PENERAPAN KONSTRUKSI BAMBU PADA SEKOLAH ALAM DI KECAMATAN BAYAN KABUPATEN LOMBOK UTARA

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Disusun oleh:

ANDI PRADONA PUTRA
NIM. 0710650004-65

KEMENTRIAN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2013

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

LEMBAR PERSETUJUAN

PENERAPAN KONSTRUKSI BAMBU PADA SEKOLAH ALAM DI KECAMATAN BAYAN KABUPATEN LOMBOK UTARA

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Disusun oleh:

ANDI PRADONA PUTRA
NIM. 0710650004-65

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen Pembimbing I	Dosen Pembimbing II
Tito Haripradianto, ST., MT.	**DR. Agung Murti Nugroho, ST., MT.**
NIP. 19761013 200501 1 003	**NIP. 19740915 2 00012 1 001**

LEMBAR PENGESAHAN

PENERAPAN KONSTRUKSI BAMBU PADA SEKOLAH ALAM DI KECAMATAN BAYAN KABUPATEN LOMBOK UTARA

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Disusun oleh:

ANDI PRADONA PUTRA
NIM. 0710650004-65

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada
tanggal 4 Juni 2013

Penguji I	Penguji II
Ir. Edi Hari Purwono, MT	**Subhan Ramdlani, ST., MT**
NIP. 19491221 1 98303 1 002	**NIP. 19750918 200812 1 002**

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Arsitektur

DR. Agung Murti Nugroho, ST.,MT
NIP. 19740915 200012 1 001

SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya yang tersebut di bawah ini :

Nama	:	**ANDI PRADONA PUTRA**.
NIM	:	0710650004-65 Mahasiswa Jurusan Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Malang
Judul Skripsi	:	**PENERAPAN KONSTRUKSI BAMBU PADA SEKOLAH ALAM DI KECAMATAN BAYAN KECAMATAN LOMBOK UTARA**

Menyatakan dengan sebenar-benarnya, bahwa sepanjang pengetahuan saya, di dalam hasil karya Skripsi saya, baik berupa naskah maupun gambar, tidak terdapat unsur-unsur penjiplakan karya Skripsi yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi. Serta, tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dan Gelar Sarjana Teknik yang telah diperoleh dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, September 2013

Yang membuat pernyataan,

ANDI PRADONA PUTRA.

NIM. 0710650004 – 65

Tembusan:
1. Kepala Laboratorium Dokumentasi dan Tugas Akhir Jurusan Arsitektur FTUB
2. Dosen Pembimbing Skripsi-desain yang bersangkutan
3. Dosen Penasehat Akademik yang bersangkutan

repository.ub.ac.id

RINGKASAN

ANDI PRADONA PUTRA, Jurusan Arsitektur, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Juni 2013, *Penerapan Konstruksi Bambu pada Sekolah Alam di Kecamatan Bayan Kabupaten Lombok Utara*, Dosen Pembimbing : Tito Haripradianto, ST., MT. dan DR.Agung Murti Nugroho, ST., MT.

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 melebih 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

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

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.

repository.ub.ac.id

SUMMARY

ANDI PRADONA PUTRA, Departement of Architecture, Faculty of Engineering, University of Brawijaya, June 2013, *Application Construction of Bamboo in Nature School at Kecamatan Bayan North Lombok*, Supervisor : Tito Haripradianto, ST., MT. and DR. Agung Murti Nugroho, ST., MT.

The application of bamboo as building material has been known by Indonesian people in a long time period. It has been develop as building's main construction as well as building's envelope. Bamboo also applied as structural elements until architectural. Bamboo's character which is its stencile strength bigger than wood made bamboo very potential to be made as long span constructions. Natural bamboo were lighter to be made as long span constructions than the laminated one. The nature schoool as a brand new media in child's educations needs long span constructions at it's space to create free atmosphere even within a room. The usage of natural material such as bamboo is reciprocal with the nature school programs. Kecamatan Bayan at North Lombok has many bamboo resource, the traditional houses made bamboo as the main material. However, people has changed to use brick as the main material. Kecamatan Bayan needs some additional school units especially kindergarten and elementary school because it has been overcapacity. By nature school being fouded at Kecamatan Bayan, it can solve the lack of school units matter and it can reappoint bamboo potentions as building material.

Programmatic method was used in analysing stage to get systematic, ratioanal, and analytic result in function and subject analysis, space needed, site, and building constructions. At this stage, qualitative and quantitative analysis used to get the synthesis as basic concept of building design.

In design stage, it began with design concept by the synthesis. The concept applied by intuitive method that following the framework. This stage divided into pre-design and design. Design stage comprise site engineering, building constructions, joints, fire protections, also electrical and plumbing.

Keyword : applictions, bamboo constructions, bamboo, nature school, North Lombok

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT. yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga skripsi yang berjudul **"PENERAPAN KONSTRUKSI BAMBU PADA SEKOLAH ALAM DI KECAMATAN BAYAN KABUPATEN LOMBOK UTARA"** dapat saya selesaikan.

Penyelesaian skripsi ini tentunya tidak akan memperoleh hasil yang baik jika tidak ada bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan rasa hormat dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Allah SWT , terima kasih atas segala kasih sayang dan keberuntungan yang Engkau berikan sehingga aku bisa membahagiakan kedua orang tuaku dan orang-orang disekitarku.
2. Kedua orang tuaku, Bapak Sugito dan Ibu Tumidah, yang selalu sabar dalam menghadapi tingkhku dan sabar memberikan nasehat meskipun jauh di sana. Terimakasih sudah memberikan dukungan moral ataupun material demi perantauan anakmu ini. Tak lupa juga adikku Ajeng Octarysza (Chemplon) dan mas Gani yang sudah menemami Bapak Ibu di rumah. Semoga kalian bangga dengan hasil ini.
3. Dosen pembimbing terhebat, Pak Tito Haripradianto, ST. MT. dan Pak DR. Agung Murti Nugroho, ST. MT. terimakasih atas kesabaran memberikan bimbingan dalam proses penyelesaian skripsi.
4. Dosen penguji terhormat, Bapak Ir. Edi Hari Purwono, MT. dan Bapak Subhan Ramdlani, ST. MT. terimakasih atas bimbingan penyelesaian skripsi.
5. Bapak DR. Agung Murti Nugroho, ST. MT. selaku Ketua Jurusan dan Ibu Ir. Rinawati Handajani selaku KaLab Tugas Akhir dan Pak Pitono yang memberikan kelonggaran dan dukungan selama proses skripsi yang panjang ini.
6. Para dosen wali, (alm.) Dipl.Ing San Soesanto, MT., Herry Santosa, ST., MT., dan Ir. Triandi Laksmiwati. Terimakasih atas nasehat dalam menjalani kehidupan kampus yang seru ini.
7. Semua keluarga dari Mbah sampai keponakan-keponakan yang selalu mendukung sampai skripsi ini selesai.
8. Dedek Kusriantari Fenny Aprillia, ST., yang sampai saat skripsi ini selesai masih mau menjadi pacar. Thanks dear, for always support me even when im down or lost, you never give up on me. I hope next stage will come soon :)

9. Pak Armyoto dan pak Nyakrade di Lombok yang sudah membantu survey data lapangna di desa-desa adat daerah Bayan.
10. M. Adriansyah Rybez, ST. sekeluarga yang sudah menjadi keluarga di Lombok selama berpetualang di Lombok.
11. Mas Herry Syaukati, ST. dan keluarga yang membantu survey dan bermain di Bali.
12. Teman-teman yang bantuin maket, Engkong, Cak Pan, Salman, Gilang, Bayek, Felice, Jek, Utan, Icang, Gibran dan lainnya yang maaf saya lupa :(terimakasih, maketnya keren kan!
13. Teman-teman perjuangan skripsi Engkong, Wisnu, Samuel, lek ngampas ojok suwi-suwi rek.. wkwkwk
14. Kepengurusan BEM TEKNIK Pertama, terimakasih untuk kerjasamanya.
15. Keluarga Besar Mahasiswa Arsitektur, buat mas-mas dn mbak-mbak mulai dari angkatan 2000, 2002, 2003,2004,2005,2006, terimakasi atas pelajaran yang diberikan. Teman-teman 2007 Archi Seven, terimakasih sudah jadi angkatan yg menyenangkan. Adik-adik 2008,2009,2010 terimakasih atas kerjasamanya dan adik-adik 2011,2012 klo masih ada yang kenal saya, titip himpunan yooo.
16. Teman-teman menggila Engkong, Rybez, Immol, David, Samsyul, Bram, Onyop, Yoga, Cumi, Carissa. People only live forever in memories. Terimakasih banyak berbagi kegilaan, kesedihan, kegalauan, kebahagiaan
17. Berbagai pihak terlibat yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu karena terbatasnya jatah kertas, waktu, dan ingatan, say mohon maaf dan saya ucapkan terima kasih.

Penulis menyadari, skripsi ini masih sangat jauh dari sempurna, sehingga berbagai kritik dan saran membangun sanat diperlukan. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi kita semua dan bangsa Indonesia! Amin!

Malang, September 2013

Penulis

DAFTAR ISI

COVER ..... **i**
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING ..... **ii**
LEMBAR PENGESAHAN ..... **iii**
SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS ..... **iv**
RINGKASAN ..... **v**
SUMMARY ..... **vii**
KATA PENGANTAR ..... **viii**
DAFTAR ISI ..... **x**
DAFTAR GAMBAR ..... **xii**
DAFTAR TABEL ..... **xvi**
BAB I PENDAHULUAN
1.1 Latar Belakang 1
1.1.1 Penggunaan Bahan Bangunan Bambu 1
1.1.2 Sekolah Alam 3
1.1.3 Kecamatan Bayan Lombok Utara 5
1.2 Identifikasi Masalah 6
1.3 Rumusan Masalah 7
1.4 Batasan Masalah 7
1.5 Tujuan 8
1.6 Manfaat 8
1.7 Kerangka Pemikiran 9
BAB II TINJAUAN PUSTAKA
2.1 Sekolah Alam 10
2.1.1 Pengertian Sekolah Alam 10
2.1.2 Program Sekolah Alam 10
2.1.3 Kebutuhan Ruang 12
2.2 Karakteristik Bambu 13
2.2.1 Sifat Fisik 13
2.2.2 Sifat Mekanis 15
2.2.3 Sifat Kimia 16
2.3 Jenis bambu di Lombok 17

2.4 Syarat Bangunan Bambu 21
2.5 Bambu Sebagai Struktur Bentang Panjang 21
2.5.1 Arch Structure 22
2.5.2 Trusses Structure 24
2.6 Sambungan Bambu 26
2.6.1 Sambungan tradisional 26
2.6.2 Sambungan tradisional dengan improvisasi 27
2.6.3 Sambungan Modern 28
2.7 Arsitektur Desa Adat di Bayan 29
2.8 Arsitektur Desa Adat di Bayan 30
2.9 Penerapan Konstruksi Bambu pada Green School Bali.....35
BAB III METODOLOGI PERANCANGAN
3.1 Metode Umum Perancangan dan Tahapan Desain 42
3.1.1 Metode Umum Perancangan 42
3.1.2 Tahapan Desain 43
3.2 Metode Pengumpulan Data.....44
3.2.1 Data Primer.....44
3.2.2 Data Sekunder 45
3.3 Perancangan dan Eksplorasi Desain 46
3.4 Kerangka Metodologi Perancangan.....47
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN
4.1 Tapak 48
4.1.1 Lokasi Tapak 48
4.1.2 Eksisting Tapak 49
4.2 Pendekatan Konsep Perencanaan dan Perancangan 52
4.2.1 Analisis Fungsi dan Pelaku 52
4.2.2 Analisis Tapak 55
4.2.3 Analisis Konstruksi Bangunan 62
4.3 Konsep Perencanaan dan Perancangan.....68
4.3.1 Konsep Dasar 68
4.3.2 Konsep Massa Bangunan 68
4.3.3 Konstruksi Bangunan 73
4.4 Hasil Rancangan 80
4.4.1 Massa Bangunan.....81

4.4.2 Konstruksi Bangunan 87
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN
5.1 Kesimpulan 95
5.2 Saran 96
DAFTAR PUSTAKA.....97

DAFTAR GAMBAR

No	Judul	Halaman
Gambar 1.1	(a) The Great Hall, (b) Green School Bali, (c) Green Village Bali	3
Gambar 1.2	Penggunaan Bambu pada Bangunan di Desa Adat Lombok Utara	6
Gambar 2.1	Model organisasi ruang (a)cluster,(b)linier,(c)hybrid	13
Gambar 2.2	Akar Bambu	13
Gambar 2.3	Pemanfaatan Batang Bambu	14
Gambar 2.4	Dahan dan Daun Bambu	15
Gambar 2.5	Bambu tali (kiri) dan bambu petung (kanan)	18
Gambar 2.6	Bambu duri (kiri) dan bambu wulung (kanan)	19
Gambar 2.7	Persebaran Bambusa blumeana	19
Gambar 2.8	Bambu Santong	20
Gambar 2.9	Bambu Duri	20
Gambar 2.10	Bambu Tali	21
Gambar 2.11	Konstruksi Jembatan Gantung-Sokongan Bambu	22
Gambar 2.12	Penyaluran Gaya Pada Arch Structure	22
Gambar 2.13	Contoh-contoh Arch Structure	23
Gambar 2.14	Pintu masuk Tol di Kolombia dengan struktur bambu	24
Gambar 2.15	Jembatan Jenny Garzon di Bogota	24
Gambar 2.16	Green School Bali	24
Gambar 2.17	Penyaluran Gaya Pada Trusses Structure	24
Gambar 2.18	Contoh-contoh Trusses Structure	25
Gambar 2.19	Zeri Pavilion	25
Gambar 2.20	Bamboo Wing	25
Gambar 2.21	Sambungan Tali yang Telah Diikat	27

Gambar 2.22	Sambungan Positive Fitting Connection, Plugin, dan Doublejamb Connection	27
Gambar 2.23	Sambungan dengan Plugin Baut	28
Gambar 2.24	Sambungan dengan Plat	28
Gambar 2.25	Sambungan dengan Pengisi Mortar	28
Gambar 2.26	Sambungan Plugin	29
Gambar 2.27	Sambungan Induo Anchor	29
Gambar 2.28	Sambungan Pan Knot	29
Gambar 2.29	Desa Semokan	30
Gambar 2.30	Desa Sembagek	31
Gambar 2.31	Atap pada Desa Adat	32
Gambar 2.32	Dinding pada Desa Adat	32
Gambar 2.33	Pondasi pada Desa Adat	33
Gambar 2.34	Sambungan Pondasi ke Kolom pada Desa Adat	33
Gambar 2.35	Sambungan Tali pada Desa Adat	33
Gambar 2.36	Sambungan Plugin pada Desa Adat	34
Gambar 2.37	Sambungan Plugin pada Konstruksi Lantai Desa Adat	34
Gambar 2.38	Sambungan Friction-tight Rope Connection pada Desa Adat	34
Gambar 2.39	Pemberian Jarak Antar Massa Bangunan pada Desa Adat	35
Gambar 2.40	Struktur Bentang Panjang pada Green School Bali	35
Gambar 2.41	(a)Pondasi, (b)Pemasangan Kolom pada Pondasi	36
Gambar 2.42	Pembentukan Kolom Bambu	36
Gambar 2.43	Sambungan Bambu	36
Gambar 2.44	Atap Rumbia dan Bambu	37
Gambar 2.45	Pemasangan Atap Rumbia dan Bambu	37
Gambar 2.46	Penutup Lantai	38
Gambar 2.47	Dinding Bambu	38
Gambar 2.48	Sambungan pada Pondasi Green School	38
Gambar 2.49	Sambungan Plugin pada Struktur Utama Green School	39
Gambar 2.50	Sambungan Plugin dan Doublejamb Connection pada Green School	39
Gambar 2.51	Sambungan Tali Isolasi Ketat (friction-tight rope connection) pada Green School	40
Gambar 2.52	Ikatan Angin pada Green School	40

Gambar 2.53	Instalasi Listrik pada Green School	40
Gambar 2.54	Instalasi Air dan Pemadam Kebakaran pada Green School	41
Gambar 4.1	Lokasi Tapak	48
Gambar 4.2	Dimensi Tapak	49
Gambar 4.3	Akses Menuju Tapak	49
Gambar 4.4	View ke Dalam Tapak	50
Gambar 4.5	View ke Luar Tapak	51
Gambar 4.6	Vegatasi pada Tapak	51
Gambar 4.7	Analisis View ke Dalam Positif	56
Gambar 4.8	Analisis View ke Luar Positif	56
Gambar 4.9	Analisis Sirkulasi Kendaraan dan Manusia	57
Gambar 4.10	Analisis Zonasi Tapak	58
Gambar 4.11	Analisis Vegetasi dan Kebisingan	59
Gambar 4.12	Analisis Orientasi Bangunan pada Tapak	61
Gambar 4.13	Analisis Pencahayaan Alami	61
Gambar 4.14	Analisis Penghawaan Alami	62
Gambar 4.15	Analisis Penghawaan Ventilasi Silang	62
Gambar 4.16	Analisis Bentuk Bangunan	63
Gambar 4.17	Arch structure pada Green School Bali	63
Gambar 4.18	Analisis Arch Structure	64
Gambar 4.19	Penggunaan Dinding Bambu dan Atap Rumbia	65
Gambar 4.20	Penempatan Tabung Pemadam Kebakaran dan Cairan Pelapis Tahan Api	67
Gambar 4.21	Konsep Hubungan Ruang	71
Gambar 4.22	Konsep Sirkulasi dan Vegetasi	72
Gambar 4.23	Konsep Zonasi Tapak	73
Gambar 4.24	Konsep Detail Pondasi	75
Gambar 4.25	Konsep Detail Sambungan pada Bentang Utama	75
Gambar 4.26	Konsep Detail Sambungan Sekunder	76
Gambar 4.27	Konsep Detail Sambungan Double Jam Connection	76
Gambar 4.28	Konsep Detail Sambungan pada Ikatan Angin	76
Gambar 4.29	Konsep Detail Sambungan pada Reng dan Atap	76
Gambar 4.30	Konsep Konstruksi dan Tampilan Kelas	77
Gambar 4.31	Konsep Konstruksi dan Tampilan Hall	77

Gambar 4.32	Konsep Konstruksi dan Tampilan Ruang Aktivitas Bersama	77
Gambar 4.33	Konsep Konstruksi dan Tampilan Kantor dan Perpustakaan	78
Gambar 4.34	Konsep Kompartemenisasi	78
Gambar 4.35	Konsep Titik Kompartemenisasi dan Tandon	79
Gambar 4.36	Konsep Instalasi Listrik dan Air	79
Gambar 4.37	Konsep Jaringan Listrik dan Air	79
Gambar 4.38	Site Plan Sekolah Alam	80
Gambar 4.39	Site Plan Sekolah Alam	82
Gambar 4.40	Zona Publik Sekolah Alam	83
Gambar 4.41	Zona pendidikan Sekolah Alam	83
Gambar 4.42	Zona Pengelola Sekolah Alam	84
Gambar 4.43	Tatanan Massa Sekolah Alam	85
Gambar 4.44	Bukaan Untuk Memaksimalkan Pencahayaan Alami	85
Gambar 4.45	Barier untuk Penghawaan Alami	86
Gambar 4.46	Layout Plan Sekolah Alam	86
Gambar 4.47	Hubungan Ruang Zona Publik dan Pendidikan	87
Gambar 4.48	Hubungan Ruang Kelas Outdoor dan Indoor	87
Gambar 4.49	Interior Sekolah Alam	87
Gambar 4.50	Denah dan Potongan Hall	88
Gambar 4.51	Denah Kantor dan Perpustakaan	88
Gambar 4.52	Potongan Kantor dan Perpustakaan	89
Gambar 4.53	Denah dan Potongan Kelas	89
Gambar 4.54	Denah dan Potongan Ruang Aktivitas Bersama	89
Gambar 4.55	Sambungan Pondasi ke Kolom	90
Gambar 4.56	Detil Sambungan Pondasi ke Kolom	90
Gambar 4.57	Sambungan Plugin pada Struktur Utama	91
Gambar 4.58	Detil Sambungan Plugin pada Struktur Utama	91
Gambar 4.59	Sambungan Plugin Struktur Sekunder	91
Gambar 4.60	Detil Sambungan Plugin Struktur Sekunder	92
Gambar 4.61	Sambungan Doublejamb Connection pada Konstruksi Lantai	92
Gambar 4.62	Detil Sambungan Doublejamb Connection pada Konstruksi Lantai	92
Gambar 4.63	Sambungan Friction-tight Rope Connection	92
Gambar 4.64	Detil Sambungan Friction-tight Rope Connection	93
Gambar 4.65	Ikatan Angin	93

Gambar 4.66 Detil Ikatan Angin 93

DAFTAR TABEL

No	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Spaces in Outdoor Facility Program	11
Tabel 4.1	Analisis Fungsi	52
Tabel 4.2	Daya Tampung Ruang Kelas	53
Tabel 4.3	Besaran Ruang	54
Tabel 4.4	Zonasi Ruang	55
Tabel 4.5	Kualitatif dan Kuantitatif Ruang	69
Tabel 4.6	Konsep Bentuk	73

BAB I

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 uuntuk 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.

Sebagai elemen struktural, bambu dapat diterapkan sebagai kolom, balok lantai, hingga kerangka atap. Bambu tidak dapat dijadikan pondasi karena sifatnya yang mudah lapuk jika terkena air tanah. Karena sifat tersebut, kolom bambu harus diberikan pedestal agar tidak terjadi kontak langsung dengan tanah, sehingga pondasi yang digunakan berupa umpak. Ikatan pondasi ke kolom bambu dapat diperkuat dengan memberikan angker sebagai alat sambungnya. Untuk rangka atap maupun balok lantai, bambu dapat menciptakan konstruksi yang kuat sekaligus ringan sehingga tidak membebani konstruksi itu sendiri. Selain itu, karena keindahan bahan bambu, konstruksi rangka bambu dapat ditampilkan secara langsung tanpa bahan penutup lainnya. Bambu juga dapat dijadikan sebagai bahan penutup lantai, dinding, ataupun atap. Sebagai dinding, bambu dapat dijadikan dinding utama atapun *secondary skin*. Dinding peralihan dari dinding bata/ batako ke dinding bambu harus dibuat setinggi

minimal setengah meter dari muka tanah sehingga menghindarkan air tanah untuk menjaga dinding bambu tetap kering (propertytoday.co.id).

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). Sebagai konstruksi ringan, sistem rangka batang yang bekerja sebagai engsel, semua batang dapat bergerak sedikit tanpa mempengaruhi kestabilan konstruksi (Frick, 2004).

Saat ini di negara maju seperti Jerman, Vietnam, dan Brazil, bambu telah menjadi salah satu bahan utama yang dapat digunakan membangun bangunan bertingkat, bahkan mega struktur. Pemakaian bambu bukan hanya terpaku pada bambu utuh saja, namun sudah lebih banyak menggunakan teknologi bambu laminasi yang memiliki kekuatan dan kelenturan sama halnya dengan kayu bahkan baja.

Bambu yang berbentuk pipa dan berbentuk langsing lebih menguntungkan dibandingkan bambu laminasi karena nilai kekuatan modul elastisnya 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.

Di Indonesia sendiri, teknologi penggunaan bambu telah dikenal sejak lama, hal ini dapat dilihat dari beberapa rumah-rumah tradisional yang ada di Indonesia menggunakan bambu sebagai bahan utama pada bangunannya. Tidak hanya itu, bahkan perkakas yang digunakan sehari-hari serta beberapa kegiatan adat juga menggunakan bambu. Namun yang terjadi saat ini, masyarakat masih belum terlalu antusias dalam menggunakan bambu sebagai bahan utama pada bangunan. Beberapa alasannya adalah masyarakat masih banyak yang mempertanyakan seberapa besar kekuatan bambu

sebagai material bangunan, pemakaian bambu di Indonesia identik dengan pemakaian material bagi orang miskin dan tidak bergengsi, serta bambu kurang tahan lama, mudah lapuk, berlumut, serta diserang hama dan rayap (*Image Bali Architect and Contractor*).

Namun saat ini dunia per-arsitekturan di Indonesia mulai tumbuh gerakan untuk menggunakan bambu sebagai bahan utama dalam bangunan. Hal ini dapat dilihat dengan adanya kegiatan-kegiatan yang khusus menggunakan dan membahas bahan bambu, seperti acara Merajut Bambu Seribu Candi yang diadakan di Magelang atas kerjasama beberapa arsitek dan mahasiswa arsitektur, serta acara *My Country My Village* yang diadakan di Jawa Barat atas kerjasama IAI, PU, serta UPH.

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 Widyowojatnoko 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.

(a) (b) (c)

Gambar 1.1. (a) *The Great Hall*, (b) *Green School* Bali, (c) *Green Village* Bali

(Sumber: (a)www.ar.itb.ac.id , (b)www.greenschool.org, (c)www.greenvillagebali.com)

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 dillakukan 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.

Program sekolah alam ini bertujuan agar siswa dapat hidup berdampingan dengan alam dan dapat melestarikannya. Sehingga elemen-elemen yang ada di sekolah ini dirancang dengan tema-tema yang berkaitan dengan alam. 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.

Bambu sebagai salah satu eleman alam, dapat mendukung akan kebutuhan sekolah alam dalam menerapkan metode pembelajarannya. Bambu dapat digunakan sebagai lansekap penunjang pada sekolah alam ataupun bahkan sebagai bangunan utama. Dengan menggunakan bambu, bangunan dapat membentuk ruang dengan bentang yang lebar sehingga kegiatan *indoor* yang berlangsung di sekolah alam tetap dapat berjalan seperti halnya pada kegiatan *outdoor* di mana siswanya dapat bergerak dengan bebas.

Penerapan bahan bambu yang tidak mengubah bentuk aslinya sebagai elemen utama pada sekolah alam, diharapkan dapat mengenalkan potensi sumber daya bambu pada siswa sekolah alam sehingga dapat menimbulkan kesadaran pada siswa untuk lebih mengenal bahan-bahan alami yang dapat memenuhi kebutuhan masyarakat dan

para siswa dapat merasa lebih dekat dan mengenal kekayaan alam khususnya di daerah Bayan Lombok Utara.

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.

