

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan pustakan berisi sub bab tentang alur pikir dan perkembangan keilmuan yang berkaitan langsung dengan topik yang akan diteliti dan teori-teori pendukung yang relevan dengan penelitian yang dilakukan.

2.1. Sekolah Alam

Sekolah Alam adalah suatu bentuk pendidikan alternatif yang mengusung sistem sekolah dengan konsep pendidikan yang berlandaskan alam, di mana peserta didik berperan sebagai subjek dan diberikan kebebasan untuk menjadi diri mereka sendiri dengan bimbingan dari orang tua dan fasilitator (A. F. K. Dewi et al. 2024). Sejalan dengan pendapat tersebut Qibtiah, Retnowati, and Laihad 2018 menyatakan bahwa, sekolah alam merupakan model pendidikan berbasis lingkungan yang menjadikan alam sebagai sumber belajar utama. Proses pembelajaran dilaksanakan melalui pendekatan tematik yang memadukan teori dengan observasi serta praktik langsung dilapangan, sehingga peserta didik memperoleh kebebasan untuk membangun pemahaman belajarnya secara luas.

Ningrum and Purnama 2019 menjelaskan bahwa Lingkungan di sekitar sekolah ini umumnya sangat terasa alami, dengan bangunan sekolah yang berbentuk rumah panggung, yang sering disebut saung, dikelilingi oleh berbagai kebun buah, sayur, bunga, serta area peternakan. Konsep yang diterapkan dalam sekolah alam diindonesia fokus pada pemanfaatan lingkungan sebagai ruang, media, sekaligus objek pembelajaran. Pendekatan ini dinilai efektif dalam mengurangi kejenuhan peserta didik yang kerap muncul ketika proses belajar hanya dilakukan di ruang kelas.

Keberadaan sekolah alam juga mencerminkan upaya mewujudkan cita cita para pemangku kepentingan pendidikan yang menginginkan adanya inovasi dan transformasi dalam sistem pendidikan nasional. Berbeda dengan sekolah konvensional, sekolah alam tidak menitik beratkan pada penyediaan bangunan permanen sebagai sarana utama pembelajaran. Sebaliknya proses belajar mengajar dilaksanakan di ruang terbuka sehingga peserta didik dapat merasakan langsung kesegaran serta keindahan lingkungan. Model pembelajaran ini memberi kebebasan

bagi siswa untuk mengeksplorasi lingkungan sekitar tanpa adanya aturan yang terlalu membatasi rasa ingin tahu mereka. Dengan arahan serta bimbingan yang tepat, peserta didik diharapkan tumbuh menjadi pribadi yang lebih peduli dan memiliki kesadaran yang lebih tinggi.

2.1.1. Konsep Pendidikan Sekolah Alam

Sekolah alam hadir sebagai alternatif yang mendorong kreativitas peserta didik melalui proses belajar mengajar yang bernuansa alam. Siswa tidak hanya diajak beradaptasi dengan lingkungan belajar, tetapi juga diarahkan untuk mempraktikkan secara langsung.

Keberadaan sekolah ini sejalan dengan tujuan nasional sebagaimana tercantum dalam Pembukaan Undang Undang Dasar 1945, yakni Mencerdaskan Kehidupan Bangsa maka sekolah alam memiliki tiga pokok materi diantaranya:

1) Berakhlak

Metode pembentukan peserta didik yang berakhlak mulia dilakukan dengan melalui pemberian keteladanan dari guru serta pembiasaan dalam lingkungan belajar yang menekankan pentingnya akhlak.

2) Falsafah Ilmu Pengetahuan

Untuk mendorong peserta didik dalam bereksplorasi, sekolah menerapkan metode pembelajaran aktif (active learning) dan diskusi sebagai pembelajaran utama.

3) Latihan Kepemimpinan

Pengembangan jiwa peserta didik difasilitasi melalui kegiatan outbound training dan kelompok dinamis yang terintegrasi dalam proses pembelajaran.

2.1.2. Sistem Pembelajaran Sekolah Alam

Di sekolah alam, proses pembelajaran tidak hanya berlangsung satu arah. Guru juga dapat memperoleh pembelajaran dari siswa, bahkan orang tua serta belajar dari guru maupun anak anak. Aktivitas belajar tidak terbatas di ruang kelas, tetapi juga dilakukan dengan memanfaatkan lingkungan sekitar. Orientasi pembelajaran bukan semata mata untuk memperoleh nilai, melainkan agar peserta didik mampu menerapkan pengetahuan yang diperoleh dalam kehidupan sehari hari.

a) Kegiatan Outdoor/Indoor

Aktivitas outdoor maupun indoor merupakan perpaduan antara pembelajaran di dalam kelas, di area sekolah, hingga kegiatan diluar sekolah yang disesuaikan dengan tema pembelajaran. Seluruh rangkaian kegiatan tersebut dirancang untuk menumbuhkan karakter positif peserta didik sejak usia dini hingga tingkat lanjut.

b) Outbound

Outbound merupakan metode pembelajaran berbasis pengalaman yang menggunakan aktivitas di alam terbuka sebagai media utama. Tujuannya adalah membentuk karakter anak yang tangguh, menumbuhkan jiwa kepemimpinan, serta melatih kemampuan bekerja sama yang berlandaskan akhlak mulia. Di sekolah alam, kegiatan sekolah alam terbagi menjadi tiga jenis, yaitu:

1. Fun Games kegiatan ini fokus pada aspek koordinasi, konsentrasi, serta kebersamaan, yang dikemas secara rekreatif dan menghibur.
2. Low Impact Games pada tahap ini siswa diperkenalkan pada tema tema terkait kerjasama, komunikasi, perencanaan, strategi, efisiensi waktu, tugas pendelegasian, kejujuran, serta tanggung jawab sosial. Jenis kegiatan ini diberikan kepada siswa kelas menengah hingga lanjutan (SD kelas 3 hingga SL kelas 9).
3. High Impact Games kegiatan ini menekankan pada pembelajaran pengendalian diri, keberanian, kepercayaan diri, keuletan serta sikap pantang menyerah. Permainan ini dapat diterapkan mulai dari siswa kelas kecil hingga kelas besar.

2.1.3. Metode dan Model Sekolah Alam

1) Metode Pembelajaran Sekolah Alam

metode yang bisa diterapkan dalam kegiatan sekolah alam diantaranya yaitu:

a. Media Pendidikan, Observasi dan Reset

Proses belajar dilakukan dengan mengamati serta memahami langsung fenomena alam. Cara ini menjadikan alam sebagai sarana belajar yang berkualitas sekaligus hemat biaya.

b. Modal Produksi dan Wirausaha (Magang dan Perdagangan)

Hasil praktik di alam diolah agar memiliki nilai guna dan jual, sehingga siswa terbiasa mandiri. Jiwa kewirausahaan dikembangkan melalui kegiatan magang yang melibatkan interaksi langsung dengan dunia usaha dan lingkungannya.

c. Sarana Pengembangan Manusia

Pertumbuhan manusia yang berlandaskan interaksi dengan alam akan membentuk pribadi yang berakhlak: taat kepada tuhan, berbuat baik kepada sesama makhluk, adil dan cinta damai.

d. Dalam Membentuk Jiwa Kepemimpinan

Aktivitas outbound digunakan sebagai aktivitas pembelajaran kepemimpinan, dimana guru dan siswa terlibat langsung dalam praktik lapangan.

e. Model *Spider Web* (Jaringan)

Sistem pembelajaran tidak dibatasi per mata pelajaran, melainkan terintegrasi. Dengan model ini siswa dapat memahami pelajaran dengan kehidupan nyata sekaligus melihat keterkaitan antar bidang studi.

2) Model Pembelajaran Sekolah Alam

Komponen Pembelajaran meliputi:

a. Outbound

Kegiatan rutin yang melatih kepercayaan diri, kepemimpinan, dan kerjasama tim.

b. Kebun dan Ternak

Siswa terlibat dalam bercocok tanam serta beternak sesuai tingkat kelas, sekaligus mengintegrasikan materi pelajaran.

c. Market day

Ajang siswa berlatih merencanakan, mempromosikan, hingga menjual produk. Kegiatan ini melibatkan orang tua dan masyarakat.

d. Audiensi

Pertemuan rutin untuk membangun keakraban serta menampilkan karya siswa seperti drama, puisi dan lain lain.

e. Pendidikan Olahraga

Kegiatan melakukan aktivitas fisik untuk memelihara dan meningkatkan kebugaran jasmani.

f. Studying

Kegiatan belajar mengajar guna untuk memperdalam ilmu siswa.

g. Apresiasi Seni

Proses menyadari nilai nilai keindahan estetika dalam suatu karya seni.

h. Renang

Diikuti siswa seminggu sekali secara bergiliran antar kelas.

i. Workshop

Siswa belajar menanam, mengolah hasil menjadi produk siap saji, hingga memasarkannya.

j. Reading

Kegiatan membaca buku untuk memperoleh pesan dan informasi dari penulis.

