

PERANCANGAN BANGUNAN *INTERNATIONAL SCHOOL* MENGGUNAKAN MATERIAL BAMBU DENGAN PENDEKATAN ARSITEKTUR BERKELANJUTAN DI KOTA SEMARANG

Indira Setia Putri¹, Anityas Dian Susanti^{2*}, Gatoet Wardianto³

Program Studi Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Pandanaran, Semarang, Indonesia

Abstrak

ARTICLE INFO

Perubahan iklim memiliki sejumlah dampak merugikan, termasuk peningkatan suhu global yang serius, meningkatnya frekuensi bencana alam, dan perubahan ekosistem yang cepat dan signifikan. Perekonomian dunia, kesehatan manusia, dan ketersediaan pangan semuanya dapat terdampak oleh pemanasan global. Indonesia juga merasakan dampak perubahan iklim di tengah dinamika ini. Karena dampaknya yang mendalam terhadap kelangsungan hidup manusia dan kesehatan planet secara keseluruhan, pemanasan global menjadi perhatian serius di seluruh dunia. Oleh karena itu, untuk mengurangi dampak pemanasan global, inisiatif untuk mengurangi emisi gas rumah kaca dan mendorong peralihan ke energi terbarukan sangat penting. Alternatif untuk menggunakan material ramah lingkungan adalah bambu. Fakta bahwa material ekologis harus memenuhi standar keamanan bagi lingkungan dan kesehatan manusia menjadikannya salah satu kategori utama. Sepanjang siklus hidupnya, bangunan atau material bambu menggunakan lebih sedikit energi dan menghasilkan lebih sedikit karbon dioksida dibandingkan bangunan beton bertulang. Ditambah dengan beberapa pendidikan yang sudah menerapkan kurikulum pembelajaran berbasis lingkungan, lingkungan tempat berbagai bentuk kehidupan berinteraksi, sangat penting bagi kelangsungan hidup semua makhluk hidup karena lingkungan yang sehat hanya dapat dicapai ketika manusia dan lingkungannya berada dalam kondisi sehat.

*Nama Corresponding Author

Anityas Dian Susanti
Universitas Pandanaran
Semarang, Indonesia

Email penulis: tyas@unpand.ac.id

Kata Kunci:

arsitektur berkelanjutan; international school; material bambu; pemanasan global; perancangan

INTERNATIONAL SCHOOL BUILDING DESIGN USING BAMBOO MATERIALS WITH A SUSTAINABLE ARCHITECTURAL APPROACH IN SEMARANG CITY

Abstract

Climate change has a number of detrimental impacts, including a serious increase in global temperatures, an increased frequency of natural disasters, and rapid and significant changes in ecosystems. The global economy, human health, and food availability can all be impacted by global warming. Indonesia is also experiencing the impacts of climate change amidst these dynamics.. Due to its profound impact on human survival and the overall health of the planet, global warming is a serious concern worldwide. Therefore, to mitigate the impacts of global warming, initiatives to reduce greenhouse gas emissions and encourage a shift to renewable energy are crucial. Bamboo is an alternative to using environmentally friendly materials. The fact that ecological materials must meet safety standards for the environment and human health makes it a leading category. Throughout its life cycle, bamboo buildings or materials use less energy and produce less carbon dioxide than reinforced concrete buildings. Coupled with several educational institutions that have implemented an environment-based learning curriculum, the environment where various forms of life interact is very important for the survival of all living things because a healthy environment can only be achieved when humans and their environment are in a healthy condition.

Keywords:

sustainable architecture; international school; bamboo material; global warming; design



Copyright ©2025. JDLBI

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

Pengantar

Salah satu masalah terbesar yang dihadapi umat manusia saat ini adalah perubahan iklim, yang memiliki sejumlah dampak merugikan, termasuk peningkatan suhu global yang serius, meningkatnya frekuensi bencana alam, dan perubahan ekosistem yang cepat dan signifikan. Indonesia juga secara langsung merasakan dampak perubahan iklim di tengah dinamika ini. Naiknya permukaan air laut yang mengancam pesisirnya, meningkatnya frekuensi bencana alam, dan degradasi ekosistem hutan dan laut yang memprihatinkan [1]. Peningkatan suhu akibat pemanasan global berpotensi menyebabkan perubahan lingkungan yang signifikan, seperti mencairnya lapisan es kutub, perubahan iklim, dan ancaman bagi keanekaragaman hayati. Perekonomian dunia, kesehatan manusia, dan ketersediaan pangan semuanya dapat terdampak oleh pemanasan global. Karena dampaknya yang mendalam terhadap kelangsungan hidup manusia dan kesehatan planet secara keseluruhan, pemanasan global menjadi perhatian serius di seluruh dunia. Oleh karena itu, untuk mengurangi dampak pemanasan global, inisiatif untuk mengurangi emisi gas rumah kaca dan mendorong peralihan ke energi terbarukan sangat penting.

Dampak dari pemanasan global terhadap pembangunan di antaranya adalah kerusakan infrastruktur secara fisik pada masyarakat pesisir, banjir pasang akibat kenaikan muka air laut merusak pelabuhan, bangunan, dan jalan raya. Badai, banjir besar, dan gelombang panas adalah contoh cuaca ekstrem yang mempercepat kerusakan infrastruktur publik, termasuk jaringan listrik, sistem drainase, dan jembatan. Dana negara yang seharusnya dapat digunakan untuk proyek pembangunan lainnya terkuras seiring dengan meningkatnya biaya perbaikan dan rekonstruksi.

Angin muson barat laut (musim hujan) dan angin dari tenggara (musim kemarau) keduanya memengaruhi iklim tropis lembap di Semarang. Musim hujan, yang berlangsung dari November hingga Mei, dan musim kemarau yang berlangsung dari Juni hingga Oktober merupakan dua musim utama. Stasiun Klimatologi Semarang melaporkan bahwa suhu minimum rata-rata berkisar antara sekitar 27,6°C pada bulan Agustus hingga sekitar 29,2°C pada bulan Mei, sementara suhu maksimum rata-rata berkisar antara sekitar 30,0 hingga 34,8°C dan dikategorikan dalam suhu udara panas di atas rata-rata.

Permasalahan pembangunan kontemporer sedang diatasi oleh evolusi berkelanjutan dari fenomena pemanasan global dan isu-isu degradasi lingkungan lainnya. Konstruksi bangunan bertanggung jawab atas 33% emisi karbon dioksida (CO₂), menurut data yang diterbitkan oleh World Green Building Council. Tujuan melaksanakan pembangunan yang memenuhi standar lingkungan dan meningkatkan kualitas hidup tanpa berdampak buruk bagi generasi mendatang dimotivasi oleh pengaruh ini. Cuaca yang sangat panas merupakan hal yang umum di wilayah pesisir tempat Kota Semarang berada, terutama di bagian hilir yang berbatasan dengan Laut Jawa [2]. Gagasan bahwa bangunan berkelanjutan, terutama yang digunakan untuk pendidikan, diperlukan untuk memberikan dampak yang baik bagi lingkungan, ekonomi, dan masyarakat lahir dari pengalaman ini. Latar belakang berikut mendorong pemilihan istilah perancangan bangunan sekolah internasional menggunakan material bambu dengan pendekatan arsitektur berkelanjutan untuk Kota Semarang: (1) Di Kota Semarang belum terdapat bangunan pendidikan menggunakan material bambu yang dapat memberikan solusi dari perubahan iklim yang ekstrem dan menjadi bangunan yang memberikan dampak baik bagi lingkungan di Kota Semarang, dan (2) Pemanasan global dan suhu udara di Kota Semarang yang tinggi mewujudkan ide perancangan bangunan pendidikan dengan pendekatan arsitektur berkelanjutan.