Gambar 1.2. Penggunaan Bambu pada Bangunan di Desa Adat Lombok Utara
(Sumber: dokumentasi pribadi)

1.2 Identifikasi Masalah

Sekolah alam merupakan salah satu alternatif sistem pendidikan dengan mengedepankan interaksi anak-anak dengan alam sekitar. Dengan metode tersebut diharapkan anak-anak dapat lebih menghargai lingkungan. Namun, jumlah sekolah alam yang ada masih sangat sedikit dibandingkan dengan sekolah yang menggunakan sistem yang telah distandarkan secara nasional. Kelangkaan ini disebabkan oleh beberapa hal seperti, sulitnya menemukan lahan yang cocok untuk dijadikan sekolah alam terkait dengan kegiatan yang dilakukan serta jarak antara rumah dengan sekolah. Sistem pendidikan ini masih tergolong baru sehingga masik banyak orang tua yang meragukan mengenai kurikulumnya. Kebutuhan akan ruang bentang lebar untuk dapat memenuhi

kapasitas siswa yang cukup banyak juga harus terpenuhi guna berjalannya kegiatan yang dilakukan di dalam ruangan.

Penggunaan material-material alami pada bangunan juga akan sangat mendukung program tersebut. Dalam hal ini bambu memiliki potensi besar untuk menjadi bahan utama bangunan pada sekolah sehingga dapat memenuhi kebutuhan akan ruang dengan bentang yang lebar dan sebagai bahan bangunan alami. Namun sayangnya penggunaan bambu masih belum optimal seperti yang sudah terlebih dahulu dilakukan di negara maju seperti Brazil ataupun Jerman.

Di Bayan sendiri, masyarakat telah mengenal bambu sejak lama, masyarakan sejak jaman dahulu telah menggunakannya. Namun teknologi penggunaan bambu ini sudah mulai ditinggalkan, hal ini dapat terlihat pada beberapa desa yang masyarakatnya lebih memilih menggunakan batu bata dan kayu serta bahan-bahan fabrikasi. Masyarakat luas belum menggunakan potensi bambu untuk memenuhi kebutuhannya, sebuah ironi karena Bayan memiliki sumber daya bambu yang banyak dan jika tidak dilestarikan, populasi tanaman bambu tersebut dapat terancam punah.

Kurangnya contoh penggunaan bambu sebagai bahan utama bangunan menjadi salah satu penyebab mengapa bambu masih kurang dimanfaatkan oleh masyarakat. Selain itu juga kurangnya sarana komunikas yang dapat menginformasikan tentang bagaimana menjaga dan memanfaatkan bambu menjadi kendala besar yang harus diselesaikan.

1.3 Rumusan Masalah

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

1.4 Batasan Masalah

1. Rancangan berdasarkan fungsi sekolah alam bersifat tetap dan tidak mungkin berubah kecuali ada pendekatan bambu yang harus diubah.
2. Objek perancangan sekolah alam difokuskan pada ekspresi struktur pada massa bangunan.
3. Tidak membahas perhitungan struktur.
4. Membuka intervensi alat dan bahan lain dalam konstruksi bambu.
5. Pengaruh lingkungan yang berdampak pada sekolah alam difokuskan pada lingkungan alam di sekitar tapak.

1.5 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.

1.6 Manfaat

Adapun beberapa manfaat dari penulisan skripsi ini antara lain :

1. Bagi Pemerintah

   Diharapkan dari penulisan skripsi ini pemerintah memiliki alternatif lebih tentang bagaimana menanggulangi permasalahan kekurangan sumber daya alam. Dan pemerintah dapat mengetahui tentang pentingnya bambu bagi masyarakat serta bagaimana mengolahnya secara arif.

2. Bagi Praktisi

   Diharapkan skripsi ini dapat menjadi alternatif pemanfaatan bambu bagi dunia arsitektur dan pengembangan dikemudian hari.

3. Bagi Akademisi

   Diharapkan skripsi ini dapat dikembangkan lagi beberapa teori maupun terapan untuk memunculkan alternatif-alternatif baru pengembangan konstruksi bambu.

4. Bagi Masyarakat

   Diharapkan skripsi ini dapat menjadi salah satu contoh penggunaan bambu sebagai bahan bangunan dengan inovasi yang lebih beragam. Masyarakat dapat mengetahui potensi bambu serta dapan menjaga dan memanfaatkannya secara arif.

1.7 Kerangka Pemikiran

LATAR BELAKANG

1. Bambu memiliki potensi yang besar untuk menjadi bahan utama bagi bangunan.
2. Sekolah alam sebagai salah satu alternatif pembelajaran dengan menggunakan lingkungan alam sebagai media utama pembelajaran.
3. Bambu dapat memenuhi kebutuhan sekolah alam akan ruang bentang panjang dan bahan ramah lingkungan.
4. Lombok Utara kaya akan bambu, tetapi pemanfaatan dan pengembangan teknologi bambu sangat jarang sekali dilakukan.

IDENTIFIKASI MASALAH

1. Sedikitnya sekolah yang sistem pendidikannya memakai alam sebagai media utama pembelajaran.
2. Kurangnya jumlah unit sekolah khususnya TK dan SD di Kecamatan Bayan
3. Kurangnya daya tampung kelas pada sekolah alam sehingga membutuhkan ruang kelas dengan bentang yang lebar.
4. Penggunaan bambu sebagai bahan utama bangunan belum banyak diterapkan di masyarakat umum.
5. Daerah Bayan Lombok Utara memiliki potensi bambu yang banyak namun belum termanfaatkan secara optimal.
6. Daerah Bayan Lombok Utara memiliki arsitektur tradisional yang menggunakan bambu sebagai bahan utama bangunan namun sudah mulai ditinggalkan.

RUMUSAN MASALAH

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

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sekolah Alam

2.1.1 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).

2.1.2 Program Sekolah Alam

Program pendidikan sekolah alam mengadopsi metode pendidikan Montessori, di mana meode pendidikan Montessori memberi kesempatan anak untuk menemukan lingkungannya. Motode 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.

2.1.3 Kebutuhan Ruang

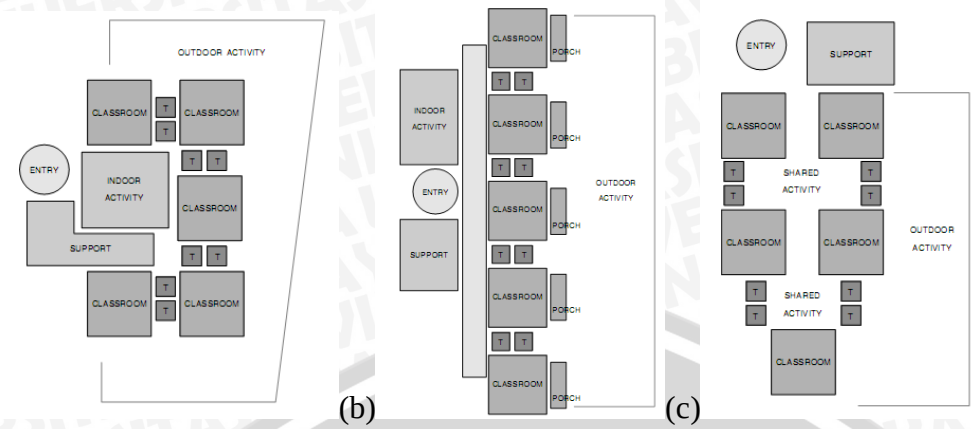
Menurut Bradford Perkins (2001), sebuah fasilitas sekolah yang memiliki fokus kegiatan di ruang luar (*outdoor activities*), minimal harus memiliki ruang-ruang sebagai berikut:

Tabel 2.1 *Spaces in Outdoor Facility Program*

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	

Sumber Data: Perkins, 2001

Sedangkan untuk penataannya terdapat tiga macam pola penataan, yaitu *cluster model, linier model*, dan *hybrid linier* (Perkins, 2001).



Gambar 2.1. Model organisasi ruang (a)*cluster*,(b)*linier*,(c)*hybrid*
(Sumber:Perkins, 2001)

2.2 Karakteristik Bambu

Bambu merupakan tanaman yang memiliki area persebaran sebagian besar di daeah topis. Dan di Asia Tenggara bambu dapat hidup pada level pantai hingga ketinggian 3800 m diatas permukaan laut. Banyak bambu hidup pada suhu 28°C hingga lebih dari 50°C. Bambu dapat tumbuh pada tanah liat maupun berpasir, tanaman ini juga mampu hidup di tanah dengan kondisi rawa. Tetapi bambu tidak dapat hidup pada tanah yang memiliki kadar garam yang cukup tinggi.

2.2.1 Sifat Fisik

A. Akar

Bambu memiliki akar yang sangat tahan lama, yaitu *rhizoma*. Setelah bibit menghasilkan *rhizoma* pertama, maka *rhizoma* yang terbelah akan mulai berkembang dan besar diameter lingkar bambu tersebut serta gelang bambu akan tumbuh bertahap. Pertumbuhan ini akan meningkat dengan batang yang tebal dan tinggi setelah 12 bulan atau lebih dari 1 tahun. Berdasarkan dari macam-macam cabang yang ada pada *rhizoma*, maka bambu dibedakan menjadi 2 yaitu *monopodial* dan juga *sympodial*.

Gambar 2.2 Akar Bambu
(Sumber: www.bambus.com)

Untuk spesies *Monopodial* memiliki pertumbuhan *rhizoma* dengan arah horizontal dan jaraknya yang cukup jauh. Spesies seperti ini hanya tumbuh di daerah subtropis temperatur tertentu. Spesies *Sympodial* berkembang secara horizontal dengan kerapatan yang sangat dekat dan tumbuh sampai 1-3 *rhizoma* dengan pangkal *rhizoma* yang sama

per satu *rhizoma* aslinya. Spesies semacam ini hanya tumbuh di daerah dengan iklim tropis. Dengan sistem akar seperti ini, bambu dapat mencegah bahaya erosi dan juga membuat air cepat meresap ke dalam tanah dan menyimpannya sebagai air tanah.

Bagian akar tidak terlalu banyak dimanfaatkan pada bangunan, biasanya lebih diterapkan pada bahan perabot yang menggunakan bahan bambu.

B. Batang.

Bambu dibedakan oleh pertumbuhan longitudinalnya. Tidak ada tanaman lain yang tumbuh secepat bambu. beberapa spesies bambu tumbuh 5 cm per jam. Spesies "*Guadua angustilogia*" tumbuh 12 cm per hari, bahkan bambu petung dan bambu hitam di Bali dapat tumbuh hingga 1 m per hari.

Tongkat bambu terdiri dari node, segmen dan diagfragma. Pertama-tama, tongkat muncul sebagai kuncup kecil pada node dari akar. Mereka tumbuh beberapa tahun sampai mereka muncul dari tanah dalam bentuk tunas yang pendek, tebal dan berbentuk kerucut yang dikelilingi oleh pelepah dedaunan. Dari titik tersebut, tunas bambu akan berkembang menjadi sebuah tongkat dengan kecepatan pertumbuhan yang sangat tinggi. Dalam setahun pertumbuhan terakhir tunas bambu akan mencapai ukuran penuh dan pelepah daun akan gugur secara keseluruhan.

Kira-kira setelah empat tahun pertama pertumbuhan, tongkat bambu akan mulai lignifying dan menjadi silikat. Hanya pada saat inikah mereka menjadi berguna seperti kayu untuk struktur bangunan. Kulit bambu mengandung asam silikat dalam jumlah besar. karena lapisan silikat yang keras dari permukaan luar bambu, bambu mempunyai resistensi terhadap paparan bahan kimia,gangguan hewan dan pengaruh mekanis.

Bagian batang adalah bagian yang paling banyak dimanfaatkan sebagai bahan bangunan. Baik sebagai struktural maupun sebagai selimut bangunan, bahkan sebagai bahan furnitur.

Gambar 2.3 Pemanfaatan Batang Bambu
(Sumber: www.greenvillagebali.com)

C. Dahan dan Daun.

Tongkat bambu meninggalkan cabang-cabang bebas dalam periode kurang dari satu tahun sampai berkembang hingga ketinggan maksimal. Proses percabangan ini berlangsung dari atas ke bawah dan dalam beberapa spesies, bisa diperpanjang hingga dasar dari tongkat bambu.

Dasar cabang bertunas dari *nodal protuberance*. Mereka mempunyai hubungan yang kuat antara diagfragma dan butiran-butiran noda. Percabangan cabang cocok sebagai penyangga untuk struktur yang lebih ringan.

Gambar 2.4 Dahan dan Daun Bambu
(Sumber: www.bambus.com)

Cabang membawa dedaunan rumput dimana lebarnya berbeda-beda. Pada umumnya orang dapat mengatakan semakin tinggi tongkat bambu, semakin kecil daunnya. Seperti pohon yang memiliki dedaunan, bambu menggugurkan daunnya setiap tahun tetapi dengan perbedaan daun baru tumbuh tanpa penundaan.

Sebagai pengisi rongga lantai atau dinding, bambu merupakan bahan penambal yang bagus. Karena beratnya yang ringan, elemen struktural *load-bearing* hanya ditujukan untuk penambahan beban minimal. Daun bambu yang panjang dan besar juga digunakan untuk membuat atap.

2.2.2 Sifat Mekanis

Sifat-sifat mekanik bambu tergantung pada:

a. Jenis bambu
b. Umur bambu pada waktu penebangan
c. Kelembaban (kadar air kesetimbangan) pada batang bambu
d. Bagian batang bambu yang digunakan
e. Letak dan jarak antar ruas

Penentuan sifat-sifat mekanis bambu dapat dilakukan dengan syarat bambu yang digunakan merupakan bambu yang kering dengan kadar air 12%.

A. Berat Jenis

Berat jenis bambu berbeda-beda tergantung dengan jenis bambunya. Berat jenis bambu mengalami penurunan sesuai dengan tingkat pengeringannya. Namun, untuk konstruksi bagnunan bambu di Indonesia, berat jenis bambu dianggap rata-rata 700kg/m^3.

B. Kekuatan Tarik

Kekuatan tarik bambu dalam menahan gaya-gaya tarik berbeda-beda pada bagian dinding batang dalam atau bagian luar, garis tengah batang, serta pada bagian batang mana yang digunakan. Batang bambu pada bagian kaki memiliki kekuatan tarik lebih besar dibandingkan batang bambu bagian kepala. Tegangan tarik rata-rata bambu sejajar arah serat adalah 29.4 N/mm^2.

C. Kekuatan Tekan

Kekuatan tekan bambu untuk menahan gaya-gaya tekan berbeda-beda tergantung dengan bagian bambu yang mengalami gaya tekan. Bagian ruas bambu dan bagian antar ruas memiliki perbedaan kekuatan dalam menerima gaya tekan, bagian batang tanpa ruas lebih kuat dalam meneriam gaya tekan daripada bagian ruas karena bagian ruas bersifat mudah getas. Kekuatan tekan rata-rata yang dimiliki bambu sejajar dengan arah serat adalah sebesat 7.85 N/mm^2.

D. Kekuatan Geser

Kekuatan geser pada bambu berbeda-beda tergantung dengan ketebalan dinding bambu. Bambu dengan dinding setebal 10 mm memiliki kekuatan geser 11% lebih rendah daripada bambu dengan dinding setebal 6 mm. Batang bambu tanpa ruas memiliki kekuatan geser 50% lebih tinggi daripada batang bambu beruas. Kekuatan geser batang bambu sejajar arah serat adalah 2.45 N/mm^2.

E. Kekuatan Lentur

Kekuatan lentur adalah kekuatan untuk menahan gaya-gaya yang berusaha melengkungkan batang bambu atau menahan muatan beban mati ataupun beban hidup. Karena bambu merupakan bahan elastis, maka lendutan yang terjadi sesuai kekuatan bahan menjadi tinggi. Tegangan lentur rata-rata adalah 9.80 N/mm^2.

2.2.3 Sifat Kimia

Penelitian sifat-sifat kimia bambu telah dilakukan oleh Gusmailina dan Sumadiwangsa (1988) meliputi penetapan kadar selulosa, lignin, pentosan, abu, silika, serta kelarutan dalam air dingin, air panas dan alkohol benzen. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kadar selulosa berkisar antara 42,4% - 53,6%, kadar lignin bambu berkisar antara 19,8% - 26,6%, sedangkan kadar pentosan 1,24% - 3,77%, kadar abu 1,24% - 3,77%, kadar silika 0,10% - 1,78%, kadar ektraktif (kelarutan dalam air dingin) 4,5% - 9,9%, kadar ekstraktif (kelarutan dalam air panas) 5,3% - 11,8%, kadar ekstraktif (kelarutan dalam alkohol benzene) 0,9% - 6,9%. Tingginya kadar selulosa pada bambu yang mencapai 50% membuat bambu menjadi salah satu bahan yang digunakan untuk

membuat kertas dan pulp. Kadar silica pada bambu memiiliki persentase yang lebih tinggi dibanding dengan tanaman kayu. Tingginya presentase silica tersebut menunjukkan upaya bambu tersebut melindngi dirinya dari lingkungan sekitarnya.

Bambu sebagai bahan banguan alam yang tumbuh secara organik merupakan bahan yang tidak terhindar dari bahaya kebakaran. Pembakaran bambu merupakan proses oksidasi (penguraian) atas unsur air dan kanbondioksida dengan menggunakan oksigen. Menurut bahaya bambu terbakar, dapat dibedakan 3 titik pembakaran:

a. Titik menyalakan api dengan sumber api dari luar $\pm$ 230^{o}C
b. Titik api, bambu yang dinyalakan akan membakar pada $\pm$ 260^{o}C
c. Titik menyala sendiri tanpa sumber api, antara 330-480^{o}C

Ketahanan api oleh konstruksi bambu berbeda-beda juga menurut beban dan reaksi bambu terhadapnya. Kepadatan serat bambu pada dinding begian luar dan kandungan asam kersik yang tinggi mengakibatkan bambu cukup sulit tersulut api. Konstruksi bambu dapat dibuat lebih tahan terhadap kebakaran dengan penggunaan lapisan cat khusus yang tahan api dan aman bagi kesehatan ataupun dengan pengawetan bambu dengan Boraks (Natriumtetraborat) yang dilarutkan pada air saat melakukan perendaman.

2.3 Jenis bambu di Lombok

Terdapat hingga 150 jenis bambu yang ada di Indonesia, namun yang umum dimanfaatkan dan dipasarkan terdapat 4 macam, yaitu bambu tali, bambu petung, bambu duri, dan bambu wulung (Frick, 2004).

A. Bambu Tali/Apus *(Gigantochloa apus)*.

Bambu yang amat liat dengan ruas jarak sampai 65 cm dengan diameter batang 40-80 mm, serta panjang batang 6-13 m. Bambu ini mempunyai rumpun yang simpodial, rapat, dan tegak. Bambu memiliki kulit berwarna hijau. Percabangannya mencapai 1.5 m dari permukaan tanah, terdiri atas 5-11 cabang. Bambu tali biasa dimanfaatkan sebagai bahan bangunan dan sebagai bahan baku dalam pembuatan barang kerajinan.

Bambu tali pada bangunan dapat dijadikan sebagai lantai, dinding, langit-langit, dan reng. Pemanfaatan tersebut dapat berupa bambu bilah ataupun bentuk anyaman (untuk lantai, dinding, dan langit-langit) serta dalam bentuk batang bulat (reng).

B. Bambu Petung *(Dendrocalamus asper)*.

Bambu yang amat kuat dengan jarak ruas pendek, tetapi dengan dindingnya tebal sehingga tidak begitu liat. Diameter batang bambu petung 10-35 cm, panjang batang

efektif 10-20 m. Bambu ini sering ditanam dan tumbuh pada daerah berketinggian 1900 mdpl. Bambu petung yang siap panen berwarna kuning kecoklatan. Bambu petung biasa dimanfaatkan sebagai bahan bangunan dan bahan untuk kerajinan meubel.

Dalam konstruksi bangunan, bambu petung sangat baik digunakan sebagai struktur utama. Bambu petung ini sangat berpotensi untuk dijadikan kolom utama bangunan ataupun balok induk bangunan. Dengan panjang batang efektif mencapai 20 meter, bambu petung sangat ideal untuk membentuk ruang dengan struktur bentang lebar.

Gambar 2.5 Bambu tali (kiri) dan bambu petung (kanan)
(Sumber: Bamboo Biodiversity Asia)

C. Bambu Duri/Ori *(Bambusa blumeana)*.

Bambu ini juga kuat dan besar seperti bambu petung, jarak ruas juga pendek dengan dinding tebal, bagian luar (kulit) lebih halus dan licin dibandingkan dengan bambu lainnya, selain itu juga lebih keras. Diameter batang bambu ini 75-100 mm dan panjang batang efektif 9-18 m. Bambu duri memiliki cabang-cabang kecil yang cukup banyak mulai dari 50 cm dari muka tanah, sehingga terlihat seperti duri-duri tanaman.

Sama seperti dengan bambu petung, bambu duri juga berpotensi digunakan sebagai bahan struktur utama dalam konstruksi bangunan terutama konstruksi bangunan bambu dan dapat dimanfaatkan untuk bangunan berbentang lebar.

D. Bambu Wulung/Hitam *(Gigantochloa verticillata)*.

Bambu dengan jarak ruas panjang seperti pada bambu tali/apus, akan tetapi tebalnya sampai 20 mm dan tidak liat (getas), bergaris kuning muda. Bambu hitam memiliki warna buluh yang kehitam-hitaman hingga coklat, gundul ketika tua dan keungu-unguan. Diameter batang bambu ini 40-100 mm, panjang batang efektif 7-15 m.

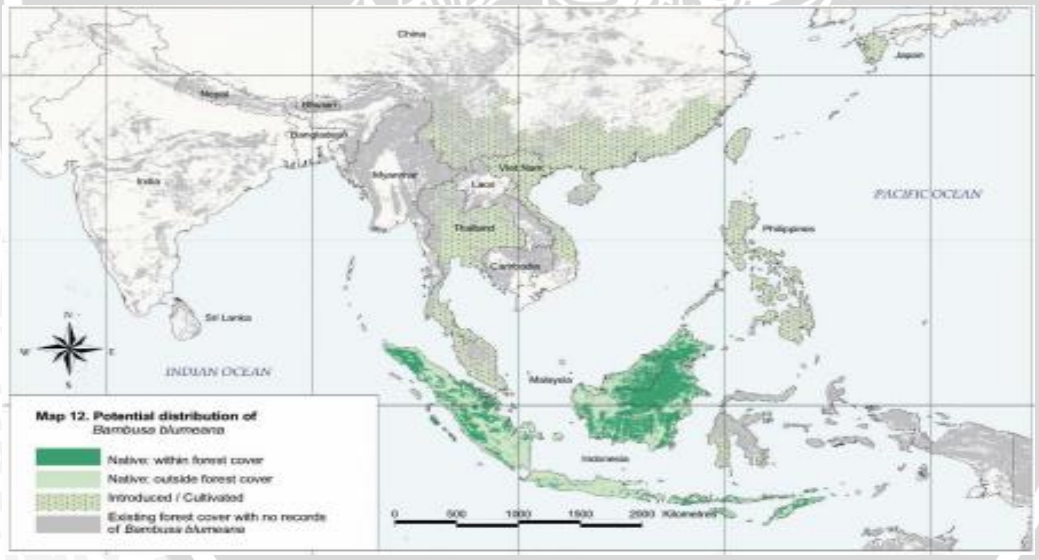
Bambu hitam biasa dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan alat music dam juga untuk industri mebel bilik dan kerajinan tangan. Bambu hitam juga sangat baik untuk diterapkan sebagai bahan interior bangunan karena warnanya yang unik serta kulitnya yang keras, licin, dan tidak berserabut sehingga aman digunakan baik sebagai bahan lantai ataupun dinding bangunan.

Gambar 2.6 Bambu duri (kiri) dan bambu wulung (kanan)
(Sumber: Bamboo Biodiversity Asia)

Bambu yang akan digunakan untuk bahan bangunan sebaiknya berumur 3-6 tahun, karena memiliki mutu dan kekuatan yang paling tinggi dan cukup tahan terhadap hama dan jamur jika dirawat dan dikeringkan dengan baik.

Batang bambu dipotong sekitar 15-30 cm diatas tanah dengan menggunakan parang langsung di atas sebuah ruas agar tidak membuat air tergenang karena dapat merusak akar rimpangnya. Waktu yang baik untuk memotong bambu adalah pada subuh saat bulan tua (pada seperempat terakhir sebelum bulan gelap) karena batang bambu paling kering saat itu. (Frick, 2004).

Berdasarkan data dari UNEP-WCMC dan INBAR, bambu yang memiliki jumlah dan potensi besar di bagian Lombok Utara adalah Bambu Duri *(Bambusa blumeana)*.



Gambar 2.7 Persebaran Bambusa blumeana
(Sumber: Bamboo Biodiversity Asia)

Bambu yang terdapat di daerah Kecamatan Bayan ini dapat ditemukan di sekitar hutan adat Bayan yang terletak di kawasan kaki Gunung Rinjani. Hutan bambu ini menjadi batas antara wilayah hutan adat dengan kawasan masyarakat. Letak hutan ini dapat dicapai dengan perjalanan menggunakan sepeda motor selama 30 menit dari Desa Segenter.

Terdapat beberapa spesies tanaman bambu yang terdapat di hutan ini, namun yang paling sering digunakan oleh masyarakat terdapat 3 jenis tanaman bambu, yaitu Bambu Santong (*Gigantochloa atter*), Bambu Duri (*Bambusa blumeana)*, dan Bambu Tali *(Gigantochloa apus)*.

Gambar 2.8 Bambu Santong
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

Bambu Santong digunakan oleh masyarakat sebagai bahan untuk struktur utama pada bangunan, bentuknya yang lurus dan memiliki daging tebal membuat bambu ini dimanfaatkan sebagai kolom bangunan ataupun kuda-kuda atap. Bambu Santong yang siap dipanen dapat berdiameter 8-12 cm dan ketebalan daging 20mm dengan panjang batang mencapai 20 m. Bambu Duri digunakan sebagai alternatif dari Bambu Santong, karena jumlah Bambu Duri tidak sebanyak Bambu Santong, seperti data pada *Bamboo Biodiversity of Asia* yang menyatakan bahwa bambu ini termasuk dalam spesies langka yang terancam populasinya. Bambu Duri memiliki diameter 8-15 cm dan ketebalan daging sekitar 10 mm dengan panjang batang mencapai 20-25 m.

Gambar 2.9 Bambu Duri
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

Bambu Tali/Apus dimanfaatkan dalam bangunan sebagai usuk, reng, tali hingga penutup atap. Sifatnya yang liat membuat bambu ini sebagai pilihan untuk membuat tali sambungan bambu. Bambu ini memiliki diameter 5-10 cm dan ketebalan daging hanya 2-5 mm dengan panjang batang mencapai 10-15 m.