2.1.4. Aktivitas Pembelajaran Sekolah Alam

1) Aktivitas Guru

Aktivitas guru mencakup seluruh tindakan yang dilakukan selama proses pembelajaran. Guru tidak hanya bertugas menyampaikan materi, tetapi juga berperan dalam membentuk pengetahuan (kognitif), sikap dan nilai (afektif), serta keterampilan (psikomotor) siswa. Selain itu, guru bertanggung jawab mengamati setiap dinamika yang terjadi dikelas demi mendukung perkembangan siswa. Dengan demikian, kegiatan mengajar merupakan proses dinamis yang mencakup berbagai fase pertumbuhan peserta didik.

Agar pembelajaran berlangsung efektif, guru perlu memperhatikan hal hal berikut:

- a. Menyiapkan dan memotivasi siswa sebelum pembelajaran dimulai agar tercipta suasana yang kondusif.
- b. Menjelaskan rencana pembelajaran serta memberikan gambaran materi yang akan dipelajari.
- c. Menghubungkan pelajaran sebelum dengan materi baru yang akan dibahas.
- d. Menyampaikan tujuan pembelajaran secara jelas kepada siswa.

- e. Menjelaskan materi dengan bahasa sederhana yang mudah dipahami serta menunjukkan penguasaan terhadap isi pelajaran.
- f. Menyelaraskan kegiatan pembelajaran dengan kurikulum dan kelasnya dengan kehidupan sehari-hari siswa.
- g. Menggunakan media pembelajaran yang menarik perhatian siswa.
- h. Menerapkan variasi metode dan sumber belajar untuk menciptakan dinamika kelas.
- i. Memberikan kesempatan kepada siswa untuk bertanya, dan berinteraksi dengan teman sekelas.
- j. Menyusun pembelajaran secara sistematis guna memudahkan siswa memahami materi.
- k. Melibatkan siswa dalam menyimpulkan hasil pembelajaran.
- l. Melakukan evaluasi melalui penilaian dan latihan.
- m. Menindaklanjuti hasil pembelajaran agar materi lebih mendalam.

2) Aktivitas Siswa

Aktivitas siswa dalam proses belajar mengajar meliputi berbagai bentuk keaktifan, seperti mendengarkan, mencatat, membaca, bertanya mengenai hal-hal yang belum dipahami, berpikir kritis, hingga berpartisipasi dalam diskusi maupun praktik. Seluruh kegiatan ini berfungsi mendukung pencapaian prestasi belajar dan mengoptimalkan proses pembelajaran.

3) Aktivitas Pengunjung

- a. Tur sekolah mengenal sistem pembelajaran sekolah alam.
- b. Workshop Lingkungan.
- c. Berpartisipasi dalam kegiatan sekolah seperti berkebun dan berternak.

2.1.5. Fasilitas Sekolah Alam

Menurut (Bradford Perkins 2001) dalam bukunya menyatakan dalam sekolah yang memiliki fokus aktivitas di luar ruangan (*outdoor activities*), diharuskan memenuhi fasilitas ruang diantaranya:

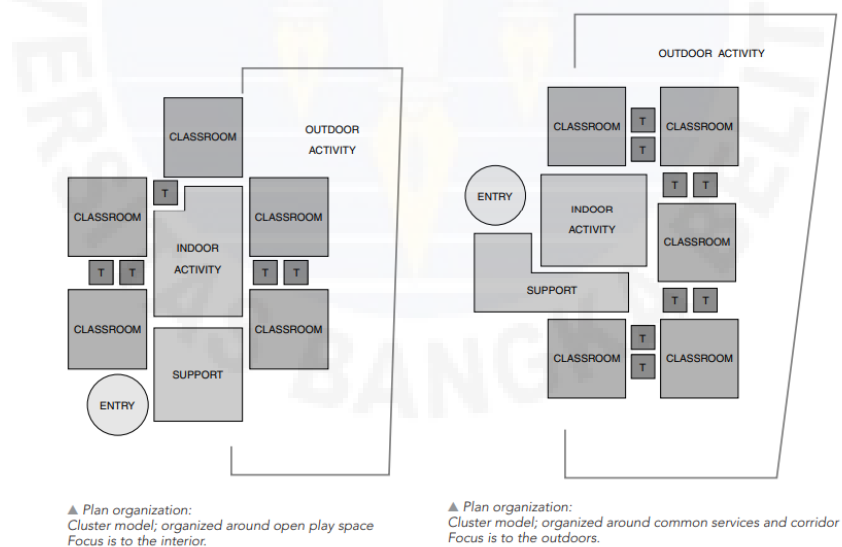
Tabel 2. 1 Fasilitas Ruang Sekolah Berfokus Outdoor Activities

No	Ruang	Area (m ²)
1	Area masuk/Lobby	18.6 m ²
2	Resepsionis	11.2 m ²

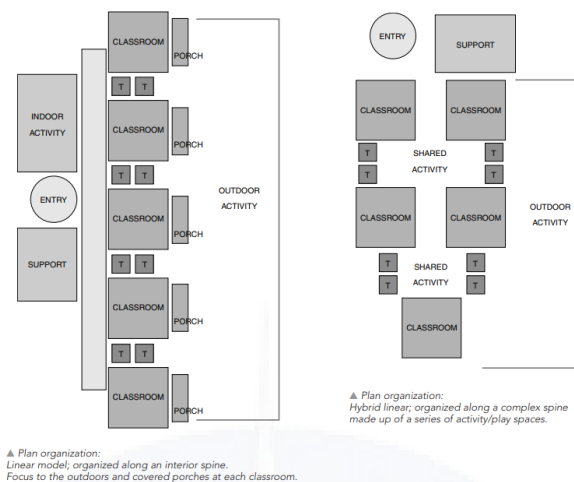
3	Kantor Asisten Administratif	11.2 m ²
4	Kantor Direktur	14.9 m ²
5	Ruang Administrasi/Supply room	9.3 m ²
6	Ruang Staf/Istirahat/Toilet	32.5 m ²
7	Ruang Rapat	18.6 m ²
8	Queit Room/UKS	9.3 m ²
9	Ruang Kelas (5 x 74.32 m ²)	371.6 m ²
10	Toilet Kelas (5 x 7.43 m ²)	37.2 m ²
11	Area Makan	139.4 m ²
12	Penyimpanan Fasilitas Utama	18.6 m ²
13	Food Storage/Dapur	55.7 m ²
Subtotal Ruang yang dapat digunakan		818.8 m ²
Area Sirkulasi dan Area Mekanis		163.5 m ²
Total Fasilitas Program		982.3 m ²
Rata rata x 9.83 m ² /anak		
Kuota Program untuk 100 anak		

Sumber: Bradford Perkins 2001

Tiga macam pola penataan pada sekolah yang memiliki fokus pembelajaran di luar ruangan diantaranya *cluster model*, *linier model*, dan *hybrid linier*.



Gambar 2. 1 Cluster Model
(Sumber: Bradford Perkins, 2001)



Gambar 2. 2 Linear Model & Hybrid Linear
(Sumber: Bradford Perkins, 2001)

2.1.6. Standar Luasan Fungsi Ruang Sekolah Alam

Untuk mendukung seluruh komponen pembelajaran pada sekolah alam, diperlukan perencanaan fungsi ruang yang sesuai dengan kebutuhan kegiatan belajar di sekolah alam. Tabel berikut menyajikan keterkaitan antara jenis kegiatan dengan fungsi ruang serta standar luasan yang dibutuhkan dalam perancangan sekolah alam pada lahan pasca tambang.

