

# **APLIKASI KENYAMANAN TERMAL PADA BANGUNAN ARSITEKTUR BIOMIMIKRI UNTUK Mendukung Efisiensi Energi (Studi Kasus bangunan Watercube dan Eastgate Centre)**

**Riri Chairiyah**

Jurusan Pascasarjana Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada,  
Jalan Grafika no.2 Sleman, Yogyakarta  
Email: [riri.chairiyah.17@gmail.com](mailto:riri.chairiyah.17@gmail.com)

## **Abstrak**

Kenyamanan Termal merupakan salah satu cara yang sering dilakukan oleh Arsitek untuk mengkondisikan kenyamanan di dalam bangunan. Kenyamanan termal yang sering digunakan di Indonesia adalah untuk menciptakan hunian yang dingin dan sejuk (*passive cooling*), sejatinya Kenyamanan termal tidak hanya dapat dimanfaatkan untuk pendinginan tetapi untuk menciptakan suhu yang sesuai dengan aktifitas di dalam bangunan. Alam memiliki kemampuan menyesuaikan kondisi di lingkungan yang dia tempati secara efisien dan efektif. Sehingga alam sering digunakan sebagai solusi untuk memecahkan berbagai permasalahan manusia, salah satu solusi yang dapat ditawarkan alam adalah menyelesaikan permasalahan kenyamanan termal di dalam bangunan. Biomimikri menjadi salah satu alat yang digunakan arsitek untuk menerapkan Inspirasi alam terhadap bangunan. Tulisan ini membahas dua contoh kasus Arsitektur Biomimikri dengan menggunakan pendekatan kualitatif studi kasus. Kasus arsitektur Biomimikri yang digunakan adalah bangunan Watercube dan bangunan *Eastgate Centre*. Bangunan ini dipilih karena mewakili level/tingkatan Arsitektur Biomimikri yang berbeda yaitu level Biomimikri bentuk dan proses. Kesimpulan dari penelitian adalah peran Alam terhadap inspirasi solusi Kenyamanan termal Bangunan yang diaplikasikan pada bentuk desain bukaan, pemilihan material, pengaturan fungsi bangunan dan sistem sirkulasi udara pada Arsitektur Biomimikri Level Bentuk dan Arsitektur Level Proses untuk mendukung efisiensi energi.

**Kata kunci:** Kenyamanan termal, Inspirasi Alam, Arsitektur Biomimikri, Efisiensi Energi

## ***Abstract***

***Title: Application of Thermal Comfort in Architecture Biomimicry to Support Energy Efficiency***

*Thermal Comfort is one way that is often done by Architects to condition comfort in the building. Thermal Comfort is often used in Indonesia to have fresh air in The Building (passive cooling). Actually, Thermal Comfort not only can be used for having cool air but for creating a thermal suitabled with the activities in the building. Nature has the ability to adjust the conditions in the environment that he occupies efficiently and effectively. Once nature is often used as a solution to solve various human problems, one solution that nature can offer is solving the problem of Thermal Comfort in the building. Biomimicry becomes one of the tools that can be used to apply nature inspiration to building. This paper discusses two examples of cases in Biomimicry Architecture using content analysis methods. Two Cases of architecture Biomimicry used are The Watercube and The Eastgate Center. Buildings are chosen because it represents the different level in Biomimicry Architecture - Biomimicry Level Form and Biomimicry Level Process to support energy efficient in Building.*

***Keywords:*** Thermal Comfort, Architecture Biomimicry, Nature Inspired, Energy Efficient

## Pendahuluan

Alam telah menjadi guru manusia sejak dahulu kala. Seperti yang disebutkan oleh Benyus (1997), selama 3.8 juta tahun makhluk hidup telah mengalami berbagai proses evolusi hingga dapat bertahan sampai sekarang. Manusia telah mempelajari desain alam untuk menemukan solusi bagi permasalahan manusia sejak dahulu kala seperti manusia belajar mendirikan rumah dengan meniru bagaimana burung membuat sarang.

Saat ini, penggunaan alam sebagai solusi mengatasi permasalahan manusia semakin intensif digunakan khususnya disebabkan kondisi bumi yang semakin tua, sumber daya alam semakin terbatas dan lingkungan yang semakin rusak. Sehingga didukung perkembangan teknologi dan ilmu manusia, peneliti dan ilmuwan mulai berlomba untuk menciptakan penemuan yang inovatif salah satunya dengan mempelajari bentuk, proses dan sistem alam.

Perkembangan ini dapat juga diterapkan pada ilmu perancangan bangunan. Arsitek sebagai cabang ilmu yang berperan dalam terciptanya bangunan yang layak untuk manusia selalu membutuhkan solusi baru untuk meningkatkan taraf hidup manusia. Kenyamanan termal dalam ruangan menjadi faktor yang penting apakah suatu bangunan layak digunakan.

Prinsip kenyamanan termal banyak dilakukan oleh alam, tanpa lingkungan yang nyaman elemen alam khususnya makhluk hidup tidak akan dapat bertahan hidup. Dalam melakukan penyesuaian dengan lingkungan dia tinggal, elemen alam tidak sama seperti manusia yang cenderung melakukan perubahan kondisi lingkungannya sehingga menyesuaikan keinginan

manusia. Elemen alam bertindak harmonis dengan sekitarnya, salah satunya terhadap cuaca lingkungan. Yang diperkuat oleh pendapat Mazzoleni (2013) yaitu alam menawarkan solusi yang berpotensi untuk harmoni dengan lingkungan sekitarnya dibanding mengeksploitasi yang ada disekitarnya.

Berbagai karya elemen alam seperti tempat tinggal makhluk hidup telah disesuaikan rancangannya mengikuti kondisi lingkungan dan sumber daya yang ada disekitarnya. Prinsip alam yang dapat menghasilkan sesuatu yang optimal dengan menggunakan sumber daya secukupnya sesuai dengan kebutuhan, membuat alam memiliki efisiensi dan efektifitas kinerja yang baik.

*“Nature optimizes rather than maximizes”* (Sue L.T.,2013)

Prinsip hidup di alam tersebut yang dapat dipelajari dan diterapkan arsitek ke dalam karya bangunan, khususnya untuk menciptakan bangunan yang berkelanjutan serta harmonis dengan alam.

## Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif dengan metode penelitian Studi Kasus. Studi kasus menurut Creswell (2013) adalah metode untuk memahami suatu persoalan atau kasus tertentu dengan melakukan pengumpulan data dari berbagai sumber informasi yang terpercaya dan dianalisis secara menyeluruh. Penelitian ini menggunakan kasus bangunan *Watercube* dan *Eastgate Centre* yang dipilih karena dapat mewakili Biomimikri level bentuk dan

Biomimikri level proses. Bangunan tersebut juga merupakan bangunan dengan jumlah bangunan kurang dari tiga massa sehingga memudahkan mempelajari kasus. Kasus penelitian juga dipilih berdasarkan kelengkapan data terkait tujuan penelitian dibanding kasus Arsitektur Biomimikri yang lain.

Penelitian dimulai dengan melakukan pengumpulan data terkait *background knowledge* (kenyamanan termal, alam, biomimikri) serta data terkait kasus penelitian (Watercube dan Eastgate Centre) yang berupa literatur tertulis, gambar, foto dan video. Data dipilih berdasarkan kevalidan sumber data serta dapat mendukung pemahaman yang mendalam berdasarkan tujuan penelitian ini.

Data *Background Knowledge* digunakan untuk memahami ruang lingkup kenyamanan termal khususnya faktor kenyamanan termal dalam aplikasi bangunan serta penerapan/aplikasi inspirasi alam dalam Arsitektur Biomimikri. Data Kasus Penelitian digunakan untuk memahami secara rinci dan mendalam penerapan sistem kenyamanan termal dalam bangunan Arsitektur Biomimikri. Hasil penelitian dijelaskan dalam bentuk deskripsi yang menjawab tujuan penelitian ini.

## KAJIAN TEORI

### *Kenyamanan termal*

Kenyamanan termal merupakan kondisi lingkungan dimana manusia mencapai perasaan puas terhadap lingkungan dia berada. Menurut Snyder (1989), Kenyamanan termal merupakan keadaan yang terkait erat dengan lingkungan, dimana lingkungan dapat mempengaruhi kondisi psikis manusia dan keadaan tersebut dapat dikendalikan dengan

mengendalikan arsitektur. Pengendalian terhadap arsitektur diperlukan untuk menciptakan lingkungan buatan yang tepat, untuk menghasilkan kondisi lingkungan yang sesuai dengan aktifitas manusia. Kenyamanan termal memiliki berbagai macam faktor yang mempengaruhi terciptanya kepuasan manusia seperti suhu lingkungan, radiasi matahari, kelembaban udara, kecepatan angin, pakaian dan aktifitas (ASHRAE 55,1992). Sementara menurut Georg Lippsmeier (1997) kenyamanan termal dapat dipengaruhi oleh radiasi matahari, pantulan dan penyerapan, temperatur, kelembaban udara dan gerakan udara. Faktor kenyamanan termal selain pakaian dan aktifitas manusia dapat direkayasa dengan mendesain bangunan yang baik.

Adapun menurut Latifa N.L., Harry Perdana, Agung Prasetya dan Oswald P.M Siahaan (2013), pengelolaan kenyamanan termal dari segi arsitektural dapat dilakukan dengan cara memperhatikan desain bangunan yang tepat, desain bukaan, kondisi pengaruh luar/lingkungan sekitar bangunan, dan mengatur radiasi matahari yang datang. **Desain bangunan** memperhatikan aspek orientasi bangunan terhadap matahari dan laju angin, dimensi dan bentuk bangunan, susunan massa bangunan, material bangunan, hingga tipe konstruksi bangunan. Aspek desain bangunan tersebut akan mempengaruhi faktor kenyamanan termal berupa radiasi matahari, kecepatan angin, suhu dan kelembapan udara. **Desain Bukaan** secara arsitektural memperhatikan bentuk dan dimensi bukaan, letak/posisi bukaan pada bangunan, tipe dan material penutup bukaan. Desain bukaan cenderung mempengaruhi sirkulasi udara dan kelembapan dalam bangunan.

**Pelindung terhadap radiasi matahari** merupakan elemen tambahan yang digunakan sebagai pelindung bangunan atau bukaan dari radiasi matahari. Aspek yang diperhatikan dari pelindung radiasi matahari seperti bentuk dari *Solar Shading* yang digunakan dan material. Pengelolaan kondisi termal tersebut tidak hanya dapat digunakan untuk menciptakan suhu udara yang dingin, tetapi dapat menjadi pertimbangan arsitek untuk menciptakan kondisi bangunan yang sesuai dengan aktifitas manusia di dalamnya.

### **Nature**

*Nature* berasal dari kata Latin yaitu *Natura* yang secara epistemologi diartikan sebagai sesuatu yang lahir (*birth*) sedangkan dalam Bahasa Indonesia *nature* berarti alam yang mirip dengan kata "*physis*" dalam Bahasa Yunani Kuno sebagai elemen sistem yang ada dan tumbuh. Definisi *nature* dalam kamus Oxford memiliki berbagai macam arti salah satunya yang diacu dalam penelitian ini adalah sebuah kumpulan fenomena bumi, termasuk tanaman, hewan, lansekap dan berbagai elemen lainnya yang merupakan produk bumi, sebagai sesuatu yang tidak diciptakan oleh manusia. Dalam kamus Cambridge pengertian *nature* sejalan dengan kamus Oxford dengan menambahkan penjelasan terkait segala elemen, tekanan dan proses yang terjadi tanpa bantuan manusia contoh seperti cuaca, laut, gunung dan kembang biak dan perkembangan tanaman dan hewan. Sehingga dapat disimpulkan pengertian *nature* disini mengacu kepada segala materi hidup dan tidak hidup yang terdapat di bumi dan terbebas dari buatan dan aktifitas manusia.

*Nature* dalam penggunaannya di Biomimikri dapat terkait dalam tiga hal yaitu sebagai Model, Alat Ukur (*Measure*) dan Mentor (guru). Model karena dengan *nature* memiliki geometri dan bentuk yang estetis/indah, alat ukur sebagai standar terhadap lingkungan buatan manusia yang ekologis dan mentor menjadikan *nature* sebagai guru yang dapat diambil pelajarannya untuk sumber inspirasi menyelesaikan permasalahan manusia.