Metode

1. Pendekatan dan metode perancangan

Perancangan bangunan *international school* ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan metode perancangan arsitektural yang bersifat analitis dan kreatif, yang menekankan proses pemahaman kontekstual melalui observasi, refleksi, dan perumusan gagasan berbasis data. Pendekatan ini dipilih untuk menjawab kompleksitas konteks pemanasan global yang dapat di tanggulangi dengan merancang bangunan menggunakan material ramah lingkungan yang dapat memberikan dampak baik bagi lingkungan dan sekitarnya. Proses dimulai dengan pengumpulan data, meliputi studi literatur dan observasi lapangan. Literatur yang ditelaah mencakup prinsip-prinsip arsitektur berkelanjutan, mengenai konsep keberlanjutan, khususnya gagasan memperpanjang umur sumber daya alam, yang berkaitan dengan potensi umur sumber daya alam dan lingkungan ekologis manusia, termasuk kehutanan, industri, sistem pertanian, dan arsitektur, istilah "arsitektur berkelanjutan" umumnya digunakan dalam bidang arsitektur. Dunia saat ini sedang mengalami degradasi lingkungan akibat pemanfaatan sumber daya alam yang berlebihan. Bumi akan segera kehilangan daya dukungnya untuk menopang kehidupan manusia. Definisi paling dasar dari arsitektur

berkelanjutan adalah arsitektur ramah lingkungan. Oleh karena itu, suatu desain dianggap berkelanjutan jika mampu mengatasi tantangan lingkungan global [3].

Analisis tapak menjadi tahap berikutnya, mencakup kajian aspek fisik (kontur, orientasi matahari, arah angin, vegetasi eksisting) serta aspek non-fisik (aksesibilitas, hubungan visual dengan lingkungan sekitar, dan nilai simbolik kawasan Gunungpati. Temuan ini menjadi dasar untuk menentukan arah orientasi bangunan, pola zonasi ruang, dan alur sirkulasi pengunjung yang efektif dan intuitif. Selanjutnya dilakukan studi preseden terhadap bangunan *international school* yang ada di Indonesia maupun di luar negeri yang dapat memberikan dasar acuan dalam membuat konsep desain.

2. Langkah proses perancangan

Pada perancangan *international school* ini akan mendesain bangunan menggunakan material bambu dengan pendekatan arsitektur berkelanjutan. Struktur yang dibangun menggunakan strategi arsitektur berkelanjutan memperhitungkan potensi dampak bangunan terhadap lingkungan, ekonomi, dan masyarakat. Dimulai dengan desain arsitektur, penelitian bentuk, tata letak bangunan, dan penggunaan material lokal yang ramah lingkungan. Studi preseden dalam proses perancangan bangunan *international school* ini dengan membandingkan dua objek bangunan yaitu Green School Bali dan Panyaden International School Thailand.

a. Green School, Bali

Terletak di Sibang Kaja Banjar Saren, Badung Bali. Menurut statistik bangunan, area Green School di Bali terdiri dari lahan seluas 103.142 meter persegi, ruang lantai dasar seluas 5.534 meter persegi, dan ruang lantai gabungan seluas 7.542 meter persegi (lantai dasar dan lantai atas) (Gambar 1). Untuk mendukung program sekolah, area Green School di Bali memiliki infrastruktur seperti tempat parkir, zona layanan, jembatan, jalan setapak, lanskap, dan sumber energi alternatif [4].



Gambar 1. Dokumen site plan milik Green School Bali

Berikut ini adalah bangunan the Heart of School (ruang kelas) (Gambar 2) dan the Arc (lapangan *indoor*) (Gambar 3) di lingkungan Green School Bali yang dimanfaatkan untuk tujuan pendidikan.



Gambar 2. Bangunan the Heart Of School / ruang kelas [5]

Pembangunan gedung kelas ini, yang dimulai pada Oktober 2008 dan berakhir pada Mei 2009, penting karena memamerkan pengetahuan dan keahlian yang dikumpulkan dari proyek-proyek sekolah sebelumnya. Gedung ini terletak di persimpangan jalan raya utama. Setelah melalui berbagai desain, tiga heliks yang saling terhubung dibuat, dan sebuah model skala 1:100 dibuat hingga setiap detailnya dipahami. Setelah itu, para insinyur membuat rencana yang lebih rinci tentang kemampuan bangunan untuk menahan angin, hujan, dan gempa bumi. Konstruksi rumit ini memiliki panjang 60 meter dan lebar 25 meter (Gambar 2). Di tengah masing-masing menara terdapat dua puluh delapan bilah bambu, yang masing-masing tingginya delapan belas meter. Terdapat 20.000 helai alang-alang di dalam atap jerami yang telah berdiri selama empat bulan. Papan lantai terbuat dari bambu yang dibelah dan difiksasi dengan pasak bambu. Serupa dengan ini, sebagian besar struktur difiksasi dengan pasak, kecuali titik-titik struktural krusial di mana bambu digunakan untuk menghubungkan baut dan semen dipompa ke dalam rongga-rongganya. Bangunan ini tidak memiliki dinding, dan terkadang diperlukan partisi untuk menahan angin dan hujan. Terakhir, tangga yang membentuk ruangan menghubungkan ketiga lantai di setiap menara.



Gambar 3. Bangunan the Arc / lapangan indoor [6]

The Arc (Gambar 3) adalah pusat komunitas untuk olahraga dan kesehatan yang menyediakan berbagai fasilitas untuk bersosialisasi dan berolahraga. Konstruksinya berupa lengkungan bambu yang bersilangan dengan tinggi 14 meter dan panjang 19 meter. Lengkungan ini disambung dengan cangkang yang menjadi lebih kuat saat ditekuk ke dua arah yang berbeda. Bangunan Arc menggunakan salah satu teknik terbaik alam untuk menghasilkan area yang luas tanpa dukungan struktural. Pada tulang rusuk manusia, beberapa tulang rusuk yang bekerja dalam kompresi ditahan di tempatnya oleh lapisan otot dan kulit yang fleksibel yang dikencangkan. Lengkungan kompresi dalam struktur Arc ditopang oleh cangkang yang dikencangkan. Desainnya memiliki bentuk yang aneh, pribadi, dan indah karena bidang cangkang kisi tampaknya mengelilingi area di antara lengkungan yang luar biasa sempit yang menjulang ke atas.

b. Panyaden International School, Thailand

Panyaden International School adalah sekolah swasta bilingual berfilosafat Buddha yang melayani 375 siswa, termasuk 1-20% anak-anak lokal Thailand yang menerima bantuan keuangan. Siswa akan berperan sebagai duta lokal untuk gaya hidup ramah lingkungan. Siswa akan dibimbing oleh guru lokal Thailand dan guru bahasa Inggris. Para pendidik ini memiliki keahlian di berbagai bidang seni, daya cipta, dan pengetahuan tradisional, seperti metode pertanian, pengetahuan tentang flora hutan tropis regional, tenun, dan kuliner utara. Dengan memadukan ajaran Buddha, kesadaran lingkungan, dan kurikulum dasar internasional yang sangat dihormati, Panyaden International School menyediakan pendidikan yang menyeluruh. Terletak di selatan Chiang Mai, di lingkungan yang hijau di mana sawah terasering bertemu dengan pegunungan tertinggi di Thailand [7].