Tabel 2. 2 Standar luasan fungsi ruang siswa dan guru di sekolah alam

NO	Komponen Pembelajaran	Fungsi Ruang yang Dibutuhkan	Standar Luasan Ruang	Sumber
1	Outbound	Lapangan Multifungsi	968 m ² (22 × 44 m)	Data Arsitek
2	Kebun dan Ternak	Lahan perkebunan mini	24 m ² (4 × 6 m)	Data Arsitek
		Kandang Ternak Edukatif	90 m ² (15 × 6 m)	Data Arsitek
3	Market Day	kios/booth	4 m ² (2,0 × 2,0 m)	Data Arsitek
4	Audiensi	Aula	100 m ² (8 × 12,5 m)	Data Arsitek
5	Pendidikan Olahraga	Lapangan Olahraga	375 m ² (15 × 25 m)	Data Arsitek
6	Studying	Ruang Kelas	56 m ² (8 × 7 m)	Permendikbud

7	Apresiasi Seni	Studio	70 m ² (7 × 10 m)	Data Arsitek
8	Renang	Kolam Renang	72 m ² (6 × 12 m)	Data Arsitek
9	Workshop	Ruang Workshop	60 m ² (5 × 12 m)	Data Arsitek
10	Reading	Perpustakaan	150 m ² (10 × 15 m)	Data Arsitek

Sumber: Data Arsitek jilid 2, Data Arsitek Jilid 3 dan Permendikbud

Tabel 2. 3 Standar luasan fungsi ruang pada aktivitas pengunjung di sekolah alam

NO	Aktivitas	Fungsi Ruang yang Dibutuhkan	Standar Luasan Ruang	Sumber
1	Tur Sekolah	Ruang Tunggu	20 m ² (4 × 5 m)	Data Arsitek
2	Kebun dan Ternak	Lahan perkebunan mini	24 m ² (4 × 6 m)	Data Arsitek
		Kandang Ternak Edukatif	90 m ² (15 × 6 m)	Data Arsitek
3	Workshop	Ruang Workshop	60 m ² (5 × 12 m)	Data Arsitek

Sumber: Data Arsitek jilid 2

2.1.7. Sekolah Alam Berbasis Ekowisata

Pada penelitian ini perancangan Sekolah Alam menggunakan penerapan berbasis Ekowisata. Ekowisata adalah kegiatan konservasi yang fokus pada alam dan lingkungan, dikemas dalam sebuah destinasi pariwisata, yang juga memberikan dampak positif terhadap perekonomian lokal (Fandeli 2017). Pengertian ekowisata menurut berapa jurnal juga dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Menurut (I. K. Dewi, Suwarti, and Yuwanti 2021) :

Ekowisata merupakan bentuk pariwisata unik dengan menggabungkan kegiatan menikmati alam dan lingkungan sekaligus merasakan budaya masyarakat lokal. Ekowisata berbeda dari wisata lainnya dimana ekowisata lebih menekankan kualitas, keberlanjutan, dan tanggung jawab terhadap lingkungan.

2. Menurut (Dadi 2022) :

Ekowisata merupakan kegiatan pengolahan dan pembangunan lingkungan alam yang bertujuan mencegah kerusakan ekosistem serta memberikan manfaat berkelanjutan. Ekowisata tidak hanya berbicara soal ekologi saja, melainkan juga tentang kesejahteraan masyarakat.

3. Menurut (Azizah and , Desi Wulandari 2021) :

Ekowisata dapat diwujudkan sebagai bentuk pariwisata berkelanjutan yang menitik beratkan pada pengelolaan sumber daya alam dengan tujuan meningkatkan kesadaran, penghargaan, upaya pelestarian lingkungan maupun budaya. Konsep ini hadir sebagai alternatif dan model pariwisata konvensional karena lebih mengedepankan penghentian, keterlibatan aktif prinsip masyarakat setempat, serta perlindungan terhadap keanekaragaman hayati.

Menurut (Asmin 2018) ekowisata merupakan bentuk wisata yang harus mengombinasikan hal-hal sebagai berikut:

- a. perjalanan ke suatu kawasan (seperti hutan alam, goa, kehidupan bawah laut, kehidupan masyarakat hukum adat, kehidupan perkotaan, dan sebagainya).
- b. aktivitas pembelajaran (*learning*) dalam rangka meningkatkan pengalaman wisatawan.
- c. menggalakkan upaya konservasi flora, fauna, dan budaya
- d. mengembangkan kepedulian dan kapasitas masyarakat lokal

Menurut (Arida 2017) dalam bukunya menjelaskan bahwa ekowisata memiliki 8 prinsip utama yang dapat dijadikan landasan dalam pelaksanaannya, diantaranya yaitu;

1. Menfokuskan pada area natural (*natural area focus*) yang memungkinkan wisatawan untuk memiliki peluang menikmati alam secara personal langsung.
2. Menyediakan interpretasi atau jasa pendidikan yang memberikan peluang kepada wisatawan untuk menikmati alam sehingga mereka menjadi lebih mengerti, lebih mampu mengapresiasi serta lebih menikmati.
3. Kegiatan terbaik yang dapat dilakukan dalam rangka keberlanjutan secara ekologis.
4. Memberikan kontribusi terhadap konservasi alam dan warisan budaya.

5. Memberikan kontribusi secara kontinyu terhadap masyarakat lokal.
6. Menghargai serta peka terhadap nilai-nilai budaya yang ada di wilayah tersebut.
7. Secara konsisten memenuhi harapan konsumen.
8. Dipasarkan dan dipromosikan dengan jujur dan akurat sehingga terwujud sesuai dengan harapan.

Menurut (Mu'tashim and Indahsari 2021) pengembangan destinasi ekowisata perlu melalui beberapa tahapan penting yakni; (1) identifikasi potensi dan kelayakan, (2) proses pengembangan, (3) pengelolaan, (4) pemeliharaan, serta (5) strategi pemasaran. Lebih lanjut ekowisata dapat dipahami memiliki empat aspek yang perlu diperhatikan dalam penerapannya yaitu daya tarik alam maupun budaya, konservasi, pendidikan, serta keterlibatan masyarakat lokal. Dari keempat aspek tersebut sejalan dengan prinsip dan tujuan pembangunan Sekolah Alam di Kawasan Lahan Pasca Tambang yang memiliki potensi ekologis.

1. Daya Tarik Alam dan Budaya

Lahan pasca tambang Desa Namang memiliki keunikan berupa bentang alam bekas galian tambang timah yang membentuk kolong, kontur tanah beragam yang seperti gurun, serta vegetasi yang kaya akan flora dan fauna. Hal ini menjadi daya tarik ekologis dan visual yang sangat mendukung kegiatan belajar berbasis alam. Selain itu, keberadaan budaya masyarakat lokal yang masih menjaga nilai-nilai kebersamaan dan gotong royong dapat menjadi sumber pembelajaran karakter dan sosial bagi peserta didik Sekolah Alam.

2. Aspek Konservasi

Pembangunan Sekolah Alam dapat menjadi bagian dari upaya rehabilitasi ekologis kawasan pasca tambang melalui kegiatan penghijauan, pengelolaan air, dan pelestarian flora-fauna lokal. Dengan mengintegrasikan kegiatan belajar dengan praktik langsung di lapangan seperti menanam pohon, membuat kebun organik, atau menjaga kolong bekas tambang timah. Sekolah Alam berperan aktif dalam konservasi lingkungan sekaligus menjadi contoh penerapan pembangunan berkelanjutan di wilayah pasca tambang.

3. Aspek Pendidikan

Salah satu tujuan utama ekowisata adalah memberikan nilai edukatif kepada pengunjung, dan prinsip ini sejalan sepenuhnya dengan fungsi Sekolah Alam sebagai lembaga pendidikan kontekstual berbasis lingkungan. Di Sekolah Alam, siswa belajar langsung dari alam sebagai media utama pembelajaran. Dengan begitu, kegiatan belajar tidak hanya bersifat teoritis, tetapi juga melatih kepedulian terhadap alam, tanggung jawab sosial, serta kesadaran ekologis sejak dini.

4. Keterlibatan Masyarakat Lokal

Dalam penerapan ekowisata, masyarakat lokal berperan penting sebagai pelaku utama. Demikian pula dengan adanya pembangunan Sekolah Alam, masyarakat Desa Namang dapat dilibatkan dalam berbagai aspek mulai dari pembangunan, pengelolaan kebun edukatif, hingga kegiatan budaya dan wirausaha lokal yang terintegrasi dengan program sekolah. Hal ini menciptakan sinergi antara pendidikan dan pemberdayaan ekonomi masyarakat, sekaligus memperkuat rasa kepemilikan terhadap kawasan pasca tambang.