Gambar 2.10 Bambu Tali
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

2.4 Syarat Bangunan Bambu

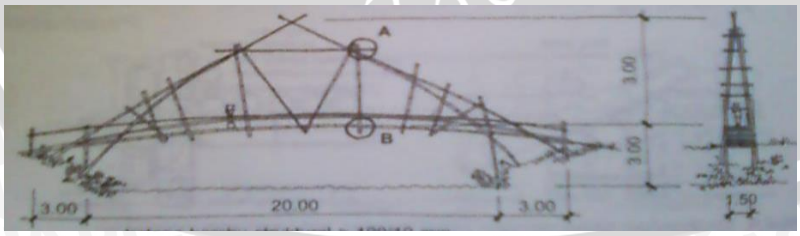
Menurut Mardjono (2002:52), untuk membuat sebuah bangunan bambu perlu dilihat dari beberapa aspek yang mempengaruhi desain serta konstruksi dari bangunan seperti kondisi lingkungan, spesies bambu lokal, tipe bangunan, sambungan bangunan serta material bangunan. Contoh beberapa persyaratan aspek tersebut 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.

2.5 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 mimiliki kuat tarik, sangat berpotensi untuk menggunakan sistem struktur bentang panjang. Bahkan dengan kontruksi tertentu seperti konstruksi jembatan gantung-sokongan, bentang yang dihasilkan dapat mencapai 20 m (Frick,2004).



Gambar 2.11 Konstruksi Jembatan Gantung-Sokongan Bambu
(Sumber: Frick, 2004)

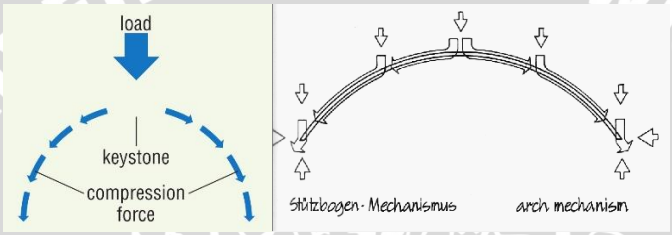
Perkembangan struktur bentang panjang yang menggunakan bambu telah mengalami perkembangan yang maju. Beberapa bangunan terkenal telah menggunakan bambu sebagai bahan utamanya. Teknologi konstruksi yang digunakan juga telah banyak mengalami peningkatan dari sistem ikatan yang menggunakan tali hingga menggunakan

baja sebagai pengikatnya. Secara garis besar sistem bentang panjang yang dapat diterapkan dengan bahan struktur bambu adalah *Arch Structure* dan *Curved Trusses.*

2.5.1 *Arch Structure*

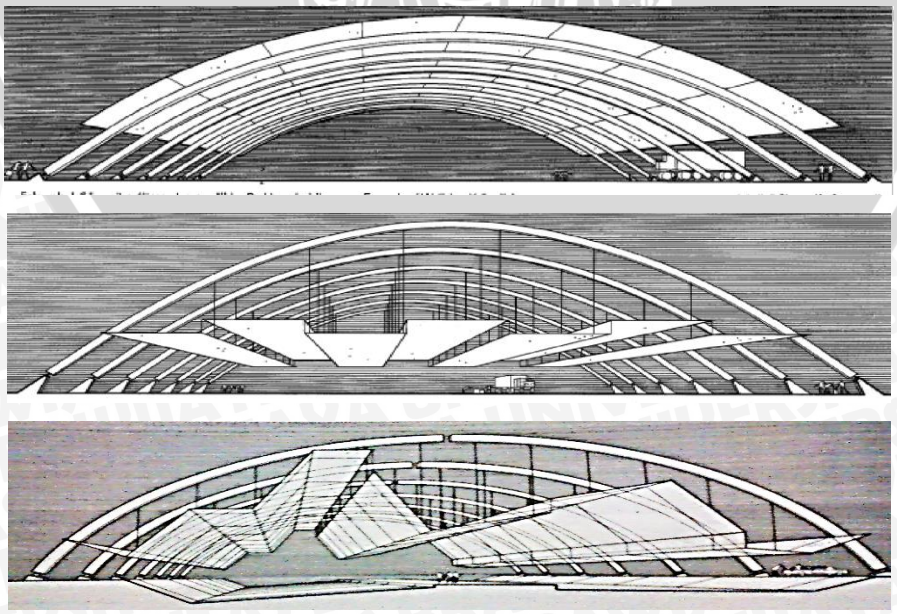
Arch Structure termasuk ke dalam *form active structural system*, yaitu sistem struktur yang fleksibel dan tidak kaku di mana arah gaya yang diakibatkan oleh karakteristik dan desain format tertentu akhirnya membentuk stabilisasi untuk menopang struktur tersebut serta dapat membentuk bentang yang panjang.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

Pada *arch structure*, beban yang diterima adalah beban merata, bukan beban terpusat. Dengan bentukan yang melengkung membentuk busur, maka gaya-gaya tersebut disalurkan menuju bagian dasar dari struktur.



Gambar 2.12 Penyaluran Gaya Pada *Arch Structure*
(Sumber: Frick, 2004)

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.



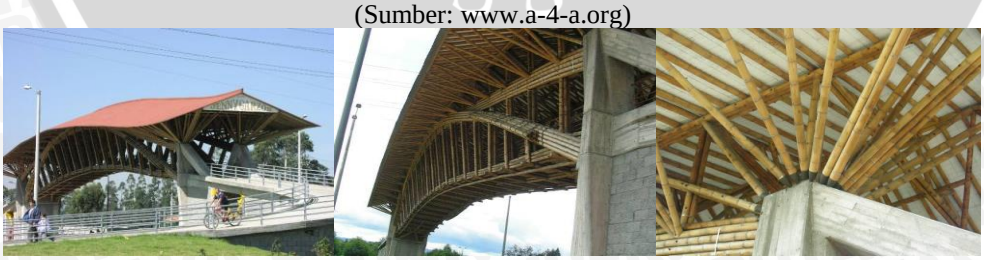
Gambar 2.13 Contoh-contoh *Arch Structure*
(Sumber: Engel,1981)

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 sebagai struktur utama.

Penerapan bambu dengan menggunakan konstruksi *arch structure* telah diterapkan pada beberapa macam bangunan maupun jembatan. Beberapa bangunan yang terkenal menggunakan konstruksi *arch structure* dengan bahan bambu adalah Jembatan Jenny Garzon di Bogota dan salah satu pintu masuk tol di Columbia karya arsitek Simon Velez. Di Indonesia juga terdapat bangunan-bangunan dengan bentang lebar yang ada di Green School Bali.

Gambar 2.14 Pintu masuk Tol di Kolombia dengan struktur bambu
(Sumber: www.a-4-a.org)



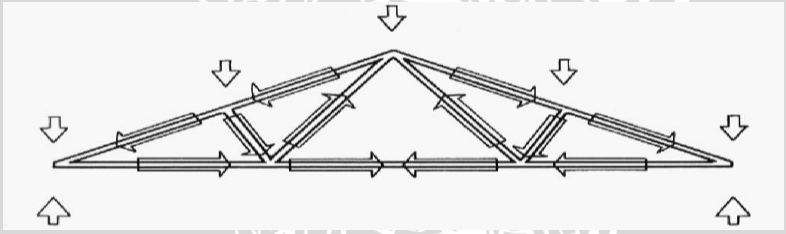
Gambar 2.15 Jembatan Jenny Garzon di Bogota
(Sumber: www.a-4-a.org)

Gambar 2.16 Green School Bali
(Sumber: www.greenschool.org)

2.5.2 *Trusses Structure*

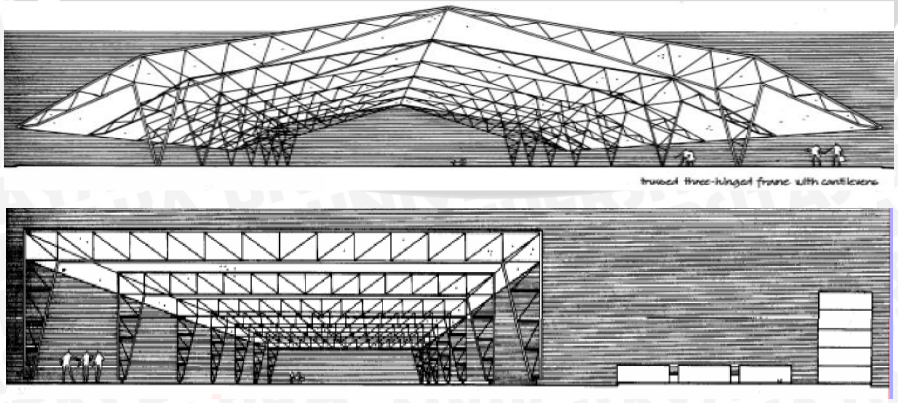
Trusses Structure termasuk ke dalam *vector active structure*, yaitu sistem struktur yang merupakan sistem pendek, solid, rangkaian linier lurus, di mana arah gaya diakibatkan oleh garis vektor, yaitu dengan pemisahan gaya multi-arah yang berasal dari kekuatan tunggal kepada elemen-elemennya. (Engel, 1981).

Pada konstruksi *trusses structure*, gaya-gaya yang terjadi adalah gaya terpusat pada titik-titik tertentu. Gaya-gaya tersebut kemudian disalurkan melalui batang-batang yang membentuk segitiga pada konstruksi tersebut. Dengan bentukan segitiga tersebut, konstruksi ini menjadi kokoh dan dapat menyalurkan gaya-gaya yang bekerja pada konstruksi dapat didistribusikan merata.



Gambar 2.17 Penyaluran Gaya Pada *Trusses Structure*
(Sumber: Frick, 2004)

Bentuk segitiga yang diterapkan pada konstruksi *trusses structure* ini juga menyesuaikan dengan jenis material yang digunakan. Untuk bahan bambu sebagai bahan utama konstruksi yang memiliki kuat tarik yang lebih besar dari kuat tekannya, maka bentuk segitiga yang digunakan adalah yang menyalurkan mayoritas gaya tarik.

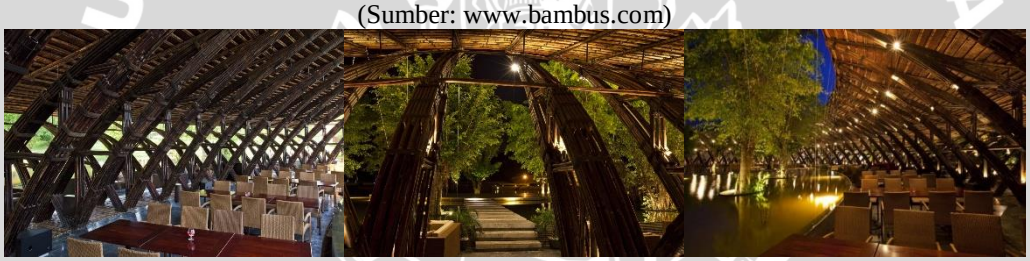


Gambar 2.18 Contoh-contoh *Trusses Structure*
(Sumber: Engel, 1981)

Bentang yang dihasilkan dengan konstruksi *trusses structure* yang menggunakan bahan bambu dapat mencapai 20 m dengan sebatang bambu utuh pada struktur utamanya dan dapat mencapai hingga lebih dari 40 m dengan menggunakan sambungan pada bagian tengahnya. Bagian yang membentuk segitiga dapat berasal dari jenis bambu yang berbeda namun harus memiliki kuat tarik yang besar sehingga dapat tetap menjaga kekokohan dari konstruksi tersebut.

Beberapa contoh bangunan yang menggunakan konstruksi *trusses structure* sebagai pembentuk bangunan adalah Zeri Pavilion karya Simon Velez dan Bamboo Wing Restaurant di Vietnam karya Vo Trong Nghia.

Gambar 2.19 Zeri Pavilion
(Sumber: www.bambus.com)



Gambar 2.20 Bamboo Wing
(Sumber: www.archdaily.com)

Dari kedua macam struktur di atas, masing-masing memiliki kelebihan dan kelemahan dalam penerapannya dengan menggunakan bambu. *Arch structure* dapat lebih menghemat pemakaian bahan bambu dalam membentuk ruang bentang lebar dan juga lebih sedikit menggunakan material fabrikasi seperti mur dan baut untuk menyatukan atau menyambung struktur karena lebih sedikit membutuhkan sambungan daripada *trusses structure*. Namun kelemahannya lebar bentang yang dihasilkan sangat tergantung dengan panjang efektif batang bambu yang digunakan.

Sedangkan *trusses structure* dapat menghasilkan bentang yang cukup lebar dengan mengandalkan teknik sambungan yang diterapakan pada konstruksi tersebut. Namun kelemahannya dengan menggunakan jenis konstruksi ini, akan membutuhkan banyak bambu untuk dapat membuat struktur tersebut menjadi kokoh serta dapat meningkatkan penggunaan bahan fabrikasi seperti mur dan baut pada sambungan-sambungannya.

Pada sekolah alam, dibutuhkan ruang-ruang dengan bentang yang lebar untuk mewadahi aktivitas pelaku terutama anak-anak yang cukup aktif bergeraak. Namun, disamping hal tersebut, juga terdapat kebutuhan akan bahan material yang ramah lingkungan serta paling tidak dapat mengurangi jejak karbon yang dihasilkan sehingga penghematan dalam penggunaan bahan bangunan sangat berpengaruh. Dengan demikian, jenis struktur yang akan diterapkan pada sekolah alam adalah *arch structure*.

2.6 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).

2.6.1 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*)

Ini merupakan sambungan yang umum digunakan. Bahan materialyang biasanya digunakan adalah serat kelapa, kulit bambu dan rotan. Sebelum diikat, serat dibasahkan dengan air agar ketika diikatkan tali mengering dengan sendirinya dan seratnya akan semakin kuat

Gambar 2.21 Sambungan Tali yang Telah Diikat
(www.a-4-a.org)

2. *Positive fitting connection*

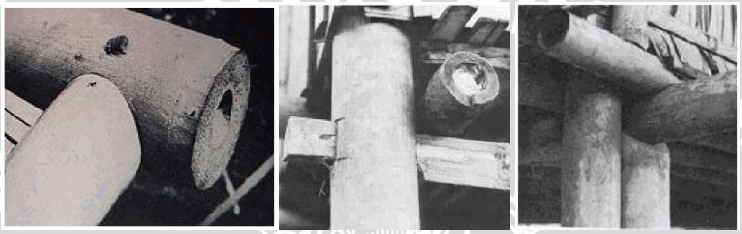
Memanfaatkan rongga pada bambu untuk disambungkan dengan bambu yang lainnya, seperti yang sering dilakukan pada konstruksi bangunan tradisional.

3. Sambungan *Plugin*

Konstruksi sambungan yang membuat antar elemen sambungan saling mengunci satu sama lain. Sebagai pengait biasanya ditambahkan sebuah pasak sebagai kuncian.

4. *Doublejamb connection*

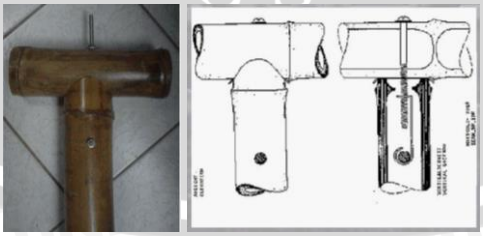
Sambungan ini menggunakan bambu lainnya sebagai tumpuan. *Doublejamb* sendiri dibagi menjadi *doublejamb as support* dan *doublejamb with support.* Bambu yang menjadi tumpuan ini diikatkan pada bambu utama dan balok bambu lantai bertumpu pada bambu tumpuan yang telah diikatkan sebelumnya.



Gambar 2.22 Sambungan *Positive Fitting Connection, Plugin,* dan *Doublejamb Connection* (www.a-4-a.org)

2.6.2 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.



Gambar 2.23 Sambungan dengan *Plugin* Baut (www.a-4-a.org)

Gambar 2.24 Sambungan dengan Plat
(www.a-4-a.org)

Gambar 2.25 Sambungan dengan Pengisi Mortar
(Sumber: www.a-4-a.org)

2.6.3 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*

Sambungan ini menggunakan alat bantu *interlocking*. Sambungan ini menggunakan tumpuan kedua untuk mengalirkan beban vertikal dari balok lantai ke kolom. Sambungan ini sudah dikembangkan dalam bentuk yang lebih modern, seperti yang dilakukan oleh Shoei Yoh (1989) dengan menggunakan tabung baja dan juga baut. Pada tahun 1997 Renzo Piano juga mengembangkan sambungan ini dengan menggunakan baja *custom* sesuai bentuk dan kebutuhan dan plat baja yang dimasukkan kedalam bambu serta baut untuk mengikatnya.

Gambar 2.26 Sambungan *Plugin*
(www.a-4-a.org)

2. Sambungan *induo anchor*

Sambungan ini digunakan untuk bambu dengan diameter yang besar. Sambungan ini terdiri atas besi padat sebagai tumpuan didalamnya. Sambungan ini mudah dipasangkan pada bambu dan campuran zat padat seperti mortar.

Gambar 2.27 Sambungan *Induo Anchor*
(www.a-4-a.org)

3. Sambungan *pan knot*

Sambungan ini memiliki kesamaan dengan sambungan *induo-anchor technique*, tetapi sambungan ini digunakan pada bambu yang lebih kecil

Gambar 2.28 Sambungan *Pan Knot*
(www.a-4-a.org)

2.7 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.

2.8 Arsitektur Desa Adat di Bayan

Di Kecamatan Bayan terdapat beberapa desa adat. Desa-desa tersebut masi cukup terjaga keasliannya. Beberapa di antaranya terdapat Desa Segenter, yang telah menjadi desa wisata, Desa Bayan, Desa Dendang Jeliti, Desa Sembagek, dan Desa Semokan. Masing-masing desa tersebut memiliki keunikan dalam arsitekturnya.

Desa Semokan merupakan desa yang memiliki letak tertinggi di antara desa lainnya. Desa ini hanya boleh dihuni oleh para Tetua Adat, dan bagi orang luar yang ingin memasuki wilayah desa harus menjalani ritual tertentu. Tetua Adat di Desa Semokan terbagi menjadi 3 sesuai dengan adat Wetu Telu yang dianut oleh masyarakat Sasak Bayan. Tetua adat yang tertinggi disebut *Kiai*, tugas yang diemban adalah mengatur bidang keagamaan. Kemudian Tetua Adat *Pemangku* yang mengatur masalah adat, serta Tetua Adat *Pembekel* yang mengatur masalah kemasyarakatan. Kedua tetua adat ini memiliki jabatan yang setara.

Perbedaan posisi jabatan tersebut juga menentukan letak posisi rumah dari masing-masing Tetua Adat. *Kiai* memiliki rumah (*bale*) yang berada diposisi tertinggi pada arah selatan (*daye*). Sedangkan *bale* milik *Pemangku* dan *Pembekel* berada di arah Barat dan Timur dengan posisi yang lebih rendah.

Gambar 2.29 Desa Semokan
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

Desa Sembagek juga salah satu desa yang masih terjaga keasliannya seperti Desa Semokan. Di desa ini masyarakatnya tidak mau menerima adanya pengaruh teknologi yang berasal dari luar desa, sehingga kebudayaan yang asli di sini masih dapat terlihat jelas. Di desa ini masyarakatnya bekerja sebagai petani dan pengrajin anyaman bambu. Hasil dari pertanian dan perkebunan serta kerajinan tersebut nantinya akan di jual ke pasar tradisional yang terletak di daerah Kecamatan Bayan.

Gambar 2.30 Desa Sembagek
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

Kemudian Desa Segenter yang sudah terkenal sebagai desa wisata dan Desa Dendang Jeliti. Kedua desa ini memang dikenal sebagai desa adat, namun sudah banyak mengalami asimilasi budaya. Hal ini dapat terlihat dengan jelas pada rumah-rumah yang terdapat pada kedua desa. Rumah–rumah yang masih dipertahankan bentuk aslinya sudah tidak banyak, kebanyakan rumah telah diganti dengan bahan-bahan batu bata seperti rumah-rumah masyarakat pada umumnya.

Bangunan pada desa-desa tersebut memiliki tipe bagian bangunan yang sama. Setiap bangunan terdiri dari atap, dinding, dan pondasi.

1. Atap

Konstruksi atap pada desa-desa adat tersebut menggunakan bambu dan kayu sebagai bahan utama strukturnya. Kuda-kuda atap biasanya menggunakan bahan bambu Santong yang populasinya banyak terdapat di hutan adat sekitar desa tersebut. Untuk gording dan reng menggunakan bambu tali/apus, bambu tersebut juga dipakai sebagai bahan tali yang digunakan untuk memperkuat sambungan struktur bambu. Penutup atap yang digunakan pada bangunan rumah (*bale)* dan *berugaq* adalah alang-alang ataupun atap rumbia.khusus untuk masjid kuno yang terdapat di Desa Semokan, bahan penutup atap yang digunakan adalah bambu. Selain itu atap juga disangga oleh kolom-kolom kayu yang berjumlah 4 tiang. Pada *bale* dan *berugaq*, bahan penutup atap tidak diperbolehkan menggunakan bambu karena dianggap menyamai atap bangunan masjid kuno yang sakral.

Gambar 2.31 Atap pada Desa Adat
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

2. Dinding

Dinding pada seluruh bangunan menggunakan bahan bambu yang dianyam. Di setiap rumah adat tidak terdapat jendela, satu-satunya bukaan yang terlihat jelas adalah pintu.

Menurut masyarakat desa, mereka tidak memerlukan jendela karena dengan dinding bambu pertukaran udara masih dapat terjadi, sehingga penghawaan masih tetap terjaga. Untuk mendapatkan pencahayaan pada siang hari juga masyarakat tidak membutuhkan banyak cahaya karena sebagian besar masyarakat beraktivitas di luar rumah pada siang hari. Dengan dinding anyaman bambu juga masyarakat yang berada di dalam rumah masih dapat mengawasi keadaan di luar sedangkan privasi bagian dalam rumah masih terjaga. Untuk kolom, bahan yang digunakan adalah kolom bambu ataupun kolom kayu. Pada masyarakat Desa Sembagek, kolom yang digunakan pada *bale* adalah kolom kayu, sedangkan pada desa lainnya menggunakan kolom bambu. Untuk *berugaq*, kolom yang digunakan adalah kolom kayu.

Gambar 2.32 Dinding pada Desa Adat
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

3. Pondasi

Pondasi yang digunakan adalah pondasi batu. Pada Desa Semokan, Segenter, dan Dendang Jeliti, pondasi menggunakan bebatuan yang ditumpuk hingga mencapai ketinggian sekitar 50 cm atau 1 meter untuk bangunan masjid. Sedangkan pada Desa Sembagek, pondasi hanya berupa batu umpak yang diletakkan kemudian menopang kolom tanpa menggunakan sambungan pada pondasi. Rumah pada Desa Sembagek ini menggunakan struktur rumah panggung.

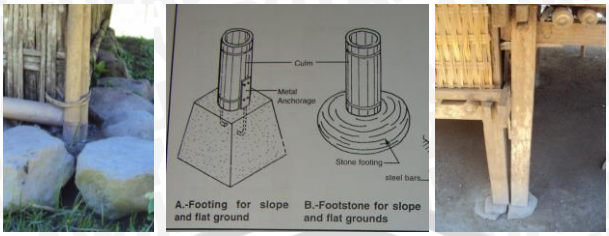
Gambar 2.33 Pondasi pada Desa Adat
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

4. Sambungan

A. Pondasi ke Struktur Utama

Pondasi yang digunakan pada rumah-rumah adat tersebut adalah pondasi setempat (umpak). Pondasi umpak yang digunakan berupa batu, antara pondasi dan kolom struktur utama tidak menggunakan sambungan. Kolom bambu berdiri tegak hanya

dengan diletakkan di atas batu pondasi. Sistem bekerja dengan memanfaatkan gaya-gaya pada konstruksi bambu yang tersalurkan pada kolom-kolom tersebut.



Gambar 2.34 Sambungan Pondasi ke Kolom pada Desa Adat
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

B. Struktur Utama

Struktur utama pada bangunan adat menggunakan sambungan tali isolasi ketat (*friction-tight rope connection*) dengan menggunakan kulit bambu sebagai alat ikatnya.

Gambar 2.35 Sambungan Tali pada Desa Adat
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

Khusus pada rumah adat Desa Sembagek, konstruksi berupa rumah panggung dan menggunakan kayu sebagai kolom utama bangunan. Sambungan yang digunakan berupa sambungan *plugin*.

Gambar 2.36 Sambungan *Plugin* pada Desa Adat
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

C. Struktur Utama Ke Struktur Sekunder

Struktur sekunder merupakan struktur penunjang kelanjutan dari fungsi struktur utama serta sebagai penghubung struktur-struktur utama, misalkan struktur lantai pada rumah adat desa Sembagek. Konstruksi untuk lantai menggunakan sambungan *plugin* dengan menggunakan pasak bambu.

Gambar 2.37 Sambungan *Plugin* pada Konstruksi Lantai Desa Adat
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

D. Sambungan Tambahan

Konstruksi tambahan merupakan konstruksi yang membantu menciptakan bentuk bangunan serta sebagai tempat melekatnya bahan penutup atap ataupun bahan penutup dinding. Konstruksi tambahan dapat menyambung langsung dari struktur utama ataupun dari struktur sekunder. Sambungan yang digunakan sambungan tali isolasi ketat (*friction-tight rope connection*) yang diperkuat dengan ditali menggunakan tali kulit bambu.

Gambar 2.38 Sambungan *Friction-tight Rope Connection* pada Desa Adat
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

Perlindungan bangunan terhadap bahaya kebakaran pada desa-desa adat diterapkan dengan memberikan kompartemenisasi, yaitu pemberian jarak antar massa bangunan serta dengan pemisahan antara massa sebagai tempat tinggal dengan massa yang berfungsi sebagai dapur.

Gambar 2.39 Pemberian Jarak Antar Massa Bangunan pada Desa Adat
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

2.9 Penerapan Konstruksi Bambu pada Green School Bali

Seluruh bangunan yang ada di Green School menggunakan bambu sebagai bahan utama bangunan baik sebagai bahan struktur maupun sebagai bahan selubung bangunan. Jenis bambu yang banyak digunakan adalah bambu petung dan bambu hitam. Bambu yang digunakan berasal dari berbagai negara, ada yang berasal dari Brazil, Thailand, dan Cina. Sedangkan bambu lokal yang digunakan berasal dari Bali dan Jawa. Beberapa batang bambu merupakan hasil sumbangan dari para donatur sehingga nama mereka terukir pada batang bambu tersebut.

