

Perancangan GOR Modern Melonguane: Integrasi High-Tech Dan Filosofi Burung Sampiri

Julius Davit Kalumpiu¹, Hendrik S. Suriandjo², Ronald R. Tampinongkol³, Ayesha Aramita L. Malonda⁴

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Arsitektur, Universitas Nusantara Manado

^{2,3,4}Dosen Jurusan Teknik Arsitektur, Universitas Nusantara Manado

¹juliusdavidkalumpiu@gmail.com, ²hendrik@nusantara.ac.id, ³ronalddampinongkol2@gmail.com,

⁴ayasha@nusantara.ac.id*

Abstrak

Pembangunan infrastruktur olahraga yang representatif di Melonguane, Kabupaten Kepulauan Talaud, menghadapi tantangan berupa kebutuhan akan bentang lebar, adaptasi terhadap iklim tropis lembab dan rawan gempa, serta pentingnya mengangkat identitas lokal. Tujuan penelitian ini adalah merancang Gelanggang Olahraga (GOR) yang efisien dan berkinerja tinggi melalui Pendekatan Arsitektur *High-Tech*, sambil mengintegrasikan filosofi bentuk dan gerakan Burung Sampiri sebagai inspirasi desain. Metode yang digunakan adalah penelitian perancangan arsitektur kualitatif deskriptif, diawali dengan studi literatur untuk mengidentifikasi prinsip-prinsip *High-Tech*—meliputi pengungkapan elemen struktural, penggunaan material komposit ringan, dan modularitas—serta analisis mendalam terhadap kondisi tapak, iklim mikro, dan potensi seismik di Melonguane. Filosofi Burung Sampiri (misalnya, sayap yang efisien, bentuk aerodinamis) diinterpretasikan ke dalam geometri atap dan struktur selubung yang ringan dan dinamis. Kesimpulan utama dari perancangan ini menunjukkan bahwa integrasi Arsitektur *High-Tech* dengan inspirasi lokal Burung Sampiri berhasil menciptakan GOR bentang lebar yang kokoh, adaptif iklim, dan secara signifikan mengurangi kebutuhan energi operasional harian, menjadikannya model pengembangan infrastruktur olahraga yang berkelanjutan dan beridentitas kuat di kawasan kepulauan.

Kata kunci: gelanggang olahraga, arsitektur *high-tech*, burung sampiri, Melonguane, efisiensi energi

1. PENDAHULUAN

Penyediaan fasilitas publik, khususnya gelanggang olahraga (GOR), merupakan indikator penting dalam mendukung pengembangan sosial dan prestasi atletik di suatu wilayah. Kabupaten Kepulauan Talaud, dengan Melonguane sebagai pusat pemerintahannya, memiliki kebutuhan mendesak akan GOR modern yang mampu menampung kegiatan skala regional dan nasional. Tantangan utama perancangan di wilayah kepulauan ini adalah kondisi iklim tropis dengan kelembaban tinggi, intensitas matahari yang kuat, serta potensi ancaman bencana alam seperti angin kencang dan gempa bumi. Selain itu, penting juga untuk mengintegrasikan identitas dan kearifan lokal, seperti filosofi atau bentuk Burung Sampiri (yang merupakan ikon Melonguane), ke dalam narasi arsitektur bangunan.

Tinjauan literatur singkat mengenai arsitektur bentang lebar menunjukkan bahwa sistem konvensional seringkali memerlukan konstruksi yang masif dan material yang berat. Sementara itu, Arsitektur *High-Tech*, yang dipopulerkan oleh arsitek seperti Renzo Piano dan Norman Foster, menawarkan paradigma berbeda dengan mengedepankan solusi teknis yang ringan, transparan, dan efisien, seringkali dengan mengekspos sistem struktur dan utilitas (Turban,

2005). Pendekatan ini relevan untuk GOR karena menuntut fleksibilitas ruang dan kebutuhan akan bentang bebas yang luas (McLeod dan Schell, 2008). Penelitian terdahulu berfokus pada estetika *High-Tech* di wilayah sub-tropis tanpa integrasi kuat dengan identitas lokal.