Gambar 4. Site plan Panyaden Internasional School [8]

Panyaden International School adalah sekolah swasta bilingual berfilosafat Buddha yang melayani 375 siswa, termasuk 1-20% anak-anak lokal Thailand yang menerima bantuan keuangan. Siswa akan berperan sebagai duta lokal untuk gaya hidup ramah lingkungan. Siswa akan dibimbing oleh guru lokal Thailand dan guru bahasa Inggris. Para pendidik ini memiliki keahlian di berbagai bidang seni, daya cipta, dan pengetahuan tradisional, seperti metode pertanian, pengetahuan tentang flora hutan tropis regional, tenun, dan kuliner utara. Dengan memadukan ajaran Buddha, kesadaran lingkungan, dan kurikulum dasar internasional yang sangat dihormati, Panyaden International School menyediakan pendidikan yang menyeluruh. Terletak di selatan Chiang Mai, di lingkungan yang hijau di mana sawah terasering bertemu dengan pegunungan tertinggi di Thailand [7]. Berikut ini adalah bangunan *sport hall* (Gambar 5) dan *music center* (Gambar 6) Panyaden International School.

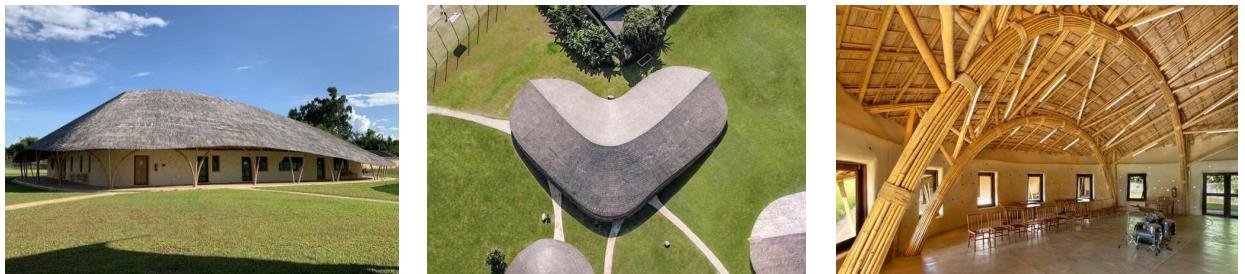


Gambar 5. Sport hall Panyaden International School [8]

Sekolah Internasional Panyaden memiliki aula olahraga bambu dan menggunakan ajaran Buddha untuk menjelaskan prinsip-prinsip dasar pikiran manusia serta memasukkan nilai-nilai ke dalam kurikulumnya. Oleh karena itu, desainnya terinspirasi oleh bunga teratai. Untuk mendukung tujuan sekolah yang rendah karbon dan berkelanjutan secara ekologis, sekolah ini membutuhkan aula olahraga kontemporer yang seluruhnya terbuat dari bambu. Gelaran olahraga seluas 782 meter persegi ini memiliki panggung yang ditinggikan secara otomatis dan lapangan untuk futsal, bola basket, bola voli, dan bulu tangkis. Dinding depan ruang teater dan perlengkapan olahraga berfungsi sebagai latar belakang panggung. Balkon di kedua sisinya terbuka untuk orang tua dan pengunjung lain yang ingin menonton konser atau kegiatan olahraga. Berkait ventilasi dan insulasi alami, material dan desainnya menciptakan suasana yang nyaman dan menyenangkan sepanjang tahun. Di saat yang sama, struktur bambu yang terbuka menampilkan pajangan kerajinan tangan yang indah dan menarik (Gambar 5).

Desain struktural aula yang inovatif ini dibangun di atas rangka bambu prefabrikasi yang baru dibuat dan tidak menggunakan konektor atau tulangan baja. Dari lokasi prefabrikasi, rangka diangkat dengan derek ke tempatnya. Bambu menyerap lebih banyak karbon daripada yang dilepaskannya selama proses produksi, pengiriman, dan pemeliharaan. Bahan kimia berbahaya tidak digunakan dalam proses pemeliharaan. Aula bambu ini diperkirakan akan bertahan setidaknya selama lima puluh tahun (Gambar 5).

Sebuah bangunan aula pertunjukan dan empat ruang musik yang lebih kecil untuk sesi Latihan individu. Bangunan ini juga memiliki area penyimpanan alat musik yang tertata rapi. Bagian atas permukaan langit-langit bambu tidak memantulkan cahaya, memberikan kualitas suaranya sangat jernih dan bebas gema. Selain itu, material alami dan dinding solid berfungsi sebagai peredam suara yang efisien, menciptakan suasana yang damai. Kedua struktur ini dipadukan dalam desain atap untuk menciptakan dua lengan, atau sayap, yang melindungi struktur di bawahnya. Bersamaan dengan berbagai lengkungan dan lekukan, atap bambu di dalamnya mengajak siswa untuk terhubung dengan esensi music (Gambar 6).



Gambar 6. Music center Panyaden International School [8]

3. Landasan teori dan regulasi

a. Konsep Arsitektur Berkelanjutan

Mengenai konsep keberlanjutan, khususnya gagasan memperpanjang usia pada sumber daya alam, yang berkaitan dengan potensi sumber daya alam dan lingkungan ekologis manusia, termasuk kehutanan, industri, sistem pertanian, dan arsitektur. Dunia saat ini sedang mengalami degradasi lingkungan akibat pemanfaatan sumber daya alam yang berlebihan. Bumi akan segera kehilangan daya dukungnya untuk menopang kehidupan manusia. Definisi paling dasar dari arsitektur berkelanjutan adalah arsitektur ramah lingkungan. Oleh karena itu, suatu desain dianggap berkelanjutan jika mampu mengatasi tantangan lingkungan global [3]. Pada dasarnya, salah satu tujuan utama desain berkelanjutan adalah pembangunan yang ramah lingkungan. Sebuah konsep desain dianggap berkelanjutan jika memenuhi kebutuhan pengguna tanpa mengorbankan kemampuan generasi mendatang untuk memenuhi kebutuhan mereka sendiri. Masyarakat yang bersangkutan akan memilih pilihan terbaik karena kebutuhan ini berbeda dari satu komunitas ke komunitas lain dan dari satu wilayah ke wilayah lain. Generasi mendatang akan terdampak oleh setiap proyek perencanaan dan konstruksi yang kita lakukan, oleh karena itu, sangat penting bagi kita untuk mempertimbangkan lingkungan saat membangun struktur. Melalui penggunaan energi, ruang, dan pemrosesan material yang bijaksana dan efisien, desain berkelanjutan mengurangi dampak negatif pembangunan [9].

