-13 cm (jarak buku hingga 40-45 cm); hijau kehijau-kuningan atau hijau muda	3 tahun

Sumber: Ahmad Nur Hafid, 2005

Beberapa jenis bambu yang paling sering digunakan untuk bangunan bambu adalah:

1. Bambu petung/betung (*Dendrocalamus asper*). Bambu ini memiliki dinding yang tebal dan kokoh serta diameter yang dapat mencapai lebih dari 20 cm. Dapat tumbuh hingga lebih 25 meter. Bambu petung banyak digunakan untuk tiang atau penyangga bangunan. Juga sering di belah untuk keperluan reng/usuk bangunan.
2. Bambu hitam atau bambu wulung (*Gigantochloa atroviolacea*). Banyak tumbuh di jawa dan sumatra. Jenis bambu ini dapat mencapai diameter hingga 14 cm dan tinggi lebih dari 20 meter. Banyak digunakan sebagai bahan bangunan dan perabot bambu karena relatif lebih tahan terhadap hama.

3. Bambu apus atau tali (*Gigantochloa apus*). Jenis ini banyak digunakan sebagai komponen atap dan dinding pada bangunan. Diameter antara 4 hingga 10 cm. Juga sangat cocok untuk mebel dan kerajinan tangan.

#### 2.4.2 Teknologi pengolahan bambu

##### A. Pengawetan bambu

Untuk mencegah bambu mengalami kerusakan dalam waktu cepat digunakan beberapa metode pengawetan bambu, yaitu metode kimia dan non-kimia. Metode non-kimia sudah banyak diterapkan di daerah pedesaan dan metode ini tidak membutuhkan biaya yang besar. Metode kimia biasanya menggunakan bahan pengawet dan metode ini cukup mahal tetapi relatif memberikan perlindungan yang lebih baik. Bambu dapat dikatakan ekonomis bila dalam proses pengawetan dapat dipakai dalam 10-15 thn, untuk bambu dengan perlindungan tertentu 15-25 thn. Beberapa metode bambu yang diterapkan antara lain :

1. *Curing*, metode ini menggunakan cabang dan daun bambu untuk proses asimilasi sehingga kandungan pati dalam bambu berkurang, sehingga tahan terhadap serangan bambu bubuk, tetapi tidak tahan terhadap jamur dan rayap
2. Pengasapan, metode ini menggunakan rumah perapian dengan pengaruh asap sampai pengaruh asap menghitamkan bambu dengan suhu 120°C - 150°C dan menyebabkan senyawa pati dalam parenkim terurai.
3. Pelaburan, metode ini menggunakan kapur tohor untuk memperlambat penyerapan sehingga bambu tahan jamur.
4. Perendaman dalam air, metode tradisional ini menggunakan bambu yang direndam untuk mengurangi pati bambu, agar tahan terhadap kumbang bubuk.
5. Perebusan, pemanasan dengan menggunakan air dengan suhu 100°C, sehingga menyebabkan pati mengalami gelatinasi sempurna, tetapi metode ini tidak populer karena kurang efektif.
6. Metode *Butt Treatment*, metode ini menggunakan tangki yang berisi larutan pengawet dan memasukkan bagian bawah batang bambu yang sudah dipotong. Larutan pengawet akan masuk ke pembuluh batang karena proses transpirasi daun masih berlangsung, tetapi prosesnya cukup lama.

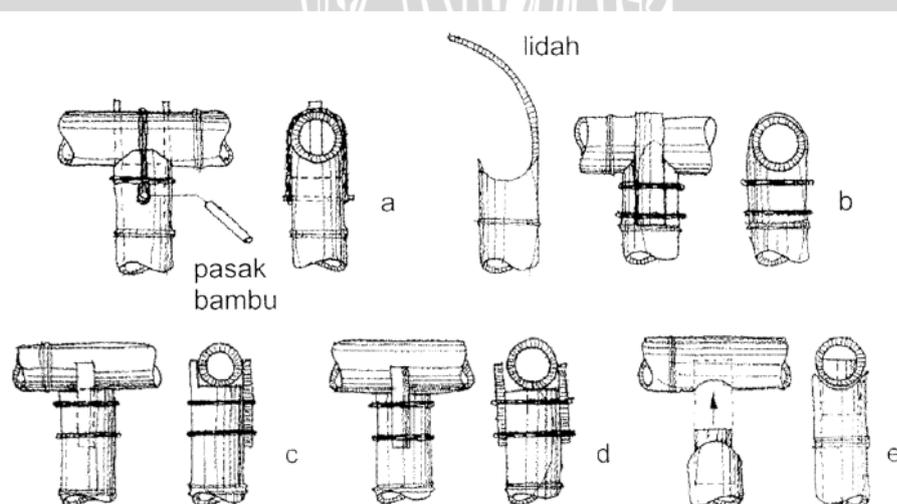
7. Metode Tangki Terbuka, metode ini menggunakan larutan pengawet yang dicampur air dan bambu dengan ukuran tertentu direndam. Bambu sebaiknya dikeringkan terlebih dahulu.
8. Metode *Boucherie*, metode ini menggunakan mesin *boucherie* dan memasukkan beberapa bambu yang dipotong dengan ukuran tertentu. Mesin tersebut akan mengeluarkan cairan pengawet dengan tekanan 0,8 – 1,5 kg/m<sup>2</sup>.
9. Metode Kimia Sederhana, metode ini menggunakan tabung yang berisi minyak solar. Bambu yang segar, didirikan terbalik dan dimasukkan tabung yang berisi minyak solar. Karena gaya gravitasi, minyak solar ini akan mendesak keluar cairan yang ada di dalam bambu. Proses ini memakan waktu seminggu.

#### B. Konstruksi sambungan bambu

Bambu sebagai bahan bangunan berbentuk pipa menuntut konstruksi sambungan yang sangat berbeda jika dibandingkan dengan kayu. Paku biasanya membelah dan merusak bambu, kecuali jika dibor terlebih dahulu. Alat sambungan yang cocok untuk bambu adalah pengikatan dengan bermacam tali. Beberapa tipe sambungan tersebut antara lain :

##### 1. Tipe sambungan rol

Rol merupakan jenis sambungan yang mengizinkan pergerakan elemen struktur secara horizontal. Pada jenis sambungan ini beban yang ditahan hanya berupa beban vertikal. Penerapan sambungan rol pada konstruksi bambu dapat ditemui pada sambungan tiang dan kuda-kuda penopang atau peran (*gording*).