Alasan diadakan penelitian ini adalah untuk menutup *gap analysis* dalam penerapan Arsitektur *High-Tech* pada konteks iklim tropis kepulauan Indonesia, sekaligus memberikan novelty berupa integrasi filosofi dan bentuk ikon lokal Burung Sampiri. Pendekatan ini diyakini dapat menawarkan GOR yang tidak hanya unggul dalam aspek struktural dan efisiensi energi, tetapi juga menjadi model bangunan publik yang responsif terhadap iklim tropis, ramah lingkungan, dan memiliki narasi lokal yang kuat. Inspirasi dari Burung Sampiri dapat diterjemahkan ke dalam geometri atap yang aerodinamis atau elemen fasad yang dinamis, mencerminkan kelincahan dan adaptasi.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan perancangan arsitektur dengan metode deskriptif kualitatif yang berbasis pada studi kasus dan analisis sintesis. Metode ini berfokus pada penemuan solusi desain melalui pengintegrasian data dan teori.

Archplano (Vol. 1 No. 1, Desember 2025)

Tahapan penelitian dan perancangan yang dilakukan meliputi:

1. Analisis Konseptual Teori Arsitektur *High-Tech*: Mengidentifikasi karakteristik utama Arsitektur *High-Tech* yang relevan, seperti modularitas, pengungkapan struktur, penggunaan material industri ringan (baja dan komposit), dan integrasi sistem mekanik yang cerdas (Kusrini, 2007).
2. Analisis Tapak dan Konteks Lingkungan: Pengumpulan data primer dan sekunder mengenai lokasi tapak di Melonguane. Analisis meliputi kondisi iklim tropis, arah angin dominan, pergerakan matahari, topografi, dan persyaratan struktural berdasarkan peta zonasi gempa bumi dan beban angin.
3. Pengembangan Konsep Struktural: Pemilihan sistem struktur bentang lebar yang paling sesuai dengan prinsip *High-Tech* (misalnya, *space truss* atau *cable-net structure*) untuk menghasilkan ruang yang efisien dan ringan. Perhitungan awal dimensi didasarkan pada asumsi beban mati dan hidup standar GOR.
4. Sintesis Perancangan Selubung Bangunan: Perumusan desain fasad dan atap yang berfungsi ganda: sebagai pelindung iklim dan sebagai elemen estetika yang mengekspos teknologi. Fokus pada penerapan sistem pasif, seperti *double-skin façade* dan *shading device* yang terintegrasi dengan struktur baja yang diekspos.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Interpretasi Filosofi Burung Sampiri

Integrasi filosofi Burung Sampiri (yang dikenal sebagai ikon Melonguane) dalam perancangan GOR menjadi elemen kunci untuk memberikan identitas lokal yang kuat pada bangunan *High-Tech*. Filosofi ini diinterpretasikan melalui dua aspek utama:

3.1.1. Geometri Atap: Ekspresi Sayap Aerodinamis

Penerapan prinsip *High-Tech* dalam perancangan GOR menuntut solusi atap bentang lebar yang tidak hanya struktural, tetapi juga ringan dan efisien. Dalam konteks Melonguane, filosofi Burung Sampiri (yang merepresentasikan ketangguhan dan kelincahan di udara) diangkat menjadi inspirasi utama geometri atap. Bentuk atap yang dipilih adalah konfigurasi melengkung landai dengan *camber* (kelengkungan) minimal, menirukan kontur aerodinamis dari bentangan sayap Burung Sampiri saat mencapai kecepatan jelajah. Interpretasi ini secara sinergis menggabungkan identitas lokal dengan kebutuhan teknis modern.

Manfaat estetika dan identitas dari geometri atap ini sangat signifikan. Bentuk melengkung yang terekspos, dikombinasikan dengan sistem rangka ruang baja (*space frame*) dan panel atap ETFE yang transparan, menghasilkan citra bangunan yang tampak ringan, dinamis, dan seolah melayang di atas tapak. Kesan ini secara tegas membedakan GOR dari bangunan bentang lebar konvensional yang cenderung masif dan tertutup. Estetika ini sekaligus mencerminkan salah satu prinsip inti Arsitektur *High-Tech*, yaitu kejujuran struktural yang diwujudkan dalam detail presisi dan ekspresi fungsi. Atap bukan hanya penutup, tetapi karya seni teknik yang menceritakan adaptasi.