Pendekatan arsitektur berkelanjutan untuk merencanakan dan merancang area Sekolah Internasional mengharuskan mempertimbangkan sejumlah variabel dan kriteria pemilihan lokasi. Hal ini dilakukan agar hasil desain sejalan dengan Sekolah Internasional yang akan berhasil dicapai dan memberikan dampak yang menguntungkan bagi lingkungan dan penggunanya. Saat memilih lokasi atau tapak, faktor-faktor berikut perlu dipertimbangkan:

- Bangunan harus seefisien mungkin dalam penggunaan energi untuk menghindari kerusakan lingkungan karena penggunaan energi dalam bangunan tidak dapat dihindari. Bangunan harus dirancang untuk mengonsumsi energi seminimal mungkin [10].
- Ketersediaan udara bersih pada area lokasi dengan udara bersih dapat meningkatkan sirkulasi udara di seluruh bangunan dan mengurangi kebutuhan akan pendinginan buatan.
- Pemilihan lokasi yang mendukung akan ketahanan material yang digunakan. Bambu dapat bertahan pada suhu yang stabil dan kelembapan yang berlebihan. Bambu tumbuh dengan baik di lingkungan tropis atau subtropis, mendukung konsep keberlanjutan melalui bahan-bahan yang dapat diperbarui secara alami, menjadikan wilayah ini ideal untuk bambu.
- Salah satu sumber daya alam utama adalah air. Air harus digunakan untuk bangunan dan manusia, tetapi penggunaan air harus mematuhi praktik berkelanjutan seperti konservasi air, penggunaan yang efisien, daur ulang, dan sebagainya [11].

b. Sekolah bertaraf internasional

Tinjauan teori dari pendidikan bertaraf internasional yang merupakan upaya untuk mencapai tujuan kemanusiaan, bergantung pada seberapa baik pendidikan tersebut mempertimbangkan berbagai kualitas bawaan manusia. Dengan kemajuan di berbagai bidang teknologi, pemerintah bertekad untuk menciptakan standar yang diakui secara internasional dan persyaratan mutu global melengkapi standar pendidikan nasional yang berlaku. "Pemerintah dan / atau daerah wajib menyelenggarakan sekurang-kurangnya satu satuan pendidikan pada semua jenjang pendidikan yang ditingkatkan menjadi satuan pendidikan bertaraf internasional," sesuai dengan Pasal 50 Ayat 3 Undang-Undang Republik Indonesia No. 20 Tahun 2003, yang menjadi landasan bagi berdirinya sekolah bertaraf internasional [12]. Untuk mengembangkan ide-ide segar, sekolah-sekolah internasional harus menempatkan nilai tinggi pada kreativitas. Dalam hal kompetensi lulusan, kurikulum, proses belajar mengajar, fasilitas, sumber daya manusia, manajemen, pendanaan, dan evaluasi, sekolah-sekolah internasional mematuhi standar internasional. Bahasa Inggris dan Bahasa Indonesia adalah dua bahasa yang diajarkan di sekolah - sekolah Indonesia yang terkenal secara internasional.

Seperti contoh peran pendidikan telah berkembang melampaui batasan tradisional di era globalisasi dan kulturalisasi. Selain mempromosikan pengetahuan akademis, sekolah internasional dapat menjadi ruang belajar yang dinamis yang mendorong keberagaman dan sudut pandang global. Sekolah internasional sering kali menggunakan kurikulum yang diakui secara internasional seperti Cambridge International Examinations (CIE) atau International Baccalaureate (IB). Kurikulum ini sangat menghargai pendekatan pembelajaran yang komprehensif, berbasis praktik, dan berbasis riset. Berpikir kritis dikembangkan dengan mendorong siswa untuk mempertanyakan, mengevaluasi, dan menerapkan apa yang telah mereka pelajari dalam situasi dunia nyata. Siswa menerima panduan tentang cara meningkatkan daya saing global mereka dan menghadapi tantangan lingkungan global yang terus berubah.

Ditambah dengan beberapa pendidikan yang sudah menerapkan kurikulum pembelajaran berbasis lingkungan, lingkungan tempat berbagai bentuk kehidupan berinteraksi, sangat penting bagi kelangsungan hidup semua makhluk hidup karena lingkungan yang sehat hanya dapat dicapai ketika manusia dan lingkungannya berada dalam kondisi sehat. Landasan kurikulum berbasis lingkungan adalah sistem pendidikan itu sendiri, karena pendidikan merupakan upaya yang terarah dan terencana untuk menciptakan lingkungan belajar di mana siswa secara aktif mengembangkan potensi mereka untuk memperoleh kekuatan spiritual dan keagamaan, kesadaran diri, kepribadian, kecerdasan, akhlak manusia, serta keterampilan yang dibutuhkan untuk diri mereka sendiri, masyarakat, bangsa, dan negara.

Pendidikan harus mengikuti perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi agar generasi muda bangsa dapat memahami dan mengelola lingkungan dengan baik. Di lingkungan pendidikan, siswa dapat memperoleh pengalaman hidup yang penting. Siswa juga dapat menciptakan suasana kelas yang lebih menyenangkan. Sekolah harus menjadi ruang belajar yang efektif di mana semua departemen dapat memberikan dukungan yang solid. Kurikulum berbasis lingkungan ditujukan bagi lembaga pendidikan yang mengutamakan keberlanjutan dan lingkungan. Berdasarkan UU No. 32, setiap orang berhak atas pendidikan, pengetahuan, keterlibatan, dan keadilan lingkungan untuk mewujudkan haknya atas lingkungan yang baik dan sehat [13].

Data

Data tapak perancangan

Dalam menentukan kriteria lokasi untuk international school perlu beberapa hal yang dipertimbangkan. Baik dari berbagai faktor umum dan khusus yang dapat mempengaruhi kriteria lokasi [14]. Berbagai perhitungan statistik berdasarkan daerah yang asri, udara bersih, dan menunjang pembangunan dengan material yang ramah lingkungan yaitu bambu.

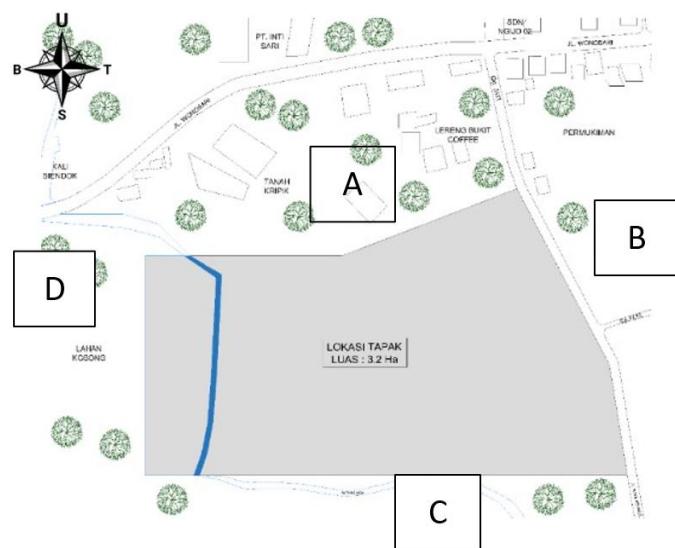
Lokasi tapak berada di Jalan Pengkol Raya Gang Jati No. 8 Mangunsari Kecamatan Gunungpati, Kota Semarang Jawa Tengah. Tapak merupakan lahan kosong dan sesuai dengan ketentuan pemerintah Perda No. 5 Tahun 2021 Kota Semarang sebagai daerah paru-paru kota dan pendidikan tinggi (Gambar 7). Batasan tapak utara adalah Lereng Bukit Coffee and Eatery, batasan timur permukiman, sedangkan batasan tapak di sisi selatan dan barat adalah lahan kosong.