Gambar 2.6 Penerapan sambungan rol pada sambungan bambu  
Sumber: Heinz, Frick, 2004.

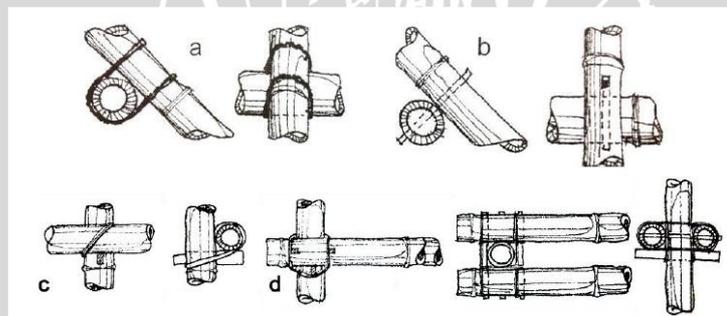
Sambungan-sambungan dengan sambungan rol dapat dilakukan dengan cara:

- Sambungan dengan purus berganda terikat;
- Sambungan dengan lidah yang terikat;
- Tiang dengan purus dan lidah pengapit yang terikat;
- Sambungan dengan lidah pengapit yang terikat;
- Sambungan dengan purus kayu.

## 2. Tipe sambungan sendi

Secara umum, sambungan pada struktur bambu banyak menggunakan jenis sambungan sendi. Jenis sambungan sendi memungkinkan dalam menahan gaya vertikal dan horizontal, tetapi tidak dapat menahan rotasi akibat momen. Penerapan sambungan Sendi pada konstruksi bambu dapat ditemui pada pemasangan kaso pada gording, dan juga pada beberapa sambungan kolom dan balok yang lebih rumit. Sambungan-sambungan tersebut dapat dilakukan dengan cara:

- Dengan pengikatan;
- Dengan pasak bambu, sedangkan sambungan pada kolom dan balok yang lebih rumit;
- Pengikatan balok lantai pada kolom dengan pasak kayu;
- Pengikatan balok lantai berganda pada kolom dengan pasak kayu.

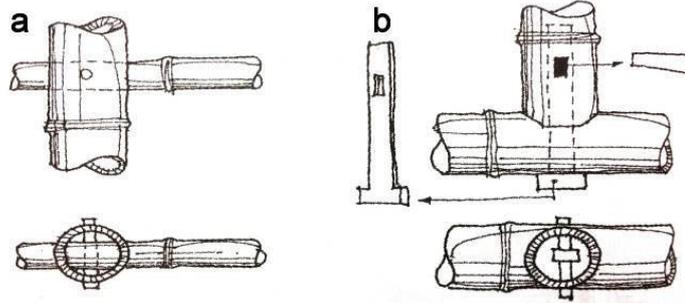


Gambar 2.7 Penerapan sambungan sendi pada sambungan bambu  
Sumber: Heinz, Frick. 2004. hlm.26

## 3. Tipe sambungan jepit

Sambungan jepit merupakan jenis sambungan yang paling kaku dimana elemen struktur tidak hanya dapat menahan beban vertikal dan horizontal, tetapi juga dapat menahan rotasi atau momen. Sambungan jepit pada konstruksi bambu dapat dicapai dengan menggunakan pasak. Sambungan dengan tersebut dilakukan dengan cara:

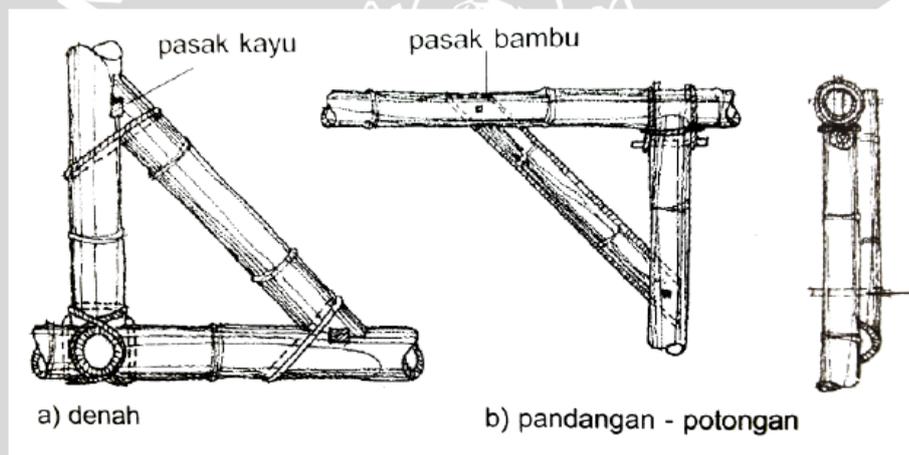
- Tembusan dengan pasak;
- Pasak wedokan dengan baji lanang.



Gambar 2.8 Penerapan sambungan jepit pada sambungan bambu  
Sumber: Heinz, Frick. 2004

Selain itu, sambungan jepit pada bambu juga dapat ditemui pada konstruksi penopang/*bracing*, dengan cara:

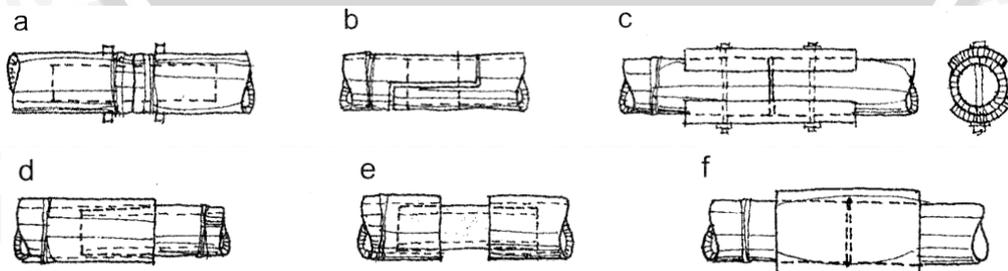
- Penopang horizontal untuk memperkuat batang bantalan atau peran dinding pada tiang sudut.
- Penopang vertikal untuk menambah kekakuan dalam arah horizontal diantara kolom dan balok.



