

PENERAPAN KONSTRUKSI BAMBU PADA SEKOLAH ALAM KECAMATAN BAYAN LOMBOK UTARA

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik

Andi Pradona Putra

070650004 – 65

Dosen Pembimbing: Tito Haripradianto, ST., MT. dan DR. Agung Murti N., ST., MT.

Jurusan Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

Jl. MT. Haryono Malang

andi.pradona@gmail.com

ABSTRAK

Penerapan bambu sebagai bahan bangunan telah dikenal lama oleh masyarakat Indonesia. Dalam perkembangannya bambu telah digunakan mulai sebagai konstruksi utama bangunan hingga sebagai selubung bangunan baik dinding maupun atap. Dan bambu juga diterapkan mulai sebagai elemen struktural hingga elemen arsitektural. Karakteristik bambu yang memiliki kuat tarik melebihi kayu membuat bambu sangat baik untuk konstruksi bentang lebar. Bambu alam lebih ringan untuk diterapkan pada konstruksi bentang lebar dibandingkan bambu olahan (laminasi). Sekolah alam sebagai media baru dalam pendidikan anak membutuhkan konstruksi bentang lebar pada ruang-ruangnya untuk menciptakan suasana yang tetap leluasa meskipun berada dalam ruangan. Penggunaan bahan alami seperti bambu sejalan dengan program yang diterapkan pada sekolah alam. Kecamatan Bayan yang berada di Lombok Utara memiliki sumber daya bambu yang melimpah, rumah-rumah adat menggunakan bambu sebagai bahan utama. Namun masyarakat sudah mulai beralih menggunakan batu bata sebagai bahan utama bangunan. Kecamatan Bayan membutuhkan unit sekolah tambahan karena jumlah unit sekolah untuk Taman Kanak-kanak dan Sekolah Dasar tidak dapat menampung jumlah anak-anak yang ada. Dengan didirikannya sekolah alam pada Kecamatan Bayan dapat menanggulangi masalah kekurangan unit sekolah dan dapat mengangkat kembali potensi bambu sebagai bahan bangunan.

Metode programatik digunakan pada analisis untuk mendapatkan hasil yang sistematis, rasional, dan analitis yang diterapkan pada analisis fungsi dan pelaku, kebutuhan ruang, tapak, dan konstruksi bangunan. Pada proses ini dilakukan analisis kualitatif ataupun kuantitatif untuk mendapatkan sintesis sebagai konsep dasar perancangan bangunan.

Pada tahap perancangan, dimulai dengan konsep desain dengan dasaran dari sintesis yang telah didapat dari proses sebelumnya. Konsep diaplikasikan dengan metode intuitif dengan tetap mengikuti batasan-batasan yang telah ditetapkan. Tahapan ini dibagi dalam tahap pra-rancang (konsep desain) dan rancang (hasil desain). Perancangan meliputi penataan tapak dan massa bangunan, konstruksi bangunan, sambungan, pencegahan kebakaran, serta instalasi listrik dan air.

Kata Kunci : *penerapan, konstruksi bambu, bambu, sekolah alam, Lombok Utara.*

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

1.1.1 Penggunaan Bahan Bangunan Bambu

Bambu yang namanya tidak asing lagi bagi masyarakat ini terdapat hampir di seluruh pelosok negeri, hampir di setiap pulau terdapat tanaman bambu. Indonesia memiliki sekitar 160 spesies dari 1200-1500 spesies yang ada di dunia dengan 88 spesies merupakan spesies endemik

dengan 65 spesies berpotensi untuk dikembangkan (Widjaja, 2012). Dengan ketersediaan yang cukup melimpah ini ditambah dengan masa panen yang tergolong cepat, beberapa jenis bambu bahkan dapat tumbuh 2-5 cm dalam satu jam dengan masa panen sekitar 4 tahun, bambu dapat menjadi salah satu bahan alternatif yang cukup mudah dikembangkan.

Dalam arsitektur, bambu sudah dimanfaatkan sebagai bahan bangunan sudah sejak dahulu. Hal ini dapat dilihat pada bangunan-bangunan tradisional yang ada menyebar di Indonesia. Pada sebuah rumah tinggal hampir semua bagiannya dapat dibuat dari bambu, bisa semua serba bambu kecuali alat-alat penyambung yaitu tali dan sebagainya (Frick, 2004). Keistimewaan bahan bambu yang diterapkan pada bangunan adalah bambu dapat dijadikan sebagai elemen struktural yang indah untuk ditampilkan sehingga bambu dapat sekaligus menjadi elemen arsitektural baik untuk interior maupun eksterior bangunan.

Menurut data WWF, sektor konstruksi paling banyak menguras sumber daya. Diantaranya mengambil 50 persen sumber daya alam dan 40 persen konsumsi energi. Untuk itu dibutuhkan solusi yang lebih ramah lingkungan dan dapat menekan biaya yaitu salah satunya dengan bambu (Rahmatiana, 2008). Dengan menggunakan bambu dapat menciptakan konstruksi bangunan yang kokoh sekaligus ringan. Sistem rangka batang bambu merupakan konstruksi yang sangat efisien terhadap penurunan dan getaran tanah (gempa bumi) dan terhadap tekanan dinamis (angin sebagai gaya horizontal).

Bambu yang berbentuk pipa dan berbentuk langsing lebih menguntungkan dibandingkan bambu laminasi karena nilai kekuatan modul elastisitasnya lebih tinggi (bambu pipa 4287.71 kg/cm^3 dan bambu laminasi 1815.93 kg/cm^2) sehingga bambu pipa dapat lebih baik dalam membentuk konstruksi melengkung (Misdarti, 2004). Bambu laminasi lebih padat dari pada bambu berbentuk pipa sehingga memiliki kekuatan yang bahkan dapat melebihi kekuatan kayu, namun bambu laminasi lebih berat dibandingkan bambu tanpa olahan yang memiliki rongga di dalamnya sehingga konstruksi yang dibentuk lebih berat. Harga bambu laminasi juga lebih mahal dibanding dengan bambu tanpa

olahan karena terdapat biaya tambahan untuk bahan perekatnya.

Penggunaan bahan bambu terutama bambu berbentuk pipa sebagai bahan utama bangunan juga telah diterapkan pada beberapa karya arsitek-arsitek muda di Indonesia. Dalam karya tersebut dapat dilihat teknologi dalam penggunaan bambu telah berkembang. Beberapa karya yang dapat dilihat adalah *The Great Hall* karya Andry Widyowijatnoko dan bangunan di *Green School* Bali, dan *Green Village* Bali. Pada bangunan-bangunan tersebut dapat dilihat potensi bambu sebagai bahan bangunan dan dapat untuk membuat bangunan bertingkat.