Keberadaan sekolah alam mencerminkan upaya mewujudkan cita-cita para pemangku kepentingan pendidikan yang menginginkan adanya inovasi dan transformasi dalam sistem pendidikan nasional. Keberadaan Sekolah Alam sejalan dengan konsep ekowisata karena keduanya menempatkan alam sebagai sarana utama pembelajaran dan pelestarian. Jika sekolah konvensional berfokus pada bangunan, Sekolah Alam justru memanfaatkan ruang terbuka sebagai media belajar agar peserta didik dapat berinteraksi langsung dengan lingkungan. Pendekatan ini mencerminkan prinsip ekowisata yang menekankan pada edukasi, konservasi, dan keterlibatan masyarakat lokal. Dengan demikian, pembangunan Sekolah Alam di kawasan pasca tambang dapat menjadi bentuk penerapan ekowisata berbasis pendidikan, yang tidak hanya meningkatkan kesadaran ekologis, tetapi juga mendorong pemberdayaan masyarakat sekitar secara berkelanjutan.

2.1.8. Daya Tarik dari Sekolah Alam

1. Sekolah Sebagai Media Rehabilitasi Lahan Pasca Tambang

Berbeda dengan sekolah alam pada umumnya yang berada di kawasan hijau, sekolah ini dibangun di atas lahan pasca tambang yang direvitalisasi menjadi lingkungan produktif dan edukatif. Siswa tidak hanya belajar tentang lingkungan, tetapi juga terlibat langsung dalam proses pemulihan ekosistem.

2. Pembelajaran Langsung di Laboratorium Alam

Seluruh kawasan menjadi laboratorium hidup yang memungkinkan siswa mempelajari:

- Reklamasi lahan
- Konservasi air
- Pertanian
- Keanekaragaman flora dan fauna
- Energi terbarukan

melalui praktik langsung.

3. Integrasi Pendidikan dan Ekowisata

Kawasan tidak hanya digunakan oleh siswa, tetapi juga dapat dikunjungi masyarakat sebagai sarana edukasi lingkungan. Pengunjung dapat mengikuti kegiatan:

- Pendidikan reklamasi tambang
- Workshop
- Penanaman pohon
- Pengamatan flora dan fauna
- Edukasi energi hijau

4. Arsitektur yang Menjadi Media Pembelajaran

Bangunan tidak hanya berfungsi sebagai wadah belajar, tetapi juga sebagai alat edukasi. Contohnya:

- Atap hijau
- Fasad daun
- Kisi-kisi alami
- Dinding ekspos

- Panel surya

menjadi bagian dari proses pembelajaran sehari-hari.

2.2. Lahan Pasca Tambang

Pertambangan adalah sebagian atau seluruh tahapan kegiatan dalam rangka penelitian, pengelolaan dan pengusahaan mineral atau batubara yang meliputi penyelidikan umum, eksplorasi, studi kelayakan, konstruksi, penambangan, pengolahan dan pemurnian, pengangkutan dan penjualan, serta kegiatan pascatambang (Asmin 2018). Provinsi Kepulauan Bangka Belitung merupakan wilayah pertambangan timah terbesar di Indonesia serta penghasil timah terbesar di dunia setelah china. Pertambangan ini sudah berlangsung lebih dari 200 tahun yang lalu sejak zaman kolonial Belanda dan masih berlanjut sampai saat ini (Belitung 2024). Kegiatan pertambangan timah ini telah memberikan kontribusi besar terhadap perekonomian daerah maupun nasional, namun di sisi lain juga meninggalkan permasalahan lingkungan yang serius, seperti kerusakan kualitas lahan, penurunan ekosistem, dan timbulnya kolong-kolong bekas tambang yang tersebar di berbagai wilayah daerah.

Menurut (Kondisi, Hidup, and Lahan 2015), tercatat ada 192 kolong jumlah kolong bekas tambang yang memiliki luas 1 Ha sampai dengan 22 Ha. Mengacu pada Peraturan Daerah Kabupaten Bangka Nomor 1 Tahun 2013 pada pasal 91 point d yang menyatakan ”kawasan pasca tambang wajib dilakukan rehabilitasi (reklamasi dan/atau revitalisasi) sehingga dapat digunakan kembali untuk kegiatan lain;”. Oleh karena itu sesuai dengan pasal tersebut, maka dibutuhkan upaya pengelolaan yang berkelanjutan agar kekayaan sumber daya timah dapat dimanfaatkan secara optimal tanpa mengorbankan kelestarian lingkungan. Salah satu strategi yang dapat diterapkan adalah melalui konsep ekologi arsitektur, dimana konsep ini melibatkan penerapan bangunan yang berfokus pada peningkatan kualitas lingkungan, efisiensi energi dan udara, peningkatan kesehatan dan kenyamanan pengguna, serta integrasi lahan terbangun dengan kondisi ekologis di sekitarnya.

Dengan menerapkan arsitektur ekologis pada area pasca tambang, lahan tidak hanya membaik secara fisik, melainkan juga dapat mengubah area pasca tambang

menjadi lingkungan yang lebih produktif, ramah lingkungan, dan bermanfaat bagi masyarakat. hal ini berdasarkan prinsip prinsip ekologi yang jika diterapkan pada lahan pasca penambangan timah, desain arsitektur ekologi berperan sebagai pemulihan ekosistem melalui vegetasi, tata air, dan penggunaan material lokal yang ramah lingkungan. Salah satu wujud pemanfaatannya adalah pembangunan sekolah alam, yang dimana sekolah alam menggabungkan fungsi pendidikan dengan pelestarian lingkungan. Sekolah alam pada lahan pasca tambang tidak hanya menjadi sarana belajar formal, tetapi juga ruang interaksi yang memungkinkan siswa untuk memahami, menghargai, serta menjaga alam secara langsung. Dengan pembangunan ini, kawasan pasca tambang dapat di revitalisasi menjadi pusat pembelajaran berbasis ekologi yang mendukung terciptanya generasi peduli lingkungan sekaligus meningkatkan kualitas hidup masyarakat sekitar.

Penerapan arsitektur ekologi pada pembangunan sekolah alam muncul karena adanya kebutuhan untuk memperbaiki kualitas lingkungan sekaligus menciptakan kenyamanan pada bangunan. Di satu sisi, kawasan pasca tambang memerlukan perbaikan ekologi agar dapat kembali produktif, sementara di sisi lain bangunan sekolah harus nyaman serta mampu merespons kondisi lingkungan setempat. Oleh karena itu, konteks pasca tambang memunculkan variabel desain yang diturunkan dari prinsip ekologi arsitektur. Variabel variabel tersebut dipilih dan diterapkan sesuai dengan korelasinya terhadap upaya pemulihan kawasan serta peningkatan kenyamanan ruang belajar. Beberapa variabel desain agar lebih sesuai dengan fungsi sekolah alam, tanpa mengurangi ketentuan minimum yang ditetapkan, bahkan ditingkatkan pada poin-poin tertentu untuk memberikan kualitas yang lebih baik bagi lingkungan belajar. Perbedaan utama dalam penerapannya pada sekolah alam di kawasan pasca tambang dibandingkan bangunan biasa terletak pada analisis konteks, sehingga indikator penyelesaian desain harus dimodifikasi sesuai kebutuhan lokasi.

Pada tahap awal perancangan dibutuhkan untuk melakukan penataan lahan, dengan memperbaiki kondisi fisik area bekas tambang yang meliputi pemerataan kontur, menutup lubang lubang galian (kolong), serta menyiapkan lahan agar lebih stabil dan layak digunakan. Penataan lahan ini menjadi dasar penting sebelum

melanjutkan pada tahap penerapan prinsip ekologi , sehingga sekolah alam yang dibangun dapat berdiri di atas kawasan yang aman, tentram, tertata, dan siap mendukung aktivitas pembelajaran yang mengedepankan lingkungan.

Menurut Manarfa et al. 2024, Berdasarkan Peraturan Menteri Kehutanan No. P.4/MenhutII/2011), kegiatan reklamasi penataan lahan pada lahan pasca tambang terdiri dari 3 yaitu: mengisi kembali lubang bekas penambangan, mengatur bentuk lahan, serta mengelola tanah pucuk (*Top soil*). Dari uraian tersebut, maka dapat dijelaskan penataan lahan pada area pasca tambang meliputi :

1) Kegiatan Menimbun Kembali Tanah Bekas Galian Tambang

Kegiatan penimbunan kembali tanah bekas galian tambang. Jika tidak dirancang dengan baik mekanisme perencanaan maka akan menimbulkan dampak negatif, seperti rusak dan matinya vegetasi, tertimbunnya top soil, juga erosi, penumpukan sedimen lumpur dan tercemarnya air sungai (Widodo, 2011).