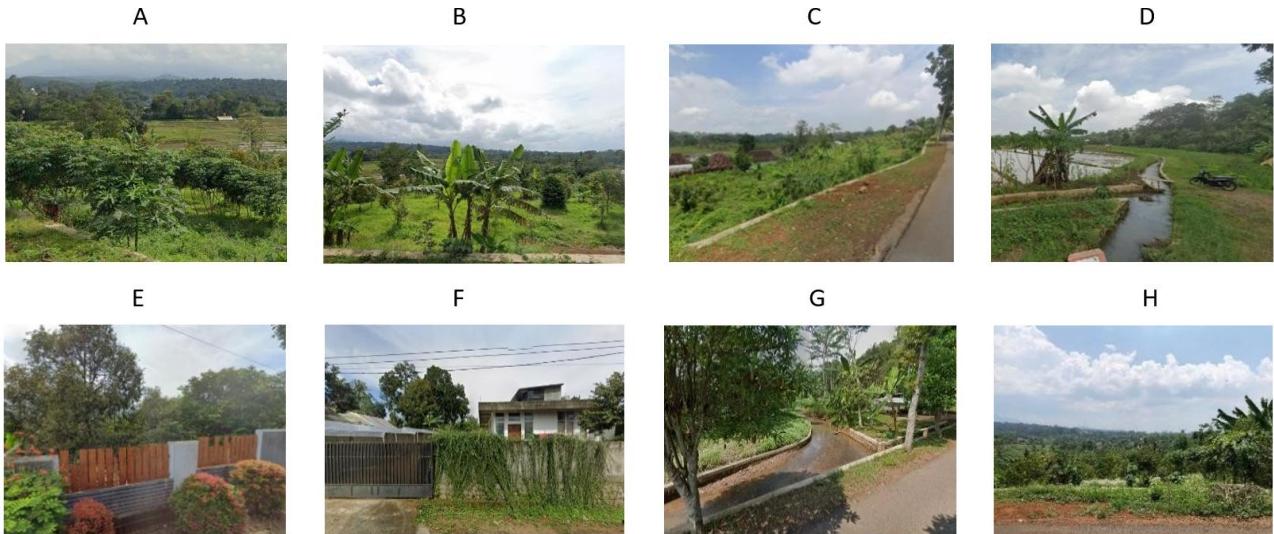
Gambar 7. Lokasi tapak terpilih

Potensi lokasi tapak pada jalan utama berada di jalan Wonosari sebagai lalu lintas transportasi dari arah Unnes – Gunungpati dan sebaliknya, untuk dapat menuju tapak masuk pada jalan Gang Jati, maka pada titik A arah utara berpotensi mendapat kebisingan berlebih dan diletakkan zona semi publik. Tapak ini berdekatan dengan area permukiman di titik B arah selatan dan akses jalan untuk menuju ke tapak sehingga dapat diletakkan zona publik. Best view berada pada bagian selatan dan barat, terdapat view Gunung Ungaran dan perkebunan yang masih hijau asri. Pada bagian selatan berpotensi perletakan zona privat seperti ruang kelas dan pada bagian barat berpotensi perletakan zona servis dan ruang terbuka seperti *sitting group*.

Pada gambar titik A view dari luar ke dalam tapak terlihat masih lahan kosong dan digunakan sebagai lokasi perancangan *international school* yang direncanakan perletakan bangunan masjid dan kantin, gambar titik A view dari tapak ke luar berbatasan dengan area Lereng Bukit Coffee and Eatery. Pada gambar titik B view dari luar ke dalam tapak adalah kondisi lahan yang digunakan untuk merancang *entrance* masuk pada kawasan *international school*, pada gambar titik C view dari tapak ke luar berhadapan dengan beberapa rumah warga. Pada gambar titik D view dari luar ke dalam tapak yang akan direncanakan sebagai perletakan ruang guru dan ruang kelas beberapa tingkat jenjang pendidikan, gambar titik C view dari tapak ke luar terdapat aliran sungai. Pada gambar titik D view dari luar ke dalam tapak terdapat aliran sungai yang masuk dalam lingkup kawasan yang akan dirancang *international school* sehingga aliran sungai dapat dimanfaatkan untuk perputaran air di dalam tapak, gambar titik D view dari dalam ke luar tapak masih terlihat lahan kosong perkebunan yang masih hijau (Gambar 8 dan 9).



Gambar 8. Titik potensi lokasi tapak



Gambar 9. Suasana sekitar dan view dari luar ke tapak (A-D) dan dari tapak ke luar (E-H)

Data pengguna

Dalam menentukan jumlah pengguna dan aktivitas pada kawasan sekolah, perlu adanya pendekatan dan data untuk mendapat jumlah pelaku di kawasan *international school* ini. Mengenai proporsi sekolah berdasarkan status sekolah, sekolah negeri memiliki angka pendidikan sekolah dasar (SD) yang tinggi, meskipun angka pendidikan sekolah menengah pertama (SMP) sekolah swasta hampir sama dengan sekolah negeri. Sekolah swasta memiliki persentase yang lebih besar daripada sekolah negeri pada jenjang pendidikan sekolah menengah atas (SMA) dan sekolah menengah kejuruan [15].

Rasio terendah per kelas pada jenjang sekolah dasar (SD) adalah 21,29, yang berarti terdapat 21–22 siswa di setiap kelas. Sebaliknya, rasio tertinggi per kelas pada jenjang sekolah menengah atas (SMA) adalah 30,36, yang berarti setiap kelas SMA memiliki 30–31 siswa. Pendekatan jumlah pelaku untuk kepala sekolah, guru hingga staf dapat ditentukan melalui mata pelajaran yang ada pada kebijakan sekolah. Pada mata pelajaran serta pembagian jadwal tiap kelas akan mendapatkan jumlah guru yang dibutuhkan.

Pendekatan Aktivitas dan Kebutuhan Ruang

1. Analisis tipologi aktivitas dan kebutuhan ruang

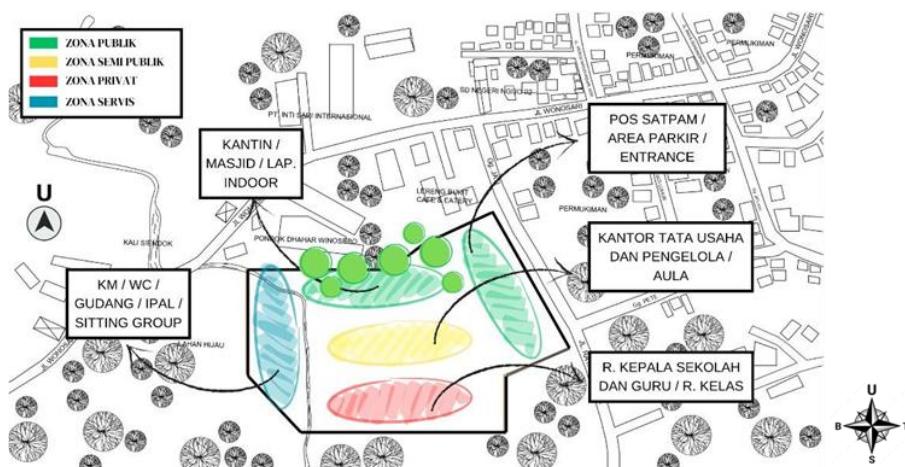
Tujuan program kegiatan ini adalah untuk memastikan cara terbaik mengumpulkan informasi tentang jenis kegiatan yang dilakukan oleh pengguna fasilitas yang akan dibangun. Sekolah internasional dapat direncanakan dan dirancang menggunakan pendekatan arsitektur berkelanjutan, dengan menggabungkan sistem pembelajaran yang relevan dengan konsep bangunan, seperti sistem pembelajaran lingkungan, kewirausahaan, budaya lokal, dan seni kreatif yang diterapkan secara langsung berkaitan dengan alam. Penataan kegiatan utama pengguna, yang membentuk pola penggunaan bangunan sehari-hari, sama pentingnya dengan jumlah ruang yang tersedia bagi desain sekolah. Dalam konteks lingkungan sekolah dengan pengguna kepala sekolah, wakil kepala sekolah, sekretaris, bendahara dan lainnya memiliki fungsi manajerial yang saling terhubung namun berbeda fokus. Identifikasi kebutuhan ruang dilakukan melalui pendekatan tipologi aktivitas, dengan mengelompokkan aktivitas menjadi tiga kategori utama: (1) Pergerakan (*movement*) – aktivitas datang, pergi, dan transit, (2) Operasional (*operational*) – aktivitas administratif, pengajaran, dan pengambilan keputusan, dan (3) Penunjang (*supporting*) – aktivitas istirahat, ibadah, dan kebutuhan personal. Klasifikasi ini memudahkan pemetaan kebutuhan ruang secara sistematis.