### **Prinsip Nature**

Menurut Benyus (2002) *nature* memiliki sembilan prinsip hidup yang digunakan untuk mempelajari alam. Sembilan prinsip tersebut yaitu :

Pertama, *Nature* mengutamakan kerjasama. *Nature* tidak bekerja secara individual. *Nature* menciptakan hubungan simbiosis antara satu sama lain. Ekosistem *nature* membentuk hubungan yang kompleks satu sama lain, yang mana hubungan tersebut dapat berupa ketergantungan atau sebuah persaingan.

Kedua, Bentuk *Nature* senantiasa menyesuaikan fungsi. *Nature* bekerja secara efisien, yang mana *nature* tidak membuat sesuatu yang berlebihan mereka senantiasa menyesuaikan fungsi dari mereka diciptakan dan tidak membuang-buang energy atau menurut Sue L.T. (2013) "*Nature optimizes rather than maximizes*". Sejalan dengan pemikiran Sue L.T., Macnab (2012) mengungkapkan pandangan terkait bentuk yang efisien yang dapat dipelajari dari alam, alam menawarkan pemikiran untuk memiliki konektivitas dengan setiap desain bentuk yang ditawarkan, sehingga desain tidak keluar dari jalur tujuan dibentuknya.

Ketiga, *Nature* merupakan kumpulan dari keberagaman sehingga *nature* menciptakan berbagai variasi yang memberikan berbagai kemungkinan *nature* untuk dapat memberikan solusi terbaik dalam sistem yang bekerja diberbagai situasi dan kondisi lingkungan. “*This creates a sequence of locally refined solutions and network of connections that allow for adaptation to occur over time within each element of the community or ecosystem*” (Mazzoleni, 2013). Hal ini terkait dengan proses evolusi yang dilakukan oleh *nature*, dimana elemen alam yang tidak mampu beradaptasi akan tereliminasi. Sehingga *nature* bersifat dinamis, fleksibel dan adaptif terhadap lingkungan.

Keempat, *Nature* bersifat mendaur ulang. Dalam prinsip hidup dari *nature* tidak ada yang bersifat terbuang atau sia-sia. “*Waste is one of the major causes of resource depletion and only truly happens when we interrupt natural cycles*” (Mazzoleni, 2013). Segala sesuatu dari *nature* tidak ada yang bersifat sampah, semua dapat dimanfaatkan, meskipun tidak dimanfaatkan oleh elemen itu sendiri, tetapi karena hidup yang bersimbiosis tersebut hasil dari proses alam dapat bermanfaat untuk elemen *nature* yang lain. Seperti pohon yang mati menjadi tempat hidup yang baik untuk jamur, dan semakin lama terurai lalu berubah menjadi salah satu unsur hara di dalam tanah. Siklus hidup *nature* selalu membentuk keterkaitan satu sama lain.

Kelima, *Nature* bergantung pada elemen lokal disekitarnya. *Nature* tidak seperti kegiatan manusia sekarang yang banyak mengimpor dari luar daerahnya karena lingkungan sekitarnya tidak dapat memenuhi kebutuhan hidup manusia tersebut. *Nature* bersikap memenuhi segala

kebutuhan mereka dengan yang ada disekitarnya, sehingga menciptakan suasana kebergantungan dengan elemen disekelilingnya. Jika sumber daya yang ada disekitarnya tidak memungkinkan *nature* untuk melakukan perkembangan maka *nature* tidak akan berubah (Macnab, 2012)

Keenam, *Nature* membatasi diri dari dalam. *Nature* melakukan penyesuaian kebutuhan dalam dirinya dengan yang ada disekitarnya. “*Nature offers additional insights for Architecture in its ability to act locally but with an indirect ability to have global influence*”(Mazzoleni, 2013). Prinsip *nature* ini memperlihatkan bernilainya *nature* sebagai individu yang akan mempengaruhi lingkungan yang jauh lebih besar. Hal ini dilakukan *nature* untuk mempertahankan nilai keseimbangan yang ada di bumi.

Ketujuh, *Nature* mengupayakan segala sesuatu hingga batas kemampuannya dan tidak melebihinya. Hal ini menjadikan *nature* dapat mengupayakan fungsi yang optimal dengan memanfaatkan keterbatasan lingkungannya.

Kedelapan, Berkaitan dengan prinsip *nature* selanjutnya yaitu *Nature* hanya menggunakan energi yang dibutuhkan untuk menjalankan fungsinya dengan optimal. Yang diperkuat oleh pendapat Mazzoleni (2013) yaitu *nature* menawarkan solusi yang berpotensi untuk harmoni dengan lingkungan sekitarnya dibanding mengeksploitasi yang ada disekitarnya. Selain itu energi tersebut digunakan *nature* untuk beradaptasi terhadap lingkungan sekitarnya sejumlah yang dibutuhkan elemen *nature* tersebut.

Kesembilan, Terakhir dari prinsip *nature* yang disebutkan, Energi kehidupan yang digunakan *nature* bergantung pada matahari.



Keseluruhan elemen di alam bergantung pada matahari sebagai sumber energi baik langsung maupun tidak langsung, mulai dari proses fotosintesis di daun hingga menguapnya air di laut menjadi awan membutuhkan energi matahari.

### ***Biomimikri***

Biomimikri secara istilah terdiri dari dua gabungan kata dari bahasa Yunani, yaitu *Bios* yang berarti makhluk hidup dan *mimesis* yang berarti mengimitasi. Sehingga Biomimikri dapat diartikan sebagai usaha untuk melakukan imitasi atau meniru benda dan makhluk hidup yang ada di alam. Terdapat berbagai pengertian yang dilakukan ilmuwan dan peneliti, yang mencoba mengartikan makna dari Biomimikri seperti Benyus (1997) menyebutkan bahwa Biomimikri merupakan teori yang menginterpretasikan *nature* sebagai sebuah model, mentor dan alat ukur dalam hal acuan mendesain atau menarik ilmu dari alam. Sejalan dengan yang dikatakan Benyus, Rajshekhar Rao (2014) juga mengartikan Biomimikri merupakan ilmu yang sangat baik untuk melakukan peniruan desain dan proses sebagai sumber informasi dalam penyelesaian masalah manusia.