Metode penimbunan batuan penutup yang sering digunakan yaitu dengan metode penimbunan dari bawah ke atas. Pemilihan metode ini didasarkan pada beberapa pertimbangan tertentu yang di antaranya:

- a. Seluruh lapisan tanah timbunan mengalami pemadatan dari beberapa aktivitas truk yang membuat areal lahan lebih stabil.
- b. Proses rehabilitasi lereng timbunan segera dilakukan saat itu juga.
- c. Apabila lahan yang telah selesai ditimbun dapat segera dibuat sistem saluran drainase untuk meminimalisir dampak erosi maupun longsor. Drainase tersebut mengarahkan air ke *settling pond* sebagai tempat pengolahan air asam tambang.

2) Pengaturan Bentuk Lahan

Rekayasa bentuk lahan bertujuan untuk memperoleh kondisi lereng (*slope*) yang stabil dari potensi longsor dan erosi.

a. Pengaturan Lereng

Bentuk lereng perlu direkayasa sedemikian rupa agar mengurangi kecepatan dari air limpasan (*run off*), terjadinya erosi dan juga sedimentasi serta potensi kelongsoran. Syarat suatu lereng dapat dikategorikan aman adalah dengan

mengetahui faktor keamanan lereng (safety factor) tersebut. Ketentuan syarat lereng yang aman menurut (Wesley, 1977) meliputi:

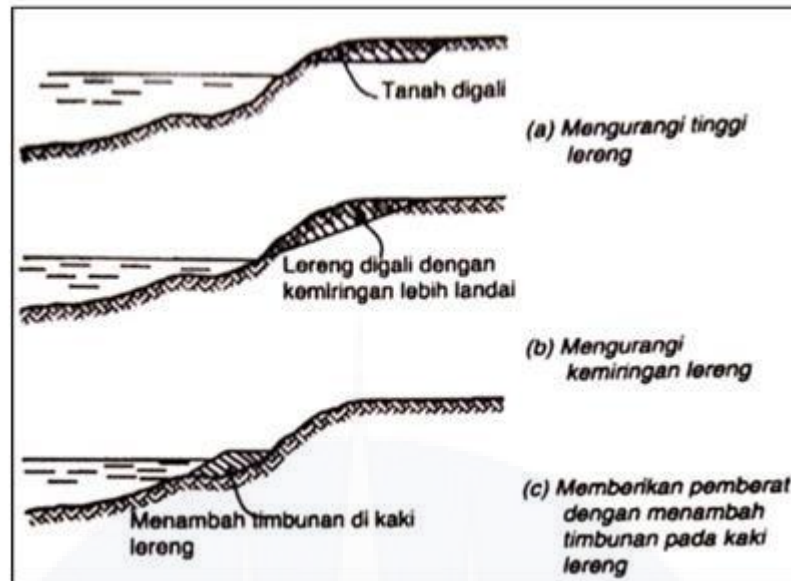
- 1) Penyesuaian bentuk lereng yang dapat dilakukan dengan melalui cara:
 - a. Lereng dirancang menjadi lebih landai melalui cara pengurangan sudut kemiringan.
 - b. Penurunan elevasi dari lereng dilakukan apabila ketinggiannya terbatas.

Tabel 2. 4 Klasifikasi Kelas Kemiringan Lereng

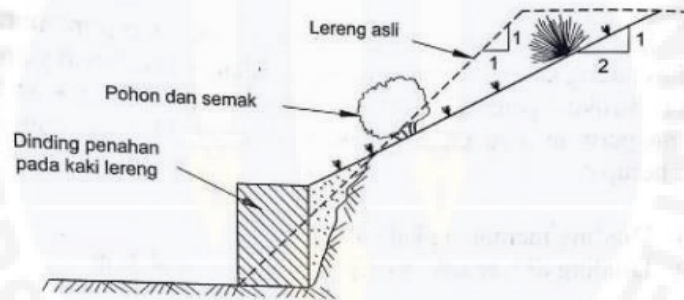
Kemiringan Lereng %	Kelas Lereng	Bentuk Relief
0-3	A	Datar
3-8	B	Agak Landai
8-15	C	Landai
15-30	D	Agak Curam
30-45	E	Curam
45-60	F	Sangat Curam
60-100	G	Terjal

Sumber: Puslitanak, 2003

- 2) Peningkatan gaya melawan, dapat dicapai melalui beberapa cara, antara lain:
 - a. Penambahan timbunan tanah pada bagian kaki lereng.
 - b. Pengurangan tekanan air pori di dalam lereng.
 - c. Metode injeksi, yaitu dengan memasukan bahan kimia atau semen kemudian dipompa melalui pipa masuk ke dalam lereng.
 - d. Metode mekanis, yaitu dengan membangun dinding penahan. Teknik ini dilakukan apabila lereng tersebut memiliki tingkat potensi kelongsoran yang relatif rendah.



Gambar 2. 3 Perbaikan stabilitas lereng metode geometri
(Sumber: Hardiyatmo, 2003)



Gambar 2. 4 Dinding Penahan pada Kaki Lereng dengan pelandaian lereng
(Sumber: stabilitas lereng metode geometri Hardiyatmo, 2003)

Tahap selanjutnya adalah dengan melakukan perencanaan tapak. Desain sekolah alam akan menyesuaikan pada kontur dan kelerengan kondisi tanah eksisting sehingga meminimalisir biaya meskipun terdapat beberapa area pada site yang menggunakan fill and cut. Zonasi lahan disesuaikan dengan fungsi ruang sekolah: area belajar luar ruang, ruang kelas semi terbuka, area hijau, serta ruang aktivitas komunitas. Arah bangunan memperhatikan orientasi matahari dan angin agar pencahayaan alami dan sirkulasi udara optimal, sehingga dapat meminimalisir ketergantungan pada energi buatan. Memanfaatkan kontur alami yang terbentuk dari lahan pasca tambang sebagai elemen desain untuk kegiatan pembelajaran luar ruang.

Kemudian dilanjutkan dengan pembuatan sekolah alam yang berkonsep ekologi melalui penerapan nilai prinsip nya yaitu dengan mengoptimalkan material lokal seperti hasil tambang non-berbahaya, batu, kayu, bambu, atau tanah yang dipadatkan. Memanfaatkan kembali limbah konstruksi dan material bekas sebagai bagian dari desain arsitektur, penggunaan teknologi sederhana namun fungsional, serta dinding tanaman (vertical garden). Bangunan dirancang sederhana, terbuka, dan fleksibel, agar mendukung interaksi langsung dengan alam. Ruang kelas dibuat semi terbuka dengan sirkulasi alami, meminimalisir penggunaan listrik. Desain ruang belajar luar kelas, seperti saung, area berkebun, jalur trekking edukatif, dan lainnya.

2.3. Arsitektur Ekologi

Menurut Yu and Abola 2023, arsitektur ekologi merupakan pendekatan yang memandang bangunan sebagai suatu ekosistem yang utuh, dengan mempertimbangkan kondisi lingkungan ekologi alami setempat. Pendekatan ini menggunakan prinsip ekologi, ilmu teknologi bangunan, sarana ilmu pengetahuan dan teknologi modern. Tujuannya adalah agar bangunan dan lingkungannya menjadi satu kesatuan yang organis, memiliki kondisi udara dalam ruangan yang baik serta kemampuan pengaturan bioklimatik tertentu, sehingga manusia dapat menikmati lingkungan hunian yang lebih berkualitas dan nyaman.

Rinaldho, Rifa'ih, and Afrianto 2023 menyatakan konsep ekologi dalam arsitektur merupakan pendekatan yang berpotensi besar dalam menciptakan penataan lingkungan yang selaras dengan alam. Konsep ini didasarkan pada penerapan teknologi yang ramah lingkungan serta mempertimbangkan keseimbangan antara kebutuhan manusia dan kelestarian alam. Dalam penerapan pola pikir konsep tersebut melalui perencanaan dan arsitektur ekologi yaitu:

a. Efisiensi energi dalam penggunaan material bangunan.

Bangunan yang dirancang agar mampu memanfaatkan energi secara efektif melalui berbagai cara seperti:

1. Mengintegrasikan teknologi yang peka terhadap kondisi lingkungan sekitar.
2. Memperhatikan faktor faktor iklim dan cuaca lokal ddalam proses desain.

3. Menggunakan material yang bersifat menghemat energi dan ramah terhadap lingkungan.
 4. Melakukan substitusi energi, yakni dengan mengurangi ketergantungan pada sumber energi tak terbarukan dan mengoptimalkan penggunaan energi terbarukan.
- b. Perlindungan terhadap kondisi alam eksternal.

Elemen elemen arsitektural dalam konsep ekologi juga berfungsi sebagai pelindung bangunan dari pengaruh cuaca ekstrem seperti paparan panas matahari, tiupan angin kencang dan curah hujan, sehingga bangunan tetap nyaman dan efisien secara energi.

