

# Studi Penerapan *Solarleaf – The Bioreactor Facade* sebagai Solusi Alternatif Arsitektur Tanggap Iklim dan Energi

Nur Zahrotunnisaa Zagi

Program Studi Magister Arsitektur, SAPPK, Institut Teknologi Bandung.

---

## Abstrak

Aspek pembangunan merupakan sektor dengan andil terbesar dalam pemanasan global dibandingkan sektor transportasi dan energi. Situasi ini memaksa peneliti dan arsitek untuk selalu menemukan inovasi dalam desain untuk bangunan yang berkelanjutan, dengan lebih memperhatikan desain hemat energi. Pencapaian desain hemat energi dalam perancangan arsitektur salah satunya dapat dicapai dengan menerapkan teknologi yang berkelanjutan, seperti desain shading (kisi-kisi). Parameter desain kisi-kisi pun dapat berupa orientasi, besaran, maupun lokasi bangunan. Teknologi yang berkembang memungkinkan penggunaan shading sebagai salah satu elemen energi yang terbarukan. Beberapa bangunan mengkombinasikan shading bangunannya dengan solar panel, bahkan dengan tanaman. Dengan kemajuan teknologi saat ini, kisi-kisi bangunan juga dapat dibentuk menyerupai akuarium mini yang dapat memungkinkan makhluk hidup berkembangbiak di dalamnya untuk menghasilkan energi terbarukan. Teknologi fasad tersebut dikenal dengan teknologi *biofacade*. Dengan prinsip fotosintesis sederhana dan siklus CO<sub>2</sub>, pengaplikasian fasad ini tidak hanya berdampak positif bagi bangunan, namun juga turut andil dalam kelestarian lingkungan.

**Kata-kunci** : arsitektur, *biofacade*, energi, iklim, *shading*

---

## Abstract

*Construction industry contributes a lot in the cause of global warming compare to transportation and energy sector. This situation makes researchers and architects think about innovative way to overcome the problem. They are searching for innovative design for sustainable and energy efficient building. One of the strategies for energy efficient building is by using sun shading. There are some variables in designing sun shading such as orientation, dimension, location, etc. Current technologies make it possible to implement renewable energy in the sun shading. Some buildings combine sun shading with PV or even vegetation. With this advancement in technology, there is a new façade technology called biofacade which uses algae to store energy in a CO<sub>2</sub> cycle. This technology can have a positive impact to the environment.*

**Keywords** : architecture, *biofacade*, energy, climate, *shading*

---

## Kontak Penulis

Nur Zahrotunnisaa Zagi

Program Studi Magister Arsitektur, SAPPK, Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10 Bandung 40132. Tel. (+62) 22 2504962 Fax. (+62) 22 2530705

Email: [nisa.zagi@gmail.com](mailto:nisa.zagi@gmail.com)

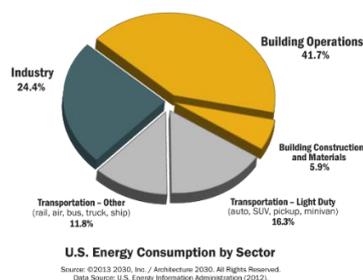
## Informasi Artikel

Diterima editor 5 Desember 2016. Disetujui untuk diterbitkan 3 Maret 2017

ISSN 2301-9247 | E-ISSN 2622-0954 | <https://jlbi.iplbi.or.id/> | © Ikatan Peneliti Lingkungan Binaan Indonesia (IPLBI)

## Pengantar

Perubahan iklim merupakan masalah energi yang tidak terbarukan. Di dunia, negara maju dituding menjadi penyebab utama terjadinya pemanasan global. Pembangunan yang terus menerus tanpa memperhatikan lingkungan dan juga emisi dari bangunan menjadi salah satu indikasinya. U.S. Energy Information Administration (2012) pada laman <http://architecture2030.org/> menunjukkan bahwa proyeksi penggunaan energi di Amerika Serikat pada sector bangunan akan terus meningkat. Terlihat pada grafik 1 jelas tertera bahwa dibandingkan dengan sector transportasi dan industri, sector pembangunan merupakan sector dengan penggunaan energy terbesar. Penyebabnya beragam, mulai dari besarnya tingkat penggunaan energi berbahan bakar fosil sebagai sumber daya listrik yang tinggi, penggunaan material yang tidak memperhatikan jejak karbon. Dampak dari emisi bangunan ini pula yang menjadi salah satu penyumbang global warming dunia.