Sebagian besar bangunan yang ada menggunakan sistem konstruksi bangunan bentang panjang. Dengan penggunaan struktur tersebut, potensi bambu sebagai bahan utama bangunan berhasil dibuktikan. Batang bambu petung dengan ketebalan mencapai 20 mm dapat dimanfaatkan hingga mencapai bentang 20 m. Dengan menggunakan sistem struktur bentang panjang, ruang yang dihasilkan bangunan lebih luas karena *space* yang terbentuk tidak memiliki kolom pada bagian tengah ruangan.

Gambar 2.40 Struktur Bentang Panjang pada Green School Bali
(Sumber foto: Dokumentasi Pribadi)

1. Pondasi

Pondasi yang digunakan merupakan pondasi tiang pancang. Untuk dapat membentuk struktur bangunan bentang panjang tersebut, besi pancang yang digunakan ditanam hingga mencapai kedalaman sekitar 6 m.

Bambu sebagai bahan organik dalam penggunaannya tidak boleh langsung menyentuh tanah, terkait masalah kelembaban tanah yang dapat merusak kekuatan dari bambu sendiri. Sehingga digunakanlah batu sungai sebagai pedestal/umpak untuk menyangga kolom bambu. Untuk menyambungkan bambu dengan besi panjang, maka batu dibor

sehingga besi pancang dapat masuk ke rongga ruas bambu, kemudian diisi mortar sebagai bahan perekatnya.

(a) (b)

Gambar 2.41 (a)Pondasi, (b)Pemasangan Kolom pada Pondasi
(Sumber: (a)Dokumentasi Pribadi, (b)www.ibuku.com)

2. Kolom

Bambu petung yang digunakan sebagai kolom utama adalah yang memiliki panjang mencapai 20 m dengan ketebalan daging sekitar 20 mm. Sebelum dihubungkan ke pondasi, bambu kolom utama dibentuk dan disusun terlebih dahulu sesuai dengan desain bangunan. Setelah pondasi untuk kolom telah siap, maka kolom bambu kemudian dipasang.

Sambungan yang digunakan pada struktur bambu ini menggunakan sistem sambungan pasak menggunakan baut dan mur. Sambungan tersebut dirapikan dengan ditutup menggunakan ruas batang bambu ataupun dengan tali ijuk.

Gambar 2.42 Pembentukan Kolom Bambu
(Sumber: www.ibuku.com)

Gambar 2.43 Sambungan Bambu
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

3. Penutup Atap

Bahan penutup atap yang digunakan terbagi menjadi 2 macam, yaitu bambu dan rumbia. Untuk atap rumbia, penggunaan dan teknik pemasangan menggunakan cara

tradisional seperti pada beberapa rumah adat di Indonesia, misalkan seperti rumah adat di Desa Semokan dan Sembagek.

Untuk bahan penutup atap berupa bambu, terdapat perlakuan khusus terhadap batang bambu tersebut. Batang bambu ditekan hingga pecah dan membentuk lembaran-lembaran bambu. Dalam pemasangannya, setiap baris atap memiliki 3 lapisan yang terdiri atas 2 lembar batang bambu yang disisipi lembar alumunium. Hal tersebut digunakan untuk mengurangi risiko terjadinya kebocoran.

Gambar 2.44 Atap Rumbia dan Bambu
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

Gambar 2.45 Pemasangan Atap Rumbia dan Bambu
(Sumber: www.ibuku.com)

4. Penutup Lantai dan Dinding

Lantai memiliki berbagai macam bahan penutup sesuai dengan fungsi ruang yang ada. Pada ruangan yang berfungsi sebagai kelas, maka bahan penutup yang digunakan adalah lantai anyaman bambu. Terdapat beberapa variasi model penutup lantai dari bambu yang diterapkan di Green School. Untuk ruang bersama seperti *hall* dan juga ruang olahraga, penutup lantai yang digunakan adalah acian mortar ataupun ubin.

Gambar 2.46 Penutup Lantai
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

Sebagian besar bangunan yang ada di Green School ini tidak memiliki dinding, karena di tempat ini menerapkan tema *open space*. Namun terdapat beberapa bangunan yang menggunakan memang memerlukan dinding sebagai prasyarat pendukung fungsi bangunan tersebut, seperti laboratorium, perpustakaan, dan *toilet*. Dinding yang digunakan berbahan dasar bambu. Bambu tersebut dengan pola tertentu tergantung bentuk ruangnya.

Gambar 2.47 Dinding Bambu
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

5. Sambungan

Untuk merangkai bambu sehingga menjadi sebuah konstruksi bangunan, dibutuhkan sambungan-sambungan bambu yang terbagi dalam beberapa jenis sambungan sesuai dengan letak sambungan tersebut pada konstruksi.

A. Pondasi ke Struktur Utama

Sambungan pada pondasi berupa tulangan besi yang dicampur mortar sebagai bahan pengikat bambu. Untuk ini, perlu diperhatikan tingkat kekeringan bambu sebelum dipasangkan karena mortar memerlukan waktu untuk kering sehingga air dari campuran mortar dapat masuk ke dalam pori-pori bambu dan merusak bambu.

Gambar 2.48 Sambungan pada Pondasi Green School
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

B. Struktur Utama

Struktur utama berupa kolom bambu yang terdiri dari 2-3 batang bambu yang dijadikan satu. Sambungan yang digunakan pada struktur utama berupa sambungan *plugin* dengan menggunakan pasak berupa pasak bambu ataupun baut sebagai alat sambungnya.

Gambar 2.49 Sambungan *Plugin* pada Struktur Utama Green School
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

C. Struktur Utama Ke Struktur Sekunder

Struktur sekunder merupakan struktur penunjang kelanjutan dari fungsi struktur utama serta sebagai penghubung struktur-struktur utama, misalkan struktur lantai pada jembatan dan konstruksi bertingkat. Sambungan yang diterapkan dapat berupa pasak yang terbuat dari bambu ataupun dibaut setelah itu dapat diperkuat dengan ditali menggunakan tali ijuk. Untuk lantai, sambungan yang diterapkan dapat menggunakan sambungan *double-jamb connection.*

Gambar 2.50 Sambungan *Plugin* dan *Doublejamb Connection* pada Green School
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

D. Struktur Tambahan

Struktur tambahan merupakan struktur yang membantu menciptakan bentuk bangunan serta sebagai tempat melekatnya bahan penutup atap ataupun bahan penutup dinding. Struktur tambahan dapat menyambung langsung dari struktur utama ataupun dari struktur sekunder. Sambungan yang digunakan dapat berupa sambungan tali isolasi ketat (*friction-tight rope connection*) yang diperkuat dengan ditali menggunakan ijuk.

Gambar 2.51 Sambungan Tali Isolasi Ketat (*friction-tight rope connection*) pada Green School
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

E. Ikatan Angin

Ikatan angin merupakan bagian dari konstruksi yang mempertahankan kekakuan pada konstruksi tersebut. Pada konstruksi bambu Green School, ikatan angin menggunakan sambungan *plugin* sebagai sambungan ke struktur utama.

Gambar 2.52 Ikatan Angin pada Green School
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

6. Utilitas

Sistem utilitas yang ada di Green School mengikuti sesuai dengan bentuk ruang yang dibentuk pada masing-masing bangunan.

A. Listrik

Instalasi listrik dipasang menyesuaikan bentu kolom pada bangunan. Untuk kabel listrik, dimasukkan dalam selubung bambu sehingga aman dari jangkauan anak-anak. Instalasi listrik terdapat pada ruang-ruang yang membutuhkan adanya pencahayaan bantuan dan kipas angin. Ruang-ruang yang terdapat instalasi listrik adalah *hall*, perpustakaan, laboratorium, ruang tunggu, dan kelas.

Gambar 2.53 Instalasi Listrik pada Green School
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

B. Air

Sama halnya dengan listrik, instalasi air juga dimasukkan ke dalam selubung bambu sehingga tidak terjangkau oleh anak-anak. Instalasi air terdapat pada toilet dan dapur.

C. Pencegah Kebakaran

Penanganan kebaran yang digunakan di Green School berupa tabung gas pemadam kebakaran yang diletakkan pada kolom bangunan.

Gambar 2.54 Instalasi Air dan Pemadam Kebakaran pada Green School
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

BAB III
METODOLOGI PERANCANGAN

3.1 Metode Umum Perancangan dan Tahapan Desain

3.1.1 Metode Umum 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.

3.1.2 Tahapan Desain

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.

Tahapan desain hingga mencapai konsep rancangan, yaitu:

1. Perumusan Gagasan

   Tahap perumusan gagasan ini merupakan proses berpikir secara berurutan dan sistematis, sebagai berikut:

   a. Pecarian ide dengan memperhatikan issue yang berkembang saat ini, melakukan observasi terhadap tapak serta data statistik yang relevan.
   b. Pemantapan ide perencanaan melalui penelusuran informasi dan data-data arsitektural maupun data-data non arsitektural dari berbagai pustaka maupun dari media untuk menyelesaikan masalah.
   c. Transformasi ide gagasan yang kemudian dituangkan dalam makalah tertulis.

2. Pengumpulan dan Pengolahan Data

   Merupakan kumpulan dari data-data yang berguna bagi perencanaan dan perancangan seperti:

   a. Data Primer, berupa survey lapangan, wawancara dan dokumentasi.
   b. Data Sekunder, berupa studi literatur dan studi komparasi terhadap obyek.

   Data tersebut selanjutnya diolah dan dianalisis hingga diperoleh alternatif konsep dalam proses kesimpulan awal atau kesimpulan sementara.

3. Analisis

   Analisis yang dilakukakan dari data yang telah dikumpulkan meliputi :

   a. Analisis massa bangunan, aspek-aspek yang dieksplorasi meliputi analisis tapak dan lingkungan ruang luar, lokasi tapak, batas dan ukuran tapak, pencapaian, sirkulasi pada tapak, potensi tapak, orientasi masa, pola tata masa, dan penataan/perancangan ruang luar (*landscaping*). kebutuhan ruang, luasan ruang, hubungan, dan pencapaian ruang.

b. Analisis konstruksi bangunan, aspek-aspek yang dieksplorasi meliputi bentukan bangunan, ekspresi struktur bentang panjang, dan sambungan bambu yang digunakan.

Hasil proses analisis tersebut kemudian dikumpulkan menjadi sebuah sintesis untuk menuju kepada kesimpulan awal.

4. Pertimbangan Penyelesaian Masalah

   Merupakan alternatif-alternatif jawaban terhadap permasalahan untuk memperoleh konsep perancangan. Alternatif pemecahan tersebut selanjutnya diklasifikasikan sesuai dengan kriteria-kriteria yang telah disusun guna memperoleh keputusan perancangan. Dari analisis yang dilakukan akan diperoleh alternatif konsep yang meliputi:

   a. Alternatif konsep massa bangunan: penataan ruang luar (*landscaping*), pengolahan masa majemuk (orientasi massa, pola tata massa), sirkulasi tapak, dan zonasi tapak, kebutuhan ruang, luasan ruang dan pencapaian ruang.
   b. Alternatif konsep konstruksi bangunan: bentuk dasar, konstruksi dan tampilan bangunan, serta sambungan.

5. Konsep Rancangan

   Mengambil alternatif pemecahan sebagai dasar penentuan konsep terpilih yang dianalisis menggunakan kriteria-kriteria yang telah disusun untuk mendapatkan keputusan konsep perancangan.

6. Hasil Desain

   Merupakan hasil desain dari keseluruhan proses pra-desain yang kemudian dituangkan dalam bentuk gambar-gambar skematik desain.

7. Evaluasi

   Setelah selesai mendapatkan konsep dan hasil desain, maka dilakukan analisis ulang terhadap permasalahan dan batasan-batasan permasalahan.

3.2 Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data yang dipakai sebagai penunjang proyek penerapan konstruksi bambu pada perancangan Sekolah Alam di Kecamatan Bayan Lombok Utara adalah sebagai berikut:

3.2.1 Data Primer

Yaitu data yang diperoleh dari lapangan, baik data kuantitatif maupun data kualitatif, yaitu meliputi:

1. Survei Lapangan

Peninjauan secara langsung ke lokasi tapak, yaitu di wilayah Kecamatan Bayan Lombok Utara pada tanggal 1 April 2012 hingga 5 April 2012 untuk mendapatkan data-data faktual yang menyangkut permasalahan. Data yang diperoleh berupa data fisik, yaitu keadaan tapak berupa penggunaan lahan dan rencana pengembangannya serta kondisi lingkungan sekitar termasuk desa-desa adat yang ada di Kecamatan Bayan untuk mengetahui karakteristik daerah tersebut.

Selain survei lapangan yang dilakukan di wilayah tapak, survei lapangan juga dilakukan di instansi-instansi seperti Dinas Pekerjaan Umum Tata Ruang, PLN, dan Badan Pusat Statistik melalui Badan Kesejahteraan Bangsa dan Perlindungan Masyarakat (Bakesbanglinmas) untuk mendapatkan data-data statistik perkembangan wilayah di Kecamatan Bayan, mendapatkan data-data mengenai persyaratan bangunan seperti RTRW, RDTRK, data pasokan listrik, dan gambar-gambar penunjang lainnya.

Data-data yang diperoleh dari kegiatan survei lapangan ini kemudian digabungkan satu dengan lainnya, yang kemudian data-data ini digunakan untuk menyusun konsep penerapan konstruksi bambu pada perancangan Sekolah Alam di Kecamatan Bayan Lombok Utara.

2. Dokumentasi

Pengumpulan data berupa foto-foto yang diperlukan untuk memberi gambaran tentang obyek dan lokasi penelitian. Data-data tersebut digunakan dalam penyusunan fungsi-fungsi yang dibutuhkan serta bagaimana mengolah tapak agar dapat beradaptasi dengan lingkungan.

3.2.2 Data Sekunder

Yaitu data yang tidak berhubungan langsung dengan obyek, namun tetap mendukung proses perencanan dan perancangan, meliputi :

1. Studi Literatur

Studi literatur dipergunakan untuk menunjang tinjauan teori serta memperkaya wawasan yang dapat menunjang konsep penerapan konstruksi bambu pada perancangan Sekolah Alam di Kecamatan Bayan Lombok Utara ini. Hal ini dilakukan denga mempelajari beberapa pustaka, laporan ilmiah, buku-buku, jurnal, serta beberapa media yang berkaitan dengan obyek permasalahan, yang terdiri dari :

a. Literatur mengenai perkembangan anak-anak
b. Literatur mengenai konstruksi bambu
c. Literatur mengenai kebutuhan standar pada sekolah alam.

2. Studi Komparasi

Studi komparasi dilakukan kepada obyek sejenis dengan permasalahan yang sama atau hampir sama guna memperoleh informasi sebagai pembanding dalam pembahasan. Dengan melakukan studi banding, akan diperoleh masukan-masukan yang berguna dalam perancangan pada 6 April 2012 hingga 11 April 2012. Adapun obyek yang dijadikan obyek komparasi adalah Green School Bali yang mempunyai fungsi yang sama sebagai sekolah alam sehingga bisa diketahui fungsi-fungsi ruang yang ada, kondisi dan juga tatanan ruang yang ada di fasilitas tersebut.

3.3 Perancangan dan Eksplorasi Desain

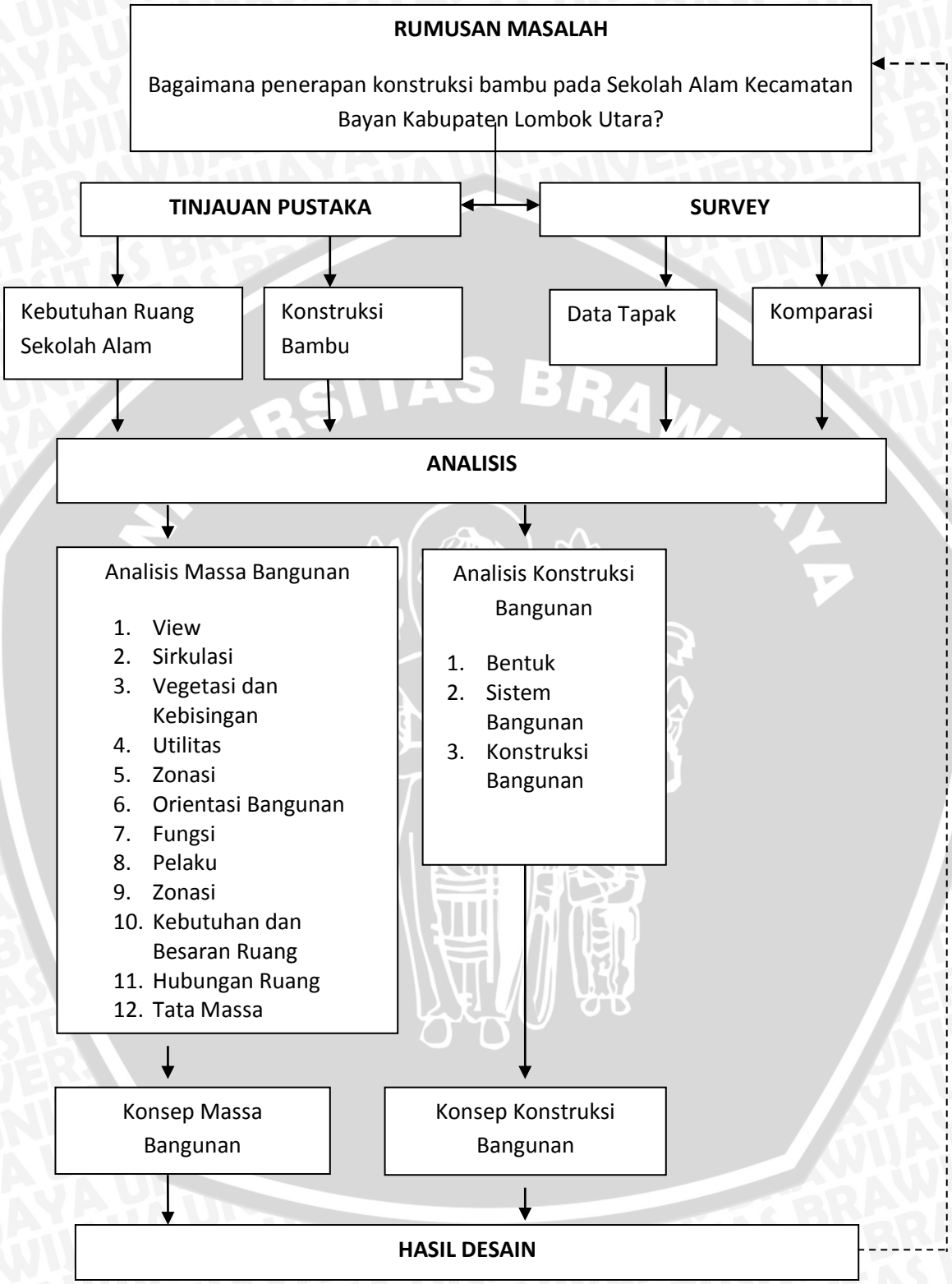
Data yang diperoleh selanjutnya dianalisis melalui pendekatan perancangan untuk ruang, yaitu dengan menggunakan teori-teori struktur khususnya yang berkaitan dengan ekspresi bambu.

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.

Setelah data-data dianalisis kemudian dilanjutkan dengan proses sintesis yang menggabungkan analisis-analisis menjadi sebuah kesimpulan awal yang nantinya dipergunakan sebagai pedoman untuk menyusun konsep perencanaan dan perancangan.

3.4 Kerangka Metodologi Perancangan



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Tapak

4.1.1 Lokasi Tapak

Lokasi tapak terpilih terletak pada arah jalan masuk menuju Desa Segenter dan Pegunungan Rinjani. Lahan berupa lahan kering yang tidak dimanfaatkan oleh warga. Lahan tapak terpilih masih merupakan lahan milik warga adat. Tapak dipilih karena dengan adanya sekolah alam di lahan tersebut nantinya diharapkan dapat menjadi sekolah yang memfasilitasi kebutuhan pendidikan dari Desa Segenter dan desa sekitarnya serta agar dapat meningkatkan kembali potensi lahan serta meningkatkan kadar air dalam tanah dengan upaya konservasi air dan bambu. Adapun luas tapak adalah 36.411.50 m^2.

Gambar 4.1 Lokasi Tapak
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

Adapun batas-batas pada tapak adalah:

Utara: Perkebunan warga

Barat: Perkebunan warga

Selatan: Perkebunan warga dan Desa Segenter

Timur: Jalan menuju Desa Segenter dan Gunung Rinjani

Pada tapak juga terdapat beberapa ketentuan mengenai luasan bangunan dan garis sempadan bangunan:

KDB: Ketentuan KDB untuk bangunan di daerah tapak antara 40%-60% dari luas lahan, dengan ketinggian lantai maksimal 3 lantai. Sehingga luas lahan yang diperbolehkan untuk dibangun adalah antara 14.564.60 m^2-21.847 m^2

KLB: Ketentuan KLB untuk fasilitas umum di daerah tapak maksimal 120% dari luas lahan. Sehingga total luasan maksimal adalah 43.693.8 m^2

GSB: Garis sempadan bangunan yang ada di lingkungan tapak adalah setengah lebar jalan, diukur dari batas GSJ atau sama degnan lebar ROW yang diukur dari as jalan.

KRT: Koefisien Ruang Terbuka pada tapak adalah 20% dari total luasan lahan. Sehingga ruang terbuka yang didapat adalah 7.282.3 m^2

Gambar 4.2 Dimensi Tapak
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

4.1.2 Eksisting Tapak

1. Aksesibilitas

Tapak dapat dicapai melalui jalan utama Kecamatan Bayan. Akses menuju tapak merupakan jalan menuju Desa Segenter yang menjadi tujuan wisata budaya. Terdapat penanda arah menuju tapak. Keadaan jalan menuju tapak telah diaspal, namun mengalami kerusakan, sehingga jalan berkerikil. Keadaan tanah pada jalan juga cukup kering sehingga berakibat erosi pada permukaan jalan.

Gambar 4.3 Akses Menuju Tapak
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

2. *View* ke Dalam

a. *View* dari arah Timur

View dari timur ini merupakan *view* yang terlihat ketika pengunjung datang ke tapak. Sehingga pada arah tersebut dapat dijadikan sebagai bagian *entrance* tapak. Pada arah ini, tapak terlihat kemiringannya, sehingga *skyline* pada bangunan dapat terlihat dengan jelas nantinya.

b. *View* dari arah Utara

View ke dalam dari arah utara memperlihatkan latar belakang pegunungan Rinjani. *View* tersebut memiliki potensi sebagai *view* positif. Dari arah utara, pengunjung nantinya dapat melihat bangunan dengan latar belakang pemandangan pegunungan Rinjani.

c. *View* dari arah Barat

Dari arah barat, tapak terlihat kemiringannya. Dengan begitu dari arah tersebut dapat terlihat *skyline* bangunan secara jelas.

d. *View* dari arah Selatan

Dari arah selatan, terlihat sungai yang membagi tapak menjadi dua bagian. Dengan begitu, nantinya dari arah ini dapat terlihat zonasi dari fasilitas bangunan.

Gambar 4.4 *View* ke Dalam Tapak
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

3. *View* ke Luar

a. *View* ke Timur

View pada arah timur memperlihatkan jalan pencapaian menuju tapak. Pada arah ini juga terlihat sungai yang membatasi tapak dengan jalan menuju Desa Segenter.

b. *View* ke Utara

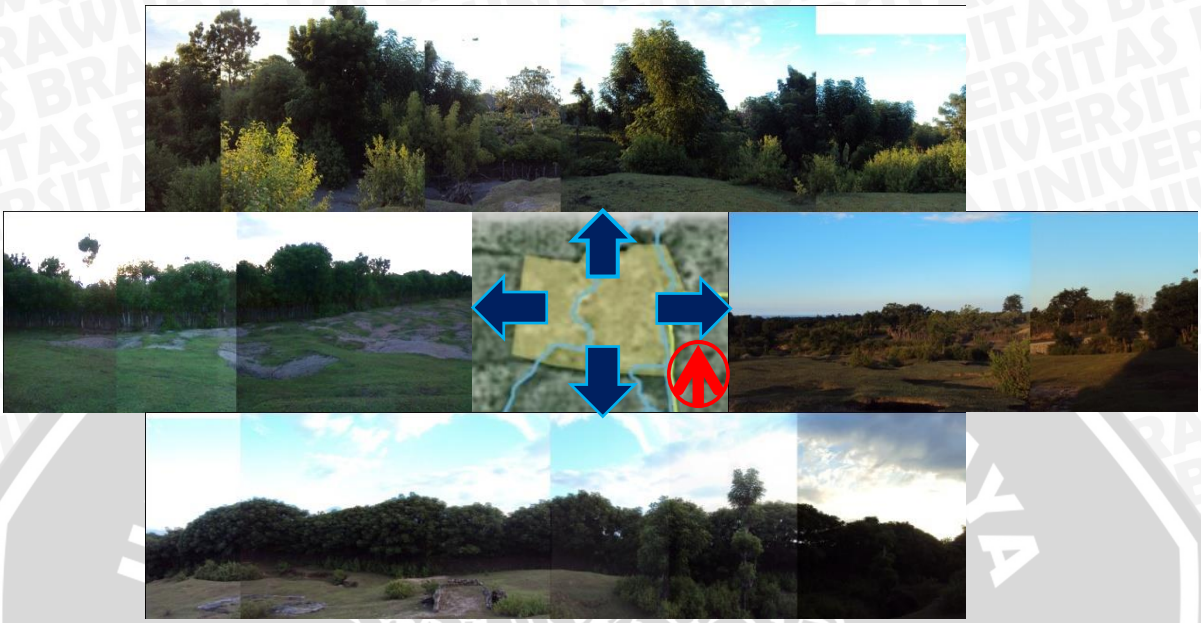
Pada arah utara, dapat terlihat batas antara tapak dengan perkebunan milik warga desa. Pembatas yang digunakan adalah pepohonan akasia dan pohon mente.

c. *View* ke Barat

Pada arah barat tapak, dapat terlihat batas antara tapak dengan perkebunan warga.

d. *View* ke Selatan

View ini memiliki potensi yang besar, karena pada arah selatan terlihat pegunungan Rinjani yang menjulang. Pemandangan tersebut dapat menjadi latar belakang yang sangat baik bagi fasilitas sekolah alam tersebut.



Gambar 4.5 *View* ke Luar Tapak
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

4. Vegetasi dan Kebisingan

Tapak merupakan lahan dengan keadaan tanah tidak dimanfaatkan. Pada tapak sebagian besar ditumbuhi oleh rerumputan. Selain itu, di tapak juga terdapat banyak pohon mente dan pohon akasia yang banyak digunakan sebagai pembatas lahan.