2.3.1. Prinsip Arsitektur Ekologi

(Frick 1998) dalam bukunya menjelaskan arsitektur ekologi sebagai aspek ekologis dalam bidang arsitektur yang menekankan kepedulian terhadap lingkungan alami serta pemanfaatan sumber daya alam terbatas.

Arsitektur ekologi memiliki prinsip yaitu dengan mewujudkan keselarasan dan kesatuan antara manusia, arsitektur dan alam. Prinsip ini merupakan pandangan inti dari arsitektur ekologi, yang dimana arsitektur ekologi memandang bangunan bukan hanya sekedar objek fisik yang berdiri di atas lahan, tetapi sebagai organisme hidup yang menjadi bagian dari ekosistem alam sekitarnya. Setiap unsur di alam memiliki hukum dan keteraturan tersendiri yang menjaga keseimbangan ekosistem.

Prinsip alam inilah yang kemudian diterapkan dalam proses inovasi, desain, dan transformasi arsitektur sehingga bangunan dapat beradaptasi dan bereaksi terhadap lingkungan seperti halnya makhluk hidup terhadap habitatnya. Dengan menerapkan hukum ekologis tersebut, arsitektur mampu bergerak seirama dengan dinamika alam yang mengikuti perubahan cahaya, angin, suhu, dan vegetasi sehingga akhirnya tercipta kesatuan yang harmonis antara bangunan dan elemen alam disekitarnya.

Selain itu, prinsip ekologi dalam desain arsitektur memberikan dampak psikologis yang positif bagi manusia. Dengan menghadirkan kembali unsur alam kedalam ruang hunian, dapat memberi keseimbangan emosional, mengurangi

stres, serta meningkatkan kenyamanan dan kesehatan mental yang kerap terjadi akibat gangguan keterasingan dari alam.

Arsitektur ekologi menghubungkan antara manusia, arsitektur dan alam sebagai hubungan yang saling mengikat, melengkapi dan saling bergantung. Dalam keselarasan ini, manusia tidak lagi menjadi penguasa alam, melainkan juga menjadi bagian dari ekosistem yang berperan menjaga alam dan keharmonisan hidup.

2.3.2. Penerapan Arsitektur Ekologi

Berdasarkan teori kajian pendekatan Arsitektur Ekologi yang dikemukakan oleh Heinz Frick, terdapat beberapa prinsip ekologi yang dapat diterapkan dalam proses perancangan bangunan. Prinsip-prinsip tersebut meliputi:

A. Desain yang Fleksibel Terhadap Lingkungan

Menurut Heinz Frick (1998), arsitektur ekologi harus mampu menyesuaikan diri dengan kondisi tapak yang ada, baik dari aspek topografi, iklim mikro, vegetasi, maupun sistem hidrologi, sehingga bangunan yang dihasilkan dapat berfungsi secara optimal tanpa merusak keseimbangan ekosistem alam. Desain yang fleksibel terhadap lingkungan mampu menyesuaikan bentuk bangunan terhadap kondisi tapak, serta mengandung nilai konservasi energi dan ekosistem sekitar. Prinsip ini mampu memanfaatkan potensi lingkungan sekitar demi menciptakan kenyamanan ruang dan efisiensi energi, seperti dengan melakukan pengoptimalan pencahayaan alami, *cross ventilation* (ventilasi silang), serta orientasi bangunan. Dalam prinsip ini dapat dilakukan melalui beberapa aspek teknis, antara lain:

1. Analisis Tapak

Analisis tapak ini biasanya dilakukan sebelum proses desain dimulai, pada tahap ini dilakukan studi menyeluruh terkait kondisi tapak yang ada. Yang meliputi orientasi matahari, arah angin, kemiringan lahan, vegetasi sekitar, dan pola aliran air hujan. Dengan adanya data ini sebagai dasar dalam penentuan posisi bangunan, kawasan hijau, serta ruang terbuka sehingga tercapai keseimbangan ekologis.

2. Orientasi Bangunan yang Tepat

Bangunan ditempatkan dan dirancang sedemikian rupa untuk memaksimalkan pencahayaan alami di pagi hari serta meminimalisir panas pada

siang hari. Selain itu, sirkulasi udara alami dirancang dengan memperhatikan arah angin agar tercipta *cross ventilation* efektif.

3. Integrasi Elemen Alam ke Dalam Desain

Mempertahankan dan mengolah elemen seperti vegetasi, udara serta topografi menjadikan bagian ini sebagai sistem bangunan. Misalnya mempertahankan pohon-pohon yang ada menjadi elemen peneduh alami, kontur tanah dimanfaatkan demi mengurangi kebutuhan timbunan atau pengerukan dan air hujan dimanfaatkan kembali sebagai sumber air bersih.

4. Integrasi Elemen Alam ke Dalam Desain

Material dipilih berdasarkan hasil sumber daya lokal demi mengurangi jejak karbon serta dapat mempertahankan karakter ekologis sekitar. Material alami seperti kayu, bambu, batu alam, dan tanah liat merupakan contoh bahan lokal pada iklim tropis Indonesia.

B. Efisiensi Dalam Pemanfaatan Energi Dan Sumber Daya Alam

Arsitektur ekologi mampu menekan serta meminimalkan konsumsi energi dan eksploitasi sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui. Strategi ini meliputi cara-cara untuk mengurangi ketergantungan terhadap energi buatan dengan cara memanfaatkan kondisi iklim yang ada. Prinsip efisiensi energi ini dapat diwujudkan melalui strategi berikut:

1. Optimalisasi Energi Alami

Bangunan dirancang agar dapat memaksimalkan pemanfaatan energi alami seperti sinar matahari dan sirkulasi udara. Sinar matahari menjadi penerang alami dalam bangunan melalui bukaan-bukaan dengan arah yang tepat, sedangkan untuk sistem ventilasi alami diterapkan untuk memperhankan kenyamanan termal tanpa bergantung kepada pendingin udara buatan. Desain fasad dan atap berfungsi untuk mengendalikan intensitas panas matahari serta memperbaiki sirkulasi udara di dalam ruangan.

2. Pemanfaatan Energi Terbarukan

Prinsip ini berfokus kepada penggunaan sumber energi alternatif sebagai pengganti energi berbahan bakar fosil. Salah satu contohnya adalah dengan

pemanfaatan panel surya dan turbin angin sebagai sumber listrik serta *rainwater harvesting* (sistem penahan air hujan) sebagai sumber pendukung air bersih.

3. Pemilihan Material Bangunan yang Berkelanjutan

Material yang digunakan dipilih berdasarkan energi yang terkandung (*embodied energy*), yaitu total energi yang diperlukan selama proses produksi hingga pemasangan. Penggunaan material daur ulang dan sisa konstruksi yang masih layak pakai menjadi bagian penting dari strategi konservasi sumber daya.

4. Efisiensi Udara dan Sistem Daur Ulang

Penerapan sistem daur ulang *greywater*, pelindung air hujan, serta pengolahan air limbah dengan biofilter menjadi langkah nyata untuk menciptakan bangunan efisien yang ramah lingkungan.

5. Manajemen Siklus Hidup Bangunan (Life Cycle Management)

Manajemen siklus hidup membantu menilai dampak lingkungan, melalui perencanaan yang matang arsitektur ekologi mampu meminimalkan limbah konstruksi dan mengoptimalkan masa pakai material (Sim Van Der Ryn Stuart Cowan 1996).

C. Keseimbangan Antara Sistem Bangunan dan Lingkungan Alam Sekitar

Prinsip keseimbangan antara sistem bangunan dan lingkungan sekitar berfokus kepada pentingnya hubungan antara sistem buatan (bangunan) dan sistem alami (ekosistem). Diperlukan sistem bangunan yang ramah lingkungan dan mampu berfungsi secara berkelanjutan. Mulai dari tahap perencanaan, pembangunan, penggunaan, pemeliharaan, serta pembongkaran. Setiap tahap tersebut harus memperhatikan prinsip efisiensi sumber daya, pengolahan limbah dan pemulihan ekosistem di sekitar bangunan. Berikut prinsip utama untuk mencapai keseimbangan sistem tersebut, yaitu:

1. Penerapan Sistem Siklus Tertutup (Closed Loop System)

Bangunan dirancang agar setiap proses input dan output dapat dikelola dengan efisien. Contohnya, air hujan ditampung dan dimanfaatkan kembali, limbah organik diolah menjadi kompos dan lainnya. Dengan demikian, bangunan dapat meminimalkan hasil limbah yang dapat mencemari ekosistem, serta mendukung sumber daya alami.