2. Sintesis pola ruang

Dari area pintu masuk hingga zona administrasi, klasifikasi ini menunjukkan pola pergerakan yang konstan di antara keempat pelaku struktural. Area ini mendukung seluruh kegiatan operasional di sekolah dan bertindak sebagai pusat kegiatan manajerial. Kantor kepala sekolah memegang peranan penting dalam jaringan spasial, bertindak sebagai pusat bagi manajemen, staf pengajar, dan staf administrasi, selain sebagai tempat kepemimpinan. Selain itu, fasilitas pendukung seperti kafetaria, masjid, dan toilet guru menunjukkan betapa pentingnya komponen-komponen ini dalam menjaga kelancaran operasional sehari-hari. Agar pergerakan efektif tanpa mengganggu kegiatan belajar mengajar, penempatan zona-zona pendukung ini harus mempertimbangkan kedekatan spasialnya dengan zona administrasi.

Analisis ini menunjukkan bahwa memahami program arsitektur pada bangunan sekolah membutuhkan lebih dari sekedar daftar ruang melainkan, pemetaan hubungan tipologis antara aktivitas, ruang, dan pengguna. Hubungan ini kemudian menjadi dasar bagi alur sirkulasi, zonasi, dan pengaturan ruang.

Dilihat dari potensi kebisingan, *view*, dan arah menghasilkan orientasi *zoning* pada area sekolah di antaranya ada zona publik (hijau) yang diletakkan berdekatan dengan akses jalan masuk yaitu jalan Gang Jati guna untuk *way in/out*, *entrance*, dan parkir dan pada arah utara diletakkan masjid, kantin dan lapangan *indoor* dengan memberikan vegetasi yang rimbun sebagai peredam kebisingan dari jalan utama yaitu jalan Wonosari. Zona semi publik (kuning) diletakkan pada bagian tengah tapak yang di antaranya ada kantor tata usaha dan pengelola serta aula. Pada arah selatan adalah *best view* yaitu terlihat gunung Ungaran dan direncanakan perletakan ruang kepala sekolah dan ruang guru serta ruang kelas, bermanfaat untuk memberikan kesan menarik dan *fresh* ketika kegiatan belajar mengajar sedang berlangsung. Dan pada arah barat dengan *view* perkebunan yang masih hijau dan asri dibuat area *sitting group* untuk pengguna sekolah dapat berkumpul dan bersantai, dan sekaligus digunakan sebagai area servis seperti IPAL yang memanfaatkan aliran air sungai yang masuk melewati tapak (Gambar 10).



Gambar 10. Zonasi area sekolah

Hasil dan Pembahasan

1. Konsep pengolahan tapak

Strategi pengolahan tapak didasarkan pada adaptasi terhadap kontur campuran datar–miring yang menjadi karakteristik utama lokasi (Gambar 11). Alih-alih meratakan tapak, pendekatan *contour-responsive planning* diterapkan untuk menjaga aliran air alami dan mencegah erosi, menciptakan zonasi bertingkat (radial–terasering), dan memperkuat identitas visual kawasan.



Gambar 11. Potongan tanah kontur

Bangunan utama ditempatkan mengikuti elevasi alami, membentuk pola radial yang berpusat pada ruang komunal sekolah (Gambar 12). Strategi ini tidak hanya mendukung efisiensi sirkulasi vertikal, tetapi juga menghasilkan komposisi ruang luar yang berlapis (*layered open spaces*) khas lingkungan pendidikan tropis.



Gambar 12. Tatanan massa

2. Strategi tapak dan bentuk bangunan berbasis prinsip keberlanjutan

Salah satu strategi penting untuk konsep arsitektur berkelanjutan dan perencanaan tapak yang ramah lingkungan adalah adaptasi kontur lahan, yang melibatkan modifikasi pengembangan lahan dan desain bangunan agar sesuai dengan topografi. Adaptasi ini mematuhi standar keberlanjutan dengan cara-cara berikut:

a. Mengurangi galian dan timbunan (penghematan energi dan sumber daya)

Dalam konstruksi tradisional, tapak datar dibuat dengan penggalian dan penimbunan. Energi yang signifikan, mesin yang besar, dan biaya yang mahal diperlukan untuk ini. Namun, dengan adaptasi kontur, struktur dibuat mengikuti kemiringan alami lahan (misalnya, dengan menggunakan struktur *split-level* atau tiang pancang). Jumlah galian dan penimbunan berkurang. Manfaat keberlanjutan: (1) pengurangan penggunaan bahan bakar alat berat, (2) penurunan emisi karbon terkait pekerjaan tanah, dan (3) pengurangan kerusakan pada tanah produktif dan limbah tanah.

b. Meningkatkan drainase alami

Mempertahankan pola aliran air permukaan alami difasilitasi oleh adaptasi kontur. Air hujan terus mengalir secara alami ke saluran drainase atau daerah infiltrasi karena kemiringannya belum berubah secara signifikan. Air hujan dapat digunakan bersama dengan sistem biofiltrasi seperti perkerasan permeabel, taman hujan, dan *swale*. Manfaat keberlanjutan: (1) menghentikan erosi tanah yang disebabkan oleh limpasan yang berlebihan, (2) mengurangi risiko banjir di daerah tersebut, dan (3) meningkatkan kapasitas tanah untuk menyerap curah hujan (pengisian ulang air tanah).

c. Mengurangi jejak ekologis bangunan

Pelestarian tumbuhan alami, bebatuan, dan komponen ekologis lainnya dapat dicapai dengan menyelaraskan bentuk dan orientasi bangunan dengan kontur. Ekosistem lokal tidak terdampak secara signifikan. Desain terasering atau vertikal dapat mengurangi jejak ekologis bangunan. Manfaat keberlanjutan: (1) melestarikan satwa liar di area tersebut, (2) meminimalkan dampak pertumbuhan pembangunan terhadap lingkungan, dan (3) meningkatkan kenyamanan termal alami (karena struktur dapat memanfaatkan pencahayaan alami dan ventilasi silang dengan lebih baik ketika diposisikan berlawanan dengan kontur).