1.1.2 Sekolah Alam

Saat ini telah muncul berbagai macam sistem pendidikan yang ada di Indonesia. Setiap lembaga pendidikan berhak menentukan sistem yang mereka terapkan. Hal ini sesuai dengan PP No.28/1990 Tentang Pendidikan Dasar pasal 14 ayat 3 menyatakan bahwa satuan pendidikan nasional dapat menambah/memodifikasi mata pelajaran sesuai dengan keadaan lingkungan dan ciri khas satuan pendidikan yang bersangkutan dengan tidak menyimpang dari kurikulum yang berlaku secara nasional.

Sekolah alam merupakan salah satu sarana pendidikan yang menerapkan interaksi dengan alam sebagai media utama dalam sistem pendidikannya. Menurut Efriyani Djuwita, M.Si seorang psikolog perkembangan anak dan staf pengajar Fakultas Psikologi UI, sekolah alam adalah salah satu bentuk pendidikan alternatif yang menggunakan alam sebagai media utama sebagai pembelajaran siswa didiknya. Tidak seperti sekolah biasa yang lebih banyak menggunakan metode belajar mengajar di dalam kelas, para siswa belajar lebih banyak belajar di alam terbuka. Di sekolah alam metode belajar mengajar lebih banyak menggunakan metode aktif atau *action learning* dimana anak belajar melalui pengalaman secara

langsung. Perbedaan kurikulum pada sekolah alam ini membuat sekolah alam menjadi suatu sarana yang unik untuk dikembangkan (Ismayanti, 2007).

Kegiatan belajar mengajar yang dilakukan di sekolah alam secara garis besar terbagi dalam dua macam kegiatan, yaitu kegiatan di dalam ruangan (*indoor activities*) dan kegiatan di luar ruangan (*outdoor activities*). Kegiatan di luar ruangan merupakan kegiatan utama yang ada di sekolah alam, namun tidak mengesampingkan pula kebutuhan akan kegiatan di dalam ruangan. Kegiatan yang terjadi di dalam ruangan juga tidak begitu berbeda dengan kegiatan di ruangan luar. Kegiatan yang diterapkan tetap merupakan metode *action learning* di mana murid tetap dapat bergerak aktif di dalam ruangan. Dengan demikian dibutuhkan ruangan dengan bentang yang cukup lebar sehingga tidak terdapat kolom-kolom di tengah ruangan yang dapat mengganggu kegiatan di dalamnya.

Penggunaan bahan-bahan bangunan yang berasal dari alam secara langsung dengan tidak mengubah bentuk bahan secara jauh, sangat mendukung tema yang diterapkan tersebut. Penerapan bahan-bahan ini dapat diterapkan mulai dari struktur utama bangunan, hingga ke bagian interiornya. Penggunaan bahan-bahan untuk bangunan yang didirikan di sekolah alam harus cermat dalam pemilihannya. Bahan yang digunakan harus ramah lingkungan dan tidak berbahaya terutama bagi kesehatan dan keselamatan anak-anak.

Beberapa bahan dapat memenuhi kebutuhan-kebutuhan sekolah alam dalam membangun bangunan sebagai fasilitas untuk kegiatan di sekolah alam. Namun, akan lebih baik jika bahan-bahan tersebut berasal dari daerah sekitar tapak yang direncanakan. Selain akan mengurangi jejak karbon yang dihasilkan, dengan menggunakan bahan tersedia di daerah tapak akan meningkatkan potensi bahan tersebut untuk dapat lebih dikembangkan lagi nantinya.

Saat ini sekolah alam mulai digalakan di beberapa daerah seperti di Minangkabau, Lampung, Bandung, Tangerang, dan Bali. Misi dari sekolah tersebut memiliki akar yang sama, yaitu mengajarkan kepada anak sebagai generasi penerus agar menjadi manusia yang lebih menghargai alam dan berupaya menjaga dan melestarikan alam tersebut. Dengan begitu sekolah alam dapat menjadi media yang tepat untuk mengajarkan pentingnya menjaga lingkungan.

1.1.3 Kecamatan Bayan Lombok Utara

Di Kecamatan Bayan, Kabupaten Lombok Utara, fasilitas pendidikan umum telah tersedia mulai dari TK sampai dengan tingkat SMA/SMK. Fasilitas pendidikan yang terbanyak adalah Sekolah Dasar (SD) yang berjumlah 33 unit sekolah, sedangkan untuk TK hanya berjumlah 4 unit. Jumlah unit fasilitas pendidikan tersebut masih kurang bila dibandingkan dengan jumlah penduduk usia sekolah dengan jumlah anak-anak usia TK (3-5 tahun) sebanyak 4.489 jiwa dan usia SD (6-11 tahun) sebanyak 9.332 jiwa (BPN KLU 2010). Jika dibandingkan dengan program sekolah alam yang telah ada, di mana setiap kelas hanya menampung 10-15 anak per kelas, maka terdapat jumlah yang tidak tertampung oleh sekolah tersebut sekitar 2000 anak. Dengan demikian dibutuhkan tambahan unit sekolah yang tiap unit kelasnya dapat menampung hingga sekitar 30 anak sekaligus.

Anak-anak di Kecamatan Bayan cukup akrab dengan lingkungan alamnya yang masih asri, sehingga dengan diadakannya sekolah alam para siswa nantinya merasa lebih tertarik dan senang untuk belajar di sekolah tersebut. Dengan tersedianya bahan-bahan alami yang tersedia banyak seperti bambu, membangun sekolah alam dapat mendukung untuk mengajarkan pengelolaan lingkungan bagi anak-anak tersebut.

Daerah Bayan memiliki sumber daya bambu yang melimpah dan terdapat beberapa spesies endemik yang terdapat di dalamnya (*Bamboo Biodiversity of Asia*, 2003). Dengan adanya sumber daya tersebut, penggunaan bambu sebagai bahan bangunan pada sekolah alam dapat mengonsumsi lebih sedikit jejak karbon yang diperlukan untuk membangunnya. Ditambah lagi dengan usia panen bambu yang relatif cepat, dapat dibuat usaha pelestarian dan budidaya tanaman bambu khas daerah Bayan sehingga dapat meningkatkan potensi bambu tersebut.

Masyarakat adat di Bayan telah memanfaatkan bambu sejak lama, masyarakat di desa-desa adat yang ada di Lombok Utara ini memiliki cara yang unik dalam memanfaatkan bambu sebagai bagian dari bangunan tempat tinggalnya. Keunikan-keunikan tersebutlah yang dapat menjadi salah satu modal untuk pengembangan pemanfaatan bambu sehingga bambu nantinya dapat dijadikan bahan bangunan alternatif-utama pada masyarakat umum. Penerapan bambu pada desa-desa adat tersebut dapat dijadikan contoh bagaimana perlakuan yang diberikan pada bambu dalam membangun sekolah alam.

1.2 Rumusan Masalah

Bagaimana penerapan konstruksi bambu pada sekolah alam di Kecamatan Bayan Kabupaten Lombok Utara?