2. Manajemen Energi dan Material Berkelanjutan

Pentingnya menghemat penggunaan energi dan material dan menggantinya dengan memanfaatkan energi terbarukan seperti, cahaya matahari, angin, atau biomassa, serta penggunaan material dengan *low embodied energy*, menjadi langkah strategis dalam mengurangi beban lingkungan.

3. Reintegrasi Ekologis Tapak

Sistem ekologis kehidupan dengan jaringan flora, fauna, tanah, dan udara. Desain ekologis berupaya melestarikan vegetasi yang ada, memperhanlan pola aliran alami serta mengembalikan fungsi ekologis tapak pasca konstruksi berlangsung, guna mempertahankan keaneka ragaman hayati dan memperbaiki kualitas iklim mikro kawasan sekitar site.

4. Pengolahan Limbah

Sistem emisi bangunan dirancang untuk mengurangi penggunaan limbah padat, cair dan gas, serta pemanfaatan material sisa konstruksi. Prinsip zero waste architecture sebagaimana dikatakan oleh (Kibert 2016) yang menekan bahwa seluruh sisa dari kehiatan bangunan harus diolah kembali menjadi sistem produksi, baik melalui daur ulang maupun konversi energi.

5. Keterpaduan Sistem Sosial dan Ekologis

Manusia sebagai bagian dari ekosistem yang berperan aktif dalam menjaga ekosistem lingkungan nya. Maka dari itu, desain rancangan perlu mempertimngangkan aktivitas, pola hidup, dan perilaku pengguna demi menciptakan keselarasan antara kebutuhan manusia dan keberlangsungan alam sekitar.

2.4. Preseden

2.4.1. *The Arc di Green School / IBUKU*

The Arc Green School Bali merupakan karya arsitektur yang memiliki material utama bambu, bangunan ini dirancang oleh IBUKU yang merupakan tim internasional berfokus kepada perancangan ruang-ruang di mana orang-orang dapat terhubung dengan alam dengan cara-cara inovatif dengan menciptakan struktur, furnitur, dan taman yang berfungsi penuh, yang dibuat tangan oleh para perajin Bali dan memanfaatkan material lokal dan alami. The Arc Green School ini berlokasi di

A wide-angle interior shot of a large, arched structure with a thatched roof. The floor is green with yellow and red lines, resembling a basketball court. The structure is supported by numerous wooden beams and pillars. The roof is made of dried thatch, and the walls are also covered in thatch. The lighting is warm and natural, coming from the open ends of the structure.

[illegible]

lengkung bambu yang melengkung dan berliku menjadi elemen utama. Pada bagian tertingginya, lengkung runcing menyerupai lipatan kain. Lengkungan tersebut saling berpotongan dan membentuk cangkang grid antiklastik, yang kemudian berulang secara planar sehingga menghasilkan atap paviliun bambu yang kompleks. Sistem ini struktur merupakan inovasi teknik yang memadukan prinsip parametrik dengan atap tarik. Kekuatan utama cangkang terletak pada bentuk lengkungannya yang dapat dilipat ke dua arah berbeda, menciptakan kekakuan geometri yang mampu menahan beban tekuk. Saat menerima tekanan, sistem ini secara efisien mendistribusikan beban dan menyalurkannya ke dalam rangka lengkung utama. Pendekatan desain ini tidak hanya menonjolkan estetika alami bambu, tetapi juga menghadirkan inovasi teknik yang ramah lingkungan serta selaras dengan arsitektur berkelanjutan Green School Bali. Fasilitas utama pada Green School Bali diantaranya:

1. Jantung Sekolah: bangunan pusat berbentuk spiral dari bambu (ikon Green School).
2. The Arc: ruang serbaguna dengan struktur lengkung bambu & cangkang antiklastik.
3. Kelas bambu terbuka: paviliun-paviliun tanpa dinding permanen.
4. Kebun organik & kawasan pertanian: sebagai laboratorium belajar.
5. Lapangan dan area rekreasi alam.



Gambar 2. 7 Tampak Atas Green School Bali
(Sumber: ArchDaily, 2025)

Tabel 2. 5 Penerapan Prinsip Ekologi Pada Green School Bali

NO	Prinsip	Penerapan Pada Green School Bali
A. Desain Yang Flexibel Terhadap Lingkungan		
1	Analisis Tapak	Dibangun di atas lahan bekas hutan dan sawah di pinggiran Sungai Ayung, memiliki vegetasi dan kontur alami sebagai lanskap.
2	Orientasi Bangunan yang Tepat	Ruang kelas dan ruang sekolah dirancang terbuka sehingga mendapat ventilasi alami dan pencahayaan alami maksimal.
3	Integrasi Elemen Alam ke Dalam Desain	Mempertahankan vegetasi pohon pohon sebagai peneduh, kontur tanah dan sungai sebagai bagian elemen lanskap, menjadikan lahan pertanian (kebun organik dan permakultur) sebagai bagian aktivitas pendidikan.
4	Penggunaan Material Lokal & Ramah Lingkungan	Material utama alami seperti bambu, alang alang, dan tanah liat.
B. Efisiensi Dalam Pemanfaatan Energi dan Sumber Daya Alam		
1	Optimalisasi Energi Alami	Pemanfaatan sinar matahari yang memungkinkan cahaya masuk dan ventilasi silang melalui desain ruang terbuka.
2	Pemanfaatan Energi Terbarukan	Penggunaan energi tenaga surya, pusaran tenaga air sebagai sumber listrik sekolah.
3	Pemilihan Material Bangunan yang Berkelanjutan	Bambu sebagai material utama struktur. Material lokal yang dapat diperbaharui dan rendah energi.

4	Efisiensi Udara & Sistem Daur Ulang	Sistem ventilasi alami ruang terbuka untuk sirkulasi udara
5	Manajemen Siklus Hidup Bangunan	Menggunakan material alami yang mudah diperbarui.
C. Keseimbangan Antara Sistem Bangunan Dan Lingkungan Alam Sekitar		
1	Penerapan Sistem Siklus Tertutup (Closed Loop System)	Kebun organik dan permakultur sistem produksi makanan dan daur ulang sampah
2	Manajemen Energi dan Material Berkelanjutan	Menggunakan material alami dan terbarukan, energi terbarukan dan desain minimalis untuk menghindari penggunaan secara berlebihan.
3	Reintegrasi Ekologis Tapak	kawasan pertanian dimanfaatkan sebagai elemen aktif sementara sungai dan aliran air di sekitar tapak menyatu sebagai bagian dari ekosistem alami kawasan.
4	Pengolahan Limbah	pengelolaan limbah organik dan pemanfaatan bahan yang bisa didaur ulang.
5	Keterpaduan Sistem Sosial dan Ekologis	Kurikulum pelajaran memuat lingkungan, pertanian, kegiatan praktek di kebun yang melibatkan masyarakat lokal.

Sumber: Arsitek.com, 2025

2.4.2. Green School Afrika Selatan

Green School Afrika Selatan adalah kampus sekolah berkelanjutan. Berlokasi di dataran rendah Lembah Paarl di Western Cape, yang dibatasi secara spasial oleh Paarl Berg di utara, Pegunungan Drakenstein di timur dan selatan, serta Simons Berg di barat daya. Bangunan ini dirancang oleh GASS Architecture Studios dan selesai dibangun pada tahun 2021. Sekolah ini memiliki luas bangunan

sekitar 3.313 m² dengan fungsi utama sebagai fasilitas arsitektur pendidikan. Sebagai bagian dari jaringan Green School internasional, kompleks ini menghadirkan konsep pembelajaran berkelanjutan yang dipadukan dengan desain ramah lingkungan, sehingga menciptakan lingkungan belajar yang harmonis antara ruang kelas dan alam sekitarnya. Konsep bentuk bangunan ini terinspirasi dari bentuk organik dan tektonik dari *Paarl Rock Boulders* dan kontur gunung di sekeliling situs (*Paarl Berg*, Pegunungan Drakenstein). Tata ruang bangunan ini berupa cluster gugus yaitu cluster yang menyatu dengan lanskap, dan tidak memaksakan bentuk di atas lahan. Jalan setapak yang berliku (jalur seperti pita), alun-alun, teras lanskap yang memungkinkan eksplorasi, pengenalan situs geometri serta terdapat banyak ruang pelimpah, area terbuka, taman, halaman antara bangunan.