Selain melakukan peniruan dengan elemen yang ada di alam, Biomimikri juga seringkali diartikan sebagai salah satu ilmu yang mendukung prinsip berkelanjutan, ekologi, dan lingkungan terbangun, hal ini terlihat dari definisi Biomimikri yang disebutkan Biomimicry Europe (2008) yang mengartikan Biomimikri sebagai proses inovasi dengan mengambil ide, konsep dan strategi dari *living world* yang digunakan manusia dalam berbagai aplikasi desain guna mendukung prinsip keberlanjutan dan

menurut penelitian yang dilakukan oleh Maibritt Pedersen Zari (2010) menyimpulkan bahwa Biomimikri sebagai cara untuk mengambil, mentransfer dan mengolah inspirasi dari alam ke sebuah desain yang banyak menawarkan berbagai inovasi dengan menciptakan lingkungan yang lebih berkelanjutan khususnya terkait lingkungan binaan atau bangunan, serta strategi desain yang ditawarkan tersebut juga dapat dimanfaatkan dan beradaptasi sesuai dengan perubahan iklim lingkungan dimana bangunan tersebut berada.

### ***Kategori Biomimikri***

Kategori dalam dunia Biomimikri dikelompokkan berdasarkan tingkat kedalaman yang digunakan oleh peneliti untuk melihat atau mengambil inspirasi dari alam yang diaplikasikan dalam sebuah desain. Kategori yang dikenalkan secara luas adalah kategori dari Benyus yang menggunakan pendekatan Desain Spiral. Kategori ini menjadi acuan Biomimicry Institute untuk memperkenalkan Biomimikri secara luas. Kategori tersebut membagi tingkat kedalaman menjadi tiga kategori yaitu Biomimikri Bentuk, Biomimikri Proses dan Biomimikri Sistem.

**Level Biomimikri Bentuk** yaitu meniru bentuk dan tampilan alam mulai dari bentukan yang paling mikro hingga bentukan yang lebih besar yang dapat dilihat oleh mata tanpa bantuan alat khusus. Meniru bentukan alam untuk mendukung keberlanjutan dipercaya sebagian peneliti karena alam telah mengalami proses adaptasi yang cukup panjang dalam menghadapi lingkungan dimana ia tinggal. Sehingga proses adaptasi ini membuat sebagian elemen alam untuk

berevolusi menyesuaikan perubahan lingkungan. Evolusi ini memberikan bentukan alam yang telah mampu menghadapi berbagai keadaan lingkungan dan iklim dengan cara dan model yang khusus.

**Level Biomimikri Proses** yaitu meniru dengan melihat bagaimana fungsi berjalannya elemen yang ada di *nature* atau kebiasaan dan perilaku dari materi/organisme yang ada di *nature* yang dimaksudkan untuk tujuan tertentu sebagai respon dari lingkungan sekitar.

**Level Biomimikri Sistem** meniru dengan cara melihat hubungan yang terjadi antara berbagai bentuk dan proses yang membentuk siklus kehidupan, sehingga di level ini upaya yang dilakukan lebih kompleks karena tidak hanya melihat bagian yang spesifik seperti bentuk atau proses, tetapi interaksi antar elemen yang membentuk ekosistem.

Dari ketiga kategori di atas hanya dua yang digunakan dalam penelitian ini untuk memilih kasus penelitian yaitu Level Biomimikri Bentuk dan Level Biomimikri Proses. Level tersebut yang digunakan karena pendekatan Biomimikri dapat digunakan pada bangunan dengan bentuk yang tidak kompleks sehingga memudahkan penerjemahan aplikasi Kenyamanan termal pada bangunan.

**Aplikasi Arsitektur Biomimikri**

Aplikasi Biomimikri dalam dunia arsitektur menurut Zari (2007) dapat diwujudkan dalam bentuk (bentuk apa yang menjadi ide dari desain bangunan), material (dibuat dari apa bangunan tersebut), konstruksi (bagaimana cara bangunan tersebut dibuat), proses (bagaimana bangunan

tersebut bekerja) dan fungsi (apa yang dapat dilakukan oleh bangunan tersebut). Aplikasi Arsitektur Biomimikri dalam mendukung keberlanjutan dapat diterapkan di setiap level biomimikri. Sehingga dengan sistematika tersebut memudahkan arsitek dalam mendefinisikan dan mengaplikasikan inspirasi alam yang digunakan pada bangunan.

**Aplikasi Kenyamanan termal pada Arsitektur Biomimikri**

Aplikasi Kenyamanan Termal pada bangunan dengan Arsitektur Biomimikri memadukan bentuk aplikasi yang dimiliki oleh kenyamanan termal dalam arsitektur yaitu memperhatikan desain bangunan yang tepat, desain bukaan, kondisi pengaruh luar/lingkungan sekitar bangunan, dan mengatur radiasi matahari yang datang (Latifa N.L. et al., 2013) dan bentuk aplikasi biomimikri dalam arsitektur yaitu bentuk, material, konstruksi, proses dan fungsi. Adapun karena faktor pengelolaan kondisi pengaruh luar tidak berkaitan langsung dengan bangunan secara arsitektural maka faktor yang digunakan hanya desain bangunan, desain bukaan dan penanganan radiasi matahari.

**Tabel 1. Aplikasi Kenyamanan Termal pada Arsitektur Biomimikri**

No	Faktor Kenyamanan Termal dalam Arsitektur (Latifa N.L.,dkk.,2013)	Aplikasi Biomimikri dalam Arsitektur (Zari, 2007)
1	Desain Bangunan	<input type="checkbox"/> Bentuk
		<input type="checkbox"/> Material
		<input type="checkbox"/> Konstruksi
		<input type="checkbox"/> Proses
		<input type="checkbox"/> Fungsi

2	Desain Bukaan	<input type="checkbox"/> Bentuk
		<input type="checkbox"/> Material
		<input type="checkbox"/> Konstruksi
		<input type="checkbox"/> Proses
		<input type="checkbox"/> Fungsi
3	Penanganan Radiasi Matahari	<input type="checkbox"/> Bentuk
		<input type="checkbox"/> Material
		<input type="checkbox"/> Konstruksi
		<input type="checkbox"/> Proses
		<input type="checkbox"/> Fungsi