Gambar 2.9 Sambungan penopang/*Bracing*  
Sumber: Heinz, Frick. 2004. hlm.26

#### 4. Sambungan memanjang

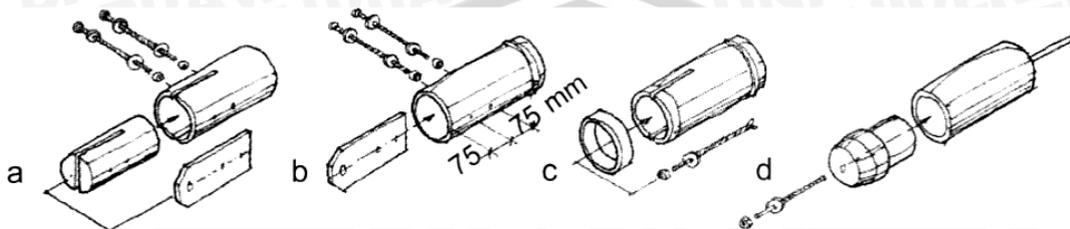
Sambungan memanjang dibutuhkan untuk batang bambu yang perlu diperpanjang.



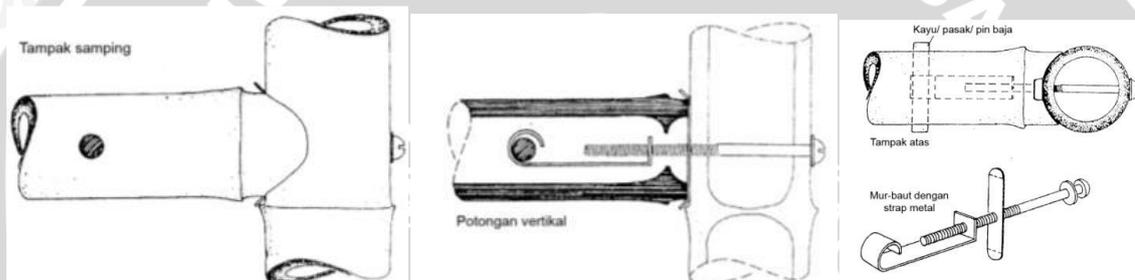
Gambar 2.10 Sambungan memanjang batang bambu:  
(a) sambungan dengan kayu isian, (b) bibir lurus, (c) lidah pengapit  
(d) sambungan sisipan, (e) pipa baja di dalam, (f) selongsong pipa lebih besar  
Sumber: Frick, 2004, hlm. 24

## 5. Sambungan pada rangka batang

Sambungan-sambungan pada rangka batang merupakan sambungan yang menerima gaya tarik maupun tekan dari segala arah pada titik hubungannya. Dibutuhkan teknologi konstruksi sambungan lebih tinggi dan alat tambahan (baja, dsb.), khususnya untuk sambungan tarik. Sambungan dengan perilaku tekan saja dapat menggunakan sambungan bambu tradisional seperti pada nomor 2 di atas.



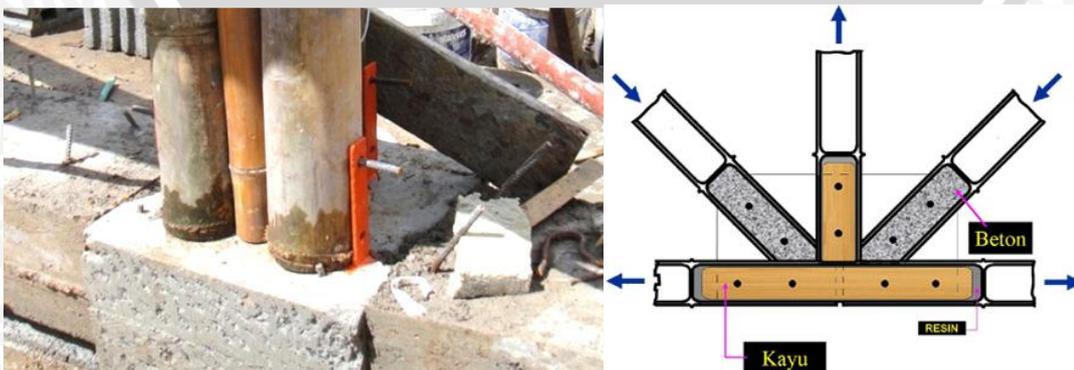
Gambar 2.11 Sambungan kombinasi dengan teknologi modern mur-baut  
Sumber: Frick, 2004, hlm. 27



Gambar 2.12 Sambungan tarik dengan mur-baut dan strap metal  
Sumber: Dunkelberg, 2000, hlm. 150

## 6. Sambungan dengan beton

Untuk bangunan-bangunan bambu dengan dimensi yang cukup besar, dibutuhkan pondasi yang kuat seperti bangunan-bangunan pada umumnya. Bambu tidak diperkenankan msenyentuh tanah secara langsung (karena dapat busuk) sehingga dibutuhkan dudukan bagi rangka-rangka bambu tersebut berupa pedestal dari beton. *Joint* menggunakan tulangan besi yang diangkur. Beton juga dapat dikombinasikan juga dengan kayu sebagai *joint* pada bagian rangka bambu.



Gambar 2.13 Sambungan bambu dengan beton  
Sumber: <http://bamboeindonesia.wordpress.com/> diakses 22 Februari 2014

### 2.4.3 Teknologi pada bangunan bambu

Bambu memiliki banyak kelebihan karena harganya yang murah, mudah didapatkan dan memiliki fungsi yang sangat banyak untuk lingkungan dan ekologi, tetapi dibalik semua itu bambu juga memiliki beberapa kelemahan antara lain mudah rusak dan terserang jamur atau hama lainnya, selain itu juga bambu diragukan sebagai struktur alternative pengganti kayu atau baja. Tetapi dengan pemanfaatan teknologi bambu dan proses pengawetan yang tepat, bambu dapat menjadi sebuah potensi yang nyata bagi dunia konstruksi.

#### A. Bambu Laminasi

Bambu Laminasi adalah balok/papan yang terdiri dari susunan bilah bambu yang melintang dengan diikat oleh perekat tertentu. Teknologi bambu laminasi pada awalnya didasari oleh pemikiran dari balok *glulam* (*glue laminated beam*). Menurut Morisco (2006), secara garis besar keuntungan yang dapat diperoleh dari teknologi laminasi antara lain :

1. Teknologi laminasi secara tidak langsung dapat mengatasi masalah retak, pecah ataupun cacat akibat pengeringan karena lamina terdiri atas lembaran - lembaran yang tipis sehingga pengeringan lebih cepat dan mudah.
2. Produk lamina yang berlapis-lapis memungkinkan untuk memanfaatkan lamina berkualitas rendah untuk disisipkan diantara lapisan luar (*face*) dan lapisan belakang (*back*) seperti halnya produk kayu lapis.
3. Teknologi laminasi memungkinkan pembuatan struktur bangunan berukuran besar yang lebih stabil karena seluruh komponen (lembaran) yang digunakan telah dikeringkan sebelum dirakit menjadi produk laminasi.
4. Arah serat lamina dapat dipasang saling bersilangan, sehingga susunan ini akan menjadikan kembang-susut produk tidak besar.