Tingkat kebisingan pada tapak relatif rendah. Potensi terjadinya kebisingan dari luar tapak hanya berada pada arah timur tapak. Pada arah timur terdapat jalan yang menjadi pencapaian menuju ataupun dari Desa Segenter.

Gambar 4.6 Vegatasi pada Tapak
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

4.2 Pendekatan Konsep Perencanaan dan Perancangan

4.2.1 Analisis Fungsi dan Pelaku

4.2.1.1 Fungsi

Sekolah alam ini dapat memiliki fungsi belajar mengajar sebagai fungsi utama, dengan anak-anak di desa sekitar sebagai target utama. Di sekolah ini akan diajarkan mengenai konsep bagaimana hidup menghargai dan bersanding dengan alam sekitar melalui praktek secara langsung, sehingga area terbuka seperti *outbound area* memiliki jumlah yang cukup banyak pada sekolah ini.

Selain fungsi tersebut, sekolah ini juga bisa berfungsi sebagai tempat untuk membudidayakan bambu. Berdasarkan data dari *Bamboo Biodiversity Asia*, tanaman bambu yang terdapat di Lombok Utara terancam keberadaannya. Dengan adanya budidaya bambu di sekolah ini, diharapkan dapat menggugah peran warga desa sekitar untuk ikut dalam melestarikan bambu. Dengan banyaknya tanaman bambu, kualitas tanah yang terbengkalai seperti pada tapak terpilih diharapkan dapat meningkat kualitas tanahnya. Dan hal yang serupa diharapkan dapat dilakukan pada lahan-lahan kritis lainnya.

Fungsi lainnya adalah sekolah alam ini dapat berfungsi sebagai tempat interaksi sosial, baik untuk tempat pertemuan maupun sebagai tempat untuk forum diskusi warga desa sekitar.

Tabel 4.1 Analisis Fungsi

No.	Sifat	Fungsi
1	Fungsi Primer	Sekolah Alam
2	Fungsi Sekunder	Budidaya Bambu
3	Fungsi Penunjang	Aktivitas Sosial

(Sumber: Analisis)

4.2.1.2 Pelaku

Pelaku yang akan terlibat dalam aktivitas pada Sekolah Alam ini dapat dibedakan menjadi 5 macam, yaitu:

a. Pengelola

Pengelola merupakan pihak yang mengatur mengenai kegiatan dan pengkoordinasian pada sekolah alam dalam menjalankan fungsinya. Pihak yang termasuk dalam pengelola dapat perwakilan dari yayasan maupun dari warga sekitar yang yang turut membantu berjalannya kegiatan sekolah alam.

b. Staff Pengajar

Staff pengajar adalah orang-orang yang menjalankan fungsinya untuk mengajarkan murid-murid mengenai berbagai hal yang berkaitan langsung dengan cara atau kegiatan untuk hidup bersanding dengan alam sesuai dengan tujuan sekolah alam.

c. Murid

Murid adalah target utama dari sekolah alam. Murid-murid akan belajar bagaimana untuk dapat hidup menghargai dan bersanding dengan alam melalui berbagai macam kegiatan baik dalam teori maupun praktek secara langsung.

d. Orangtua Murid

Orangtua murid merupakan rekan dari sekolah alam dalam ikut memajukan keadaan sekolah tersebut.

e. Tamu

Tamu merupakan kelompok ataupun perseorangan yang datang mengunjungi sekolah alam dengan tujuan tertentu ataupun pada acara-acara tertentu.

4.2.1.3 Kebutuhan Ruang

Daya tampung sekolah alam dapat diketahui dengan membagi penggunaan ruang-ruang kelas berdasarkan tingkat masing-masing kelompok belajar. Waktu efektif yang dapat digunakan di dalam kelas memakan waktu sekitar dua jam karena fokus kegiatan dari seluruh tingkatan kelas adalah di luar ruangan. Jumlah kapasitas masing-masing kelas idealnya dapat menampung sekitar 20 orang (Perkins, 2001), namun pada daerah Bayan, jumlah daya tampung dapat meningkat sehingga daya tampung perkelas dapat mencapai 30 anak, maka daya tampung sekolah alam berjumlah sekitar 540 orang.

Tabel 4.2 Daya Tampung Ruang Kelas

Waktu	Ruang A	Ruang B	Ruang C	Ruang D	Ruang E	Jumlah murid
07.00	Preschool	Grade 1	Grade 1	Grade 2	Grade 2	150
09.00	Kindergarten	Grade 3	Grade 3	Grade 4	Grade 4	150
11.00	-	Grade 5	Grade 5	Grade 5	Grade 5	120
13.00	-	Grade 6	Grade 6	Grade 6	Grade 6	120
Jumlah Total						540

(Sumber: Analisis)

Berdasarkan data di atas, standar kebutuhan ruang literatur dari Perkins (2001), serta komparasi dengan bangunan sejenis baik literatur maupun survey secara langsung,

maka kebutuhan ruang dalam sekolah alam secara kuantitatif untuk melayani sekitar 540 orang murid adalah:

Tabel 4.3 Besaran Ruang

No.	Ruang	Luas (m2)
1	*Entry*	10
2	Parkir utama	800
3	Parkir pengelola	200
4	Resepsionis	45
5	Ruang Pimpinan	30
6	Ruang Administrasi	15
7	Ruang Berkas	15
8	Pantry dan Toilet Guru	65
9	*Hall/Confrence Room*	320
10	Ruang UKS	26
11	Ruang Kelas (5@80 m^2)	400
12	Toilet Murid (2@25 m^2)	50
13	Kantin	190
14	Dapur	25
15	Laboratorim Seni+gudang	60
16	Laboratorium IPA+gudang	60
17	Ruang Guru	130
18	Tempat Beribadah	85
19	Perpustakaan	200
20	Ruang Fasilitas Bersama	600
21	Kebun	600
22	Area Budidaya Bambu	1800
23	Area Outbound	100
24	Tempat Bermain/Olahraga	1250
25	Subtotal Ruang	7076
26	Sirkulasi 30%	2122.8
27	Total Luas	9198.8

(Sumber: Analisis)

4.2.1.4 Zonasi

Berdasarkan dari pelaku yang ada di sekolah alam, zonasi ruang dapat dibagi berdasarkan tingkat aksesibilitas dari masing-masing peranan pelaku dalam dalam sekolah alam. Zonasi tersebut terbagi dalam Zona Pengelola, Zona Pendidikan, dan Zona Ruang Publik.

Tabel 4.4 Zonasi Ruang

Pelaku	Zona Pengelola	Zona Pendidikan	Zona Publik	Ruang
Pengelola	√	√	√	
Staff Pengajar	√	√	√	
Murid	-	√	√	
Orangtua Murid	-	-	√	
Tamu	-	√	√	

(Sumber: Analisis)

4.2.2 Analisis Tapak

4.2.2.1 *View* Tapak

1 .*View* ke Dalam

Berdasarkan data tapak, *view* ke dalam tapak memiliki banyak *view* positif. *View* dari arah timur, merupakan *view* bagi para pengunjung ketikan akan memasuki tapak, sehingga dari arah timur ini sangat berpotensi dijadikan sebagai area e*ntry*. Untuk *view* dari utara, terlihat pegunungan Rinjani pada arah selatan yang dapat menjadi latar belakang yang cukup baik bagi visualisasi bangunan. Untuk *view* ke dalam dari arah barat, *view* yang yang ditampilkan adalah tapak yang berkontur rendah, sehingga dari arah ini sebaiknya dipergunakan untuk lebih memfokuskan pada bangunan.

View dari arah selatan memperlihatkan tapak yang terbagi oleh sungai. Tapak pada arah selatan berketinggian lebih tinggi dari pada arah utara, sehingga tapak secara keseluruhan dapat terlihat dengan jelas. Dari arah ini dapat diberikan menara pandang atapun bangunan bertingkat sehingga dapat terlihat tapak secara keseluruhan.

Gambar 4.7 Analisis *View* ke Dalam Positif

(Sumber: Analisis)

2 .*View* ke Luar

View keluar dari arah timur memperlihatkan arah datang pegunjung. Di arah timur juga terdapat sungai yang membatasi tapak dengan jalan menuju Desa Segenter. *View* dari arah timur cukup positif kecuali pada bagian yang memperlihatkan lalu lintas kendaraan nantinya, sehingga dapat direkomendasikan diberikan penghalang pandangan dari tapak ke arah luar dari sisi timur tapak.

View ke utara dan barat memperlihatkan batas antara tapak dengan perkebunan warga desa setempat berupa pepohonan mente dan akasia. Dari kedua arah ini, *view* tidak begitu menarik sehingga lebih baik pandangan difokuskan pada bangunan.

View ke selatan memperlihatkan batas tapak dengan perkebunan warga desa dan memperlihatkan pegunungan Rinjani. *View* ke utara cukup positif dengan adanya latar belakang pemandangan Gunung Rinjani, sehingga orientasi bangunan dapat disesuaikan dengan *view* tersebut.

Gambar 4.8 Analisis *View* ke Luar Positif
(Sumber: Analisis)

4.2.2.2 Sirkulasi Tapak

1 .Kendaraan

Sirkulasi kendaraan masuk dapat dimulai dari arah timur. Pencapaian masuk kendaraan ke dalam tapak dapat dibantu dengan pengadaan jembatan untuk menyeberangi sungai yang memisahkan tapak dengan jalan. Karena keadaan tapak yang cukup berkontur, alur sirkulasi kendaraan di dalam tapak sebaiknya dibatasi. Untuk sirkulasi di dalam tapak sebaiknya hanya sirkulasi untuk manusia saja.

2. Manusia

Sirkulasi untuk manusia berhubungan dengan aktivitas dari masing-masing pelaku kegiatan. Dengan demikian sirkulasi dapat dibedakan berdasarkan perbedaan zonasi ruang, sehingga pola sirkulasi terbagi tiga.

a. Pola sirkulasi Publik

Sirkulasi dari zona publik, dimana semua pelaku dari sekolah alam dapat dengan mudah melewatinya. Zona ini juga memfasilitasi untuk orang tua ketika mengantarkan ataupun menunggu anaknya ketika sedang beraktivitas dalam sekolah.

b. Pola sirkulasi pendidikan

Sirkulasi untuk zona pendidikan dapat dilalui oleh pengelola, staff pengajar, murid dan tamu. Pada sirkulasi ini sirkulasi digunakan untuk mengakomodasi dari murid dan tamu yang tidak bisa memasuki area pengelola. Orangtua tidak bisa melewati karena dapat mengganggu proses belajar mengajar dari murid.

c. Pola sirkulasi pengelola

Sirkulasi untuk zona penelola, pelaku yang menggunakan adalah hanya para pengelola dan staf pengajar. Kedua macam pelaku tersebut dapat memasuki area-area yang terbatas oleh pengguna lainnya.

Gambar 4.9 Analisis Sirkulasi Kendaraan dan Manusia
(Sumber: Analisis)

4.2.2.3 Zonasi Tapak

Menyesuaikan dengan zonasi ruang dan alur sirkulasi tapak, maka zonasi tapak dapat dibagi menjadi:

1. Zona Publik

Zona ini 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.

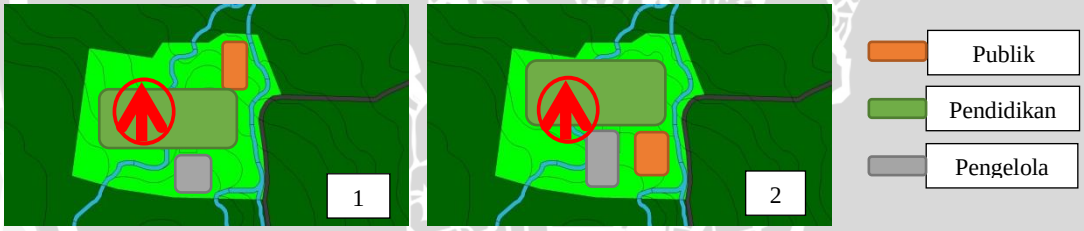
Zona ini dapat berfungsi sebagai ruang tunggu bagi orang tua murid ataupun sebagai fasilitas bagi warga sekitar.

2. Zona Pendidikan

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, perpustakaan, dan kantin. Perpustakaan dan kantin dapat dijadikan sebagai ruang penghubung antara zona pendidikan dengan zona pengelola.

3. Zona Pengelola

Zona pendidikan 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. Pada area selatan tapak memiliki ketinggian kontur paling tinggi pada tapak, sehigga dari area ini memiliki kemungkinan untuk memantau area lainnya yang berada di bawahnya. Ruang-ruang yang termasuk dalam area ini adalah ruang guru, pantry, toilet, ruang administrasi, ruang pimpinan, ruang berkas, dan dapur kantin.



Gambar 4.10 Analisis Zonasi Tapak
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

Pembagian zonasi tapak memiliki dua pola alternatif. Pada pola 1, pembagian zonasi menyesuaikan dengan ketinggian tapak, semakin terbatas aksesnya maka semakin tinggi letaknya. Sehingga dapat terbentuk hirarki seperti pola pada bangunan-bangunan di desa semokan. Namun terdapat kekurangan dari pola ini. Akses dari ruang publik menuju zona pengelola terlalu jauh dan harus melewati zona pendidikan, sehingga apabila ada tamu atau orang tua yang memiliki kepentingan dengan staff pengajar ataupun penggelola harus berjalan cukup jauh, selain itu dengan kehadiran orang tua atupun tamu yang melewati zona pendidikan memiliki resiko menggangu proses belajar mengajar.

Pada pola alternatif 2, zona publik berada di sisi selatan tapak. Dengan penempatan tersebut, akses dari zona publik menuju zona pengelola cukup dekat, sehingga

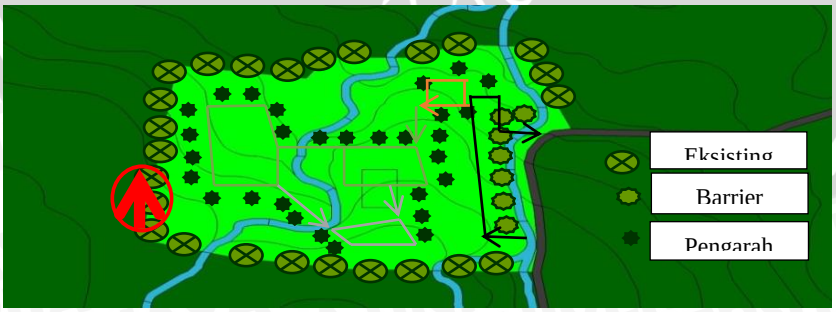
permasalahan pada zona 1 dapat diatasi. Privasi akses antara zona publik dan pengelola juga masih dapat dipertahankan dengan memberikan vegetasi pembatas ataupun dengan penggunaan pola sirkulasi tertentu. Namun dengan pola alternatif 2, terdapat beberapa kekurangan, yaitu pola hirarki yang diinginkan tidak tercapai, tingkat kebisingan pada zona pengelola dapat meningkat, perbedaan tingkat aksesibilitas dapat terganggu dengan adanya zona publik yang terletak sangat dekat zona pengelola. Hal itu juga menurunkan tingkat keamanan sebanding dengan kemudahan aksesibilitas dari luar tapak menuju zona penegelola.

4.2.2.4 Analisis Vegetasi dan Kebisingan

Vegetasi terbanyak yang terdapat di tapak adalah rumput dan semak belukar yang menutupi tapak. Beberapa pepohonan seperti pohon mente dan pohon akasia menjadi batas tapak alami. Namun pepohonan tersebut masih belum mampu untuk mengatasi kebisingan yang berasal dari jalan menuju tapak.

Dibutuhkan berupa *barrier* alami seperti bambu yang dapat menangkal kebisingan dari arah jalan. Rerumpunan bambu dapat ditanam pada arah timur tapak dekat dengan sungai yang membatasi tapak. Dengan ditanamnya bambu di area sekitar sungai, selain sebagai *barrier* kebisingan juga diharapkan akar bambu akan dapat menguatkan kondisi tanah di daerah pinggir sungai. Untuk area sirkulasi, dapat ditanami dengan tumbuhan pengarah seperti bambu Cina ataupun bambu Jepang yang dapat memberikan kesan pengarah.

Untuk meningkatkan kualitas tanah, dapat digunakan rerumpunan bambu lokal yang ada misalkan bambu santong, bambu duri, dan bambu tali/apus. Dengan adanya tanaman tersebut, apabila telah memasuki masa panen, bambu dapat dimanfaatkan sebagai bahan bangunan bagi sekolah ataupun bagi warga desa sekitar.



Gambar 4.11 Analisis Vegetasi dan Kebisingan
(Sumber: Analisis)

4.2.2.5 Utilitas Tapak.

Sistem utilitas yang ada di sekitar tapak sangat minim. Jaringan listrik dan air dari PDAM tidak sampai memasuki kawasan tapak. Jaringan listrik dan air hanya terdapat di sepanjang jalan utama Kecamatan Bayan. Perlu dilakukan pengadaan jaringan listrik dan air guna menunjang kebutuhan di sekolah alam ataupun bagi desa-desa sekitar nantinya.

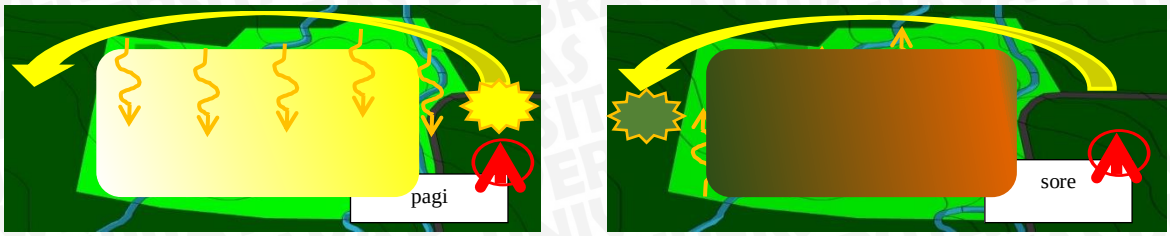
Pengadaan penerangan lampu jalan juga perlu diadakan karena masih belum tersedia bagi jalan menuju tapak. Jalan menuju tapak juga mengalami perbaikan aspal dengan kualitas yang lebih baik.

Sungai yang ada di tapak dapat dimanfaatkan baik untuk mengairi tanaman bambu nantinya ataupun sebagai pembangkit listrik dengan memanfaatkan arus sungai dengan cara membangun turbin air ataupun *vortex* seperti yang terdapat pada Green School Bali.

4.2.2.6 Orientasi Bangunan

Penentuan orientasi bangunan memiliki kaitan dengan arah peredaran matahari dan juga arah datangnya angin. Arah lintasan matahari di tapak dari arah timur pada pagi hari menuju arah barat. Pada pagi hari hingga siang, sisi timur bangunan akan terkena pencahayaan langsung dan bayangan akan jatuh pada sisi sebelah barat, begitu pula sebaliknya dari siang hari hingga senja sisi barat bangunan akan terkena pencahayaan langsung dan bayangan akan jatuh pada sisi timur bangunan. Dengan demikian, pada sisi barat dan timur bangunan, jumlah bukaan pada bangunan perlu dipertimbangkan terkait dengan pencahayaan secara langsung yang dapat mengakibatkan silau pada ruangan. Ataupun pada sisi tersebut dapat diberikan *shading device* ataupun menggunakan pencahayaan tak langsung.

Pada pagi hari hingga siang hari, angin laut bertiup dari arah laut yang berada di utara tapak menuju arah selatan, dan pada malam hingga pagi hari angin darat bertiup dari arah Gunung Rinjani di selatan tapak mengarah ke utara. Dengan demikian, arah angin yang melalui tapak adalah arah utara dan selatan, sehingga agar tidak melawan arah angin dan bangunan tidak menangkap angin, maka bangunan dapat memanjang ke arah utara dan selatan. Apabial bangunan ingin dibuat memanjang ke arah barat dan timur, maka struktur bangunan harus kuat seperti pada standar-standar bangunan berbahan bambu dan diusahakan bangunan tidak menangkap angin.

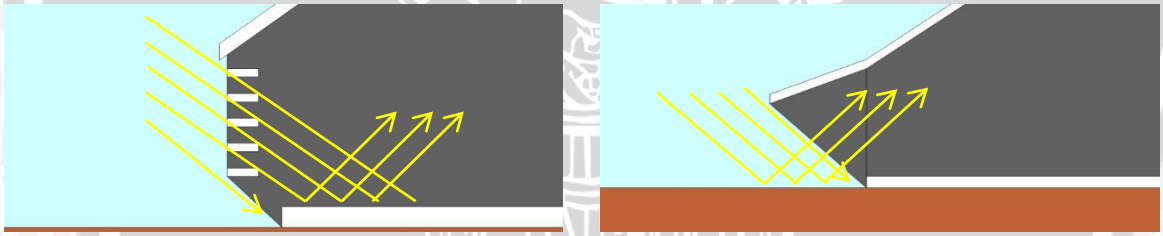


Gambar 4.12 Analisis Orientasi Bangunan pada Tapak
(Sumber: Analisis)

4.2.2.7 Pencahayaan

Kegiatan yang dilakukan di sekolah alam lebih banyak terjadi pada siang hari, sehingga pencahayaan pada bangunan lebih banyak memanfaatkan pencahayaan alami. Pencahayaan alami didapatkan dengan memberikan bukaan untuk masuknya cahaya, bukaan dapat berupa jendela ataupun *sun roof*. *Sun roof* dapat digunakan pada bangunan yang membutuhkan pencahayaan namun ruang tidak memungkinkan banyaknya jendela seperti laboratorium IPA dan Seni.

Sesuai dengan analisis orientasi bangunan, sisi bagian timur dan barat bangunan lebih banyak mendapat pencahayaan secara langsung, sehingga bukaan untuk pencahayaan alami dapat diletakkan pada sisi bagian utara dan selatan bangunan yang tidak banyak terkena pencahayaan langsung. Namun tidak menutup kemungkinan untuk tetap memberikan bukaan pada sisi barat dan timur bangunan. Pada bukaan tersebut dapat ditambahkan *shading device* ataupun dengan menggunakan kanopi yang lebih lebar.



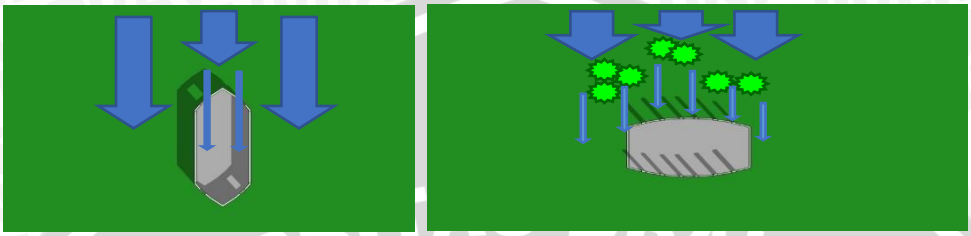
Gambar 4.13 Analisis Pencahayaan Alami
(Sumber: Analisis)

Pencahayaan buatan diberikan pada ruangan yang membutuhkan bantuan penerangan seperti ruang baca pada perpustakaan dan kantor serta tempat yang memungkinkan dilakukannya kegiatan malam hari seperti *conference hall*. Pencahayaan buatan dapat mengggunakan lampu ataupun obor dari minyak buah jarak.

4.2.2.8 Penghawaan

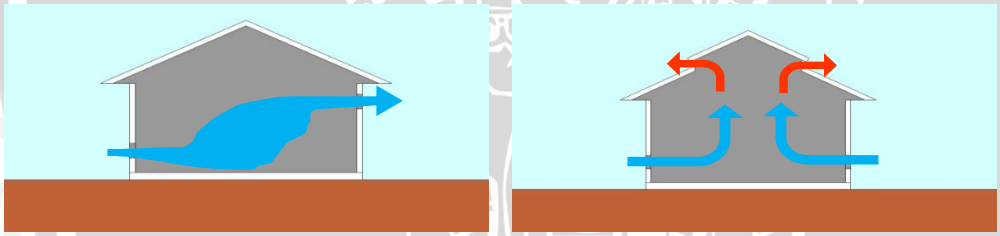
Penghawaan yang digunakan pada bangunan adalah penghawaan alami. Penghawaan memanfaatkan aliran angin yang melewati tapak. Bangunan dengan bukaan yang cukup lebar dan banyak dapat memudahkan penghawaan alami. Namun, pada sisi utara dan selatan bangunan merupakan bagian yang dialiri angin secara langsung, sehingga dapat

menyebabkan terbentuknya lorong angin di dalam bangunan yang dapat mengganggu kegiatan di dalam ruang. Untuk mengatasinya dapat dengan mempertimbangkan letak bukaan terhadap sudut datang angin, ataupun menggunakan *barrier* ataupun pemecah gelombang angin dengan menggunakan vegetasi berupa tanaman bambu. Cara ini dapat diterapkan pada bangunan yang memilii banyak bukaan seperti ruang aktivitas bersama dan *hall conference*.



Gambar 4.14 Analisis Penghawaan Alami
(Sumber: Analisis)

Untuk ruang-ruang yang memiliki sedikit bukaan seperti perpustakaan dan laboratorium IPA, penghawaan alami dapat dilakukan dengan penghawaan ventilasi silang. Dengan penghawaan ventilasi silang, sirkulasi udara masih dapat terjadi meskipun bukaan tidak banyak. Dengan penghawaan ventilasi silang juga dapat lebih mendinginkan ruang karena udara panas akan mengalir keluar lewat celah bagian atas.



Gambar 4.15 Analisis Penghawaan Ventilasi Silang
(Sumber: Analisis)

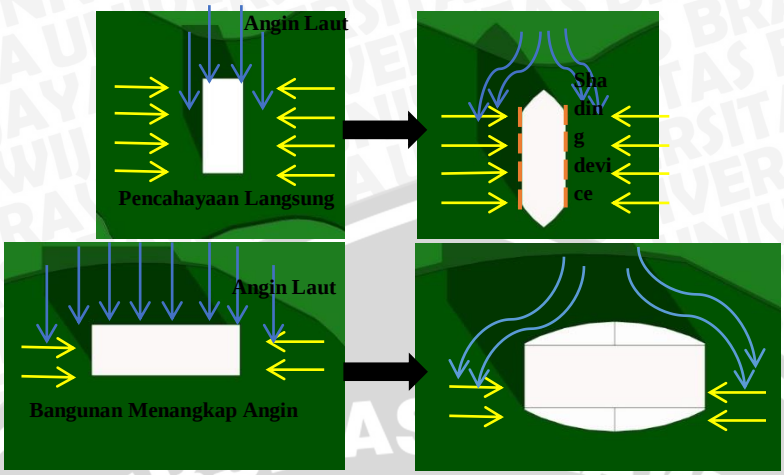
4.2.3 Analisis Konstruksi Bangunan

4.2.3.1 Analisis Bentuk

Berdasarkan analisis orientasi bangunan pada tapak, bangunan sebaiknya membujur dari arah utara ke selatan agar bangunan tidak menangkap angin, merespon adanya angin laut dan angin darat yang berhembus pada tapak. Namun dengan arah tersebut, sisi barat dan timur bangunan lebih banyak terkena pencahayaan langsung dari matahari, sehingga konsekuensinya sisi barat dan timur bangunan meminimalkan jumlah bukaan ataupun dengan menambahkan *shading device*.