Penerapan bentuk bangunan yang berbasis dengan prinsip konsep berkelanjutan, penggunaan dalam desain bentuk bangunan sejumlah metode untuk menerapkan bentuk bangunan berkelanjutan:

a. Bentuk dan arah: (1) untuk memaksimalkan pencahayaan alami, bangunan sejajar dengan arah matahari, (2) atap bambu melengkung atau atap pelana meminimalkan panas internal dan meningkatkan aliran udara (Gambar 13), dan (3) bentuk organik menciptakan interaksi yang harmonis dengan alam dengan mengikuti elastisitas alami bambu.

b. Organisasi dan bagian: (1) penerapan portal bambu atau sistem rangka ruang menawarkan fleksibilitas dan kekuatan struktural, (2) komponen bambu bersifat modular, perawatan dan adaptasinya mudah.

- c. *Finishing* dan material: (1) tekstur alami bambu akan semakin terasa ketika dipadukan dengan kayu bekas, tanah liat, atau batu alam, (2) Material alami dan tidak beracun digunakan dalam *finishing* untuk menjaga lingkungan dan kesehatan penghuni.
- d. Integrasi lanskap: (1) untuk menghindari penggalian, bangunan diposisikan sejajar dengan kontur alami lahan, (2) menjaga kelembapan alami dan menurunkan suhu merupakan dua manfaat dari peneduh vegetasi di sekitarnya.



Gambar 13. Desain bentuk bangunan dengan atap lengkung

3. Potensi dan peran bambu dalam konsep berkelanjutan

Meskipun bambu memiliki banyak potensi sebagai bahan bangunan yang dapat digunakan berulang kali, bahan konstruksi bambu juga tahan terhadap berbagai kelebihan, bahkan kekurangannya. Oleh karena itu, kami terdorong untuk terus berinovasi guna mengembangkan struktur pola-pola dan bambu agar pada akhirnya menjadi bahan bangunan alternatif yang lebih sesuai, yang akan semakin banyak digunakan di masa mendatang. Selain itu, kami juga selalu didorong untuk mengumpulkan berbagai material bambu agar dapat menciptakan bahan bangunan berkualitas tinggi [16]. Alternatif untuk menggunakan material ramah lingkungan adalah bambu. Fakta bahwa material ekologis harus memenuhi standar keamanan bagi lingkungan dan kesehatan manusia menjadikannya salah satu kategori utama. Sepanjang siklus hidupnya, bangunan atau material bambu menggunakan lebih sedikit energi dan menghasilkan lebih sedikit karbon dioksida dibandingkan bangunan beton bertulang. Meskipun beberapa spesies bambu dapat tumbuh subur di sawah bersuhu hangat, yaitu antara 40 hingga 50°C, bambu lebih mungkin tumbuh subur di iklim tropis atau subtropis dengan suhu tahunan rata-rata antara 20°C dan 30°C. Bambu biasanya tumbuh antara 100 dan 800 meter di atas permukaan laut, tetapi juga dapat ditemukan di daerah perbukitan hingga ketinggian 3.000 meter di atas permukaan laut [16].

Bambu memiliki struktur yang sama dengan tumbuhan pada umumnya, yaitu selulosa, lignin, dan hemiselulosa. Perbedaannya hanya terletak pada struktur mikro dan proporsi masing-masing komponen. Bambu mengandung garam anorganik, lilin, tanin, dan resin sebagai komponen kimia. Spesies, usia, dan penampang bambu memengaruhi komposisi kimia ini. Bambu bahkan dapat mengungguli material lain dalam hal kekakuan dan kekuatan. Dalam hal kekuatan tekan, bambu dapat mengungguli beton, yang merupakan karakteristik struktural yang bermanfaat untuk aplikasi bangunan. Karakteristik mekanis utama bambu adalah kekuatannya, yang sebanding atau bahkan lebih besar daripada baja dalam hal tegangan/kekakuan, membuatnya sempurna untuk digunakan dalam konstruksi rangka.

Perkembangan teknologi bambu dengan kemajuan signifikan dalam teknologi penyambungan bambu ditunjukkan pada sejumlah struktur yang ada. Sambungan bambu sebelumnya dibuat dengan sekrup, paku, dan ijuk. Namun, sambungan saat ini terdiri dari berbagai teknik penyambungan mekanis atau kombinasi baja premium, mur, dan baut. Sambungan bambu yang diperkuat dengan mortar atau campuran semen. Sambungan bambu jenis ini diisi dengan mortar yang terbuat dari semen dan pasir, dan diperkuat dengan pelat baja. Diperkirakan sambungan ini dapat menahan beban hingga 4.000 kg. Sistem rangka bambu dengan bentang 12 meter dapat menggunakan sambungan ini. Terdapat banyak varian sambungan bambu yang menggabungkan teknologi baja di berbagai negara.

4. Jenis-jenis bambu sebagai konstruksi

Beberapa jenis bambu yang digunakan sebagai material konstruksi antara lain adalah bambu wulung, bambu petung, dan bambu tali/apus. Bambu wulung adalah Bambu dengan jarak ruas panjang seperti bambu apus / tali, tetapi memiliki ketebalan mencapai 20 mm dan tidak liat (getas) dan memiliki bergaris kuning muda. Memiliki diameter hingga 4 – 10 cm dan panjang batang mulai dari 7 – 18 m. Bambu petung dapat dikatakan memiliki kekuatan tinggi, dengan jarak ruas pendek tetapi tebal sehingga tidak begitu liat (getas). Memiliki diameter 8 – 13 cm, panjang batang mulai dari 10 – 20 m, jenis bambu petung yang paling umum adalah petung hijau dan petung hitam. Sementara itu, bambu tali/apus

adalah bambu yang bersifat sangat liat dengan jarak ruas hingga 65 cm, memiliki diameter 4 – 8 cm dan panjang batang 6 – 13 m.

Kesimpulan

Dampak dari pemanasan global terhadap pembangunan di antaranya adalah kerusakan infrastruktur secara fisik pada masyarakat pesisir, banjir pasang akibat kenaikan muka air laut merusak pelabuhan, bangunan, dan jalan raya. Badai, banjir besar, dan gelombang panas adalah contoh cuaca ekstrem yang mempercepat kerusakan infrastruktur publik, termasuk jaringan listrik, sistem drainase, dan jembatan. Dana negara yang seharusnya dapat digunakan untuk proyek pembangunan lainnya terkuras seiring dengan meningkatnya biaya perbaikan dan rekonstruksi. Termasuk peningkatan suhu global yang serius, meningkatnya frekuensi bencana alam, dan perubahan ekosistem yang cepat dan signifikan. Indonesia juga secara langsung merasakan dampak perubahan iklim di tengah dinamika ini. Naiknya permukaan air laut yang mengancam pesisirnya, meningkatnya frekuensi bencana alam, dan degradasi ekosistem hutan dan laut yang memprihatinkan. Peningkatan suhu akibat pemanasan global berpotensi menyebabkan perubahan lingkungan yang signifikan, seperti mencairnya lapisan es kutub, perubahan iklim, dan ancaman bagi keanekaragaman hayati. Perekonomian dunia, kesehatan manusia, dan ketersediaan pangan semuanya dapat terdampak oleh pemanasan global. Karena dampaknya yang mendalam terhadap kelangsungan hidup manusia dan kesehatan planet secara keseluruhan, pemanasan global menjadi perhatian serius di seluruh dunia. Oleh karena itu, untuk mengurangi dampak pemanasan global, inisiatif untuk mengurangi emisi gas rumah kaca dan mendorong peralihan ke energi terbarukan sangatlah penting.