Gambar 2. 8 Tampak Atas Green School Afrika Selatan

(Sumber: ArchDaily, 2025)

- 1) Bahan Lokal dan Ramah Lingkungan yang Diterapkan meliputi:
 - a) Penggunaan dinding *rammed earth*, tanah liat, batu lokal, kayu lokal, bata lokal
 - b) Plafon dari *reed* (langit-langit alang-alang), pintu reklamasi dari kayu jati lokal, dinding bronjong dengan situs kerikil



Gambar 2.9 Tampak Depan Ruang Kelas Green School Afrika Selatan
(Sumber: ArchDaily, 2025)

- 2) Desain Pasif dan Kenyamanan Termal yang diterapkan meliputi:
- Atap dengan overhang dalam ukuran besar untuk melindungi dari sinar matahari langsung.
 - Ventilasi alami; jendela *clerestory* untuk cahaya terfilter; banyak ruang terbuka besar antara ruang dalam dan luar.
 - Pengaturan orientasi bangunan yang memperhatikan posisi matahari, bayangan, dan arah angin lokal



Gambar 2. 10 Atap Overhang Green School Afrika Selatan
(Sumber: ArchDaily, 2025)

3) Fungsi Ruang dan Fasilitas:

- a. Terdapat 16 ruang kelas untuk siswa dari TK hingga Kelas 8
- b. Bangunan pusat seperti *Heart of School* (termasuk ruang makan/ruang makan, dapur, studio seni dan musik, perpustakaan, dan fasilitas kebersihan) serta “Sangkep” sebagai ruang serbaguna.
- c. Fasilitas pendukung seperti area kebun sayur, area kebun, area belajar luar, jalan setapak, dan plaza.



Gambar 2. 11 Ruang Kelas Green School Afrika Selatan
(Sumber: ArchDaily, 2025)



Gambar 2. 12 Master Plan Green School Afrika Selatan
(Sumber: ArchDaily, 2025)

Tabel 2. 6 Penerapan Prinsip Ekologi Pada Green School Afrika Selatan

NO	Prinsip	Penerapan Pada Green School Afrika Selatan
A. Desain Yang Flexibel Terhadap Lingkungan		
1	Analisis Tapak	Lokasi sekolah dikelilingi pengunungan. Bentuk dan orientasi struktur mengikuti kontur alam dan lanskap sekitarnya.
2	Orientasi Bangunan yang Tepat	Penerangan dan sirkulasi udara alami dioptimalkan melalui orientasi bangunan serta desain atap dan overhang lebar yang berfungsi mengurangi paparan panas secara langsung.
3	Integrasi Elemen Alam ke Dalam Desain	Vegetasi lokal dimanfaatkan melalui taman buah, kebun, dan lanskap antar bangunan dengan jalur pejalan kaki alami.
4	Penggunaan Material Lokal & Ramah Lingkungan	Menggunakan material seperti rammed earth, batu bata tanah liat, batu lokal, plester kapur, pintu reklamasi.
B. Efisiensi Dalam Pemanfaatan Energi dan Sumber Daya Alam		
1	Optimalisasi Energi Alami	Bangunan dirancang dengan overhang lebar, pencahayaan ke luar untuk pencahayaan dan ventilasi alami, serta jendela clerestory.
2	Pemanfaatan Energi Terbarukan	Menggunakan sistem tenaga surya hybrid untuk sumber tenaga listrik

3	Pemilihan Material Bangunan yang Berkelanjutan	Pemilihan material lokal seperti tanah, batu, kayu lokal, pintu reklamasi.
4	Efisiensi Udara & Sistem Daur Ulang	Ventilasi alami dan peneduh menjaga aliran udara serta cahaya tanpa perlu lampu siang hari.
5	Manajemen Siklus Hidup Bangunan	Menggunakan desain modular kluster yang memungkinkan perawatan dan penggunaan jangka panjang.

C. Keseimbangan Antara Sistem Bangunan Dan Lingkungan Alam Sekitar

1	Penerapan Sistem Siklus Tertutup (Closed Loop System)	Pemanfaatan taman/kebun sebagai sumber produksi makanan dan edukasi
2	Manajemen Energi dan Material Berkelanjutan	Menggunakan energi surya, material lokal, dan minimalkan material berjejak karbon tinggi.
3	Reintegrasi Ekologis Tapak	Vegetasi asli dijadikan taman dan kebun produktif yang menyatu dengan ruang belajar.
4	Pengolahan Limbah	Tersedia fasilitas pengelolaan limbah serta pemanfaatan bahan daur ulang.
5	Keterpaduan Sistem Sosial dan Ekologis	Kurikulum fokus pada isu lingkungan yang melibatkan komunitas dan masyarakat lokal.

Sumber: ArcDaily, 2025

2.4.3. Vale Living with Lakes Center

Vale Living with Lakes Center merupakan bangunan yang terletak di Sudbury, Ontario yang dikenal dulu dikenal sebagai salah satu kota pusat tambang dan peleburan logam terbesar di Kanada. Aktivitas penambangan nikel dan tembaga yang berlangsung selama puluhan tahun telah menyebabkan kerusakan lingkungan yang parah, tercatat lebih dari 10.000 hektar lahan di sekitar wilayah ini menjadi

tandus dan tercemar pada pasca penambangan. Saat ini kawasan lahan pasca tambang menjadi pusat penelitian lingkungan dan rehabilitasi ekosistem.



Gambar 2. 13 Ruang Penelitian Vale Living with Lakes
(Sumber: Tom Arban, 2014)



Gambar 2. 14 Tampak Atas Vale Living with Lakes
(Sumber: Architizer, 2014)

Bangunan ini berada di tepi Danau Ramsey, yang berfungsi sebagai pusat penelitian dan laboratorium ekologi air tawar bagi Laurentian University dan lembaga pemerintah Kanada. Proyek ini dirancang oleh JL Richards & Associates yang bekerja sama dengan Perkins dan Will Architects, serta didukung oleh berbagai lembaga penelitian dan perusahaan tambang global Vale Canada. Tujuan

pembangunan nya yaitu menghadirkan bangunan yang tidak hanya menjadi fasilitas penelitian, tetapi juga menjadi simbol pemulihan ekologis di lahan bekas tambang. Konsep perancangan bangunan ini fokus pada prinsip ekologis dengan tapak yang ada.



Gambar 2. 15 Perspektif Vale Living with Lakes
(Sumber: Architizer, 2014)

Desainnya menyesuaikan dengan kontur alami tepian danau serta meminimalkan perubahan bentang alam. Bangunan utama terdiri dari dua lantai dengan luas sekitar 2.600 meter persegi, yang meliputi ruang laboratorium, kantor, ruang konferensi, area servis, dan fasilitas penelitian lapangan. Seluruh orientasi ruang memanfaatkan potensi cahaya alami dan pandangan langsung ke arah danau, menciptakan hubungan visual dan ekologis yang kuat antara bangunan dan lanskap udara. Struktur bangunan ini menggunakan sistem glulam post-and-beam, yaitu berupa rangka kayu laminasi yang menopang dinding dan atap kayu padat.

Pemilihan kayu sebagai material utama tidak hanya mementingkan estetika dan kenyamanan termal, tetapi juga sebagai wujud komitmen terhadap penggunaan material alami yang rendah karbon. Kayu yang digunakan berasal dari sumber lokal bersertifikat FSC (Forest Stewardship Council).



Gambar 2. 16 Tampak Samping Atas Vale Living with Lakes
(Sumber: Dupont Photography, 2014)

Elemen fasad bangunan ini menggunakan papan kayu cedar putih timur tanpa lapisan kimia, yang dibiarkan secara alami untuk menyesuaikan dengan kondisi iklim setempat. Bangunan ini memiliki standar sertifikasi LEED Platinum, dengan penerapan berbagai strategi efisiensi energi dan konservasi udara. Sistem pemanas dan pendingin ruangan menggunakan 40 sumur geotermal (geo-exchange wells) yang dibor di bawah area parkir, sementara pemanas udara domestik di dukung dari panel surya. Terdapat pula atap hijau yang ditanami vegetasi lokal yang berperan dalam memperlambat aliran air hujan. Air hujan dan limpasan permukaan dikumpulkan melalui sistem kolam penampungan (water reuse pool) yang digunakan kembali untuk kebutuhan di laboratorium dan fasilitas umum. Dengan sistem ini, konsumsi air bersih berhasil dikurangi hingga 80%. Udara berlebih kemudian disaring melalui lahan basah buatan sebelum dialirkan kembali ke Danau Ramsey, sehingga meningkatkan kualitas udara dan menjaga keseimbangan ekosistem danau.