Alternatif yang kedua, bangunan membujur dari arah barat ke timur untuk mengurangi efek pencahayaan langsung pada arah barat dan timur yang dapat menyebabkan silau

pada ruangan. Namun bangunan akan lebih menangkap angin, sehingga bangunan dapat dibentuk lebih elips dan mengurangi dinding sehingga angin dapat melewati bangunan.



Gambar 4.16 Analisis Bentuk Bangunan

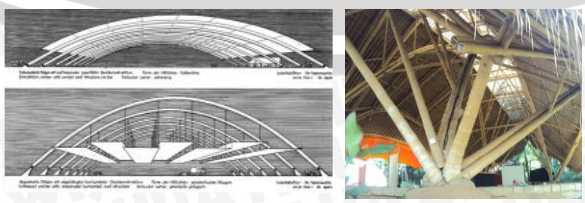
(Sumber: Analisis)

Namun jika ditinjau dari kemampuan bahan yaitu bambu, bentuk dasar elips akan menghasilkan modul yang berbeda-beda pada tiap sisi bangunan sehingga terdapat modul-modul tertentu pada sisi bangunan. Untuk menyikapinya, bentuk elips dapat dipertahankan dengan syarat permodulan dari konstruksi bambu yang digunakan tetap, sehingga yang menjadi elips adalah bentuk akhir bangunan, sedangkan permodulan berbentuk persegi.

4.2.3.2 *Arch Structure*

Arch structure merupakan struktur bentang panjang yang menggunakan rangka lengkung sebagai rangka utama. Pada *arch structure*, sistem struktur yang dihasilkan fleksibel dan tidak kaku di mana arah gaya yang diakibatkan oleh karakteristik dan desain format tertentu akhirnya membentuk stabilisasi (Wilson, 1998).

Struktur menghasilkan ruangan dengan bentang yang lebar dan bebas kolom, sehingga ruang efektif yang dihasilkan lebih banyak. Struktur dapat menciptakan bukaan-bukaan yang lebar sehingga dapat menggunakan sistem pencahayaan dan penghawaan alami pada bangunan.



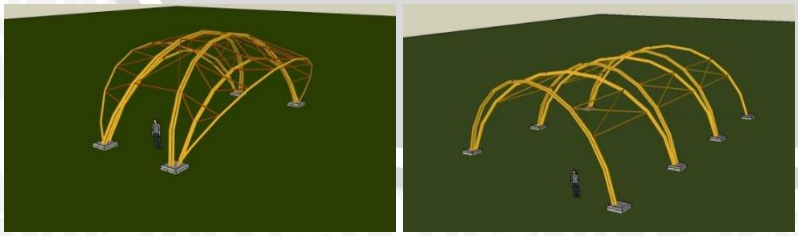
Gambar 4.17 *Arch structure* pada Green School Bali
(Sumber:Engel, 1981; Dokumentasi Pribadi)

Struktur dapat diterapkan dengan menggunakan bambu. Dengan menggunakan jenis bambu petung dan bambu santong yang dapat digunakan hingga mencapai 20 meter, maka dengan arch structure dapat dihasilkan ruang hingga mencapai bentang 20 meter untuk bambu tunggal dan dapat mencapai bentang 40 meter untuk bambu dengan sambungan. Sedangkan untuk struktur pendukung dapat menggunakan jenis bambu duri dan bambu wulung, serta bambu duri sebagai bahan reng.

Daerah tapak merupakan daerah yang berangin kuat dan memiliki curah hujan yang cukup tinggi, sehingga pada penerapannya konstruksi bambu yang dibangun harus ditambahkan ikatan angin agar struktur yang terbentuk menjadi kokoh dan kaku. Pemasangan atap juga sangat berpengaruh pada hasil bangunan nantinya. kemiringan atap harus cukup terjal sehingga bagian atap tidak menampung air yang dapat berisiko bocor. Pemberian teritisan juga perlu diperhatikan agar air hujan tidak sampai masuk ke dalam bangunan.

Proses konstruksi untuk struktur ini jika menggunakan bambu memiliki beberapa tahap terpisah. Rangka bambu disiapkan dan dibentuk di tempat terpisah dari lokasi bangunan akan didirikan. Pondasi yang digunakan untuk struktur ini adalah pondasi pancang dengan menggunakan pedestal batu atau beton cor untuk tempat melekatnya rangka bambu. Setelah pondasi siap, kemudian rangka utama tersebut dipasang pada pondasi dan diisi mortar sebagai pengikatnya. Setelah itu baru dapat ditambahkan rangka berikutnya dan rangka-rangka atap.

Sambungan yang digunakan untuk *arch structure* ini dapat menggunakan beberapa jenis sambungan sekaligus. Untuk menyambungkan bagian struktur utama dapat digunakan bahan logam berupa mur dan baut sehingga bagian tersebut terikat menjadi satu. Hal ini juga bias diterapkan pada struktur pendukung. Kemudian sebagai penguat tambahan, dapat pula diikat dengan menggunakan tali ijuk basah.



Gambar 4.18 Analisis *Arch Structure*
(Sumber: Analisis)

Bahan dinding pembatas pada bangunan menggunakan bahan bambu bilah yang dianyam seperti pada rumah-rumah adat desa sekitar tapak. Dengan menggunakan

dinding bambu anyaman, cahaya masih dapat masuk melalui celah-celah antar bambu namun masih tetap menjaga privasi ataupun batas zona antar ruang.

Bahan penutup atap yang digunakan adalah atap rumbia, seperti halnya pada bangunan tradisional di desa-desa adat di sekitar tapak. Penggunaan atap bilah bambu berdasarkan peraturan masyarakat adat, hanya boleh diterapkan pada bangunan masjid saja.

Gambar 4.19 Penggunaan Dinding Bambu dan Atap Rumbia
(Sumber: Dokumentasi Pribadi; www.ibuku.com)

4.2.3.3 Sambungan

Untuk merangkai bambu sehingga menjadi sebuah konstruksi bangunan, dibutuhkan sambungan-sambungan bambu yang terbagi dalam beberapa jenis sambungan sesuai dengan letak sambungan tersebut pada konstruksi.

A. Pondasi ke Struktur Utama

Sambungan umpak seperti rumah adat di Bayan tidak dapat digunakan untuk diaplikasikan pada bangunan bentang lebar karena gaya yang ditahan oleh bangunan cukup besar. Dengan menggunakan bahan bambu yang memiliki kekuatan lentur yang besar sehingga bambu mudah kembali ke bentuk semula, maka pondasi harus dapat mengikat kuat kolom utama konstruksi agar tidak kembali ke bentuk semula. Sambungan yang dapat diterapkan untuk menyatukan pondasi dan struktur utama menggunakan sambungan besi pancang yang diisi mortar seperti pada Green School.

B. Struktur Utama

Struktur utama berupa kolom bambu yang terdiri dari 2-3 batang bambu yang dijadikan satu. Sambungan yang digunakan pada struktur utama berupa sambungan *plugin* baik pada rumah adat Desa Semokan maupun pada Green School. Sambungan plugin pada desa Semokan dapat digunakan untuk mengantisipasi adanya struktur lantai yang berbentuk panggung, sedangkan sambungan plugin pada Green School dapat diterapkan pada bangunan dengan bentuk atap melengkung atau bangunan elips.

C. Struktur Utama Ke Struktur Sekunder

Struktur sekunder untuk lantai bangunan panggung dapat menggunakan sambungan *doublejamb connection* seperti pada Green School. Untuk bagian penunjang struktur utama dapat menggunakan sambungan plugin dengan baut yang nantinya dapat

diperkuat dengan tali kulit bambu ataupun ijuk sehingga tidak diiisi mortar yang dapat membebani konstruksi.

D. Struktur Tambahan

Struktur tambahan pada bangunan dapat menggunakan sambungan tali isolasi ketat (*friction-tight rope connection*) yang diperkuat dengan ditali menggunakan ijuk.

E. Ikatan Angin

Ikatan angin cukup penting diterapkan dalam bangunan, mengingat letak tapak cukup dekat daerah pantai sehingga bangunan akan terkena tekanan angin yang cukup kuat. Dengan ikatan angin, bangunan akan menjadi lebih kaku dan kokoh dalam menahan gaya-gaya yang bekerja pada konstruksi bangunan.

4.2.3.4 Pencegahan Kebakaran

Bangunan berbahan material dari bahan alami seperti bambu cukup rentan mengalami kebakaran, sehingga diperlukannya upaya pencegahan kebakaran. Untuk sistem proteksi kebakaran pasif, digunakan kompartemenisasi atau pemberian jarak antar bangunan berdasarkan fungsi bangunan dan perbedaan tingkat ketahanan api. Jarak antar bangunan dapat disesuaikan dengan ketiggian antar bangunan. Selain itu pada sekitar bangunan dapat diberikan kerikil ataupun tanaman yang banyak mengandung air seperti pohon pisang agar jika terjadi kebakaran, api tidak mudah menyebar. Sebagai pengendalian perilaku, diberlakukan aturan larangan merokok di dalam area sekolah alam.

Pada bangunan-bangunan khusus di mana potensi kebakaran besar, seperti laboratorium dan dapur, diberikan pelapis tahan api pada bangunan. Pelapis berupa bahan cair seperti cat. Bahan pelapis ini harus aman bagi kesehatan dan lingkungan. Salah satu contoh bahan pelapis tahan api yang baik adalah AF21 Fire Inhibitor. Zat pelapis ini merupakan penggabungan dari material biological sangatlah efektif untuk melindungi dan mencegah penyalaan api besar (diatas 150°C) terhadap material seperti bambu. Bahan aktif yang terkandung didalam kemasan adalah 20% yang merupakan campuran *ammonium salt* dan beragam ekstrak akar tumbuhan dan sisanya 80% adalah air murni, maka dari itu AF21 dapat diaplikasikan dan diserap dengan mudah oleh segala material yang mampu menyerap air murni.

Sebagai pencegahan kebakaran aktif, pada sekolah alam dapat menyediakan tabung pemadam kebakaran di beberapa titik dalam bangunan. Peletakannya harus mudah terlihat dan mudah dijangkau. Kemudian diadakannya tandon-tandon air ataupun kolam

pada sekitar bangunan khususnya yang memiliki resiko kebakaran yang tinggi sebagai sumber air dalam upaya penanggulangan jika terjadi kebakaran yang cukup besar.

Gambar 4.20 Penempatan Tabung Pemadam Kebakaran dan Cairan Pelapis Tahan Api
(Sumber: Dokumentasi Pribadi; forum.iai.or.id)

4.2.3.5 Instalasi Listrik dan Air

Instalasi listrik dan air dengan menggunakan batang bambu sebagai selubung dapat memberikan keamanan bagi anak-anak yang beraktivitas pada bangunan dan juga memberikan estetika pada bangunan. Selubung bambu khusus instalasi ini dapat ditempelkan pada kolom ataupun balok bangunan dengan menggunakan *clamp* sehingga apabila dilakukan perawatan pada instalasi, dapat dengan mudah dilepas.

Untuk pembuatan jalur air ataupun listrik antar bangunan, dapat diletakkan di dalam tanah. Jaringan air dan listrik dimasukkan ke dalam bambu agar kabel listrik dan selang air dapat terlindungi dari kerusakan. Cara ini juga dapat dilakukan untuk instalasi lampu taman ataupun pada lampu jalan.

4.2.3.6 Pengawetan

Pengawetan merupakan usaha mempersiapkan bahan bambu sebagai bahan bangunan utama. Bambu yang telah dipanen tidak ngi begitu saja langsung digunakan sebagai bahan bangunan. Bambu harus melalui beberapa tahapan agar bambu yang dipersiapkan dapat memiliki ketahanan yang lama.

Setelah bambu dipanen, bambu harus dihilangkan dahulu kandungan selulosa di dalamnya agar tidak mengundang jamur, rayap, dan bubuk yang menjadi musuh utama bambu. Cara untuk menghilangkan selulosa ini dengan direndam di air yang mengalir seperti sungai, cara ini dapat memakan waktu 6 minggu hingga 1 tahun agar hasilnya bagus. Ataupun bambu dapat diberikan cairan kimiawi dengan cara pengaliran ke dalam batang bambu, cara ini dapat berlangsung selama enam hari tergantung dengan panjang batang bambu yang diawetkan.

Setelah selulosa dihilangkan, bambu harus dikeringkan terlebih dahulu sehingga tidak terdapat kandungan air di dalamnya. Proses ini dapat dilakukan dengan penjemuran di bawah sinar matahari ataupun dengan metode pengasapan.

Setelah kering, bambu dapat langsung digunakan sebagai bahan bangunan, namun akan lebih baik lagi jika bambu diberi lapisan zat anti api dan anti jamur yang pastinya harus aman bagi kesehatan dan ramah lingkungan.

4.3 Konsep Perencanaan dan Perancangan

4.3.1 Konsep Dasar

Konsep perancangan pada sekolah alam ini disesuaikan dengan program seperti pada Perkins dengan mengikuti peraturan daerah yg berlaku dan keadaan sekitar tapak dengan pendekatan penggunaan struktur bambu sehingga dapat mendukung program yang diterapkan di seklah alam dan dapat menunjukkan potensi bambu sebagai bahan bangunan utama.

Sekolah alam di Kecamatan Bayan ini memiliki program sebagai sekolah yang mengajarkan kepada anak-anak materi-materi tentang hidup berdampingan dengan alam. Dengan demikian, kegiatan-kegiatan yang diprogramkan selain materi yang diberikan langsung oleh para pengajar di dalam ruangan kelas, materi yang diajarkan memiliki banyak kegiatan yang berlangsung di luar ruangan. Materi-materi tersebut dapat berupa mengajarkan cara bercocok tanam, memanen hasil kebun, bahkan outbound. Sedangkan untuk bangunan sekolah harus dapat mendukung program dengan kriteria bangunan seperti yang telah dijelaskan pada analisis bangunan.

Sekolah alam ini juga memiliki program untuk mengembalikan potensi lahan tapak yang kurang produktif dengan menggunakan tanaman bambu. Pihak sekolah melakukan budidaya bambu mulai dari pembibitan hingga menjadi perkebunan bambu. Program ini juga bertujuan untuk melestarikan jenis-jenis bambu endemik yang ada di daerah Lombok, khususnya Lombok Utara. Proses yang dilakukan memang terbilang cukup lama, namun hasil yang didapatkan akan mampu digunakan baik oleh pihak sekolah maupun masyarakat di sekitar tapak.

Sekolah alam juga berfungsi sebagai ruang publik bagi masyarakat sekitar tapak. Ruang publik tersebut dapat digunakan baik sebagai wadah berdiskusi bagi warga ataupun sebagai tempat bersosialisasi atau acara-acara tertentu. Tentunya fungsi tersebut tidak mengganggu fungsi utama dari sekolah alam.

4.3.2 Konsep Massa Bangunan

4.3.2.1 Fungsi Ruang

Sekolah alam di Kecamatan Bayan Lombok Utara ini akan memiliki tiga macam fungsi, yaitu fungsi sekolah, budidaya bambu, dan sebagai ruang publik bagi warga desa-desa sekitar. Fungsi yang pertama adalah sekolah alam yang memfasilitasi anak-anak usia

pra-sekolah dan sekolah dasar. Pembagian kelas berdasarkan dengan pembagian kelompok umur merujuk pada teori Bradford Perkins (2001). Kurikulum yang diterapkan menggunakan campuran dari komparasi sekolah alam lainnya, yaitu Green School dan Sekolah Kandang Jurank. Dengan demikian kelas-kelas akan dibagi menyesuaikan umur dan materi-materi yang diterapkan dapat mengacu dengan kurikulum Nasional ataupun Internasional dan terdapat pula materi-materi khusus yang diberikan oleh narasumber tertentu secara langsung.

Fungsi kedua sebagai budidaya bambu, sekolah menjadi badan yang melakukan upaya penyelamatan tanaman bambu khas di Lombok Utara yang mulai terancam. Hasil dari budidaya dapat dimanfaatkan sebagai bambu pengganti yang telah diambil dari hutan bambu yang ada di kaki Pegunungan Rinjani, dan juga dapat dimanfaatkan baik oleh pihak sekolah maupun warga desa-desa sekitar.

Fungsi ketiga sebagai area publik bagi warga desa sekitar. Pada sekolah alam terdapat beberapa fasilitas yang dapat dimanfaatkan oleh warga desa-desa sekitar, seperti *hall conference* yang dapat dimanfaatkan sebagai tempat rapat atau berdiskusi oleh warga dan lapangan serta *outbound area* sebagai area bermain anak-anak dan keluarga.

4.3.2.2 Kebutuhan dan Hubungan Ruang

Kebutuhan ruang yang dibutuhkan di sekolah alam adalah:

Tabel 4.5 Kualitatif dan Kuantitatif Ruang

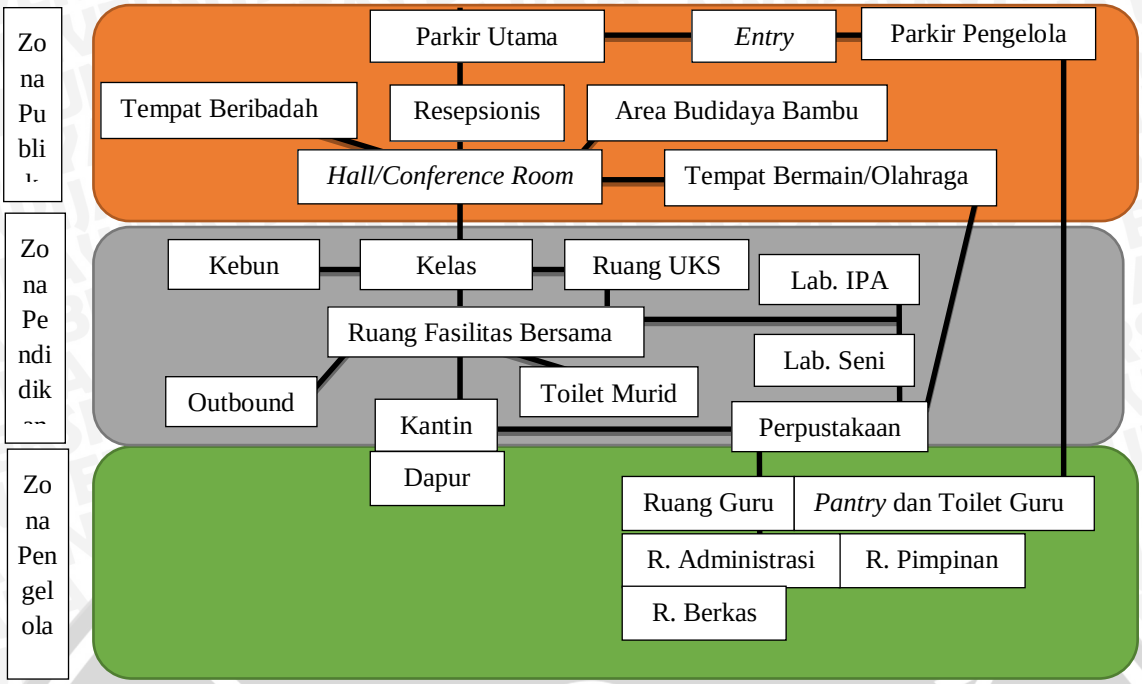
No.	Ruang	Luas (m2)	Kebutuhan bentang lebar
1	*Entry*	10	-
2	Parkir utama	800	-
3	Parkir pengelola	200	-
4	Resepsionis	45	+/-
5	Ruang Pimpinan	30	+/-
6	Ruang Administrasi	15	+/-
7	Ruang Berkas	15	+/-
8	Pantry dan Toilet Guru	65	-
9	*Hall/Confrence Room*	320	+
10	Ruang UKS	26	-
11	Ruang Kelas (5@80 m^2)	400	+
12	Toilet Murid (2@25 m^2)	50	-

13	Kantin	190	+
14	Dapur	25	+/-
15	Laboratorim Seni+gudang	60	+/-
16	Laboratorium IPA+gudang	60	+/-
17	Ruang Guru	130	+/-
18	Tempat Beribadah	85	+/-
19	Perpustakaan	200	+
20	Ruang Fasilitas Bersama	600	+
21	Kebun	600	-
22	Area Budidaya Bambu	1800	-
23	Area Outbound	100	-
24	Tempat Bermain/Olahraga	1250	-
25	Subtotal Ruang	7076	
26	Sirkulasi 30%	2122.8	
27	Total Luas	9198.8	

(Sumber: Konsep)

Berdasarkan perda setempat, KDB yang diperbolehkan antara 40-60% dari luas lahan, dengan ketinggian lantai maksimal 3 lantai. Sehingga luas lahan yang diperbolehkan untuk dibangun adalah antara 14.564.60 m^2-21.847 m^2. Dengan demikian, KDB dari sekolah alam tidak melebihi ketentuan KDB area tapak.

Dari kebutuhan ruang tersebut, ruang-ruang yang ada dibagi berdasarkan zona yang ada sesuai dengan analisis zonasi ruang dan tapak yang dibagi berdasarkan tingkat kemudahan aksesibilitas bagi para pelaku yang ada di sekolah alam.



Gambar 4.21 Konsep Hubungan Ruang
(Sumber: Konsep)

4.3.2.3 Sirkulasi Tapak

A.Kendaraan

Akses masuk dari jalan menuju ke dalam tapak dipisahkan oleh sungai, sehingga diperlukan jembatan sebagai sarana penghubung jalan dengan tapak. Alur sirkulasi kendaraan pada tapak hanya dibatasi sampai dengan area parkir pada sisi utara tapak. Bagi pengelola dan staf pengajar, jalur sirkulasi dimulai dari area masuk melalui jembatan yang ada di sebelah selatan. Dari jembatan dapat langsung menuju ke parkiran khusus pengelola dan staf yang ada di sebelah selatan tapak.

Sedangkan bagi pelaku lainnya, alur sirkulasi pada tapak dimulai dari jembatan yang ada di selatan, kemudian menuju area parkir yang ada di bagian utara tapak. Pintu keluar dari tapak melalui jembatan yang ada di sebelah timur.

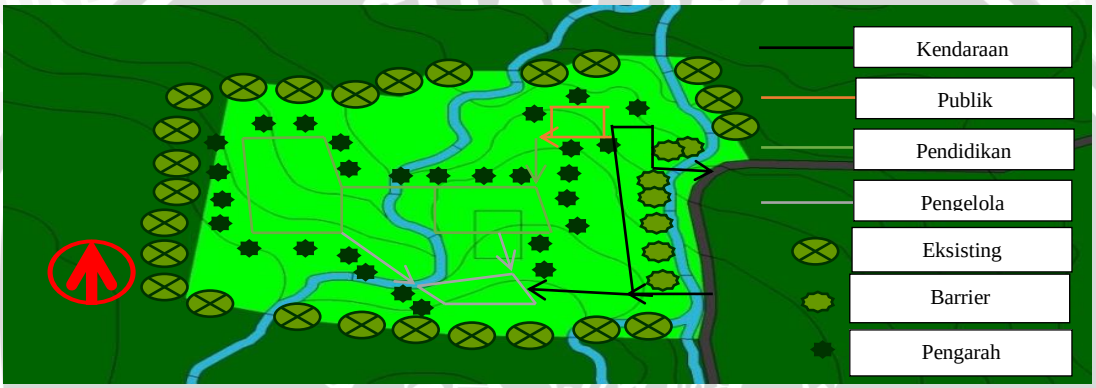
B.Manusia

Pola sirkulasi yang diterapkan menggunakan pola linier organik. Pola ini diterapkan agar memudahkan akses antar bangunan namun tidak menimbulkan kesan terlalu monoton dan formal. Alur sirkulasi untuk manusia dibagi menjadi tiga jenis, sesuai dengan zonasi fungsi pelaku, sehingga sirkulasi untuk manusia terbagi dalam:

a. Pola Sirkulasi Publik
b. Pola Sirkulasi Pendidikan
c. Pola Sirkulasi Pengelola

Untuk mempertegas sirkulasi yang ada di tapak, ditambahkan vegetasi yang dapat berfungsi sebagai pengarah. Tanaman bambu yang ditanam pada area tepi sungai pada tapak, selain dapat menjadi pengarah juga dapat berfungsi sebagai *barrier* terhadap kebisingan yang berasal dari luar tapak, bambu yang digunakan dapat berupa bambu duri ataupun bambu apus yang tumbuh membentuk rumpun. Tanaman bambu ini juga dapat berfungsi menyerap karbon yang dihasilkan oleh kendarann yang melewatinya.

Untuk sirkulasi manusia pada tapak diberikan tanaman pengarah berupa jenis bambu yang tidak tumbuh merumpun seperti bambu Cina ataupun bambu Jepang. Pada bagian tertentu dapat ditambahkan bambu duri ataupun bambu santong sebagai peneduh sirkulasi.



Gambar 4.22 Konsep Sirkulasi dan Vegetasi
(Sumber: Konsep)

4.3.2.4 Utilitas Tapak

Pada tapak direncanakan pengadaan jaringan air. Sumber air didapat dengan membuuat sumur bor dan pengadaan jaringan air dari PDAM. Jaringan air diperlukan untuk memenuhi kebutuhan tapak untuk disalurkan ke *pantry*, dapur dan *toilet*. Sedangkan untuk keperluan mengairi budidaya tanaman dapat mengambil air sungai dengan menggunakan sistem kanal ataupun dengan sistem *vortex*.

Kebutuhan akan listrik pada sekolah tidak terlalu dibutuhkan, karena sekolah alam ini beroperasi pada pagi hingga sore hari. Untuk aktivitas pada malam hari seperti diskusi warga sekitar, pencahayaan yang digunakan menggunakan *jojor lilit*, yaitu obor yang terbuat dari kapas yang ditumbuk dengan buah jarak.