1.3 Tujuan

Sebagai upaya untuk mengatasi kekurangan jumlah unit sekolah yang ada di Kecamatan Bayan Lombok Utara dan memberikan pandangan baru terhadap tata cara belajar bagi anak-anak dengan alam sebagai sumber ilmu secara langsung, serta sebagai salah satu langkah dalam usaha pengembangan potensi sumber daya bambu.

1.4 Tinjauan Pustaka

1.4.1 Sekolah Alam

A. Pengertian Sekolah Alam

Menurut Efriyani Djuwita, M.Si seorang psikolog perkembangan anak dan staf pengajar Fakultas Psikologi UI,

sekolah alam adalah salah satu bentuk pendidikan alternatif yang menggunakan alam sebagai media utama sebagai pembelajaran siswa didiknya (Ismayanti, 2007).

Pendidikan sekolah alam mengadopsi metode pendidikan Montessori, di mana sekolah berusaha menciptakan suasana belajar mengajar yang menyenangkan, dimana atmosfer belajar tidak menegangkan, komunikasi antara guru dan siswa juga hangat dan juga mementingkan pada *active learning* di mana siswa tidak berfokus pada buku-buku pelajaran saja tapi mengalami langsung apa yang mereka pelajari, bisa lewat percobaan, observasi dan lain sebagainya. Yang membedakan adalah sekolah alam lebih memanfaatkan alam sebagai media untuk siswa belajar langsung, sementara dalam pendidikan Montessori, material yang digunakan bisa tidak disediakan di alam, namun bisa berupa material yang memang didesain khusus untuk membantu siswa dalam belajar (Ismayanti, 2007).

B. Program Sekolah Alam

Program pendidikan sekolah alam mengadopsi metode pendidikan Montessori, di mana metode pendidikan Montessori memberi kesempatan anak untuk menemukan lingkungannya. Metode ini terbagi ke dalam 5 pusat pelatihan (Andaningar, 2012), yaitu:

1. Kehidupan praktis (*practical life*)

Anak diberi kesempatan untuk meniru apa yang dilakukan oleh orang dewasa di sekitar mereka, misal: menyapu, mencuci piring, membersihkan kaca, membuka dan menutup kancing atau resleting, memakai sepatu. Anak belajar membantu diri mereka sendiri (*self help*) dan mengembangkan kebiasaan bekerja dengan baik. Anak belajar bahwa semua itu dilakukan karena tanggung jawab, bukan karena mengharapkan hadiah.

2. Pengindraan (*the sensorial area*)

Pengembangan panca indera dalam rangka mempersiapkan anak untuk bicara, membaca, menulis, dan aritmatika. Anak

belajar: menilai, memisahkan & membedakan dimensi, tinggi, berat, warna, suara, bau. Anak mengembangkan bahasa dan kosa kata, kontrol otot, serta koordinasikan mata-tangan.

3. Kemampuan matematika (*mathematics*) Yang dipelajari: konsep dasar kuantitas/jumlah, angka- angka yang lebih besar, operasi matematika (penjumlahan, pengurangan, perkalian, pembagian), pengukuran (seperti mengukur jarak, liter, besar kecil, dan lain-lain). Pengajaran: menggunakan sesuatu yang ada dalam lingkungan anak atau hal yang disenangi anak. Angka dipelajari sebagai bagian rutinitas sehari-hari, sehingga anak terbiasa menggunakan angka-angka dalam kegiatan yang dilakukannya.

4. Kemampuan bahasa (*language art*) Mencakup: pengembangan bahasa lisan, tulisan, membaca, tata bahasa, dramatisasi, dan kesusesteraan anak-anak. Bahan untuk bahasa tulisan diperkenalkan pertama kali kepada anak melalui huruf-huruf yang dapat dipindahkan, lalu anak mulai diperkenalkan tentang komposisi/susunan kata, kalimat dan seluruh cerita.

5. Kebudayaan (*cultural activies*) Anak-anak diperkenalkan mempelajari geografi, sejarah, IPA (tentang tumbuhan, binatang, fisika sederhana), musik, seni, tata boga (masakan khas daerah). Anak belajar melalui latihan individual, kelompok, dan aktivitas latihan lain (seperti diskusi) mengenai dunia sekitar mereka, pada saat ini dan masa lalu. Kelima pelatihan ini kemudian diterapkan pada sekolah alam secara terintegrasi ke dalam 4 macam materi yang diberikan pada sekolah alam (Bustamin, 2013), yaitu:

1. Pengembangan akhlak

Menggunakan metode percontohan, di mana guru mencontohkan akhlak yang nyata kepada siswa.

2. Pengembangan logika dan daya cipta

Menggunakan metode *spider-web*. Guru memfasilitasi siswa berinteraksi dengan alam dengan rangkaian tema/projek

pembelajaran sedemikian rupa sehingga anak mendapatkan pemahaman yang holistik tentang alam semesta.

3. Pengembangan kepemimpinan

Digunakan metode *out-bound* sebagai media belajar, yaitu guru melakukan aktivitas *out-bound* secara praktis bersama siswa.

4. Pengembangan kemampuan berwirausaha

Digunakan metode *market day* ataupun magang agar murid berinteraksi dengan unit, pelaku dan lingkungan bisnis, dan memulai bisnis sejak dini.

C. Kebutuhan Ruang

Menurut Bradford Perkins (2001), sebuah fasilitas sekolah yang memiliki fokus kegiatan di ruang luar (*outdoor activities*), minimal harus memiliki ruang-ruang sebagai berikut:

Program Space	Area (Sq ft)
Entry area	200
Program assistant/receptions	120
administrative assistant's office	120
Director's office	160
Administration copy/supply room	100
Staff workroom/break area/toilet	350
Meeting/parent conference room	200
Quiet room/first aid	100
classrooms (5 @ 800 sq ft each)	4000
Classroom bathrooms (5 @ 80 sq ft each)	400
Central activity/dining area	1500
Central activity storage	200
Art studio (with kiln)	500
Art studio storage	60
Kitchen/food storage	600
General facility storage	200
Subtotal usable space	8810
Multiplier for circulation, mechanical area,	1760
Total Facility Program	10570
average @ ±106 sq ft/child)	
program for 100 children	

1.4.3 Syarat Bangunan Bambu

Menurut Mardjono (2002:52), untuk membuat sebuah bangunan bambu perlu dilihat dari beberapa aspek yang mempengaruhi desain serta konstruksi dari bangunan seperti kondisi lingkungan,

spesies bambu lokal, tipe bangunan, sambungan bangunan serta material bangunan. Contoh beberapa persyaratan aspek tersebut yaitu:

1. Jika di daerah rawan gempa, material yang digunakan harus ringan, material yang digunakan sebaiknya seragam, dan struktur diperkuat dengan silang angin.
2. Jika di daerah berangin kuat, maka material yang digunakan disarankan material berat, struktur ditambahkan silang angin, serta sambungan diperkuat.
3. Jika di daerah bercurah hujan tinggi, maka kemiringan atap yang digunakan atap curam, diberikan lebihan/teritisan atap, terdapat jarak antara tanah dengan lantai, dan material eksterior tahan air.
4. Jika terdapat bambu spesies lokal, maka pemakaian bambu tersebut pada bangunan diprioritaskan, menggunakan metode lokal untuk pelestarian tanaman bambu, serta pertimbangan pembangunan dengan alat dan metode setempat.