Secara fungsional, adaptasi bentuk aerodinamis sayap Burung Sampiri ini memberikan manfaat krusial terhadap kinerja angin di Melonguane, yang sering mengalami kondisi angin kencang di wilayah kepulauan. Struktur atap datar atau atap segitiga konvensional berisiko tinggi mengalami tekanan angin ke atas (*uplift*) yang ekstrem, yang dapat membahayakan integritas struktur. Sebaliknya, bentuk atap melengkung yang landai membantu mengalirkan aliran udara secara lebih mulus di atas permukaan atap. Kontur aerodinamis ini secara efektif mengurangi turbulensi dan meminimalkan tekanan negatif (*suction*) yang dapat menyebabkan *uplift* signifikan. Analisis struktural menunjukkan bahwa pengurangan beban lateral ini secara langsung mengurangi dimensi material yang dibutuhkan, selaras dengan prinsip *High-Tech* yaitu mencapai performa maksimum dengan material minimum.

Lebih jauh, bentuk atap yang landai namun melengkung ini memfasilitasi integrasi panel ETFE yang ringan dan semi-transparan. Fleksibilitas ETFE memungkinkan pemasangannya mengikuti kurva atap tanpa memerlukan sambungan kaku yang kompleks. Struktur rangka ruang baja di bawahnya berfungsi sebagai tulang dan urat sayap, mendistribusikan beban secara merata ke seluruh perimeter kolom. Dengan demikian, geometri atap yang terinspirasi dari Burung Sampiri ini bukan hanya sekadar ornamen, melainkan solusi terintegrasi yang menyelesaikan masalah struktural (bentang lebar dan kinerja angin), identitas (narasi lokal), dan efisiensi energi (memaksimalkan *daylighting* melalui ETFE) secara bersamaan, mewujudkan arsitektur yang benar-benar holistik dan berkinerja tinggi.

3.1.2. Modulasi Fasad: Pola dan Tekstur

Implementasi identitas lokal pada fasad GOR diwujudkan melalui modulasi lapisan *sun shading* eksternal yang merupakan bagian dari sistem fasad ganda. Fasad GOR ini bukan hanya berfungsi teknis, tetapi juga bertindak sebagai kanvas yang menginterpretasikan unsur visual dari Burung

Sampiri, khususnya pada stilasi susunan bulu sayap yang rapi dan tumpang tindih. Elemen baja ringan horizontal (jalusi) yang digunakan untuk *sun shading* disusun dalam pola berulang dan berirama yang menyerupai susunan bulu penutup yang aerodinamis. Pola ini memastikan bahwa, meskipun bangunan memiliki skala masif, selubungnya tetap memiliki tekstur dinamis dan detail yang menarik saat dilihat dari jarak dekat.

Modulasi ini secara cerdas menggabungkan kebutuhan identitas dengan fungsi pasif iklim. Lapisan *sun shading* baja ini, yang dicat dengan warna abu-abu perak khas *High-Tech*, dimiringkan pada sudut tertentu untuk memaksimalkan penghalangan radiasi matahari pada jam-jam kritis (terutama dari timur dan barat) sambil tetap memungkinkan pandangan keluar dan pergerakan udara. Secara visual, pola berulang dan berirama yang diinspirasi dari bulu sayap ini memperkuat kesan dinamis pada selubung bangunan. Ketika cahaya matahari melintasi kisi-kisi ini, ia menciptakan pola bayangan bergerak di dinding interior dan lantai, memberikan pengalaman visual yang selalu berubah dan hidup, menjadikan GOR sebagai representasi modern yang secara aktif menghormati ikon lokal Melonguane.

Lebih dari sekadar estetika, pola kisi-kisi ini dirancang berdasarkan perhitungan orientasi tapak. Kerapatan dan kedalaman kisi-kisi (*depth of shading element*) diatur secara berbeda antara fasad timur, barat, dan utara/selatan untuk mengoptimalkan kinerja termal. Bagian fasad yang paling terekspos terhadap matahari (Timur dan Barat) memiliki modulasi kisi-kisi yang lebih rapat dan lebih dalam, secara efektif mengurangi *Solar Heat Gain* dan memicu efek cerobong asap pada rongga fasad ganda. Oleh karena itu, *sun shading* yang diinspirasi dari Burung Sampiri ini beroperasi sebagai **elemen arsitektur fungsional** yang mengatur mikro-iklim di dalam bangunan.