Proses laminasi dilakukan setelah bambu mengalami proses pengawetan dan pengolahan bambu menjadi bilah-bilah. Adapun tahapan-tahapan kegiatan laminasi adalah sebagai berikut:

1. Dipilih bilah-bilah bambu yang lurus dengan kadar air sudah mencapai 12 - 15 %.
2. Agar dalam satu susunan lapis diperoleh dimensi bilah yang seragam, terlebih dahulu bilah diserut. Kemudian bilah siap dilem, pada pengeleman bilah disusun melebar sekitar 5-7 bilah dengan lebar tiap lapis 30 mm.

3. Bilah dilem dengan cara dikuas pada kedua sisi lebarnya dengan campuran perekat dan hardener sesuai komposisi yang direncanakan. Kemudian dimasukkan ke dalam cetakan/klem untuk kemudian dikencangkan.
4. Setelah terkumpul 2 lapis susunan bilah dalam satu cetakan/klem, kemudian lapis bilah tersebut dikempa dengan tekanan kempa 2.0 Mpa.
5. Dilanjutkan dengan proses pengeringan/penjemuran selama + 2 jam.
6. Setelah itu lapisan bilah dikeluarkan dari cetakan.

Teknologi penerapan bambu sebagai bahan utama struktur mulai dikembangkan di beberapa Negara seperti Amerika dan China. Di Negara-negara tersebut bambu laminasi sudah menjadi industri konstruksi yang menjanjikan. Berikut adalah gambar bambu laminasi sebagai konstruksi utama gedung yang diproduksi oleh perusahaan konstruksi asal Amerika.



Gambar 2.14 Balok struktur dari bambu laminasi  
Sumber : [www.Lamboo.us](http://www.Lamboo.us) diakses 25 Februari 2014

Dengan teknologi yang tepat bambu dapat digunakan sebagai bahan utama struktur yang lebih baik daripada kayu sengon dan sejenisnya, selain itu pada saat ini bentuk laminasi juga mulai bervariasi dan inovatif sesuai dengan kebutuhan struktur. Dengan kualitas hampir menyamai kayu jati maka bambu laminasi merupakan salah satu material yang sangat tepat sebagai pengganti kayu.

## B. Bambu Plester

Bambu plester merupakan konsep yang menggabungkan material modern dan material alami. Bambu plester adalah konstruksi dinding yang memakai bambu yang dikombinasikan dengan bahan *cement based* (bambu plaster, bambu pracetak). Bambu plester menggunakan anyaman bambu sebagai rangka dinding yang kemudian di plester untuk menambah kekuatan dan memberi kesan dinding batu bata.

Konsep dinding plester merupakan pengembangan peninggalan zaman Belanda yang mampu bertahan hingga 90 tahun. misalnya Rumah Bambu Plaster - Jatiroto yang didirikan tahun 1900-an. Meski saat ini sebagian telah rusak namun sebagian lagi masih bisa digunakan. Bangunan ini menggunakan anyaman bambu sebagai dinding namun memiliki ekspresi rumah tembok batu bata.



Gambar 2.15 Penerapan bambu plester  
Sumber : [www.bambus.com](http://www.bambus.com)

Rumah bambu plester dikembangkan karena beberapa alasan :

1. Alternatif rumah murah
2. Memanfaatkan potensi bambu
3. Mengurangi resiko kebakaran pada bambu
4. Menambah keawetan pada bambu

Namun karena material ini berasal dari bahan alami yang memiliki ketahanan lebih terbatas dibanding material modern seperti baja dan beton. Berikut adalah keunggulan dan kelemahan bambu plester.

#### Keunggulan:

1. Konstruksi murah, mudah dan cepat.
2. Kecepatan konstruksi (sekitar 3 minggu dengan 3 orang tukang).
3. Pengurangan resiko kebakaran jika dibandingkan dengan rumah bambu.
4. Pengurangan resiko serangan hama perusak kayu (rayap, bubuk dan jamur).
5. Bahan baku yang mudah didapat.
6. Tidak diperlukan kerapihan anyaman dan sambungan bambu karena tertutup plesteran.
7. Konstruksi tahan gempa (ringan dan tidak kaku)

#### Kelemahan :

1. Kemungkinan panjang dan ukuran dari bilah bambu yang tidak seragam.
2. Sulit dalam teknik penyambungannya pada proses konstruksi.
3. Material bambu diidentikan dengan kemiskinan.
4. Masih terlihat retak-retak pada plesteran dinding, jika Muai/susut anyaman dan plesteran yang berbeda, bambu yang dipakai tidak cukup kering, kualitas pasir plesteran yang buruk dan penurunan tidak merata pada pondasi.

Namun secara fungsi, bambu plester sudah mampu menggantikan fungsi batu bata atau beton meskipun dengan beberapa kelemahan.

#### **2.4.4 Persyaratan bangunan bambu**

Menurut Mardjono (2002), untuk membuat sebuah bangunan bambu perlu dilihat dari beberapa aspek yang dapat dipertimbangkan. Sebagai contoh, persyaratan untuk kondisi lingkungan sekitar antara lain :

1. Jika bambu berada pada daerah tropis, maka suhu dari bangunan tergantung dari ketinggian tempat bangunan. Setiap ketinggian 100 m, maka suhu rata-rata akan mengalami penurunan 1°C.
2. Jika bambu berada pada daerah rawan gempa, maka material yang dipilih adalah material yang ringan, struktur bangunan harus diperkuat dengan silang angin dan menggunakan material yang seragam.
3. Jika bangunan bambu terletak pada daerah dengan angin yang kuat, maka material yang harus digunakan harus berat, struktur bangunan harus diperkuat dengan silang angin dan memiliki sambungan yang kuat pada beberapa bagian bangunan.

4. Jika bambu berada pada daerah yang memiliki intensitas hujan yang tinggi, maka atap yang digunakan harus curam agar air hujan jatuh dengan cepat, buat jarak antara ketinggian lantai dari permukaan tanah, menggunakan bahan material exterior tahan air dan lebih atap harus mencukupi.
5. Jika bambu terletak di daerah pinggir pantai, maka harus diasumsikan angin di daerah tersebut kuat, jika terdapat banjir maka gunakan lantai panggung dan gunakan batang bambu sebagai tumpuan pondasi.
6. Jika terdapat spesies bambu lokal, maka penggunaannya pada bangunan harus diprioritaskan, gunakan metode lokal untuk pelestarian bambu, pertimbangan pembuatan bangunan bambu dengan peralatan lokal dan teknik setempat, maka bangunan dapat dibangun dengan harga murah jika menggunakan teknologi setempat.