1.4.4 Bambu Sebagai Struktur Bentang Panjang

Kebutuhan ruang pada sekolah alam lebih banyak didominasi oleh *open space*, sehingga penerapan struktur bentang panjang sangat sesuai. Dengan struktur bentang panjang, ruang yang dihasilkan berupa ruangan yang luas dengan bagian tengah ruang tanpa kolom, sehingga penggunaan ruang dapat lebih optimal.

Bambu sebagai bahan bangunan yang memiliki kuat tarik, sangat berpotensi untuk menggunakan sistem struktur bentang panjang. Bahkan dengan konstruksi tertentu seperti konstruksi jembatan gantung-sokongan, bentang yang dihasilkan dapat mencapai 20 m (Frick, 2004).

Perkembangan struktur bentang panjang yang menggunakan bambu telah mengalami perkembangan yang maju. Beberapa bangunan terkenal telah

menggunakan bambu sebagai bahan utamanya. Teknologi konstruksi yang digunakan juga telah banyak mengalami peningkatan dari sistem ikatan yang menggunakan tali hingga menggunakan baja sebagai pengikatnya.

1.4.5 Arch Structure

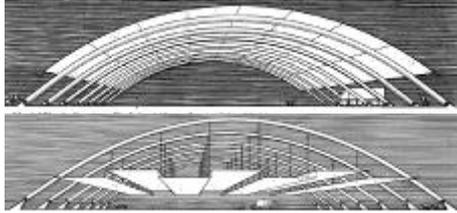
Arch Structure termasuk ke dalam *form active structural system*, yaitu sistem struktur yang fleksibel dan tidak kaku di mana arah gaya yang diakibatkan oleh karakteristik dan desain format tertentu akhirnya membentuk stabilisasi untuk menopang struktur tersebut serta dapat membentuk bentang yang panjang. *Form active* juga memiliki sifat-sifat tersebut berdasarkan bentuk dan jenis material yang digunakan. (Engel, 1981).

Sifat-sifat yang dimiliki bambu terkait sifat fisik dan mekanik bambu, sangat mendukung bambu digunakan sebagai bahan dalam membangun konstruksi *arch structure* tersebut. Bambu yang memiliki kekuatan lentur cukup tinggi dapat membentuk busur sebagai struktur utama dalam konstruksi *arch structure*. Dengan kekuatan tarik yang besar, gaya-gaya yang bekerja pada *arch structure* dapat tersalurkan dengan baik hingga ke bagian dasar konstruksi sehingga bangunan dapat berdiri kokoh

Bentang yang dihasilkan dengan menggunakan bambu beragam tergantung jenis bambu yang digunakan. Jenis bambu petung misalkan, dapat membentuk bentang hingga mencapai 20 m dengan sebatang bambu. Apabila diberikan sambungan pada lengkungannya, bentang yang dihasilkan dapat mencapai 30-40 m. Konstruksi *arch structure* juga dapat menahan beban tergantung seperti pada gambar contoh *arch structure* di atas, sehingga dengan menggunakan konstruksi *arch structure* ini memungkinkan untuk dibangun bangunan dengan 2 lantai ataupun lebih.

Bambu santong dan bambu duri merupakan bambu yang ideal untuk dijadikan bahan material pada struktur utama konstruksi ini. Kedua jenis bambu

tersebut sangat baik untuk dijadikan sebagai bagian struktur utama, selain karena memiliki panjang efektif batang bambu yang mencapai 20 m, juga karena memiliki ketebalan dinding dan diameter yang lebar sehingga kuat untuk dibentuk lengkungan



Gambar 1. Contoh-contoh Arch Structure
(Sumber: Engel,1981)

1.4.6 Sambungan Bambu

Bambu sebagai bahan bangunan dalam merangkainya membutuhkan sambungan yang sangat berbeda dengan kayu. Bambu memiliki teknik sambungan beragam mulai dari teknik sambungan tradisional, lalu mengalami peningkatan dengan penambahan beberapa bahan (baja), sampai sambungan modern (Matthias, 2007).

a. Sambungan Tradisional

Sambungan ini telah dikenal masyarakat sejak jaman dahulu. Pada penggunaannya bambu dipotong ujung-ujung yang akan disambungkan dengan jenis sambungan tertentu. Terdapat beberapa jenis potongan sambungan khusus untuk bagian bangunan tertentu. Sambungan ini diperkuat dengan menggunakan kulit bambu, belahan rotan, tali ijuk ataupun serat tumbuhan lainnya. Cara pengikatannya adalah dengan membasahi tali pengikat lalu mengikatkan pada sambungan. Tali dibasahi dengan tujuan ketika kering tali akan menyusut sehingga ikatan menjadi lebih kuat. Kelemahan sistem sambungan ini adalah sambungan tidak dapat menahan beban berlebih ataupun dari segala arah.

Beberapa jenis sambungan yang termasuk ke dalam sambungan tradisional adalah:

1. Sambungan tali isolasi ketat (*friction-tight rope connection*)
2. *Positive fitting connection*
3. Sambungan *Plugin*

4. *Doublejamb connection*

b. Sambungan Tradisional dengan Improvisasi

Sambungan ini mengalami peningkatan dengan ditambahkannya bahan-bahan lain dalam membentuk kekuatan sambungan (*hybrid*). Dalam sambungan ini melibatkan baut, mur, plat, ataupun juga semen/mortar sebagai bahan pengisi. Keunggulan dari sambungan ini yaitu sambungan dapat menahan beban lebih dan dari beberapa arah. Selain itu sambungan lebih awet daripada sambungan tradisional yang biasa. Namun sambungan ini juga memiliki kelemahan saat diberikan mortar, yaitu struktur yang dibentuk menjadi lebih berat serta terdapat beda cara kerja antara bambu dan mortar sehingga membutuhkan waktu lebih lama untuk membentuk kekuatan sambungan.

c. Sambungan Modern

Pada sambungan ini digunakan elemen tambahan untuk menyambungkan lebih dari 2 batang bambu. Sambungan yang digunakan dapat berupa *plugin*, *pan-knot*, ataupun *induo anchor*. Keunggulan dari sambungan ini adalah menjaga struktur yang dihasilkan tetap ringan dan tetap dapat menahan beban berlebih dari berbagai arah. Selain itu mudah untuk dipasang ataupun dibongkar serta membuat kesan bambu terlihat lebih modern.