Jaringan telepon disediakan dan dipasang pada kantor sehingga memudahkan komunikasi dari luar. Pemasangan kabel telepon ataupun pipa PDAM ditimbun dalam tanah sehingga tidak menggangu visual maupun fungsi yang terjadi pada sekolah alam.

4.3.2.5 Zonasi Tapak

Dari dua macam alternatif zonasi tapak yang terdapat pada analisis tapak, zonasi yang dipilih adalah zonasi alternatif 1. Zonasi dipilih untuk tetap mempertahankan hirarki yang ada di tapak. Solusi untuk masalah alur yang dilalui pengelola diselesaikan dengan membuat parkir tambahan pada zona pengelola sehingga akses pengelola dan staff dapat langsung menuju area pengelola dari luar tapak. Namun bagi pelaku yang lain harus tetap melewati jalur sirkulasi dengan area parkir berada di arah utara tapak. Sehingga jarak tempuh dari area parkir menuju zona pendidikan cukup jauh.

Gambar 4.23 Konsep Zonasi Tapak
(Sumber: Konsep)

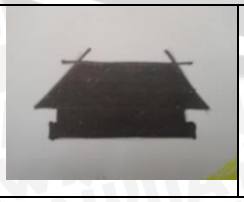
4.3.3 Konstruksi Bangunan

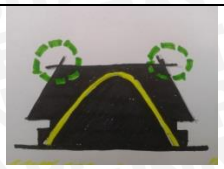
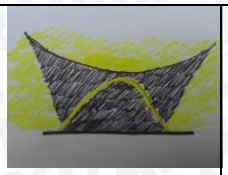
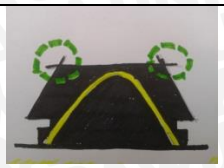
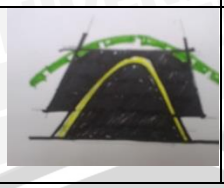
4.3.3.1 Bentuk

Bentuk bangunan diambil dari bentuk dasar rumah adat masyarakat Desa Semokan, Sembagek, dan Segenter. Rumahh-rumah yang ada pada desa-desa tersebut memiliki bentuk tipikal yang sama. Kemudian dari bentukan dasar tersebut, dimasukkan konstruksi bentang panjang *arch structure* yang telah dipilih pada analisis struktur, sehingga didapatkan beberapa alternatif bentuk bangunan sesuai dengan kebutuhan ruang.

Bentuk bangunan juga disesuaikan dengan analisis terhadap angin yang melalui tapak, sehingga *block plan* bangunan memiliki ujung yang mengerucut ataupun berbentuk elips.

Tabel 4.6 Konsep Bentuk

Alternatif 1				

Alternatif 2				
Alternatif 3				

(Sumber: Konsep)

Dari analisis sistem bangunan, pencahayaan tidak langsung digunakan pada bangunan untuk menerangi bangunan pada saat beraktivitas pada pagi hingga sore hari. Untuk mengatasi cahaya yang dapat masuk secara langsung, digunakan kanopi yang lebih lebar pada bangunan sehingga sistem ini juga dapat memudahkan proses penghawaan alami dalam bangunan. Pencahayaan malam hari menggunakan obor sehingga bangunan rawan kebakaran, sehingga ditempatkan tabung gas pemadam pada setiap bangunan.

Dari analisis penghawaan, dibutuhkan zona yang cukup lebar dan tinggi untuk memudahkkan pertukaran udara panas dan udara dingin pada bangunan sehingga bentukan bangunan memiliki bentukan atap yang tinggi.

Dari analisis *view* pada tapak dan analisis lintasan matahari, bangunan diorientasikan menghadap arah utara-selatan sehingga *view* yang dihasilkan pada bangunan baik dari ataupun ke dalam tapak dapat mendukung potensi *view* positif tapak. Sisi bangunan yang memiliki bukaan lebar tidak terkena pencahayaan langsung yang menyebabkan silau pada bangunan. Kelas-kelas yang ada ditempatkan pada sisi barat bangunan agar tidak langsung terkena pencahayaan matahari mulai pagi hari hingga sore, karena sekolah alam beroperasi mulai dari pagi hingga sore hari.

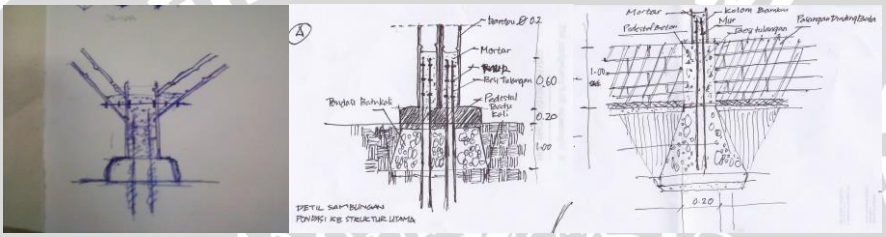
4.3.3.2 Sambungan

Bangunan-bangunan pada sekolah alam menggunakan sistem struktur bentang panjang dengan menggunakan bambu sebagai bahan utama. Bambu yang digunakan adalah bambu petung, bambu santong, dan bambu duri sebagai bahan bentang utama. Untuk ikatan angin dan reng digunakan bambu bambu tali/apus. Sebelum digunakan, bambu-bambu tersebut harus melalui beberapa proses pengawetan sehingga bambu memiliki ketahanan yang lama setelah selesai dibangun.

Bambu yang digunakan menjadi struktur utama adalah bambu utuh yang memiliki diameter 160 mm hingga 200 mm. Bambu tersebut juga harus memiliki panjang efektif 15 m sampai dengan 20 m.

Pondasi yang digunakan berupa pondasi umpak dengan besi tulangan dan diisi mortar. Pondasi ini dipilih karena membuat bambu yang digunakan tidak memiliki kontak langsung dengan tanah yang dapat menyebabkan kerusakan pada bambu. Pondasi terdiri atas pecahan batu kali sebagai dasaran dan batu kali sebagai pedestal. Batu kemudian dibor untuk sebagai jalur masuknya besi pancang yang masuk ke tanah sedalam 4 m sampai 6 m. Bambu disambung dengan besi pancang dengan perantara batu dan diberikan mortar untuk mengikat besi pancang dengan bambu.

Pada bangunan toilet, pondasi dibuat pondasi menerus karena terdapat dinding setinggi 1 meter sebagai pembatas antara lantai dan dinding penutup yang berupa anyaman bambu agar bambu tidak terkena percikan air yang dapat menyebabkan rusaknya dinding anyaman bambu.

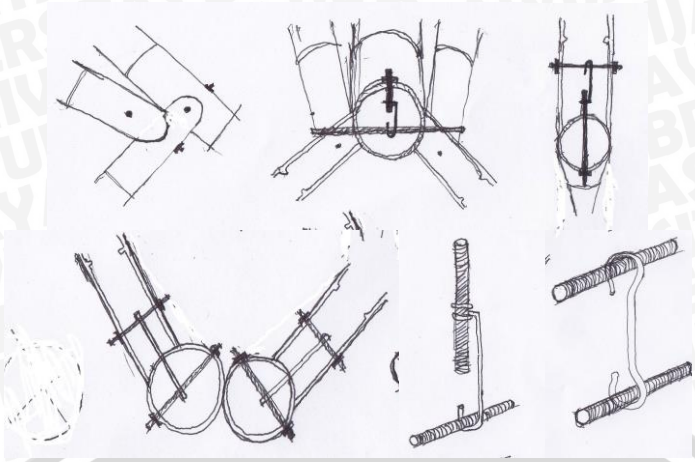


Gambar 4.24 Konsep Detail Pondasi
(Sumber: Konsep)

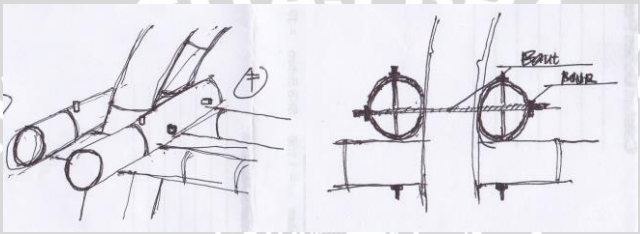
Sambungan pada bentang utama bambu menggunakan sambungan *plugin* dengan baut yang menembus dua hingga tiga batang bambu untuk menyatukan struktur satu bentangan. Hal ini juga berlaku untuk struktur sekunder dan ikatan angin. Struktur utama menerapkan modulasi sehingga memudahkan dalam proses pembangunan.

Gambar 4.25 Konsep Detail Sambungan pada Bentang Utama
(Sumber: Konsep)

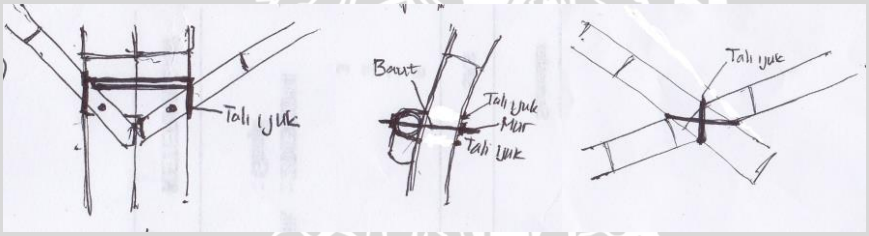
Sambungan sekunder bagi lantai pada bangunan panggung menggunakan sambungan *Doublejamb connection*. Sedangkan pada pendukung struktur utama menggunakan sambungan *plugin* dengan menggunakan baut sehingga konstruksi tetap ringan, begitu juga dengan ikatan angin. Sedangkan untuk reng dapat menggunakan sambungan tali isolasi ketat (*friction-tight rope connection*).



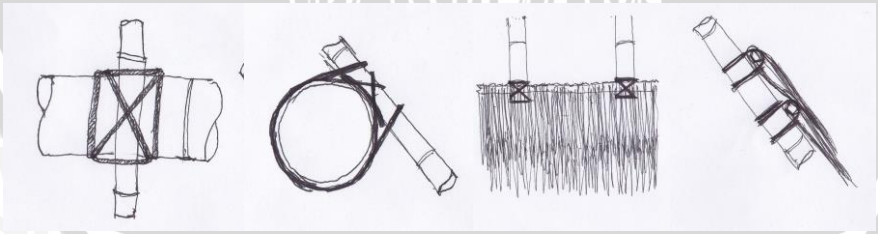
Gambar 4.26 Konsep Detail Sambungan Sekunder
(Sumber: Konsep)



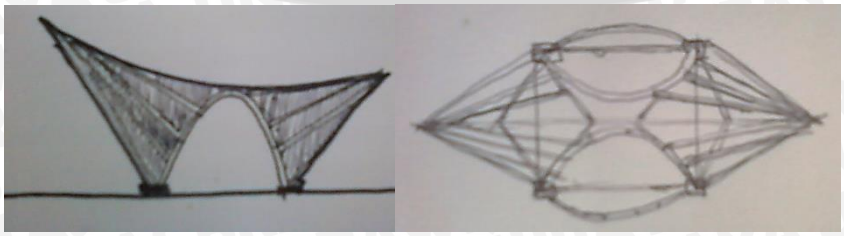
Gambar 4.27 Konsep Detail Sambungan *Double Jam Connection*
(Sumber: Konsep)



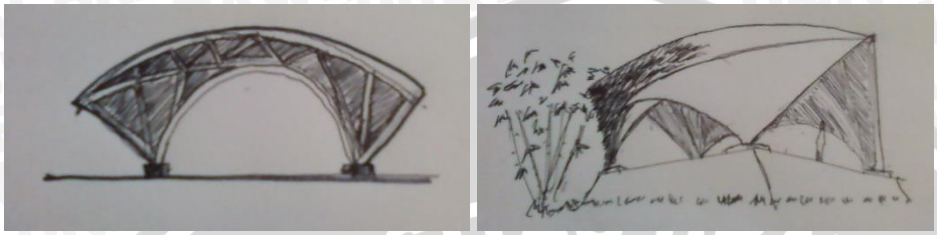
Gambar 4.28 Konsep Detail Sambungan pada Ikatan Angin
(Sumber: Konsep)



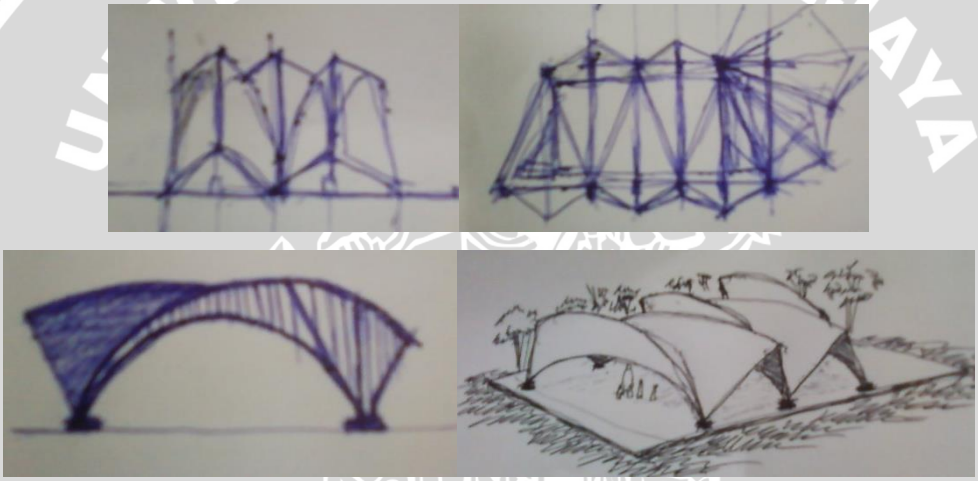
Gambar 4.29 Konsep Detail Sambungan pada Reng dan Atap
(Sumber: Konsep)



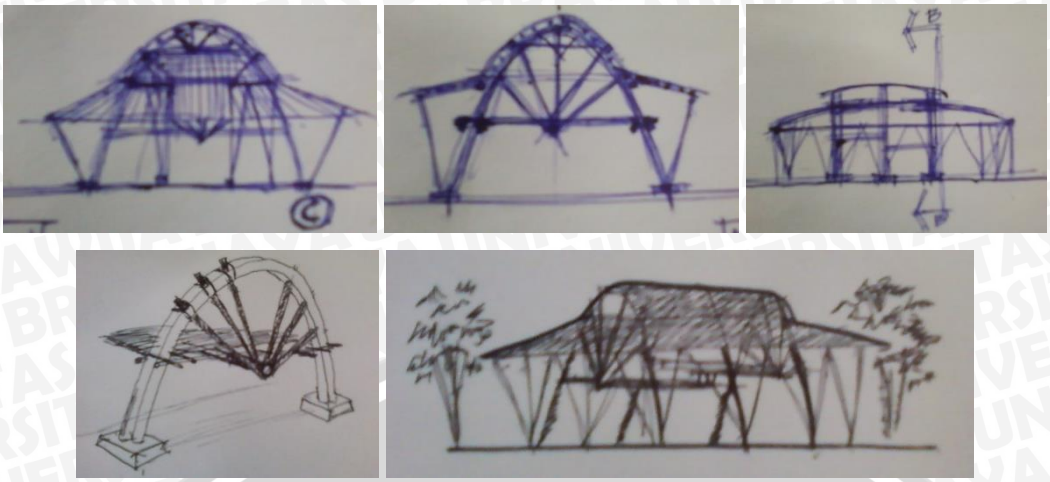
Gambar 4.30 Konsep Konstruksi dan Tampilan Kelas
(Sumber: Konsep)



Gambar 4.31 Konsep Konstruksi dan Tampilan Hall
(Sumber: Konsep)



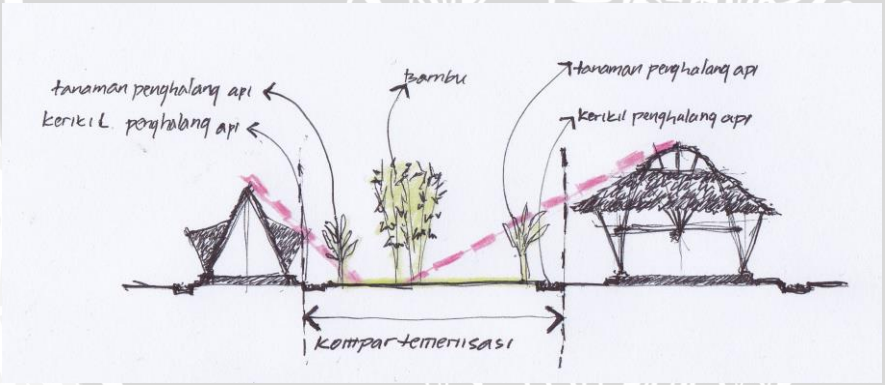
Gambar 4.32 Konsep Konstruksi dan Tampilan Ruang Aktivitas Bersama
(Sumber: Konsep)



Gambar 4.33 Konsep Konstruksi dan Tampilan Kantor dan Perpustakaan
(Sumber: Konsep)

4.3.3.2 Pencegahan Kebakaran

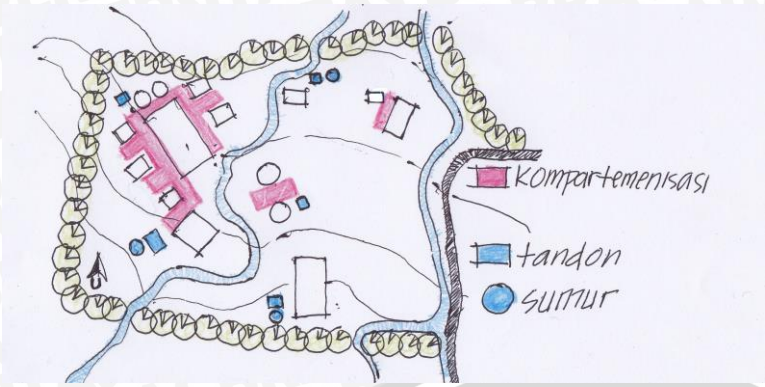
Pencegahan kebakaran secara pasif menggunakan kompartemenisasi pada bangunan serta memberikan pelapis tahan api pada bangunan yang memiliki resiko tinggi terhadap kebakaran seperti dapur dan laboratorium. Lebar jarak antar bangunan pada kompartemenisasi berdasarkan ketinggian bangunan. Pada sisi-sisi bangunan diberikan kerikil sebagai penghalang merambatnya api pada saat terjadi kebakaran.



Gambar 4.34 Konsep Kompartemenisasi
(Sumber: Konsep)

Pada bangunan sendiri, diberikan pelapis tahan api 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. Dan juga dilakukan penggantian pada bagian bangunan yang mengalami kerusakan.

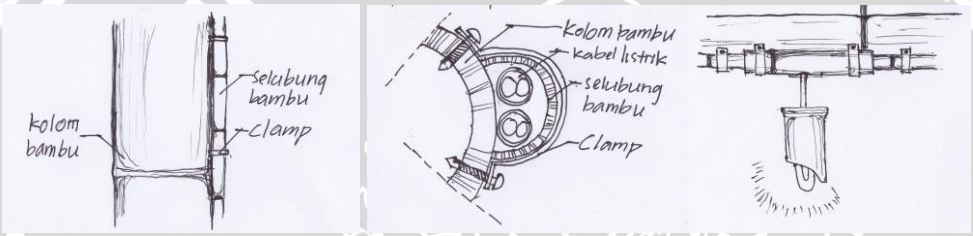
Pencegahan kebakaran secara aktif dengan menempatkan tabung pemadam pada titik-titik tertentu dan mudah jangkauannya. Pengadaan tandon-tandon air dan juga kolam pada beberapa titik di sekolah alam terutama dekat bangunan yang beresiko kebakaran.



Gambar 4.35 Konsep Titik Kompartemenisasi dan Tandon
(Sumber: Konsep)

4.3.3.2 Instalasi Listrik dan Air

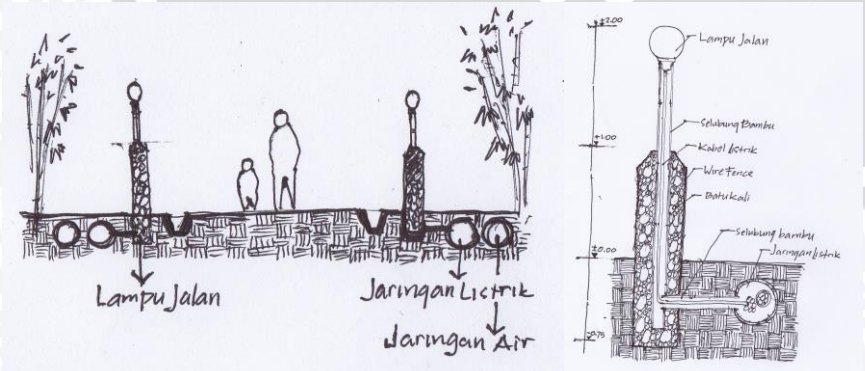
Instalasi listrik dan air pada bangunan menggunakan selubung bambu dengan mengikuti kolom dan balok bangunan. Selubung bambu ditempelkan pada kolom dan balok dengan menggunakan *clamp*.



Gambar 4.36 Konsep Instalasi Listrik dan Air
(Sumber: Konsep)

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.

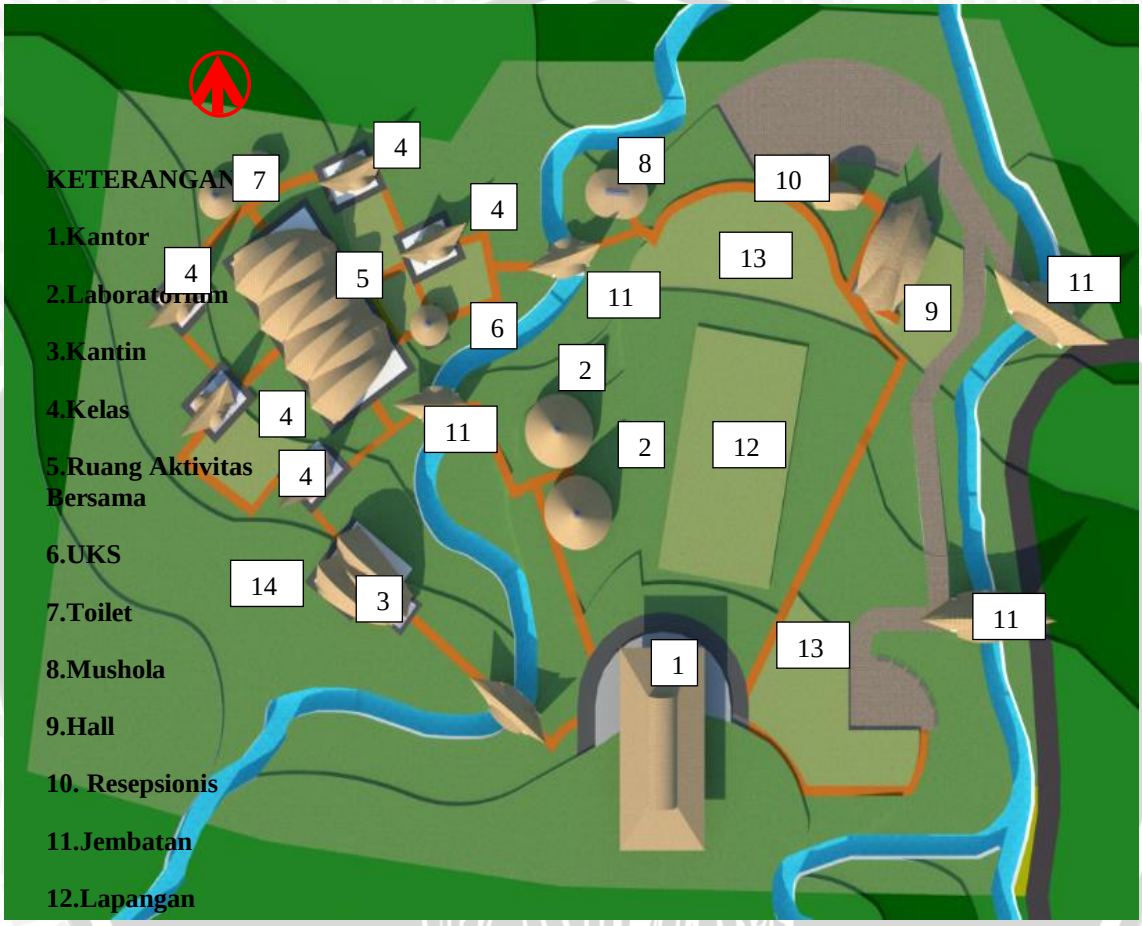
Pada lampu taman ataupun lampu jalan, kabel listrik dari jaringan tanah masuk ke pedestal yang di dalamnya terdapat selubung bambu yang sekaligus menjadi tiang lampu.



Gambar 4.37 Konsep Jaringan Listrik dan Air
(Sumber: Konsep)

4.4 Hasil Rancangan

Sekolah alam ini terletak di Kecamatan Bayan, Kabupaten Lombok Utara. Sekolah alam ini didirikan sebagai upaya untuk memenuhi kebutuhan pendidikan pada masyarakat sekitar tapak. Khususnya pendidikan yang terkait langsung dengan alam. Di sekolah alam ini mengajarkan bagaimana hidup berdampingan dengan alam serta bagaimana menjaga berbagai macam potensi alam.



Gambar 4.38 Site Plan Sekolah Alam
(Sumber: Hasil)

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 bdrada 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.

Sebagai bangunan publik, sekolah alam juga dapat digunakan untuk keperluan bersama masyarakat desa sekitar. Baik untuk sarana adat masyarakat, untuk rapat ataupun pertemuan rutin masyarakat, bahkan sebagai fasilitas rekreasi masyarakat dengan fasilitas hall, lapangan, dan outbound area.

4.4.1 Massa Bangunan

4.4.1.1 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, sirulasi 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 4.39 Site Plan Sekolah Alam
(Sumber: Hasil)

4.4.1.2 Vegetasi Tapak

Vegetasi pada tapak dibagi dalam dua fungsi, yaitu vegetasi *barrier* dan vegetasi pengarah. Vegetasi *barrier* memiliki beberapa fungsi, yaitu sebagai pembatas tapak, sebagai penangkal kebisingan yang berasal dari luar tapak, sebagai penguat tanah pada daerah pinggir sungai, dan sebagai pembatas pandangan baik dari luar tapak ke arah dalam maupun pada sirkulasi dalam tapak. Tanaman yang menjadi pembatas tapak adalah tanaman mente dan akasia yang merupakan tanaman eksisting tapak. Tanaman barrier sebagai penangkal kebisingan ditanam pada area timur tapak yang berbatasan dengan jalan penghubung Desa Segenter dan Desa Akar-akar, sekaligus berfungsi untuk memperkuat kondisi tanah di pinggiran sungai dan pembatas pandangan dari luar tapak. Tanaman bambu yang dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan ini adalah Bambu Santong dan Bambu Duri. Sedangkan untuk pembatas pandangan di area sirkulasi tapak, dapat digunaan jenis Bambu Tali/Apus.