Sumber : analisa penulis, 2017

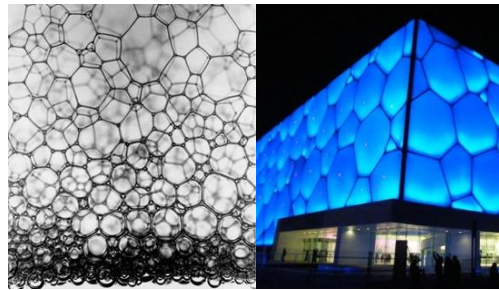
### ***Studi Kasus Aplikasi Kenyamanan termal pada Arsitektur Biomimikri***

#### **1. Watercube, Beijing**

Watercube atau Beijing National Aquatic Center merupakan bangunan berbentuk kubus besar di Beijing yang didirikan dalam rangka diselenggarakannya Olimpiade Beijing tahun 2008. Watercube menjadi pusat kolam renang national yang digunakan sebagai salah satu tempat resmi olimpiade renang Beijing. Lokasi bangunan terletak dekat salah satu ikon Beijing yaitu Stadium berbentuk sangkar burung dan Watercube berada di atas lahan seluas 6,3 hektar. Bangunan memiliki panjang dan lebar 177m dengan ketinggian bangunan 31m.

Isu yang diangkat oleh tim dalam mengkonsepkan bangunan Watercube adalah penggunaan bangunan sebagai pusat kolam renang khususnya saat digunakan untuk perlombaan olimpiade renang. Perlombaan olimpiade renang mensyaratkan kondisi suhu air yang stabil berkisar 28 hingga 30' c. Untuk menjaga kestabilan kondisi air di dalam kolam renang dan lingkungan kolam renang agar tetap kondusif digunakan untuk perlombaan, sistem bangunan membutuhkan konsumsi energi yang cukup besar, khususnya untuk menyesuaikan kondisi yang kondusif

dengan kondisi lingkungan di Cina yang mengalami empat musim yang berbeda. Selain itu tim juga mempertimbangkan bangunan tersebut yang akan menjadi salah satu ikon Kota Beijing, sehingga bangunan harus memiliki keunikan serta tidak terlepas dari ciri khas Beijing. Dari isu konsumsi energi yang besar dan keinginan akan desain yang unik melatarbelakangi tim memutuskan desain Watercube dengan konsep bangunan sebagai bangunan *Greenhouse*.



**Gambar 1. (kiri) Gelembung Sabun (kanan) Watercube**

sumber: (kiri) phys.org (kanan) Taylor & Francis Ltd. www.tandfonline.com

#### *Desain Bangunan*

Watercube memiliki desain bentuk bangunan berupa kubus dengan pola gelembung sabun sebagai pengisi dari pelingkup bangunan. Bentuk kubus digunakan sebagai wujud representasi dari nilai Yin/Api dan gelembung sabun sebagai wujud representasi dari Yang/Air. Penggunaan bentuk tersebut dalam bangunan, membuat desain bangunan Watercube seperti sekotak gelembung sabun. Desain bangunan dengan bentuk sekotak gelembung sabun tersebut oleh tim merupakan desain yang tepat untuk mendukung efisiensi konsumsi energi pada bangunan. Dukungan tersebut diterapkan dengan desain material yang transparan dan ringan di seluruh pelingkup bangunan seperti atap dan dinding. Inspirasi tersebut didapat tim dari alam yaitu gelembung sabun.



Gelembung sabun memiliki material yang transparan dan ringan. Sifat transparan yang ada pada gelembung sabun menyalurkan cahaya dari luar gelembung hingga sampai ke dalam sabun. Hal tersebut menjadi konsep utama proses *Green House* yang terjadi pada bangunan *Watercube*.

Konsep *Green House* diaplikasikan pada bangunan dengan menggunakan material pelingkup ETFE (*Ethylene Tetrafluoroethylene*). Material ETFE adalah material yang lebih ringan dari kaca dan memiliki sifat transparan. ETFE mampu menyalurkan cahaya alami secara maksimal ke dalam bangunan, yang secara pasif cahaya alami digunakan untuk menghangatkan air di dalam kolam agar tetap stabil dan saat musim dingin cahaya alami yang tertangkap juga digunakan untuk menghangatkan ruang.

Bentuk desain dari kotak gelembung sabun juga di desain dengan konstruksi *double skin* fasad. Inspirasi ini tidak langsung didapat dari alam, tetapi tim melakukan penyesuaian dari konsep gelembung sabun sehingga dapat diterapkan pada bangunan. *Double Skin Fasad* berfungsi untuk menciptakan ruang antara di bangunan yang dapat digunakan untuk mengontrol penerimaan cahaya alami dan radiasi panas yang didapat dari lingkungan luar.

#### *Desain Bukaan*

Desain bukaan bangunan *Watercube* merupakan bukaan yang menyatu dengan pelingkup bangunan. Desain bukaan menggunakan inspirasi gelembung sabun yang menjadi konsep utama dari bangunan *Green House Watercube*. Desain bukaan yang diaplikasikan pada *Watercube* didapat dari inspirasi bentuk gelembung sabun yang memiliki jumlah yang banyak,

menempel satu sama lain, dengan bentuk dan ukuran yang beragam. Sehingga bangunan memiliki pola desain bukaan seperti gelembung yang tersusun acak dengan dimensi ukuran bukaan yang beragam.

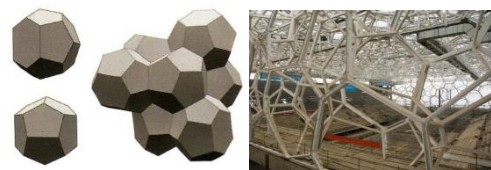
Gelembung yang diaplikasikan pada bangunan menggunakan pola gelembung *Weaire Phelan* yaitu bentuk gelembung yang disederhanakan dengan menggunakan 12 dan 14 sisi bentuk Polihedron.



**Gambar 2. (kiri) Gelembung Sabun yang Menempel (kanan) Desain Pelingkup Watercube**

sumber: (kiri) <http://www.grasshopper3d.com>  
(kanan) <http://blog.daum.net>

Pola ini diterapkan pada konstruksi dari bangunan. Sistem konstruksi menjadi konstruksi rangka *Double Fasad* yang menciptakan ruang antara yang berfungsi untuk pengelolaan penerimaan panas dari permukaan fasad gelembung.