1. Sambungan *plugin*
2. Sambungan *induo anchor*
3. Sambungan *pan knot*

1.4.7 Keamanan Bangunan Terhadap Bahaya Kebakaran

Bambu harus berada dalam kondisi kering agar dapat digunakan dengan baik sebagai bahan bangunan, kondisi ini menyebabkan bambu rentan terhadap bahaya kebakaran sehingga diperlukan perlakuan khusus untuk menanggapi bahaya kebakaran.

Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor : 26/Prt/M/2008 Tanggal 30 Desember 2008 Tentang Persyaratan Teknis Sistem Proteksi Kebakaran Pada Bangunan Gedung Dan

Lingkungan, sistem proteksi kebakaran secara garis besar dapat dibagi menjadi dua, yaitu sistem proteksi pasif dan sistem proteksi aktif.

Sistem proteksi kebakaran pasif adalah sistem proteksi kebakaran yang terbentuk atau terbangun melalui pengaturan penggunaan bahan dan komponen struktur bangunan, kompartemenisasi atau pemisahan bangunan berdasarkan tingkat ketahanan terhadap api, serta perlindungan terhadap bukaan. Selain itu terdapat pula pengendalian perilaku seperti larangan merokok dan penggantian elemen bangunan yang rusak.

Sistem proteksi kebakaran aktif adalah sistem proteksi kebakaran yang secara lengkap terdiri atas sistem pendeteksian kebakaran baik manual ataupun otomatis, sistem pemadam kebakaran berbasis air seperti springkler, pipa tegak dan slang kebakaran, serta sistem pemadam kebakaran berbasis bahan kimia, seperti APAR dan pemadam khusus.

2. METODE PERANCANGAN

Fungsi sekolah alam di Kecamatan Bayan Kabupaten Lombok Utara ini muncul sebagai bentuk tanggapan terhadap fenomena yang sedang terjadi di Indonesia. Kerusakan alam yang disebabkan oleh ulah orang-orang Indonesia sendiri menimbulkan kerugian bagi bangsa Indonesia hingga beberapa generasi ke depan. Berbagai sikap pencegahan muncul sebagai tanggapan masalah tersebut, salah satunya metode pendidikan kepada anak-anak dengan menggunakan media lingkungan alam sebagai media utama sehingga diharapkan timbulnya rasa saling memiliki untuk menjaga alam sekitar. Selain itu, sekolah alam ini juga berfungsi sebagai media untuk membudidayakan salah satu potensi alam di Lombok Utara, yaitu budidaya tanaman bambu.

Dalam tahapan desain untuk menyelesaikan permasalahan, diambil beberapa langkah yang terbagi ke dalam

beberapa fase, yaitu pengumpulan data (primer maupun sekunder), analisis dan sintesis, perancangan (pra-rancang dan rancang), serta evaluasi. Dalam pengumpulan data berserta paparan awal dilakukan dengan metode deskriptif, yaitu memaparkan berdasarkan pengamatan secara obyektif terkait dengan permasalahan dan fenomena yang diangkat. Penulisan menggunakan metode deskriptif untuk mengidentifikasi karakter lingkungan yang ditinjau serta teori dan standar perancangan yang diperlukan.

Metode programatik digunakan pada analisis untuk mendapatkan hasil yang sistematis, rasional, dan analitis. Pada proses ini dilakukan analisis kualitatif ataupun kuantitatif untuk mendapatkan sintesis sebagai konsep dasar perancangan bangunan.

Pada tahap perancangan, dimulai dengan konsep desain dengan dasaran dari sintesis yang telah didapat dari proses sebelumnya. Konsep diaplikasikan dengan metode intuitif dengan tetap mengikuti batasan-batasan yang telah ditetapkan. Tahapan ini dibagi dalam tahap pra-rancang (konsep desain) dan rancang (hasil desain).

Setelah tahap perancangan, dilakukan evaluasi untuk mengukur keberhasilan perancangan terkait dengan batasan awal. Proses ini dilakukan untuk mengetahui apakah hasil perancangan telah mampu menjawab permasalahan yang dirumuskan.

2.1 Tahapan perancangan

Pendekatan desain dilakukan dengan melalui observasi terfokus pada tapak untuk memperoleh hipotesis tapak, yang banyak mengambil referensi dari data-data statistik dan berbagai informasi yang relevan dengan permasalahan desain. Pendekatan desain juga dilakukan dengan melakukan observasi ke desa-desa adat yang berada di Kecamatan Bayan guna mengetahui karakteristik bangunan yang telah ada. Dengan menangkap potensi tapak dan disertai dengan karakteristik wilayah sekitar diharapkan dapat

ditemukan solusi dari permasalahan yang berupa bentukan ekspresi struktur.

- a. Gagasan
- b. Informasi (pengumpulan data)
- c. Analisis dan sintesis (pengolahan data)
- d. Perancangan
- e. Evaluasi

2.2 Metode pengumpulan data

2.2.1 Data primer

Data primer adalah data yang diperoleh secara langsung di lapangan, meliputi data kualitatif maupun kuantitatif. Data ini dapat diperoleh melalui cara:

- a. survey lapangan
- b. dokumentasi pribadi

2.2.2 Data sekunder

Data sekunder adalah data-data yang tidak terkait langsung dengan keseluruhan obyek perancangan, namun turut mendukung bagian-bagian dari proses perancangan, meliputi:

- a. Studi literatur
- b. Studi komparasi

2.3 Analisa dan sintesa

2.3.1 Analisa

Data yang diperoleh selanjutnya dianalisis melalui pendekatan perancangan untuk ruang, yaitu dengan menggunakan teori-teori struktur khususnya yang berkaitan dengan ekspresi bambu.

Untuk mendapatkan keterpaduan penyelesaian masalah secara keseluruhan dan mempermudah perancangan maka dilakukan dengan metode analisis yang terdiri atas:

1. Data-data berupa keadaan fisik dan non fisik kawasan, baik berupa potensi dan keadaan alami kawasan, luas dan persyaratan bangunan dalam tapak, pencapaian dan sirkulasi dalam tapak, analisis lingkungan ruang luar, berupa orientasi massa, pola tata massa, tautan, dan penataan/perancangan ruang luar (*landscaping*), serta pelaku yang berkaitan dengan sistem dalam sekolah alam ini.
2. Eksplorasi kebutuhan ruang. Metode eksplorasi yang digunakan adalah

metode programatik yang berasal dari standar kebutuhan ruang yang sudah ada. Data tersebut disesuaikan dengan kebutuhan akan kapasitas/daya tampung yang dibutuhkan.