## 2.5 Tinjauan Objek Komparasi

### 2.5.1 *Mangrove Information Centre Bali*

#### A. Gambaran umum

*Mangrove Information Center* (MIC) yang terletak di dalam Kawasan Taman Hutan Raya di Desa Pemogan, Kecamatan Denpasar Selatan, Kota Denpasar - Bali. *Mangrove Information Center* (MIC) merupakan proyek kerjasama antara Pemerintah Indonesia melalui Proyek Pengembangan Pengelolaan Hutan *Mangrove* Lestari dan Pemerintah Jepang melalui Lembaga Kerjasama Internasional Pemerintah Jepang melalui *Japan International Corporation Agency* (JICA). Proyek kerjasama ini terdiri dari beberapa tahapan. Tahap pertama dimulai pada tahun 1992 dan berakhir tahun 1997.

#### B. Konsep desain

Bangunan utama pada *Mangrove Information Centre* merupakan zona pusat dari pergerakan sirkulasi, terdapat dua zoning pembagian fungsi-fungsi bangunan yang dikelompokkan menjadi zona darat dan laut. Adaptasi material bangunan disesuaikan dengan fungsi bangunan, untuk bangunan-bangunan yang di darat menggunakan material seperti bata, semen dan material manufaktur lainnya sedangkan yang di laut menggunakan material kayu dan material alami yang mudah cara penggantian dan ramah terhadap lingkungan.



Gambar 2.16 Gedung utama pusat informasi  
Sumber : [www.flickr.com](http://www.flickr.com) (diakses 20 januari 2014)

Lokalitas diterapkan pada ragam hias bangunan yang masih memuat unsur khas Bali, terdapat pada pintu, beberapa ornament interior pusat informasi dan pada aksesoris eksterior di ujung – ujung bubungan atap. Energi dalam bangunan menggunakan jaringan utilitas kawasan dengan penyesuaian khusus seperti penerangan pada penghawaan pada laboratorium penelitian *mangrove*.



Gambar 2.17 Interior gedung utama pusat informasi  
Sumber : [www.flickr.com](http://www.flickr.com) (diakses 20 januari 2014)

Seksi dan Sistem Kerja Pendidikan Lingkungan di Objek Ekowisata Hutan *Mangrove* Dalam menjalankan programnya, *Mangrove Information Center* (MIC) membagi ruang lingkup kerjanya menjadi enam seksi kerja yaitu; Seksi Pendidikan

Lingkungan, Seksi Ekowisata, Seksi Pelatihan, Seksi Penelitian, Seksi Informasi, dan Seksi Manajemen. Tujuan pembagian seksi kerja ini adalah untuk mengoptimalkan kinerja dan meningkatkan profesionalisme serta mempertajam kompetensi sumber daya manusia yang bekerja di *Mangrove Information Center* (MIC).

#### C. Lahan *Mangrove Information Centre*

Lahan MIC sendiri sebenarnya merupakan sebuah media bagi upaya pengembalian kondisi lahan dari kondisi daerah pesisir pantai yg gundul berupa boozem menjadi kondisi alami seperti lahan di hutan *mangrove*. Dengan pengelolaan dan pengolahan lahan secara alami dan secara perlahan, akhirnya kondisi lahan MIC telah menjadi lahan yang bisa dimanfaatkan untuk berbagai keperluan, terutama untuk sarana edukasi dan kawasan hutan *mangrove* yg produktif. Dalam pengelolaan inilah, MIC berupaya untuk menunjukkan keada masyarakat akan keterpaduan dalam konservasi ekologis, yaitu pengelolaan ekosistem *mangrove* dengan masyarakat pesisir .

Beberapa media pendidikan yang dimiliki MIC antara lain:

1. Areal Persemaian (*Nursery Area*), Area pembibitan tanaman *mangrove*.
2. Kolam Monitor (*Monitoring Pool*)
3. Area pancing dan tambak tradisional.
4. Area bermain kano yang terdiri atas blok I sampai III.

#### D. Program kegiatan

Kegiatan yang ditawarkan di Kawasan *Mangrove Information Center* (MIC) adalah :

1. *Mangrove Educational Tour and Trekking*
2. Pengamatan burung (*bird watching*)
3. Bermain kano (*canoeing*)
4. Memancing (*fishing*)
5. Bermain perahu (*boating*)
6. (*mangrove tree plantation or adoption*) penanaman pohon *mangrove*.
7. *Event regular class in the field* yaitu pemberian presentasi tentang *mangrove* di dalam ruangan untuk mendapatkan informasi awal atau gambaran umum tentang *mangrove* kemudian diajak ke lapangan.
8. *Event non regular* yang dilaksanakan berupa lomba berpidato (*speech contest*), lomba fotografi, lomba menggambar, lomba mewarnai, dan *Summer Camp* yang mana semua kegiatan tersebut bertemakan *mangrove*.
9. Kursus pelatihan

### E. Fasilitas

Adapun fasilitas yang ada pada *Mangrove Information Center* adalah :

1. Gedung Pusat Informasi *Mangrove* di *Mangrove Information Center (MIC)*. Gedung ini dijadikan sebagai kantor operasional *Mangrove Information Center (MIC)*. Ada beberapa ruangan di dalam gedung ini yang berfungsi sebagai ruang informasi, ruang seminar, ruang pameran, museum, perpustakaan, aquarium.



Gambar 2.18 Ruang pameran

Sumber : [www.flickr.com](http://www.flickr.com) (diakses 20 januari 2014)

2. Kolam Monitor (*Monitoring Pool*) Kolam monitor ini dibuat untuk penangkaran biawak yang ditangkap oleh warga di sekitar kawasan *Mangrove Information Center (MIC)*.
3. Areal Persemaian (*Nursery Area*), di tempat ini akan diperkenalkan proses pembibitan pohon *mangrove* dan perawatan sebelum pohon-pohon *mangrove* tersebut ditanam, sehingga pengunjung mengetahui secara pasti tentang proses pembibitan, penanaman dan pemeliharaan *mangrove*.