**Gambar 3. (kiri) Gelembung Sabun Weaire Phelan (kanan) Struktur Gelembung Sabun**

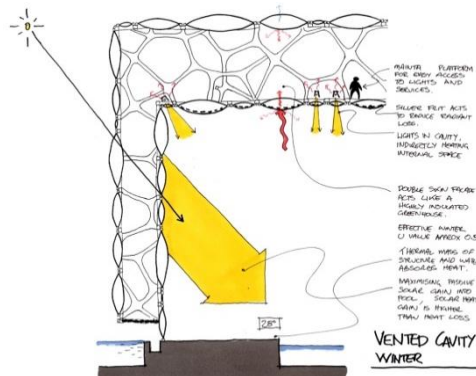
sumber: (kiri) [moreAEdesign - WordPress.com](http://moreAEdesign.wordpress.com)  
(kanan) <http://blog.daum.net>

Gelembung yang memiliki sifat transparan dan ringan, sifat ini yang menjadi alasan pemilihan material ETFE untuk penutup desain bukaan. Lokasi dari bukaan yang menyatu dengan pelingkup bangunan seperti atap dan dinding serta didukung penggunaan material bukaan yang transparan membuat bangunan

memiliki desain bukaan yang luas untuk memaksimalkan penerimaan potensi cahaya alami ke dalam bangunan. Proses dari cahaya alami yang masuk kedalam bangunan secara pasif menghangatkan air di dalam kolam dan panas yang diterima oleh permukaan disekitar kolam renang juga menjadi salah satu sumber energi yang mampu menghangatkan udara ruang dimalam hari. Proses tersebut yang membuat Watercube mampu mengurangi konsumsi penggunaan energi bangunan hingga 30% dibanding bangunan dengan kebutuhan yang sama seperti Watercube.

#### *Penanganan Radiasi Matahari*

Penanganan radiasi matahari pada bangunan Watercube tidak secara langsung menggunakan inspirasi dari alam atau gelembung sabun, tetapi menggunakan teknologi manusia yang berkembang untuk mendukung desain bangunan. Penanganan radiasi matahari dari bangunan level bentuk ini pertama, menggunakan cat transparan yang dilapisi pada permukaan bukaan gelembung khususnya yang dekat dengan ruang kegiatan manusia. Cat tersebut untuk menghasilkan cahaya yang tidak membuat silau, dan meminimalkan panas yang diterima ruang. Kedua menggunakan ventilasi udara, sebagai sistem sirkulasi udara yang berada diantara desain bukaan gelembung pada kedua fasad luar dan fasad dalam bangunan. Ketiga penggunaan teknologi Nozel yang berfungsi untuk menghisap udara dan mengalirkan udara sehingga tidak terjadi kondensasi dalam bangunan. Ketiga teknologi tersebut adalah teknologi yang mendukung dari konsep gelembung sabun sebagai konsep *Green House*.



**Gambar 4. Sistem Pelingkup Bangunan untuk Mendukung Sistem Penghawaan Ruang**

sumber: (kiri) phys.org (kanan) Taylor & Francis Ltd. [www.tandfonline.com](http://www.tandfonline.com)

## 2. Eastgate Centre, Zimbabwe

*Eastgate Centre* merupakan bangunan yang didirikan di Harare, Zimbabwe, Afrika. Bangunan ini merupakan bangunan yang di desain dengan pendekatan Biomimikri yang mana bangunan tersebut dapat beradaptasi dengan lingkungan sekitarnya meskipun memiliki suhu cukup tinggi. Lokasi berdirinya bangunan ini berada di area seluas  $\pm 1$  ha dengan total luas lantai sebesar 3.6 ha dan dimulainya pengerjaan proyek dari tahun 1991 hingga 1996.



**Gambar 5. (kiri) Sarang Rayap di Harare (kanan) Bangunan Eastgate Centre**

sumber: (kiri) jurnal Beyond Biomimicry, J Scott Turnen (kanan) <http://source.co.zw>

Klien pemberi proyek adalah Old Mutual Properties yang memberikan kewenangan kepada Mick Pearce untuk mendesain bangunan yang akan difungsikan sebagai pusat perbelanjaan dan kantor. Mick Pearce berkolaborasi dengan tim ahli Arup Associates mencoba mendesain sebuah bangunan

*mid-rise building* yang tidak menggunakan *Air Conditioning* tetapi tetap nyaman bagi pengguna didalamnya. Hal ini tidak biasa dilakukan mengingat sebagian besar kantor dan retail dibuat seperti bangunan kotak kaca yang besar yang dilengkapi berbagai *air-conditioning* untuk mempertahankan kenyamanan didalamnya. Suhu udara Afrika yang cukup tinggi juga menjadi tantangan tersendiri dalam penerapan konsep bangunan konvensional ini. Konsep desain bangunan sebagai bangunan *mid-rise* dengan sistem penghawaan alami ini menjadi tantangan dan jawaban dari tim untuk mengatasi ketersediaan teknologi yang ada di Afrika terkait isu suhu udara di Afrika.

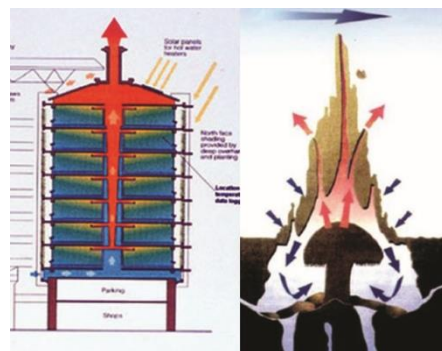
#### *Desain Bangunan*

Desain bentuk bangunan Eastgate sebagai upaya untuk menciptakan kenyamanan termal dengan penggunaan energi dan teknologi yang minimal oleh Mick Pearce terinspirasi dari sistem bangunan sarang rayap gurun pasir Afrika. Sarang rayap tersebut memiliki kemampuan untuk mempertahankan suhu tertentu di dalam sarang sehingga rayap dan makanan yang berada di dalam sarang tetap bertahan hidup di kondisi suhu ekstrem gurun pasir.