3. Eksplorasi arsitektural berupa bentuk dan tampilan bangunan melalui ekspresi bahan dan konstruksi bambu.

2.3.2 Sintesa

Sintesa adalah tahapan dimana hasil-hasil dari analisa digabungkan dan kemudian diambil kesimpulan yang akan menghasilkan usulan-usulan gagasan awal perancangan berupa alternatif-alternatif konsep desain. Konsep desain disini meliputi:

- a. Konsep dasar
- b. Konsep tapak
- c. Konsep massa bangunan
- d. Konsep konstruksi bangunan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Terdapat beberapa program yang diajarkan dalam sekolah alam ini selain pelajaran dasar pada sekolah pada umumnya, diantaranya kelas seni, bercocok tanam, *marketday*, kesenian, olahraga, dan *outbound*. Pembagian kelas-kelas yang ada di sekolah ini dibagi berdasarkan kelompok umur siswa, sehingga perlakuan yang diberikan dapat sesuai dengan pertumbuhan fisik dan psikis dari siswa. Kegiatan yang berlangsung di sekolah alam lebih banyak berlangsung di luar kelas, sehingga untuk membiasakan siswa merasakan alam, bangunan-bangunan penunjang yang dibangun menggunakan struktur bentang panjang sehingga menyediakan ruang yang lebih lebar dan dibangun dengan bahan utama bambu agar siswa merasa dekat dengan alam. Untuk memenuhi kebutuhan program dari sekolah alam, dibangun beberapa massa yang sesuai dengan kebutuhan ruang sekolah alam.

Sekolah alam di Kecamatan Bayan juga berfungsi sebagai tempat untuk konservasi dan budidaya tanaman bambu, khususnya jenis-jenis bambu endemik yang mulai terancam keberadaannya. Bibit-bibit bambu diambil dari hutan adat

yang berada di bawah kaki Pegunungan Rinjani. Di dalam hutan tersebut tumbuh beberapa bambu endemik Lombok seperti bambu duri dan bambu santong.

Bambu tersebut dibudidayakan dalam fasilitas sekolah alam mulai pembibitan hingga penyemaian bibit siap tanam. Bibit siap tanam tersebut dapat ditanam kembali ke hutan adat sebagai timbal balik atau pengganti dari bambu-bambu yang diambil untuk mendirikan bangunan sekolah alam. Bibit tersebut juga dapat ditanam di area sekolah alam yang hasilnya dapat digunakan oleh pihak sekolah alam sendiri dan juga warga desa sekitar tapak.

3.1 Sirkulasi Tapak

Sirkulasi tapak dirancang dengan membedakan jenis sirkulasi dalam dua tipe, yaitu sirkulasi kendaraan dan sirkulasi manusia. Kedua macam sirkulasi ini diawali dari jembatan penghubung yang berada di sisi timur tapak. Dari jembatan masuk, sirkulasi langsung dibagi menjadi dua bagian sesuai dengan fungsi pelaku. Sirkulasi menuju arah utara bagi pelaku aktivitas siswa, orang tua murid, dan tamu. Sedangkan sirkulasi menuju arah selatan digunakan oleh pihak pengelola ataupun staff pengajar.

Sirkulasi untuk kendaraan berhenti sampai dengan tempat parkir. Kemudian akses menuju bagian-bagian tapak lainnya serta untuk menuju ke bangunan-bangunan lainnya merupakan sirkulasi manusia yang ditempuh dengan berjalan kaki.



Gambar 2. Site Plan Sekolah Alam
(Sumber: Putra,2013)

3.2 Zonasi Tapak

Zonasi pada tapak dilakukan guna memisahkan jenis-jenis aktivitas tertentu sesuai dengan fungsi ruangnya. Zonasi pada tapak terbagi menjadi zona public, pendidikan, dan pengelola

Zona publik merupakan penghubung dari area luar tapak masuk ke dalam tapak. Zona publik dapat ditempatkan pada sisi bagian utara dan timur ataupun dapat juga ditempatkan pada sisi selatan. Ruang-ruang yang masuk ke dalam zona publik adalah entrance, resepsionis, tempat beribadah, hall, dan juga tempat bermain dan olahraga. Zona ini dapat berfungsi sebagai ruang tunggu bagi orang tua murid ataupun sebagai fasilitas bagi warga sekitar.

Zona pendidikan merupakan zona dimana segala kegiatan belajar dan mengajar dilakukan. Zona ini dapat ditempatkan membentang dari sisi barat tapak hingga sisi timur tapak. Ruang-ruang yang termasuk dalam zona pendidikan adalah ruang kelas, toilet, laboratorium IPA dan Laboratorium Seni, ruang aktivitas bersama, ruang UKS, dan kantin.

Zona pengelola merupakan zona dengan akses paling terbatas dari zona lainnya. Zona ini hanya dapat diakses oleh pengelola dan staff pengajar. Zona pengelola dapat ditempatkan pada sisi bagian selatan tapak. Ruang-ruang yang termasuk dalam area ini adalah perpustakaan, ruang guru, pantry, toilet, ruang administrasi, ruang pimpinan, ruang berkas, dan dapur kantin.

3.3 Tatanan Massa

Tatanan massa pada sekolah alam ini menggunakan pola grid terpusat yang merupakan adaptasi dari pola tata massa desa-desa adat yang ada di sekitar tapak. Pola grid diterapkan untuk menciptakan keteraturan dalam tatanan massa, dan pola terpusat diaplikasikan untuk menciptakan hirarki pada tapak. Dalam sekolah alam ini yang menjadi titik pusat orientasi dalam tapak adalah bangunan Kantor dan

Perpustakaan, yang terletak pada bagian selatan tapak, yang memiliki kontur tapak paling tinggi.

Tatanan massa yang diterapkan juga mengikuti zonasi tapak yang telah ditetapkan sebelumnya. Massa bangunan yang memenuhi kebutuhan fungsi publik berada di arah utara tapak, pada bagian kontur yang paling rendah. Pada zona publik ini terdapat area parkir, bangunan resepsionis, *Hall*, dan musholla. Pada zona ini juga terdapat area untuk budidaya tanaman bambu berupa tempat penyemaian bibit bambu.

Sedangkan pada bagian tengah dan barat tapak dimanfaatkan sebagai fasilitas untuk fungsi pendidikan. Pada area tengah tapak terdapat lapangan yang digunakan untuk kegiatan olah raga para siswa sekolah alam dan terdapat Laboratorium Seni dan Laboratorium IPA. Pada bagian barat tapak dijadikan sebagai zona pendidikan utama dengan didirikannya kelas-kelas *indoor* yang bersebelahan dengan kelas *outdoor* dan ruang aktivitas bersama. pada zona ini juga terdapat kantin dan fasilitas *outbound*.

Pada bagian selatan tapak dibangun kantor dan perpustakaan sebagai fasilitas fungsi pengelola. Perpustakaan yang merupakan bagian dari zona pendidikan dijadikan satu bangunan dengan kantor agar memudahkan dalam perawatan inventarisnya serta menjadikan perpustakaan sebagai penghubung antara zona pendidikan dan zona pengelola.