Alternatif untuk menggunakan material ramah lingkungan adalah bambu. Fakta bahwa material ekologis harus memenuhi standar keamanan bagi lingkungan dan kesehatan manusia menjadikannya salah satu kategori utama. Sepanjang siklus hidupnya, bangunan atau material bambu menggunakan lebih sedikit energi dan menghasilkan lebih sedikit karbon dioksida dibandingkan bangunan beton bertulang. Ditambah dengan beberapa pendidikan yang sudah menerapkan kurikulum pembelajaran berbasis lingkungan, lingkungan tempat berbagai bentuk kehidupan berinteraksi, sangat penting bagi kelangsungan hidup semua makhluk hidup karena lingkungan yang sehat hanya dapat dicapai ketika manusia dan lingkungannya berada dalam kondisi sehat. Bambu memiliki struktur yang sama dengan tumbuhan pada umumnya, yaitu selulosa, lignin, dan hemiselulosa. Perbedaannya hanya terletak pada struktur mikro dan proporsi masing-masing komponen. Bambu mengandung garam anorganik, lilin, tanin, dan resin sebagai komponen kimia. Spesies, usia, dan penampang bambu memengaruhi komposisi kimia ini. Bambu bahkan dapat mengungguli material lain dalam hal kekakuan dan kekuatan. Dalam hal kekuatan tekan, bambu dapat mengungguli beton, yang merupakan karakteristik struktural yang bermanfaat untuk aplikasi bangunan. Karakteristik mekanis utama bambu adalah kekuatannya, yang sebanding atau bahkan lebih besar daripada baja dalam hal tegangan/kekakuan, membuatnya sempurna untuk digunakan dalam konstruksi rangka.

Penggunaan bambu dalam pembangunan sekolah internasional menawarkan konsep segar yang belum terpikirkan oleh kebanyakan orang. Penggunaan material dan ide desain yang bijaksana dan mampu mengatasi pemanasan global ekstrem merupakan salah satu strategi untuk menguranginya. Pemilihan bahan bangunan yang tepat sangat penting saat konstruksi sedang berlangsung. Metode produksi bahan, dampak pada material, dan sebagainya adalah beberapa hal yang perlu dipertimbangkan. Pada saat memiliki lahan untuk pembangunan, sejumlah faktor harus dipertimbangkan, termasuk manfaat bagi masyarakat, nilai ekologis yang rendah, aksesibilitas ke berbagai fasilitas, dan sirkulasi. Oleh karena itu, lahan harus digunakan secara efisien dengan membatasi dampak buruk pembangunan dan mempertimbangkan permintaan dan reaksi terhadap kondisi lingkungan. Salah satu sumber daya alam utama adalah air. Air harus digunakan untuk bangunan dan manusia, tetapi penggunaan air harus mematuhi praktik berkelanjutan seperti konservasi air, penggunaan yang efisien, daur ulang, dan sebagainya. Menerapkan prinsip-prinsip arsitektur berkelanjutan merupakan upaya untuk melindungi sumber daya alam dan lingkungan, memastikannya tetap aman, dan menghindari kerusakan di lingkungan sekitarnya.

Daftar Pustaka

- [1] P. Rahman and V. Syahbani, "Strategi Indonesia dalam mengatasi perubahan iklim melalui kerjasama internasional," *Mimbar: Jurnal Penelitian Sosial dan Politik*, vol. 13, no. 1, pp. 24–35, 2024. Available: <https://garuda.kemdiktisaintek.go.id/documents/detail/4422307>.
- [2] O. E. Hapsari, "Analisis penerapan green building pada bangunan pendidikan (studi kasus: Green School Bali)," *Al-Ard: Jurnal Teknologi Lingkungan*, vol. 3, no. 2, pp. 54–61, 2018. Available: <https://garuda.kemdiktisaintek.go.id/documents/detail/1250958>.
- [3] J. R. Fadhlwan, W. I. Tyas, and B. Subekti, "Penerapan arsitektur berkelanjutan (sustainable architecture) pada perancangan

- taman wisata Riverland di Kota ...," *Forum Arsitektur Desain*, vol. 2, no. 1, pp. 35–39, 2023. Available: <https://eproceeding.itenas.ac.id/index.php/fad/article/download/2232/1772>.
- [4] Bali Green School Official Website, <https://bali.greenschool.org/>
- [5] https://plus.kapanlagi.com/foto/60096green_school-20170728-003-rita.html?page=3
- [6] <https://www.archdaily.com/964059/the-arc-at-green-school-ibuku>
- [7] Y. Nikhom, "Panyaden International School," *J. Architecture and Design Studies*, vol. 8, no. 2, pp. 92–99, 2017.
- [8] <https://www.archilovers.com/projects/213679/bamboo-sports-hall-for-panyaden-international-school.html>
- [9] B. W. Saputro, M. Musyawaroh and K. N. Handayani, "Penerapan desain arsitektur perilaku pada perancangan redesain Pasar Panggungrejo Surakarta," *Senthong*, vol. 1, no. 2, pp. 203–213, 2018. Available: <https://jurnal.ft.uns.ac.id/index.php/senthong/article/view/760>.
- [10] R. A. M. Buwono and L. S. Arifin, "Studi nilai keberlanjutan elemen struktur rumah tradisional Nias," *Advances in Civil Engineering and Sustainable Architecture*, vol. 5, no. 2, pp. 37–49, 2023.
- [11] Z. Zain, A. Aqsa, and R. Sunandi, "Budaya bermukim orang Melayu di Kota Pontianak terhadap pemanfaatan rumah di bantaran Sungai Kapuas: Studi kawasan permukiman di Kelurahan Tambelan Sampit," *Arsir*, vol. 6, no. 1, p. 1–14, 2022, doi: 10.32502/arsir.v6i1.4012.
- [12] Undang-undang (UU) No. 20 Tahun 2003 Tentang Sistem Pendidikan Nasional, <https://peraturan.bpk.go.id/Details/43920/uu-no-20-tahun-2003>
- [13] D. Rimbano and M. Rahma, "Kebijakan kurikulum berbasis lingkungan melalui program Adiwiyata di sekolah menengah atas," *Jurnal Ilmiah Ekonomi Bisnis*, vol. 24, no. 3, pp. 274–287, 2019, doi: 10.35760/eb.2019.v24i3.1876.
- [14] J. A. Haryono, F. Murti, and S. Istijanto, "Kriteria pemilihan tapak pada perancangan oceanarium biota laut di Pulau Jawa – studi kasus di Kota Surabaya," *Jurnal Arsitektur Kolaborasi*, vol. 5, no. 1, pp. 1–17, 2025, doi: 10.54325/kolaborasi.v5i1.80.
- [15] A. D. Anjarsari, M. Efendy, and S. Sulthoni, "The implementation of inclusion education assistance for elementary, junior high, and senior high school in Sidoarjo Regency," *Jurnal Pendidikan Inklusi*, vol. 1, no. 2, pp. 91–104, 2018.
- [16] E. Suriani, "Bambu sebagai alternatif penerapan material ekologis: Potensi dan tantangannya," *EMARA Indonesian Journal of Architecture*, vol. 3, no. 1, pp. 33–42, 2017, doi: 10.29080/emara.v3i1.138.