**Gambar 1.** Konsumsi Energi di Amerika Serikat  
Sumber: <http://architecture2030.org/>

Meningkatnya konsumsi energi berbanding lurus dengan meningkatnya emisi CO<sub>2</sub> di dunia yang akan dilepas di udara dan berpotensi untuk terjadi pemanasan global. Dengan kata lain, perancangan dalam arsitektur haruslah memperhatikan efisiensi energi baik dalam desain, maupun penerapan teknologi yang dapat dilakukan dalam suatu kawasan lingkungan binaan. Salah satunya dengan penerapan desain arsitektur tanggap iklim.

Penerapan arsitektur tanggap iklim seyogyanya telah mereduksi energi yang dikonsumsi dalam bangunan. Dengan memperhatikan lingkungan sekitar, alam, cuaca, dan iklim, maka bangunan dengan lebih mudah beradaptasi pada lingkungannya. Penerapan pada building envelope dapat beragam, dapat memodifikasi atap, dinding, ataupun atap. Pada makalah ini akan dibahas mengenai dinding, lebih khususnya adalah *shading* dengan penggunaan *biofacade*.

## Metode

Penelitian ini merupakan penelitian kualitatif. Metode yang digunakan dalam penulisan artikel ini menggunakan metode penelitian deskriptif. Metode pengumpulan data

yang digunakan adalah melalui kajian literatur yang terkait dengan pembahasan umum dari *shading*, hingga pembahasan terpusat pada *biofacade*. Kajian yang digunakan meliputi kajian pustaka dan sumber situs web terpercaya yang dapat dijadikan acuan.

## Analisis dan Interpretasi

Selubung bangunan memiliki andil penting dalam menciptakan kenyamanan termal pada pengguna ruang dalam. Pada dasarnya, selubung bangunan merupakan interaksi langsung sebuah bangunan dengan keadaan sekitarnya, sebagai tanggapan terhadap iklim dan cuaca yang ada di dalam perancangan kawasan binaan. Masalah penghematan energi, seperti radiasi matahari, hujan, kecepatan angin, tingginya kelembaban serta pemanfaatan potensi alam, cahaya alami, juga merupakan tanggapan selubung bangunan dalam desain. Oleh karena itu, selubung bangunan harus memiliki kemampuan untuk menanggapi keragaman kondisi eksternal dalam tapak. Penentuan selubung bangunan ini juga akan sangat berpengaruh pada performa bangunan dalam perancangan.

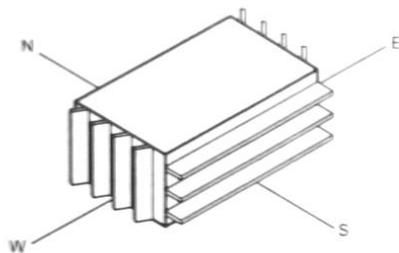
Pemilihan bentuk, material, *shading*, dan bukaan pada selubung bangunan tidak hanya berpengaruh pada kondisi dan kenyamanan termal penggunaannya. Penentuan ini juga dapat berdampak pada energi yang dikonsumsi oleh bangunan tersebut. Energi merupakan aspek yang penting dalam desain suatu bangunan dalam kalkulasi penggunaan energi. Sukawi (2010), mengatakan bahwa minimal ada tiga factor utama yang akan mempengaruhi penghematan dalam suatu bangunan, yaitu desain selubung bangunan, manajemen energi, dan kesadaran pengguna. Sebagai arsitek, selainnya kita mulai peduli akan energi dan beralih pada sumber energi yang terbarukan dalam perancangan, yaitu bangunan yang hemat energi.