Gambar 2.19 Areal persemaian

Sumber : [www.flickr.com](http://www.flickr.com) (diakses 20 januari 2014)

4. Kolam Sentuh (*Touch Pool*) Kolam ini didesain secara khusus agar fauna hutan *mangrove* seperti kepiting dan *mulusca* dapat hidup sebagaimana habitat aslinya.
5. Jembatan Kayu (*Wooden Trail*) Jembatan sepanjang kurang lebih 2,5 Km ini dirancang dengan konsep *nature-based development*.
6. Pondok Peristirahatan (*Resting Hut*), di sepanjang jembatan kayu terdapat pondok-pondok peristirahatan yang berjarak kurang lebih 500 meter.
7. Geladak Terapung (*Floating Deck*) Geladak terapung dibangun dengan konstruksi khusus dan dilengkapi dengan beberapa pelampung di bawah geladak sehingga bisa naik turun sesuai dengan pasang surut permukaan air laut. Daya tampung geladak terapung ini seberat 1 ton atau 18 orang dewasa.



Gambar 2.20 Geladak terapung  
Sumber : [www.flickr.com](http://www.flickr.com) (diakses 20 januari 2014)

8. Menara Pandang (*Viewing Tower*), dibangun dua menara pandang yang terbuat dari kayu yaitu; *Little Egret Tower* dengan ketinggian 10,25 meter dengan daya tampung maksimal sebanyak 20 orang dewasa dan *Sun Bird Tower* dengan ketinggian 8 meter dengan daya tampung maksimal sebanyak 4 orang dewasa. Digunakan sebagai juga sebagai tempat untuk program pengamatan burung (*bird watching*). Di masing-masing menara terdapat papan informasi, tempat duduk, larangan, dan tempat sampah.

#### F. Konsep struktur dan material

Bangunan *Mangrove Information Centre* terbagi dalam 2 zona yaitu masa bangunan yang terletak di darat dan diatas air payau. Bangunan yang terletak di darat

menggunakan pondasi batu kali serta dinding dari batu bata dan kombinasi dinding dari kayu. Bangunan memiliki ketinggian lantai di atas ketinggian sirkulasi lingkungan karena pada proses pengerjaannya menggunakan tanah uruh untuk meninggikan lantai bangunan. Kolom menggunakan beton namun ada bangunan yang menggunakan kolom kayu dengan beberapa ragam hias khas Bali di sudut-sudut bangunan. Selain itu, kuda-kuda juga dibuat dengan menggunakan kayu. Pada bangunan pusat informasi terdapat beberapa material khusus yang digunakan, yang berfungsi sebagai penampung air karena berfungsi sebagai diorama dan akuarium yang menampung habitat *mangrove*.



Gambar 2.21 Menara pandang  
Sumber : [www.flickr.com](http://www.flickr.com) (diakses 20 januari 2014)

Sistem struktur rangka kayu digunakan pada *deck*, menara pandang dan deck apung. Khusus untuk *deck* apung konstruksi pondasi menggunakan pondasi apung dengan bantalan drum bekas sebagai pelampung. Pada kawasan yang tergenang air, material bangunan yang digunakan bersifat alami dan mudah diganti hal ini dilakukan sebagai upaya meminimalisir pencemaran dan kerusakan terhadap lingkungan *mangrove* akibat pembangunan.

#### G. Kesimpulan

Dari hasil pembahasan di atas, maka dapat ditarik tiga simpulan antara lain:

1. *Mangrove Information Center* (MIC) Bali memiliki beberapa potensi alam asli dan buatan yang bisa dijadikan sebagai daya tarik dan konsep pendidikan lingkungan. Potensi-potensi alam tersebut antara lain : beraneka ragam tumbuhan *mangrove*, burung, kepiting, ikan, biawak. Fasilitas arsitekturalnya meliputi : gedung Pusat Informasi *Mangrove*, kolam monitor, areal persemaian, kolam sentuh, jembatan kayu, pondok istirahat, geladak terapung, dan menara pandang.

2. Jenis kegiatan ekowisata yang ditawarkan berteman lingkungan dan yang berhubungan dengan ekosistem *mangrove*.
3. Selain memiliki konsep pengembangan kawasan ekologi, dalam menjalankan programnya, *Mangrove Information Center* (MIC) membagi ruang lingkup kerjanya. Tujuan pembagian seksi kerja ini adalah untuk mengoptimalkan kinerja dan meningkatkan profesionalisme serta mempertajam kompetensi sumber daya manusia yang bekerja.
4. Sebagai bangunan arsitektur yang mewadahi informasi dan konservasi lingkungan material bangunan yang digunakan berupa material yang ramah lingkungan dengan penyesuaian di beberapa fungsi ruang tertentu.
5. Pola sirkulasi linear dalam bangunan maupaun antar bangunan diatur linier dengan tetap memperhatikan pemberhentian sementara berupa tempat peristirahatan maupun objek informasi, pengamatan dan observasi.

### 2.5.2 Green School Bali

#### A. Gambaran umum

Bambu merupakan salah satu material unik yang banyak dikembangkan di dunia arsitektur. Material ini dikenal murah namun mempunyai banyak keunggulan, termasuk jika digunakan untuk konstruksi bangunan. Salah satu karya arsitektur yang banyak menggunakan bambu adalah sekolah alam *Green School* di Badung, Bali.

Kompleks sekolah internasional *Green School* yang berlokasi di Sibang Kaja, kawasan Badung, Bali berbeda dengan sekolah pada umumnya. Konsep yang berkelanjutan dan ramah lingkungan ini digagas oleh John Hardy, seorang warga negara Kanada yang telah tinggal di Bali selama lebih dari 30 tahun dalam membangun *Green School*. Luas tapak adalah 4,5 Ha dan luas bangunan adalah 4500 m<sup>2</sup>.



Gambar 2.22 *Hearth of school*

Sumber : [www.greenschool.org](http://www.greenschool.org) (diakses 21 januari 2014)

## B. Konsep desain

*Learning For A Sustainable Future* merupakan Jargon yang menjadi salah satu nilai utama yang mengusung keberhasilan karya arsitektur *Green School* ini. Sebuah karya bangunan yang mengangkat sekolah ini menjadi inovator dalam memperkenalkan “*sustainability within education*”.

Ide dasar pembangunan sekolah di atas areal seluas 8 hektar itu adalah untuk menerapkan ajaran *Trihita Karana*. Oleh karena itu, tidak ada bahan buatan pabrik atau zat kimia yang dipergunakan di sekolah ini. *Green School* memiliki konsep pendidikan yang digabungkan dengan konsep lingkungan sehingga akan menciptakan lingkungan yang sehat. *Sustainability* adalah satu konten yang memiliki arti adanya “keberlanjutan”. Artinya, sebisa mungkin apa yang kita perbuat dan produksi di atas muka bumi ini, dapat menjadi kontinuitas yang baik untuk diturunkan kepada generasi penerus kita di masa depan.