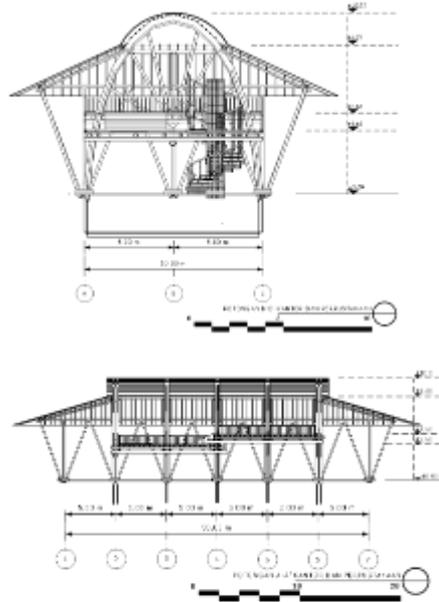
3.4 Sistem Bangunan

Bentukan bangunan yang dihasilkan menonjolkan ekspresi struktur dengan bahan utama bambu. Dengan pemilihan bentuk dan tampilan tersebut, sekolah alam dapat memberikan contoh salah satu potensi bambu sebagai bahan bangunan utama yang memiliki tingkat elastisitas dan kekuatan yang cukup tinggi serta memiliki ketahanan yang sangat lama dengan melalui perlakuan dan pengawetan yang baik.

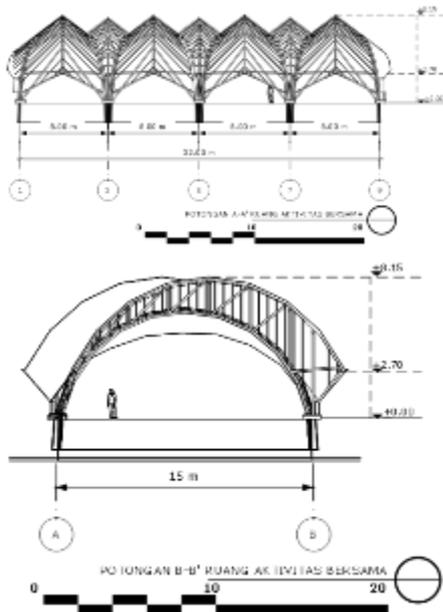
Komplek bangunan sekolah alam ini dibangun secara bertahap. Pembangunan dapat dimulai dari membangun kantor, hall, dan beberapa kelas terlebih dahulu. Hal ini dilakukan agar pembangunan sekolah alam ini tidak mengeksploitasi secara berlebihan hutan adat yang ada. Dengan pembangunan bertahap yang dibarengi dengan budidaya bambu, diharapkan dapat menggantikan bambu-bambu yang telah diambil dari hutan untuk membangun sekolah alam.

Pembangunan dimulai dari menyiapkan pondasi dari bangunan, pondasi dapat berupa pondasi batu ataupun beton tergantung dengan sistem struktur yang akan digunakan. Pondasi menggunakan pancang berupa besi ulir yang ditanam dalam tanah dengan kedalaman antara 4 meter sampai 6 meter. Bagian atas besi ulir ini sebagai penghubung pondasi dengan tiang bambu.

Pada *Arch Structure* perakitan langsung dilakukan di tapak agar tidak perlu melakukan pemindahan struktur yang cukup sulit untuk dilakukan pemasangan kembali. Bangunan dibentuk dengan dua struktur lengkung utama yang disokong oleh struktur-struktur penyangga. Ruang yang dihasilkan berupa ruang persegi sehingga cukup mudah untuk dilakukan penataan ruang dalamnya.



Gambar 3. Potongan Kantor dan Perpustakaan
(Sumber: Putra,2013)



Gambar 4. Potongan Ruang Aktivitas Bersama
(Sumber: Putra,2013)

3.5 Sambungan

A. Pondasi Ke Struktur Utama

Pondasi menggunakan pondasi batu kali yang diberi tulangan besi ulir. Bagian atas pondasi dibentuk menyerupai pedestal sehingga memudahkan untuk memasang kolom struktur utama. Besi ulir tersebut kemudian dimasukkan ke dalam masing-masing kolom bambu

kemudian diisi mortar sebagai pengikatnya sehingga sambungan menjadi kokoh. Pada bagian sisi-sisi pedestal dibentuk miring agar menghindari kemungkinan menggenangnya air apabila pondasi terkena air. Pada kolom bagian bawah yang berhubungan dengan pondasi, diberikan ring besi atau baja untuk mencegah kolom pecah karena tekanan dari bangunan.

B. Struktur Utama

Struktur utama pada bangunan berupa *arch structure* yang terdiri dari 2-3 batang bambu yang dijadikan satu. Sambungan untuk menyatukan batang-batang bambu tersebut dengan menggunakan sambungan *plugin* dengan alat sambung berupa baut.

C. Struktur Utama Ke Struktur Sekunder

Untuk memperkuat dan menghubungkan struktur-struktur utama, digunakan struktur sekunder. Sambungan yang digunakan pada struktur sekunder adalah sambungan *plugin* dengan alat sambung baut. Pada sambungan tidak diberikan isian mortar sehingga konstruksi bangunan tidak menjadi berat.

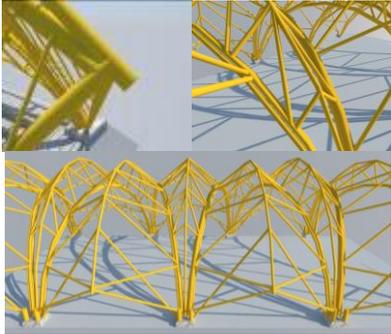
Bangunan kantor dan perpustakaan dibangun menjadi bangunan panggung sehingga terdapat lantai atas. Sambungan yang diterapkan untuk menyambung struktur utama ke lantai menggunakan sambungan *doublejamb connection* dengan alat sambung baut. Untuk memperkuat sambungan tersebut, ditambahkan ikatan tali ijuk.

D. Struktur Tambahan

Struktur tambahan yang terdapat pada bangunan di sekolah alam berupa reng. Sambungan yang diterapkan pada struktur tambahan menggunakan sambungan tali isolasi ketat (*friction-tight rope connection*) dengan alat sambung berupa tali ijuk. Sambungan tersebut dipilih agar tidak terdapat banyak lubang pada pada struktur utama dan sekunder yang dapat mengurangi kekuatan konstruksi bangunan.

D. Ikatan Angin

Ikatan angin berfungsi untuk memberikan kekakuan konstruksi pada bangunan. Daerah tapak merupakan wilayah yang berada dekat dengan pantai sehingga angin yang bertiup pada tapak cukup kuat, sehingga ikatan angin sangat dibutuhkan pada konstruksi bangunan. Sambungan pada ikatan angin menerapkan sambungan *plugin* dengan alat sambung baut dan ditambahkan ikatan tali ijuk untuk memperkuat sambungan.