Perancangan bangunan yang hemat energi dapat dicapai dengan beragam cara. Inti dari perancangan hemat energi adalah memanfaatkan sumber daya yang ada untuk kemudian dijadikan sumber energi yang berguna bagi bangunan. Sistem ini biasa diimplementasikan dalam berbagai bagian bangunan, salah satunya *shading*.

*Shading* merupakan salah satu solusi untuk menanggapi eksisting. Masih dalam Sukawi (2010), upaya pemanfaatan elemen kulit bangunan untuk pembayangan merupakan upaya yang sangat bijaksana bagi penghematan energi. Dengan begitu, bangunan yang terkena paparan matahari yang intens dapat dipecahkan dengan pemanfaatan penghalang, dapat berupa tanaman maupun kisi-kisi buatan yang bertujuan untuk mengurangi dampak sinar matahari yang terlalu intens sehingga ruangan akan terasa lebih nyaman.

Beragam macam dan bentuk dapat diaplikasikan untuk menjadi kisi-kisi. Parameternya dapat berupa orientasi, besaran, dan lokasi bangunan. Bagaimanapun juga,

penggunaan kisi-kisi merupakan solusi desain yang paling umum dan efektif untuk memproteksi cahaya matahari langsung (Koch, 2002).



**Gambar 2.** Bentuk dasar kisi-kisi  
Sumber: Koch, 2002.

Terdapat prinsip umum desain kisi-kisi dalam Koch (2002). Prinsip tersebut meliputi (1) Terletak di luar ruangan (2) terbuat dari material yang reflektif dan ringan (3) terbuat dari material yang tidak menyerap panas berlebih (4) didesain untuk mencegah refleksi ke dalam bangunan, dan (5) didesain untuk mencegah udara panas tidak terperangkap dalam ruangan.

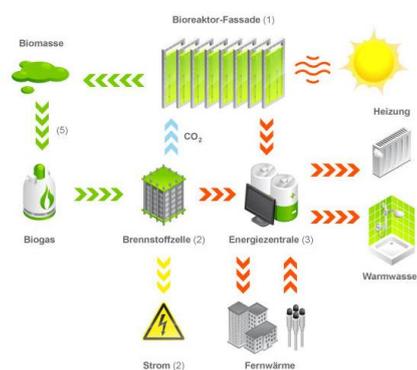
Implementasi shading pada fasad dalam bangunan sudah beragam fungsi dan kegunaannya. Tidak hanya sekedar estetika, namun penggunaan kisi-kisi bangunan kini telah difariasikan dengan beragam fungsi pendukung bangunan. Teknologi yang berkembang memungkinkan penggunaan shading sebagai salah satu elemen energi yang terbarukan. Beberapa bangunan mengkombinasikan shading bangunannya dengan solar panel, beberapa yang lain mengkombinasikannya dengan tanaman. Dengan kemajuan teknologi saat ini, kisi-kisi bangunan juga dapat dibentuk menyerupai akuarium mini yang dapat memungkinkan makhluk hidup berkembangbiak di dalamnya untuk menghasilkan energi terbarukan. Teknologi fasad tersebut dikenal dengan teknologi *biofacade*.

#### *Biofacade* Untuk Desain Yang Berkelanjutan

Bio, dalam definisinya, diambil dari kata bios yang berarti kehidupan, sedangkan fasad merupakan selubung bangunan. Jadi jika didefinisikan, *biofacade* merupakan selubung eksterior bangunan yang salah satu unsurnya merupakan makhluk hidup. *Biofacade* merupakan inovasi fasad bangunan yang memungkinkan desain fasad yang tidak hanya tanggap iklim, tetapi juga merupakan inovasi desain untuk solusi energi terbarukan. Dikembangkan oleh Arup GmbH dan COLT, Solarleaf salah satu contoh konkritnya. Dengan menggunakan alga hijau sebagai sumber utama, teknologi ini memiliki potensi besar untuk ikut andil dalam energi terbarukan sekaligus sebagai shading bangunan. Ekseprimen desain ini dilakukan di sebuah apartemen di Hamburg. Hasilnya, penggunaan

tanaman ini mampu menyuplai minyak bagi industri kosmetik dan air hangat untuk mandi.