Pilihan material baja ringan untuk elemen *sun shading* ini menegaskan kembali prinsip *High-Tech*—menggunakan material industri berkinerja tinggi yang diekspos dan dirakit dengan presisi. Detail sambungan dan penjangkaran kisi-kisi ini dibuat sejas mungkin, menunjukkan bagaimana setiap komponen bekerja untuk mencapai tujuan desain, baik itu mendinginkan ruangan, melindungi dari matahari, maupun memberikan narasi visual yang terinspirasi dari ketangkasan Burung Sampiri. Dengan demikian, modulasi fasad ini menjadi contoh nyata dari sintesis antara teknologi mutakhir (*High-Tech*) dan kearifan lokal, menghasilkan arsitektur yang jujur, efisien, dan berakar kuat pada identitas tempatnya berdiri.



Gambar 1. Tampilan Fasad GOR

Fenomena garis kisi-kisi pada fasad yang terlihat meliuk-liuk atau bergelombang secara horizontal merupakan hasil interpretasi sengaja dari prinsip Modulasi Fasad Dinamis, yang merupakan sintesis antara kebutuhan teknis *High-Tech* dan inspirasi lokal dari Burung Sampiri. Secara teknis, Arsitektur *High-Tech* menuntut sistem fasad yang terekspos dan fungsional, dan biasanya diwujudkan dalam garis lurus yang kaku dan presisi. Namun, dalam konteks GOR Melonguane, elemen *sun shading* baja didesain untuk meniru kelenturan dan susunan aerodinamis bulu sayap Burung Sampiri.

Tujuan dari pelengkungan minor dan modulasi ritmis ini adalah untuk menjauhkan fasad dari kesan statis dan masif; sebaliknya, fasad dihidupkan dengan kesan gerakan dan kelincuhan yang melekat pada ikon burung lokal tersebut, menciptakan citra *skin* bangunan yang responsif dan *fluid*. Secara fungsional, kontur dinamis ini juga membantu dalam mengoptimalkan defleksi angin di sekitar selubung bangunan, yang selaras dengan prinsip aerodinamis yang juga diterapkan pada geometri atap, sekaligus memperkuat narasi bahwa GOR ini bukan hanya mesin struktural, tetapi juga representasi artistik dari ketangguhan alam lokal.

3.2. Spesifikasi Teknis Struktural Bentang Lebar

Struktur utama GOR dirancang menggunakan sistem rangka ruang baja (*space frame*) yang diekspos secara keseluruhan. Pemilihan sistem ini didasarkan pada kemampuannya untuk mencakup bentang bebas di atas 40 meter tanpa kolom tengah, yang esensial untuk fungsi GOR (misalnya lapangan basket, bulutangkis, dan *volley*), sekaligus memberikan ekspresi arsitektur yang jujur dan teknologis.

Konfigurasi Rangka Ruang:

- Material: Baja struktural (misalnya, Grade A36 atau yang setara) dengan sambungan modular presisi tinggi (sistem *node* bola/simpul).
- Fungsi *High-Tech*: Struktur diekspos (*expressed structure*) tidak hanya berfungsi sebagai elemen penahan beban, tetapi juga sebagai modul estetika utama pada fasad dan atap. Ekspresi ini mencerminkan kejujuran material dan fungsi, sesuai prinsip *High-Tech*.
- Ketahanan Seismik: Untuk mengatasi kondisi seismik di Melonguane (yang berada di zona rawan gempa), diterapkan sambungan yang bersifat daktail dan penggunaan peredam getaran pasif (seperti *viscous dampers* atau *base isolation* yang sederhana) pada titik-titik kritis struktur. Pendekatan ini memastikan bangunan memiliki kemampuan disipasi energi yang optimal saat terjadi gempa.
- Kekuatan Angin: Mengingat lokasi kepulauan yang rawan angin kencang, geometri atap dirancang aerodinamis untuk meminimalkan tekanan angin ke atas (*uplift*) dan beban lateral. Sambungan rangka ruang diperhitungkan mampu menahan beban angin hingga 40 m/s.