*“The Eastgate building is modeled on the self-cooling mounds of *Macrotermes michaelseni*, termites that maintain the temperature inside their nest to within one degree of 31 °C, day and night ... “* (Darlington, 1986)

Desain bentuk bangunan tidak secara langsung mengikuti bentuk sarang rayap tetapi dibuat dengan sistem yang mirip. Desain bentuk sarang rayap memiliki bentuk yang ramping dan memanjang keatas permukaan tanah

secara vertical serta memiliki rongga di dalamnya. Desain bentuk bangunan rayap yang vertikal dan tinggi membuat sarang rayap dapat menerima angin yang lebih banyak dari atas bangunan. Penerimaan angin pada sarang rayap didukung dengan tersediannya desain bukaan atau cerobong pada pucuk sarang. Bentuk vertikal sarang rayap dilengkapi dengan rongga di dalam sarang rayap. Rongga tersebut dapat berupa terowongan vertikal dan terowongan horizontal. Rongga vertikal utama yang cukup besar menembus mulai dari dasar sarang hingga puncak. Pada dasar sarang udara dingin didapat dari tanah sarang yang lembab. Udara dingin melalui terowongan vertical dibawa menuju ruang-ruang di dalam sarang. Bagian puncak rongga terhubung dengan bukaan sarang ke lingkungan luar. Sedangkan terowongan horizontal terhubung dengan ruang-ruang sarang hingga sampai pada bukaan kecil yang terdapat di dinding terluar sarang. Rongga tersebut berfungsi untuk mendukung proses sirkulasi udara di dalam bangunan sehingga tetapi kondusif.



**Gambar 6. (kiri) Sistem Jalur Sirkulasi Udara Eastgate (kanan) Rongga/Terowongan dalam Sarang**

sumber: <http://inhabitat.com>

Bangunan Eastgate menggunakan inspirasi desain bentuk sarang rayap yang vertikal dan berongga pada

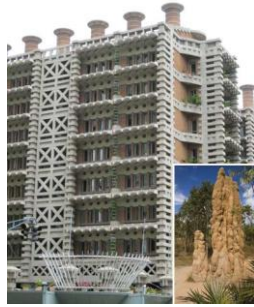
aplikasi desain bentuk bangunan. Eastgate menggunakan bentuk bangunan *mid-rise* (bangunan dengan ketinggian sedang) yang di dalam ruang terdapat rongga/terowongan udara secara vertikal dan horizontal seperti sarang rayap. Namun, bentuk dari terowongan tidak sama dengan bentuk sarang rayap, tetapi memiliki sistem dan fungsi yang sama sebagai sirkulasi udara di dalam ruang agar tetap kondusif. Terowongan vertikal Eastgate menembus dari lantai dasar bangunan hingga cerobong atap membawa udara panas dari setiap lantai dan ruang di dalam bangunan yang diangkat hingga keatas dan dilepaskan ke lingkungan luar dari cerobong atap. Terowongan horizontal Eastgate adalah terowongan yang terhubung dengan ruang-ruang bangunan melalui lantai dasar ruang. Terowongan horizontal berfungsi untuk membawa udara dingin ke dalam ruang. Udara dingin bersumber dari Atrium yang terletak di dasar ruang. Atrium dibantu dengan kipas angin jika suhu dingin di dasar ruang tidak memenuhi kenyamanan.

Material yang digunakan oleh bangunan Eastgate juga mengambil inspirasi dari sarang rayap sahara. Sarang rayap dibangun menggunakan material tanah dan lender rayap. Material tanah yang tebal memiliki kemampuan untuk menjaga kelembapan dan menahan panas di siang hari dan memiliki kemampuan menyimpan panas yang dilepaskan saat udara menjadi dingin di malam hari. Kemampuan ini yang mendukung suhu dalam bangunan tetap kondusif. Aplikasi inspirasi dari sarang rayap tersebut diterapkan pada bangunan dengan penggunaan material bangunan yang mirip berupa beton. Beton digunakan sebagai material utama khususnya pada dinding terluar

bangunan dan struktur. Beton yang digunakan memiliki kemampuan untuk menahan panas pada siang hari dan melepaskan panas di malam hari.

#### *Desain Bukaan*

Desain bukaan bangunan Eastgate Centre mengambil inspirasi dari bukaan atau lubang-lubang udara yang terdapat pada Sarang Rayap Sahara. Bukaan atau lubang udara terbesar terletak pada ujung puncak dari Sarang Rayap. Lubang tersebut terhubung dengan saluran vertikal utama sarang yang menembus mulai dari dasar sarang hingga keluar sarang. Lubang ini oleh rayap difungsikan sebagai jalur sirkulasi dan mendukung sistem penghawaan sarang. Dimana udara panas dari dalam sarang diangkat dan dilepaskan ke lingkungan lepas. Lubang udara lain yang dimiliki sarang rayap dan digunakan untuk mendukung penghawaan dari sarang adalah lubang yang berupa pori-pori kecil atau rongga yang terletak di sekeliling dinding sarang dan pada permukaan tanah. Pori-pori ini berfungsi seperti sistem ventilasi udara pada bangunan yang mana berfungsi memasukan udara segar. Pori-pori kecil ini terhubung dengan saluran-saluran horizontal yang terdapat di dalam sarang sehingga udara segar dari luar, khususnya dari sekitar area permukaan sarang dapat masuk ke saluran menuju ruang-ruang sarang. Pori-pori ini dibuat oleh rayap, dan dapat dibuka atau ditutup sesuai dari kebutuhan.



**Gambar 7. Desain Bukaan (Jendela) dan Sun-Shading Eastgate**

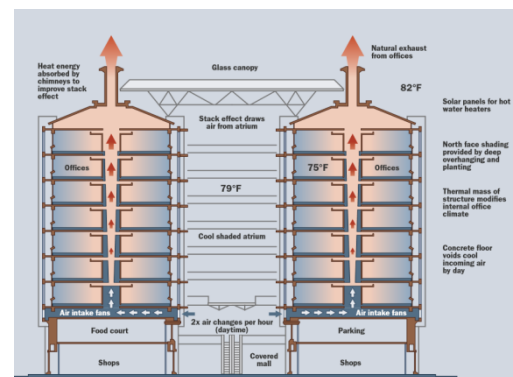
sumber: <http://www.makingitmagazine.net>

Aplikasi inspirasi alam yang berupa sistem lubang bukaan yang terdapat pada Sarang Rayap diaplikasikan pada Bangunan Eastgate tidak dalam desain bentuk lubang pori-pori sarang sebenarnya, tetapi Arsitek menggunakan inspirasi sistem bukaan untuk diterapkan pada desain bukaan bangunan. Aplikasi bukaan utama pada puncak sarang rayap yang berfungsi untuk melepaskan panas ke udara luas diterapkan sebagai sistem desain cerobong udara yang terletak pada bagian atap bangunan. Sistem cerobong yang terhubung langsung dengan ruang vertikal lepas yang terhubung dari dasar lantai hingga plafon, mengangkat udara panas yang dihasilkan dari dalam bangunan.