Gambar 5. Sambungan pada Bangunan
(Sumber: Putra, 2013)

3.6 Pencegahan Kebakaran

Pencegahan kebakaran secara pasif menggunakan kompartemenisasi pada bangunan. Kompartemenisasi dilakukan guna mencegah merambatnya api dari satu bangunan ke bangunan yang lain pada saat terjadi kebakaran. Pada sisi-sisi bangunan diberikan kerikil sebagai penghalang merambatnya api pada saat terjadi kebakaran. Selain itu pemberian tanaman rumpun bambu juga menahan merambatnya api karena bambu yang basah susah terbakar.

Pada bangunan sendiri, diberikan pelapis tahan api yang aman bagi kesehatan pada kolom dan balok bangunan terutama pada bangunan dengan resiko kebakaran seperti dapur dan laboratorium. Sebagai kontrol perilaku, diberlakukan larangan merokok di dalam kawasan sekolah alam.

Pencegahan kebakaran secara aktif dengan menempatkan tabung pemadam pada titik-titik tertentu dan mudah jangkauannya. Pengadaan tandon-tandon air sebagai *supply* air untuk persiapan pemadam kebakaran diadakan pada

beberapa titik di sekolah alam pada masing-masing zona.

3.7 Instalasi Listrik dan Air

Instalasi listrik dan air pada bangunan menggunakan selubung bambu dengan mengikuti kolom dan balok bangunan. Selubung bambu ditempelkan pada kolom dan balok dengan menggunakan *clamp*. Bambu sebagai selubung dapat mengikuti sesuai dengan bentuk ataupun lengkungan kolom pada bangunan. Dengan demikian instalasi pada bangunan dapat terlihat rapi.

Selubung bambu juga berfungsi untuk melindungi kabel listrik ataupun pipa air serta melindungi anak-anak dari bahaya listrik. Dengan menggunakan bambu sebagai selubung, proses perawatan dapat dilakukan lebih mudah.

Untuk jaringan listrik dan air pada tapak, kabel listrik dan pipa air dimasukkan dalam selubung bambu yang dipendam di dalam tanah sehingga meminimalkan resiko kerusakan kabel ataupun pipa serta memudahkan dalam perawatan.

4. KESIMPULAN

Sekolah alam di Kecamatan Bayan Kabupaten Lombok Utara ini merupakan sebuah usaha untuk menambah kekurangan fasilitas sekolah yang ada di Bayan. Banyaknya jumlah anak-anak yang tidak tertampung membuat bertambahnya daya tampung pada kelas. Penggunaan konstruksi bentang panjang merupakan cara dalam menyikapi kebutuhan ruang akan tuangan yang lebar namun tidak terdapat kolom-kolom pada bagian tengah ruang yang dapat mengganggu aktivitas sekolah.

Sebagai sekolah alam, tentunya bahan-bahan yang digunakan harus ramah lingkungan, sehingga bahan utamanya bahan alami. Bambu sebagai bahan alam yang terdapat dalam jumlah yang banyak di Lombok Utara dapat menjadi bahan utama bagi sekolah alam. Dengan letaknya yang dekat, jejak karbon yang dihasilkan juga akan lebih sedikit dibandingkan dengan mendatangkan

bahan lainnya. Bambu memiliki potensi untuk digunakan sebagai bahan bangunan dengan bentang yang panjang. Panjang efektif bambu dapat menghasilkan bentang hingga 20 meter. Bambu juga memiliki kekuatan lentur yang besar, sehingga bangunan bentang lebar yang dihasilkan dapat memiliki bentuk yang dinamis sehingga serasi dengan alam sekitar.

Dalam konstruksi bambu terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan yaitu proses persiapan bambu, pengawetan, dan proses konstruksi. Pada konstruksi bangunan bambu, sambungan menjadi hal penting yang harus diperhatikan. Sambungan pada bambu terbagi dalam sambungan dari pondasi ke struktur utama, pada struktur utama, dari struktur utama ke struktur sekunder, struktur tambahan, dan ikatan angin.

Penggunaan bambu sebagai bahan konstruksi utama bangunan masih memiliki banyak inovasi dalam desainnya sehingga perancangan sekolah alam ini dapat menjadi salah satu langkah dalam mencapai inovasi terbaik penggunaan bambu.

Dengan memakai bahan bambu, diharapkan upaya budidaya bambu dapat mengalami peningkatan sehingga bambu-bambu endemik khususnya yang terdapat di Lombok Utara dapat dijauhkan dari kepunahan dan dapat meningkatkan potensi dari wilayah Lombok Utara.

5. DAFTAR PUSTAKA

Andaningar, Aninditya H. 2012. *Model Pendidikan Montessori*. Diakses dari www.slideshare.net.

BAPPEDA Kabupaten Lombok Utara. 2009. *Materi Teknis Penyusunan Rancangan Peraturan Daerah Tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Lombok Utara 2009-2029*. Lombok Utara.

Bustamin. 2013. *Sekolah Alam (Sebagai Alternatif dan Inovasi dalam Pendidikan)*. Diakses dari www.fkipunikamamuju.blogspot.com.

Bystriakova, Nadia. 2003. *Bamboo Biodiversity of Asia*. UNEP : Cambridge
Engel, Heinrich. 1981. *Structure Systems*. New York: Van Nostrand Reinhold Company.

Frick, Heinz. 2004. *Ilmu Konstruksi Bangunan Bambu, Pengantar Konstruksi Bambu*. Kanisius: Yogyakarta.

Ismayanti. 2007. *Sekolah Alam: Apa Sih Sekolah Alam Itu?*. Diakses dari www.ismadiary.blogspot.com.

Margolius, Ivan. 2002. *Architects + Engineers = Structures*. Chicester: Wiley-Academy.

Mardjono, Fitri. 2002. *A Bamboo Building Design Decision Support Tool*. Thesis. Technische Universiteit Eindhoven: Netherlands.

Matthias, Gema Diaz, Msc.Arch. 2007. *Shoots: Exploring Bamboo as a Building/Design/Construction/Engineering Material*. A4A.

Mukti, Ir. Yoyo Budiman. 2012. *Teknik Perbanyakan Tanaman Bambu*. Seminar "My Country My Village."

Perkins, Bradford. 2001. *Building Type Basics for Elementary and Secondary Schools*. John Willey & Sons.

Widjaja, Elizabeth A. 2012. *Bambu Indonesia, Budidaya dan Cara Panennya*. Seminar "My Country My Village."

Zende, Naraendra J. 2003. *Bamboo Structures Usefull for Post Disaster Management*. Appropriate Rural Technology Institute (ARTI): Maharashtra.

www.ar.itb.ac.id

www.sekolahalamminangkabau.org

www.sekolahalamlampung.weebly.com

www.sekolahalamjogja.wordpress.com

www.greenschool.org
www.marketplus.co.id
www.bambus.com
www.greenvillagebali.com
www.a-4-a.org
www.sacikeas.com