Vegetasi pengarah berfungsi untuk memberikan kesan pengarah pada sirkulasi sehingga memperkuat arah alur sirkulasi. Tanaman yang digunakan dapat berupa Bambu Cina dan Bambu Jepang.

4.4.1.3 ZonasiTapak

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.

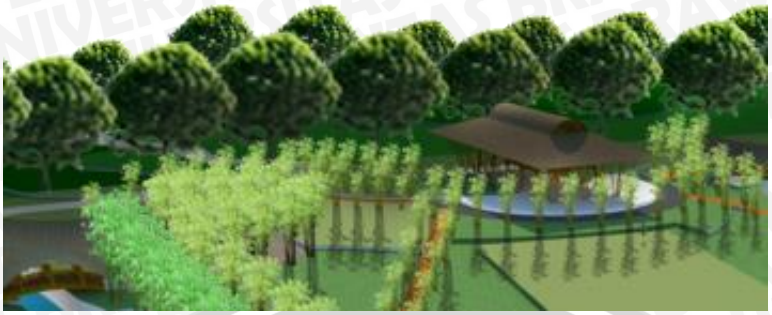
Zona ini dapat berfungsi sebagai ruang tunggu bagi orang tua murid ataupun sebagai fasilitas bagi warga sekitar.

Gambar 4.40 Zona Publik Sekolah Alam
(Sumber: Hasil)

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.

Gambar 4.41 Zona pendidikan Sekolah Alam
(Sumber: Hasil)

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.



Gambar 4.42 Zona Pengelola Sekolah Alam
(Sumber: Hasil)

4.4.1.4 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*.

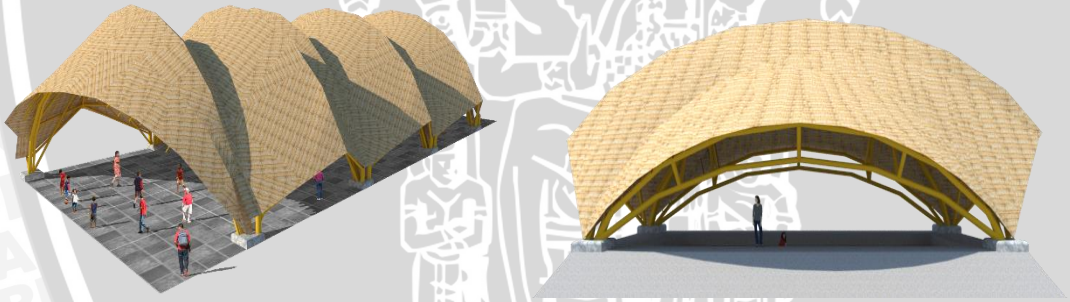
Pada bagian selatan tapak dibangun kantor dan perpustakaan sebagai fasilitas fungsi pengelola. Perpustakaan yang merupakan bagian dari zona pendidikan dijadikan satu bangunan dengan kantor agar memudahkan dalam perawatan inventarisnya serta menjadikan perpustakaan sebagai penghubung antara zona pendidikan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

Gambar 4.43 Tatanan Massa Sekolah Alam
(Sumber: Hasil)

4.4.1.5 Pencahayaan dan Penghawaan alami

Pencahayaan alami dimaksimalkan pada bangunan dengan menerapkan pencahayaan tidak langsung (pantulan). Kegiatan di sekolah alam berlangsung mulai dari pagi hari hingga sore hari, sehingga pencahayaan alami dapat berjalan maksimal.

Bukaan pada bangunan diperbesar sehingga memungkinkan cahaya dapat dengan mudah masuk ke dalam bangunan. Untuk menghindari pencahayaan yang berlebihan, diberikan kanopi/teritisan sehingga bangunan tetap mendapat pencahayaan tanpa terganggu dengan silau dari sinar matahari.



Gambar 4.44 Bukaan Untuk Memaksimalkan Pencahayaan Alami
(Sumber: Hasil)

Bukaan yang lebar tersebut juga sangat menunjang untuk penghawaan alami. Dengan adanya bukaan yang lebar, angin dapat masuk dengan leluasa ke dalam bangunan sehingga pertukaran udara dapat berjalan denagn lancer. Namun untuk mengantisipasi angin yang terlalu kencang, diberikan barrier berupa tanaman bambu untuk memecah gelombang angin yang datang.

Gambar 4.45 Barier untuk Penghawaan Alami
(Sumber: Hasil)

4.4.1.6 Hubungan Ruang

Gambar 4.46 Layout Plan Sekolah Alam
(Sumber: Hasil)

Dari hasil layout plan yang telah dirancang, dapat terlihat aplikasi konsep yang padu antara konsep ruang dan konsep tapak dalam hubungan antara ruang dalam dan ruang luar bangunan. Sirkulasi pada ruang luar menggunakan pola grid terpusat, sehingga dapat menghubungkan ruang-ruang pada massa bangunan yang menyebar pada tapak.

Pada setiap zona yang dibagi dalam tapak, terdapat ruang-ruang penghubung antar zona. *Hall* yang terdapat pada zona publik, juga berfungsi sebagai penghubung dari zona publik ke zona pendidikan. Akses untuk menuju bagian barat maupun tengah tapak harus melalui ruangan *Hall* terlebih dahulu. Ruangan yang berfungsi sebagai penghubung dari zona pendidikan menuju zona pengelola adalah ruangan perpustakaan.

Gambar 4.47 Hubungan Ruang Zona Publik dan Pendidikan
(Sumber: Hasil)

Kesinambungan antara ruang kelas *indoor* dengan kelas *outdoor* dapat dilihat dengan bentuk bangunan yang terbuka pada sisi-sisinya, sehingga dapat menciptakan kesinambungan ruang dalam satu paket kelas *indoor* dan kelas *outdoor*. Antara paket ruang kelas *indoor-outdoor* yang satu dengan yang lain dipisahkan dengan tanaman Bambu Apus sebagai tanaman *barrier* visual.

Gambar 4.48 Hubungan Ruang Kelas Outdoor dan Indoor
(Sumber: Hasil)

Gambar 4.49 Interior Sekolah Alam
(Sumber: Hasil)

4.4.2 Konstruksi Bangunan

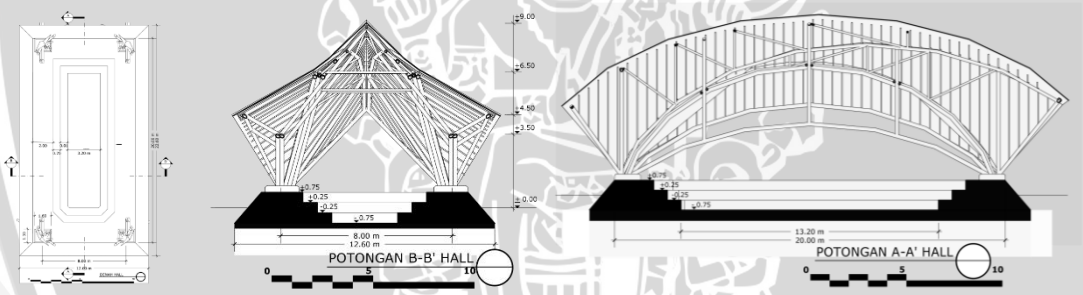
4.4.2.1 Sistem Bangunan

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 memilliki tingkat elastisitas dan kekuatan yang cukup tinggi serta memiliki ketahanan yang sangat lama dengan melalui perlakuan dan pengawetan yang baik.

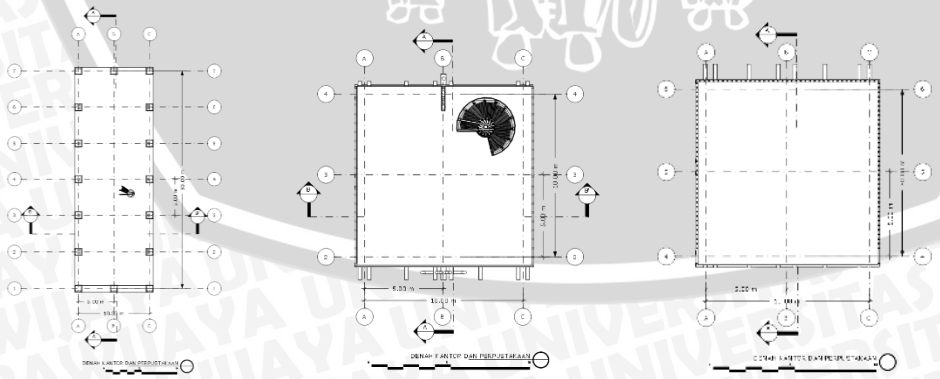
Komplek bangunan sekolah alam ini dibangun secara bertahap. Pembangunan dapat dimulai dari membangun kantor, hall, dan beberapa kelas terlebih dahulu. Hal ini dilakukan agar pembangunan sekolah alam ini tidak mengekploitasi secara berlebihan hutan adat yang ada. Dengan pembangunan bertahap yang dibarengi 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.

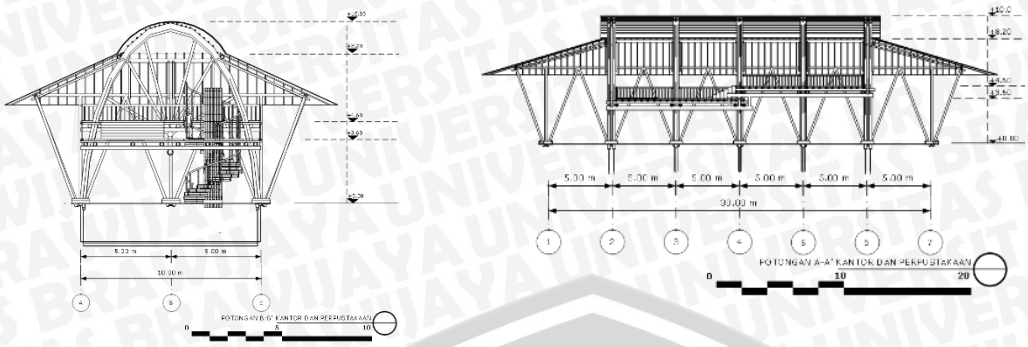
Pada *Arch Structure* perakitan langsung dilakukan di tapak agar tidak perlu melakukan pemindahan struktur yang cukup sulit untuk dilakukan pemasangan kembali. Bangunan dibentuk dengan dua struktur lengkung utama yang disokong oleh struktur-struktur penyangga. Ruang yang dihasilkan berupa ruang persegi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



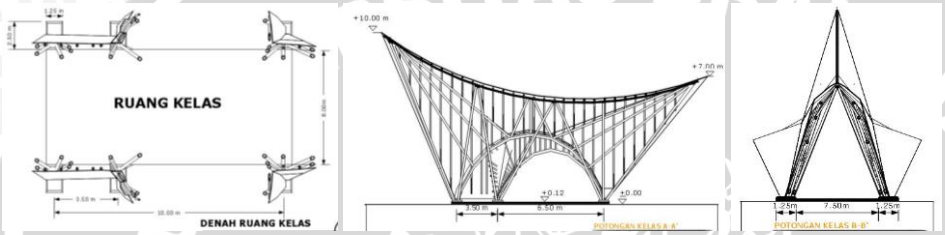
Gambar 4.50 Denah dan Potongan *Hall*
(Sumber: Hasil)



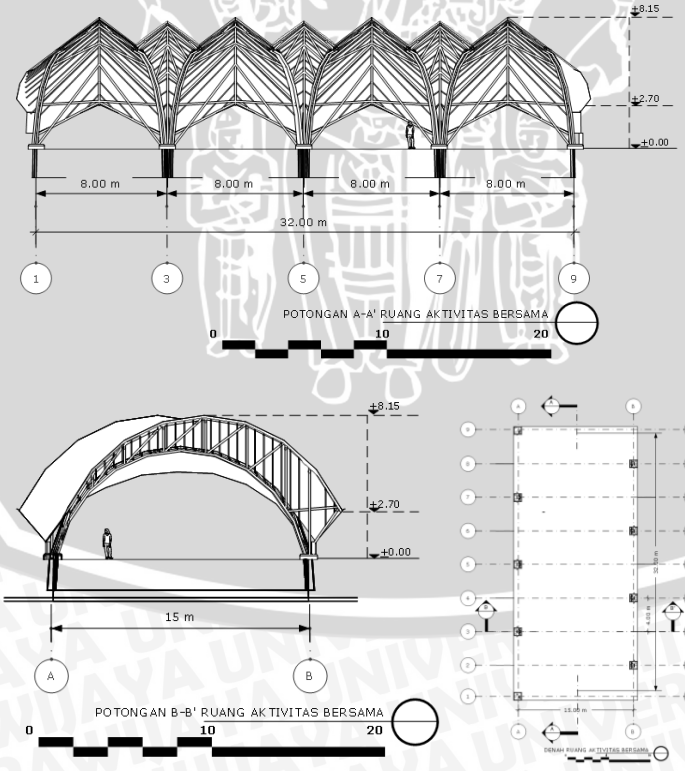
Gambar 4.51 Denah Kantor dan Perpustakaan
(Sumber: Hasil)



Gambar 4.52 Potongan Kantor dan Perpustakaan
(Sumber: Hasil)



Gambar 4.53 Denah dan Potongan Kelas
(Sumber: Hasil)

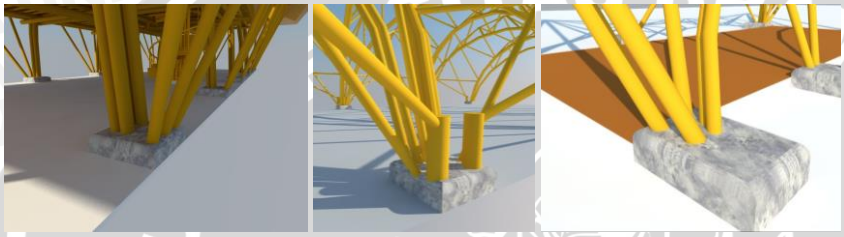


Gambar 4.54 Denah dan Potongan Ruang Aktivitas Bersama
(Sumber: Hasil)

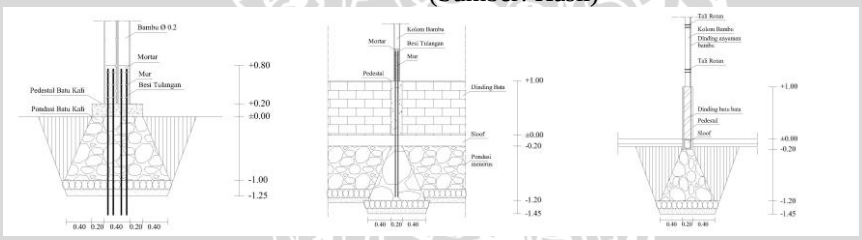
4.4.2.2 Sambungan

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.



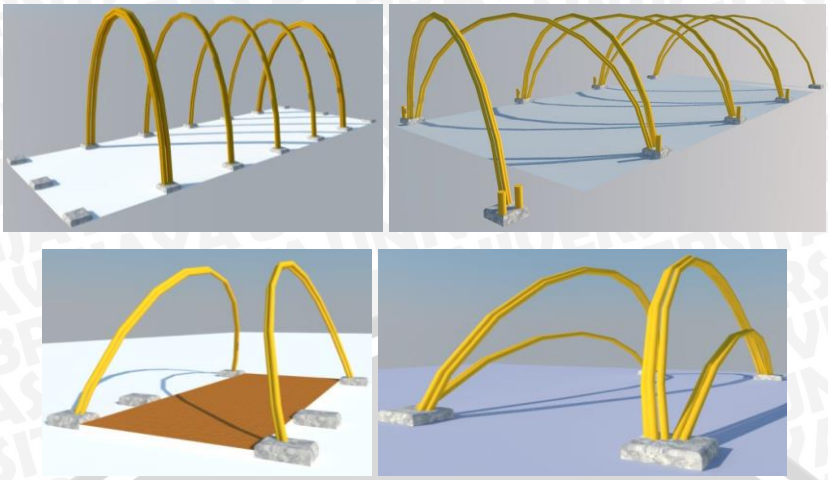
Gambar 4.55 Sambungan Pondasi ke Kolom
(Sumber: Hasil)



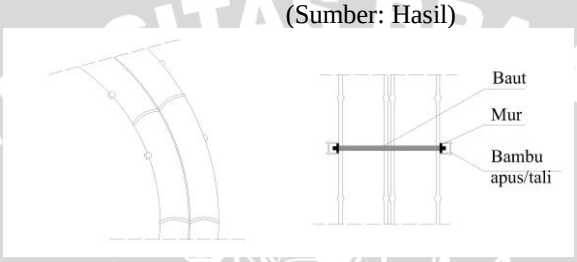
Gambar 4.56 Detil Sambungan Pondasi ke Kolom
(Sumber: Hasil)

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.



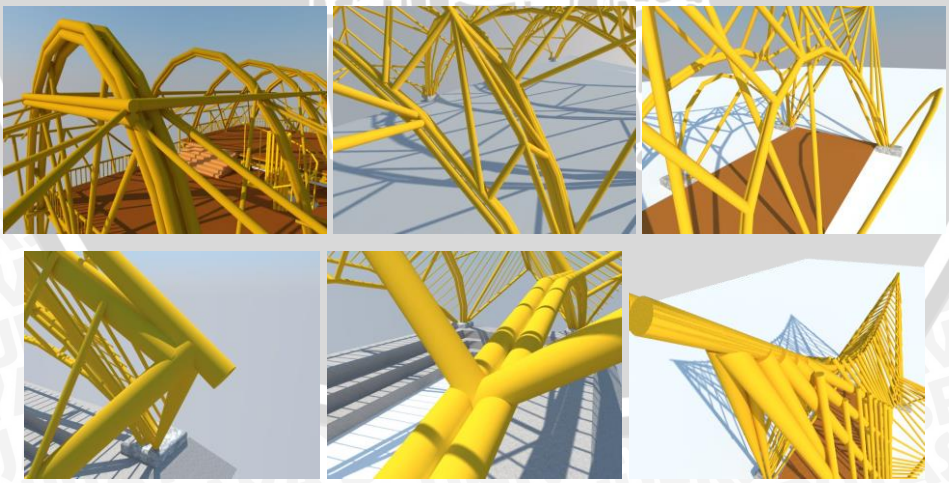
Gambar 4.57 Sambungan *Plugin* pada Struktur Utama
(Sumber: Hasil)



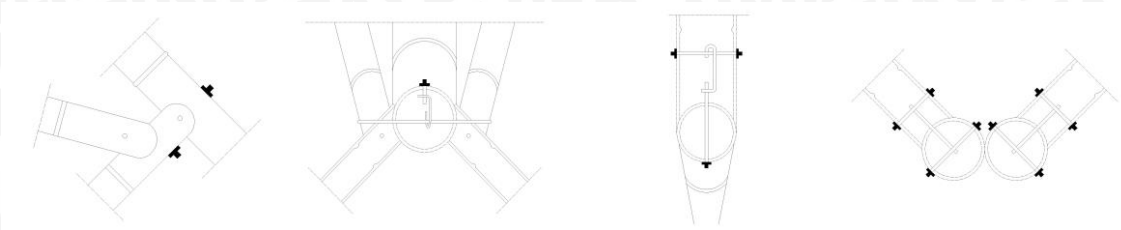
Gambar 4.58 Detil Sambungan *Plugin* pada Struktur Utama
(Sumber: Hasil)

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 sammbung baut. Pada sambungan tidak diberikan isian mortar sehingga konstruksi bangunan tidak menjadi berat.



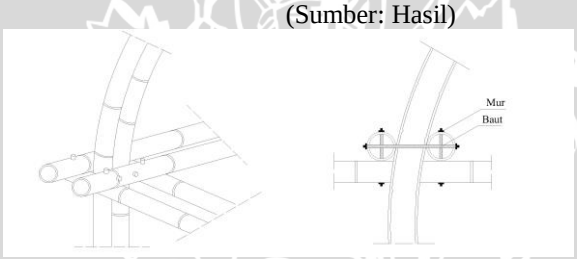
Gambar 4.59 Sambungan *Plugin* Struktur Sekunder
(Sumber: Hasil)



Gambar 4.60 Detil Sambungan *Plugin* Struktur Sekunder
(Sumber: Hasil)

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.

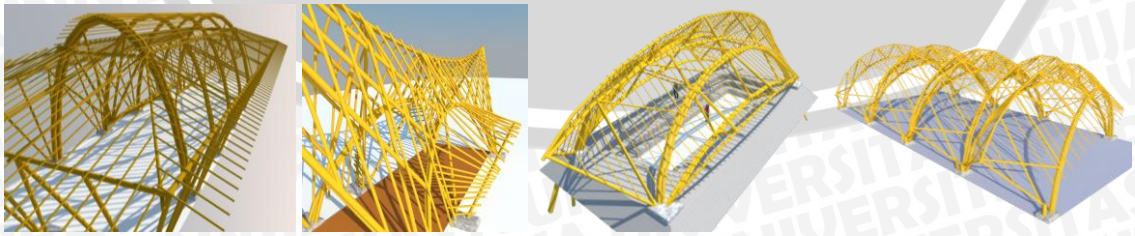
Gambar 4.61 Sambungan *Doublejamb Connection* pada Konstruksi Lantai
(Sumber: Hasil)



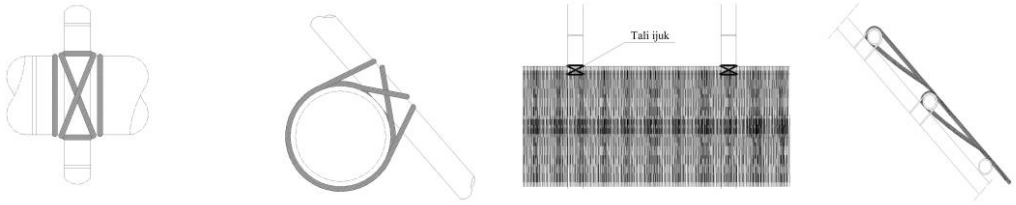
Gambar 4.62 Detil Sambungan *Doublejamb Connection* pada Konstruksi Lantai
(Sumber: Hasil)

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.



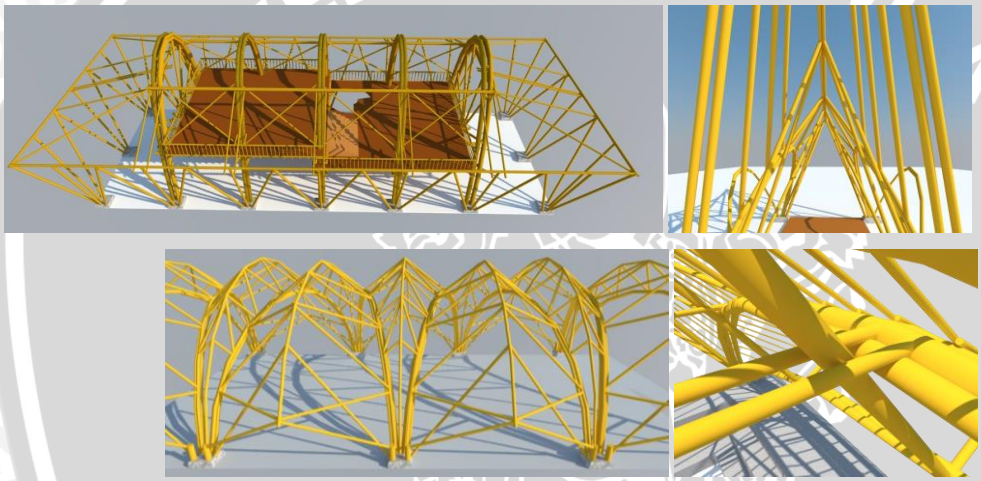
Gambar 4.63 Sambungan *Friction-tight Rope Connection*
(Sumber: Hasil)



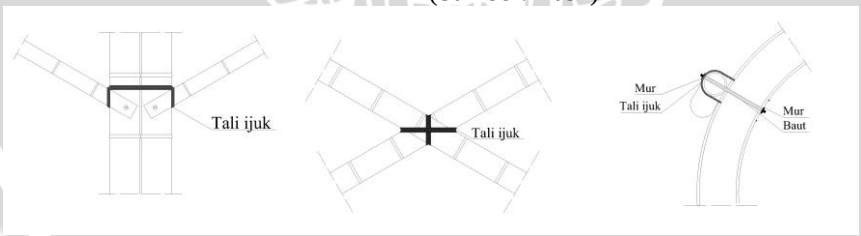
Gambar 4.64 Detil Sambungan *Friction-tight Rope Connection*
(Sumber: Hasil)

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 4.65 Ikatan Angin
(Sumber: Hasil)



Gambar 4.66 Detil Ikatan Angin
(Sumber: Hasil)

4.4.2.3 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 *suply* air untuk persiapan pemadam kebakaran diadakan pada beberapa titik di sekolah alam pada masing-masing zona.

4.4.2.4 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.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 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 membauat 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.

5.2 Saran

Dari simpulan di atas, dapat dikemukakan saran atas perancangan Penerapan Konstruksi Bambu pada Sekolah Alam Kec. Bayan Lombok Utara:

1. Perancangan sekolah alam di Kecamatan Bayan Kabupaten Lombok Utara ini merupakan salah satu usaha tanggap terhadap permasalahan lingkungan. Dengan penelitian lebih lanjut mengenai struktur, sambungan, dan konstruksi bambu dapat memunculkan potensi utama bambu sebagai bahan utama dalam menciptakan bangunan.
2. Berbagai inovasi bentuk dan konstruksi dapat diciptakan dari bambu dengan melihat potensi tingkat kekuatan dan ketahanannya, ditambah dengan tingkat kecepatan dalam kesediaan bahan yang hanya memakan waktu sekitar 4 tahun, dapat menjadikan bambu sebagai komoditi utama dalam dunia berarsitektur.
3. Berbagai desain baru diharapkan muncul dari berbagai daerah nusantara yang sesuai dengan keadaan tapak, baik secara fisik maupun budaya lokal. Dengan demikian akan hadir berbagai alternatif desain sebagai bentuk tanggapan dan penyelesaian masalah lingkungan di bumi khususnya di Indonesia.

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. *Architecs + 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