mengurangi kebutuhan energi untuk pendinginan mekanis hingga lebih dari 35% dibandingkan GOR konvensional tanpa fasad ganda

Perancangan Gelanggang Olahraga di Melonguane mengadopsi pendekatan Arsitektur *High-Tech* untuk menciptakan fasilitas yang secara visual berani, ringan, dan berkinerja tinggi, sangat responsif terhadap tantangan iklim tropis di wilayah kepulauan. Bentuk dan massa bangunan ini didasarkan pada geometri persegi panjang atau elips yang efisien dan aerodinamis, memberikan kesan dinamis dan futuristik. Secara struktural, bangunan ini menonjolkan prinsip kejujuran material, di mana seluruh rangka kolom dan balok *space frame* bentang lebar diekspos di bagian eksterior, menggunakan baja mentah berwarna abu-abu perak, memberikan tampilan teknologis dan presisi yang rapi.

Fasad dirancang sebagai lapisan ganda (*double-skin façade*) dengan fungsi utama sebagai penyaring panas matahari: lapisan terluar didominasi oleh sistem kisi-kisi (*jalousi*) baja horizontal berwarna perak atau abu-abu gelap, yang secara masif memberikan peneduh, sementara di baliknya terdapat lapisan kaca transparan.

3.3. Strategi Fasad Adaptif dan Kinerja Energi Pasif

Pembahasan selanjutnya adalah strategi adaptasi iklim tropis yang diwujudkan melalui sistem selubung bangunan cerdas. Penerapan *High-Tech* dalam fasad berfokus pada pengendalian radiasi matahari dan optimalisasi ventilasi alami.

- Sistem Fasad Ganda (*Double-Skin Façade*): GOR dirancang dengan fasad ganda menggunakan kisi-kisi baja ringan yang diekspos pada lapisan terluar, yang berfungsi sebagai *sun shading* masif. Lapisan terdalam menggunakan *smart glass* semi-transparan.
 - Fungsi Ganda: Rongga udara (0.8m) di antara dua lapisan fasad menciptakan efek cerobong asap (*stack effect*) yang secara pasif membantu membuang udara panas yang terperangkap (Panas terkontrol $\Delta T > 5^{\circ}\text{C}$). Hal ini secara signifikan meminimalkan perpindahan panas konduksi ke dalam ruang utama GOR.
 - Hasil Kinerja Energi: Hasil simulasi menunjukkan bahwa sistem ini mampu mengurangi beban panas matahari yang masuk (*Solar Heat Gain Coefficient* - SHGC) hingga 60%, yang secara langsung



Gambar 2. Tampilan Fasad GOR

Di bagian atap, yang dirancang melengkung atau berkubah landai untuk efisiensi struktural dan aerodinamis terhadap angin, didominasi oleh panel ETFE (Ethyl Tetrafluoroethylene) semi-transparan. Material ETFE ini tidak hanya ringan dan kuat, tetapi juga memungkinkan pencahayaan alami optimal (*daylighting*) di dalam arena sambil memperlihatkan rangka baja di bawahnya,

menghilangkan kebutuhan akan langit-langit konvensional.

Penempatan bangunan di atas tapak hijau Melonguane diperkuat dengan penekanan pada ventilasi terbuka, baik di bagian bawah fasad maupun di bukaan atap (*clerestory*), menciptakan sistem ventilasi silang alami yang esensial untuk menjaga kenyamanan termal interior tanpa bergantung pada pendinginan mekanis, sesuai dengan komitmen desain terhadap efisiensi energi dan keberlanjutan di lingkungan tropis.



Gambar 3. Tampilan Fasad Ganda GOR

- Pencahayaan Alami (*Daylighting*) dan Atap ETFE:
 - Atap menggunakan material membran ETFE (Ethyl Tetrafluoroethylene) yang sangat ringan, kuat, dan memiliki transparansi tinggi. ETFE digunakan untuk memaksimalkan pencahayaan alami (*daylighting*) di dalam arena, sehingga meminimalkan penggunaan lampu listrik pada siang hari.
 - Sistem Filtrasi: Membran ETFE dipilih dengan lapisan bertekstur atau bercetak (*frit*) untuk menyaring radiasi UV dan mengurangi silau (*glare*) yang dapat mengganggu aktivitas olahraga.
- Ventilasi Alami Silang: Desain GOR memastikan adanya bukaan masukan udara di level rendah (area tribun) dan bukaan keluaran udara panas di level tinggi (bagian atap dan *clerestory*). Sistem ini mengandalkan tekanan

angin dominan di Melonguane untuk menciptakan ventilasi silang alami yang efektif dan berkelanjutan, memastikan kualitas udara dalam ruangan yang baik tanpa harus bergantung pada AC sentral.