Gambar 2.23 site plan *Green School* Bali  
Sumber : [www.greenschool.org](http://www.greenschool.org)

*Connected With Nature* adalah konsep utama dalam perancangan arsitektur dari *Green School* Bali ini. Konsep utama yang ingin lebih dekat ke alam ini juga menjadi tolak utama pemilihan lokasi/lahan yang berada di dekat sungai Ayung, Bali. Adapun

implementasi arsitektural yang ada demi mengukung sustainability dan *green architecture* pada *Green School* Bali ini adalah :

1. Pembentukan ruang kelas tanpa dinding pembatas. Dengan cara ini, diharapkan secara sosial dan interaksi, para murid dan guru dapat lebih peka dan intim dalam menjalin hubungan edukasi dan sosial yang konduktif dan berkualitas baik.
2. Banyaknya elemen distraksi/pengalih perhatian pada lingkungan kelas dan sekolah. Distraksi yang diperoleh dari keelokan alam dan detail arsitektural ini diharapkan menjadikan murid-murid terbiasa dengan distraksi tersebut dan mampu tetap berkonsentrasi dalam pembelajaran.
3. Bangunan tidak diberi penghawaan dengan *Air Conditioner* (AC) melainkan dengan kincir angin yang berada di terowongan bawah tanah, hal ini memungkinkan karena kondisi fisik lahan yang berkontur dan dekat dengan sungai dan hutan.
4. Tenaga listrik berasal dari biogas yang memanfaatkan kotoran hewan untuk nyala kompor dan sebagainya.
5. Tenaga listrik lainnya juga dengan menggunakan panel surya, sehingga tidak banyak boros dalam membutuhkan sumber energi elektrikal.
6. Adanya tambak udang dan peternakan sapi, mendukung adanya sumber energi alami dan bahan bakar (biogas) yang bisa digunakan tanpa polusi terlalu besar.

### C. Lahan *Green School*

Lokasi lahan terletak Banjar Piakan, Sibang Kaja, Abiansemal, Badung, Bali, Indonesia, 80352. Topografi di lahan berupa lahan berkontur dengan kemiringan 0 - 35°. Luas bangunan:  $\pm 4500 \text{ m}^2$ , dengan luas area :  $\pm 4.55 \text{ ha}$ . Lahan *Green School* sendiri sebenarnya merupakan sebuah media bagi upaya pendekatan system belajar dengan alam, lingkungan sekitar yang diolah menjadi kebun buah , sawah dan peternakan. Dengan pengelolaan dan pengolahan lahan secara alami bisa dimanfaatkan untuk berbagai keperluan, terutama untuk menghasilkan berbagai produk tanaman (ekonomi) dan terintegrasi dengan baik dengan fasilitas belajar mengajar.

Beberapa media pendidikan yang dimiliki *Green School* antara lain:

1. Ladang pertanian organik
2. Peternakan tradisional serta pengolahan limbah peternakan menjadi biogas

3. Penggunaan panel surya untuk membantu memasok kebutuhan tenaga listrik di area *Green School*
4. Sistem pengolahan air limbah dengan penyaring tanaman.
5. Area *outbond*, olahraga dan bermain.

#### D. Program kegiatan

Program kegiatan utama didasarkan pada pendidikan dasar, menengah dan tingkat atas. Kegiatan Olah Raga, kelas terbuka dan eksplorasi bakat seni sampai bermusik juga terwadahi dalam program pengajaran. Semua program di *Green School* menggunakan pendekatan belajar sedekat mungkin dengan alam. Selain itu juga terdapat pengembangan potensi olahraga seperti sepak bola, volley, basket, *cross country* dan lain-lain.

Semua siswa mendapatkan kesempatan tambahan yang berguna untuk ekspresi diri dan membantu untuk memulai dan persahabatan semen. Mereka ditawarkan Senin sampai Kamis sore, umumnya dari 15:30 - 16:30 WIB. Kegiatan bervariasi dari olahraga, berbagai seni kreatif dan bentuk-bentuk budaya Bali seperti batik, gamelan dan kayu-ukiran.

#### E. Fasilitas

Fasilitas utama berupa fasilitas sekolah seperti ruang kelas, ruang seni, kantor dan hall workshop. Terdapat juga fasilitas penunjang berupa *Green camp*, lapangan olahraga sampai fasilitas *outbond*. Tetapi terdapat juga fasilitas *outdoor* sebagai sarana belajar mengajar seperti kebun makanan mandiri, sistem perairan, limbah dan penggunaan air menggunakan sistem manajemen lingkungan. Budidaya padi dan peternakan mandiri sebagai pendekatan system belajar. Selain itu fasilitas bangunan berupa material bambu juga sumber daya terbarukan seperti kebun bambu.

#### F. Struktur dan material yang digunakan

Bangunan di area *Green School* menggunakan material bambu, hanya sebagian saja yang menggunakan material semen. Bahan-bahan bangunan dipilih hampir seluruhnya dari bambu. Meja, kursi, rak, dan lemari tempat menyimpan buku yang digunakan sehari-hari oleh anak didik semuanya terbuat dari bambu.

Elemen-elemen struktural bangunan seperti kolom, balok, rangka atap dibuat dengan menggunakan bambu. Bangunan utama yang terdiri dari 3 lantai menggunakan kolom ganda untuk memperkuat strukturnya. Elemen arsitektural seperti lantai, railing, juga menggunakan material bambu. Bambu yang digunakan pada lantai terbuat dari bilah-bilah bambu yang dibelah dengan tingkat presisi yang tinggi kemudian disusun

sejajar membentuk pola lantai. Material penutup atap yang digunakan juga merupakan material alami yaitu ilalang.



Gambar 2.24 Bambu sebagai elemen arsitektural  
Sumber: [www.greenschool.org](http://www.greenschool.org) (diakses 21 januari 2014)

Karena bambu tidak boleh bersentuhan langsung dengan tanah, pondasi bangunan menggunakan batu dan bambu diletakkan di atas batu tersebut. Sambungan antar bambu menggunakan pasak dan baut. Sifat bambu yang elastis membuat material ini dapat dengan mudah dibentuk lengkung.