Aplikasi desain sistem lubang udara yang berupa pori-pori diaplikasikan pada bangunan menjadi jendela-jendela berukuran kecil pada dinding bangunan. Ukuran kecil tersebut untuk meminimalkan udara panas atau radiasi matahari masuk membanjiri dalam bangunan. Bukaan di desain dengan memiliki sistem pintu jendela yang dapat dibuka dan ditutup sehingga dapat dikontrol pemakaian jendela oleh pengguna. Sistem bukaan sebenarnya yang digunakan untuk penghawaan dalam bangunan adalah bukaan bagian dasar bangunan, berupa ventilasi udara yang terhubung dengan ruang vertikal lepas bagian dasar. Sistem ventilasi ini

mengalirkan udara dingin pada ruang vertikal untuk didistribusikan pada ruang-ruang di setiap lantai. Sehingga proses penghawaan tersebut menghasilkan sistem penghawaan silang dengan memasukan udara baru ke dalam ruang dan melepaskan udara lama menuju lingkungan luar.

Sistem desain penghawaan yang terdapat pada bangunan Eastgate dengan menggunakan inspirasi dari alam berupa sistem penghawaan sarang rayap sahara mampu mengurangi penggunaan konsumsi energi hingga 10% dibandingkan dengan tipe bangunan yang sama yang menggunakan AC.



**Gambar 8. Sistem Penghawaan Udara Bangunan Eastgate**

sumber: *News Focus Cooling Concepts* 2013

### *Penanganan Radiasi Matahari*

Dalam penanganan radiasi matahari pada bangunan Eastgate tidak secara langsung mengambil inspirasi dari alam. Arsitek menerapkan ilmu arsitektur yang mendukung kenyamanan termal dengan menciptakan Sun Shading yang cukup dalam disetiap bukaan jendela. Shading ini untuk membantu pencegahan radiasi panas masuk ke dalam bangunan melalui jendela sehingga sirkulasi udara di dalam bangunan sangat bergantung dengan lubang-lubang dan saluran yang



terdapat di dalam bangunan sebagai sistem penghawaan alami.

## Kesimpulan

Salah satu prinsip alam adalah alam senantiasa menyesuaikan fungsi. Prinsip tersebut membuat alam hanya menggunakan energi seperlunya sesuai dengan kebutuhan fungsi yang ada serta menghasilkan kinerja yang optimal. Prinsip tersebut membuat alam memiliki sifat efisien dalam penggunaan energi. Efisiensi yang dipelajari dari alam dapat menjadi solusi penyelesaian permasalahan manusia terhadap besarnya penggunaan konsumsi energi.

Salah satu cara untuk menghasilkan penggunaan energi yang efisien dapat dilakukan dengan cara pengelolaan kenyamanan termal yang ramah lingkungan. Kenyamanan termal pada Arsitektur Biomimikri yang merupakan hasil dari inspirasi alam, dapat dilihat dari bentuk aplikasi desain bangunan, desain bukaan dan desain penanganan radiasi matahari. Ketiga bentuk aplikasi tersebut dirinci dalam aspek bentuk, material, konstruksi, fungsi dan proses desain arsitektural bangunan.

Arsitektur Biomimikri memiliki tiga tingkatan kedalaman dalam mengambil inspirasi dari alam yaitu level bentuk, proses dan sistem. Kedalaman arsitek dalam menggunakan inspirasi dari alam berpengaruh terhadap penerapan inspirasi pada aplikasi desain kenyamanan termal bangunan.

## Daftar Pustaka/ Referensi

J. MacDonald Angus. 1997. *Structural Design for Architecture*. Wildwood Avenue. Woburn.

W Charleson , Andrew. 2005. *Structure as Architecture*. Elsevier. Oxford.

Grigorian, Mark. 2014. *Biomimicry and Theory of Structures-Design Methodology Transfer from Trees to Moment Frames*. USA: Journal of Bionic Engineering.

MAER, Bisatya W. 2012. *Efisiensi Struktur Alami, antara Bentuk dan Sistem Struktur*. Universitas Kristen Petra.

Lionar, Mario L. 2015. *Konsepsi Arsitektur Balkrishna Doshi: Kajian Paradigma Balkhrisna Doshi mengenai Arsitektur India*. Yogyakarta: Program Pascasarjana Universitas Gadjah Mada

Nikolay; Bogatyrev, Olga. 2012. *TRIZ-based Algorithm for Biomimetic Design*. Portugal: Lisbon.

Zari, maibritt Pedersen. 2007. *Biomimetic Approaches to Architectural Design for Increased Sustainability*. Wellington New Zealand :Victoria University.

Gamage Arosha and Dayarathme Ranjith. 2012. *Learning from Nature: Towards a Research-Based Biomimicry Approach to Ecologically Sustainable Design*. Dammam University.

Gamage Arosha and Hyde Richard. 2006. *Can Biomimicry, as an approach, enhance, Ecologically Sustainable Design (ESD)?*. Australia: University of Sydney.

Sproule Peter.2010. *Biomimicry: The Potential for Biomimicry in Architectural Design*. Manchester School of Architecture.

Spaho,Kostika. 2011. *Biomimicry: Architecture that Imitates Nature's Functions, Forms and Parts*. Roger Williams University

- Biomimicry Institute. 2017. *Sharing Biomimicry with Young People*. Amerika
- Gruber, Peta. 2011. *Biomimetics in Architecture- Architecture of Life and Building* . NewYork: Springer.
- Pedersen Zari, M. 2007. *Biomimetic Approaches to Architectural Design for Increasing Sustainability*. Lisbon, Portugal.