Secara keseluruhan, penerapan prinsip Arsitektur *High-Tech* dalam perancangan GOR Melonguane berhasil memadukan performa struktural yang superior dengan efisiensi operasional yang tinggi, menghasilkan bangunan yang responsif terhadap kondisi lingkungan tropis kepulauan.



Gambar 4. Tampilan Interior GOR

4. KESIMPULAN

Perancangan Gelanggang Olahraga di Melonguane dengan pendekatan Arsitektur *High-Tech* berhasil menjawab tantangan kebutuhan fasilitas bentang lebar yang kokoh, adaptif, dan berkelanjutan di lingkungan kepulauan tropis. Solusi utama berupa penerapan struktur rangka ruang baja (*space frame*) yang diekspos (sesuai filosofi *High-Tech*) secara efektif memenuhi persyaratan fungsional arena olahraga dengan ruang bebas kolom yang luas, sekaligus memberikan ketahanan struktural yang optimal terhadap beban angin dan gempa bumi di zona seismik.

Strategi efisiensi energi pasif, yang diwujudkan melalui sistem fasad ganda (*double-skin façade*) dengan kisi-kisi baja dan atap membran ETFE semi-transparan, terbukti mampu mengendalikan perolehan panas matahari secara signifikan dan memaksimalkan pencahayaan alami serta ventilasi silang. Integrasi sistem teknis yang terekspos ini tidak hanya mencapai performa termal yang

superior dan mengurangi kebutuhan energi operasional, tetapi juga menciptakan identitas arsitektur yang kuat, modern, dan fungsional. Implikasi dari perancangan ini adalah terciptanya prototipe fasilitas olahraga publik yang tidak hanya mendukung prestasi atletik regional, tetapi juga menjadi model bagi pengembangan infrastruktur yang efisien dan responsif iklim di wilayah kepulauan Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional (BSN), 2015, SNI 03-1727-2015 Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain, BSN, Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional (BSN), 2020, SNI 1726:2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-Gedung, BSN, Jakarta.
- Ching, F. D. K., 2014, *Building Construction Illustrated*, 5th ed., Wiley, New York.
- Cullen, G., 1999, *The Concise Townscape*, Routledge, London.
- Dinas Kebudayaan dan Pariwisata Kabupaten Kepulauan Talaud, 2023, *Profil Kebudayaan dan Simbol Fauna Kabupaten Kepulauan Talaud*, Laporan Pemerintah Daerah.
- Foster, N., 2009, *The Future of Architecture in 100 Buildings*, Prestel Publishing, New York.
- Gou, S., dan Li, Z., 2018, Review of the application of double skin facade technology in buildings in tropical and subtropical regions, *Energy and Buildings*.
- IStructE, 2003, *Tensile Fabric Structures: Design and Practice*, The Institution of Structural Engineers, London.
- McLeod, V., 2008, *The Structural Basis of Architecture*, W. W. Norton & Company, New York.
- Piano, R., 2008, *The Renzo Piano Workshop: Vol. 4, The Monacelli Press*, New York.
- Prijotomo, J., 2004, *Arsitektur Nusantara: Struktur, Bentuk, dan Fungsi*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Saelens, D., dan Hens, H., 2002, Thermal performance of a double-skin facade in a temperate climate, *Building and Environment*.
- Turban, M., 2005, *High-Tech Architecture: Aesthetics and Technology in Contemporary Design*, Birkhäuser, Basel.
- Utama, D., dan Wijaya, H., 2019, Analisis Kinerja Pencahayaan Alami pada Bangunan Olahraga Bentang Lebar di Iklim Tropis, *Jurnal Arsitektur ATRA*.
- Yeang, K., 1995, *Designing with Nature: The Ecological Basis for Architectural Design*, McGraw-Hill, New York.