Gambar 2.25 Sumber energi alternatif  
Sumber: [www.greenschool.org](http://www.greenschool.org) (diakses 21 januari 2014)

Jalan setapak yang menghubungkan bangunan satu dengan lainnya tidak diaspal, namun menggunakan batu kali. Demikian juga ruang kelas, didesain sedemikian rupa sehingga anak didik menikmati pelajaran seperti belajar di alam terbuka.

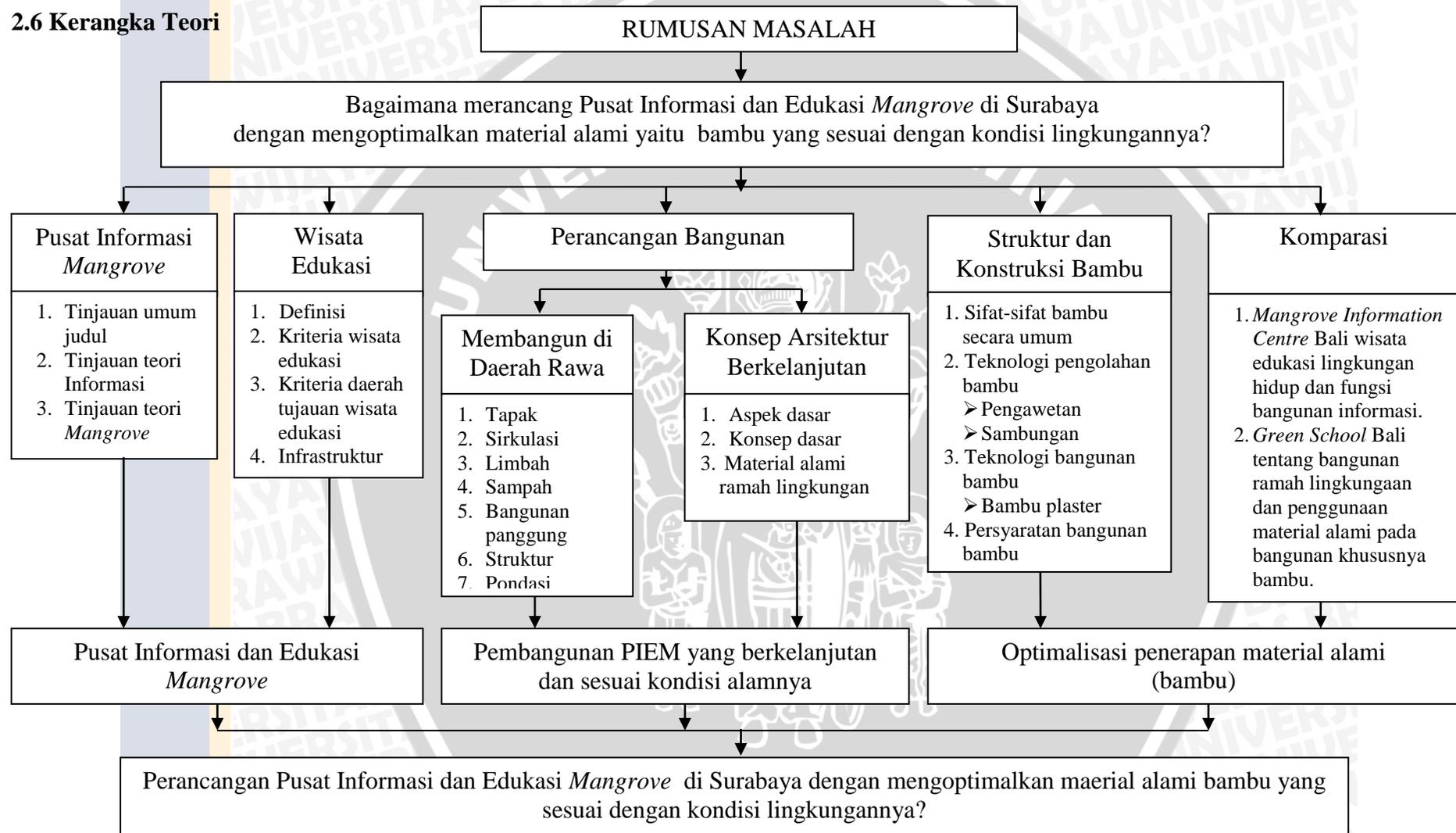
Tak ada sekat atau dinding beton seperti kebanyakan sekolah saat ini sehingga udara segar bebas mengalir. Oleh karena halaman sekolah sangat luas, *Green School* memanfaatkannya untuk bercocok tanam secara organik. Sawah dan ladang dikerjakan dengan cara membajak dengan tangan. Mereka tidak menggunakan pupuk dan pestisida kimia, seperti petani Bali tempo dulu. Tanaman yang dibudidayakan juga asli tanaman lokal seperti singkong, ketela rambat, pisang, talas, kelapa, padi, dan sebagainya. Hasil bercocok tanam itu dipanen untuk dinikmati bersama oleh murid, guru, dan pengelola sekolah. Sisanya dijual di kantin sekolah sebagai makanan ringan organik. Teh dan kopi yang dijual juga tidak menggunakan gula putih, melainkan gula merah dari nira kelapa.

#### G. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat di ambil dari bangunan *Green School* di Bali adalah :

1. Secara umum, selain sebagai inovasi dalam arsitektur berkelanjutan, *Green School* Bali ini juga merupakan bangunan yang mengadopsi bentuk dan material kebudayaan lokal Bali sebagai inspirasi desain arsitekturalnya.
2. Bambu dapat di olah dengan beragam bentuk yang fleksibel. Bentuk-bentukan lengkung dengan bentang lebar.
3. Hampir semua elemen bangunan menggunakan bahan alami. kolom dan balok dari bambu, atap rumbia dan lain-lain. .
4. Bangunan didesain terbuka sehingga tidak perlu menggunakan AC. Bangunan memaksimalkan potensi lahan yang ada serta berusaha menyuplai kebutuhan energinya sendiri. Kebutuhan listrik dipenuhi dengan menggunakan panel surya dan biogas dari kotoran hewan ternak.
5. Peletakan ruang-ruang, fasilitas, dan desain yang mengikuti kondisi topografi serta memanfaatkan lingkungan semaksimal mungkin membuat *Green school* menjadi kawasan yang meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan.
6. Terdapat konsep integrasi yang kuat antara desain arsitektur dan lingkungan sekitar, selain itu juga ditunjang dengan sistem pembelajaran ruang luar. Ruang luar menjadi hidup sebagai ruang yang terbentuk karena interaksi manusia dengan alam sekitarnya.

### 2.6 Kerangka Teori



Gambar 2. 26 Kerangka Teori  
Sumber : Hasil Analisa