Konsep dari fasad bangunan ini didesain agar alga yang ada di dalam bio-reaktor, yang mana merupakan fasad itu sendiri, dapat tumbuh dan berkembang lebih cepat dengan sinar matahari yang cukup. Banyaknya alga yang akan tumbuh inilah yang kemudian akan menyediakan shading untuk ruangan dalam bangunan. Bio-reaktor ini tidak hanya memproduksi biomass yang dapat dipanen, tetapi juga dapat menangkap panas matahari, dimana keduanya dapat dijadikan untuk “menghidupkan” bangunan. Konsep ini diusung dengan pemanfaatan reaksi sederhana dan alamiah dari alga itu sendiri, yaitu fotosintesis.



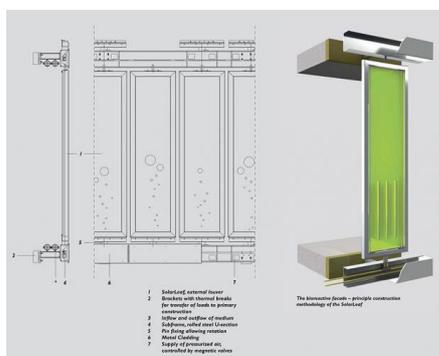
**Gambar 3.** Proses Kerja *Biofacade*  
Sumber: <http://www.morethangreen.es/>

Pilot projet dalam instalasi ini adalah The BIQ house, yang merupakan proyek percobaan pertama di dunia. Instalasi fasad ini dipertontonkan pertama kali di acara International Building Exhibition (IBA) 2103 di Hamburg. Dengan integrasi 200m<sup>2</sup> photo-bio reaktor, apartemen berkonsep passive building ini menghasilkan biomasa dan panas sebagai sumber energi yang terbarukan. Pada saat yang bersamaan, system ini juga menghasilkan shading yang dinamis, dengan pergerakan dan populasi alga sebagai shadingnya, dan juga insulasi thermal dan suara. Kelebihan inilah yang dapat dijadikan potensi *biofacade* yang multifungsi.



**Gambar 4.** Eksterior The BIQ House  
Sumber: <http://www.arup.com>

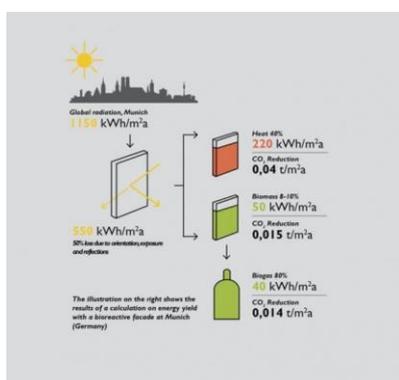
Panel yang digunakan memiliki ketebalan 0.78 inci dengan luas permukaan total 200 m<sup>2</sup>. panel - panel ini diisi dengan alga dari Sungai Elbe. Dinding pada The BIQ House terdiri dari 129 segmen kaca bio reaktor yang fungsinya seperti akuarium. Saat sinar matahari mengenai bio reaktor ini, alga hijau melakukan fotosintesis yang mengakibatkan bertambah banyaknya mikroorganisme di dalam reaktor dan melepaskan panas. Bio reaktor berukuran 2.5 x 0.7m ini dipasang di bagian barat daya dan tenggara bangunan. Panel bio reaktor ini juga mampu berputar sepanjang sumbu vertical untuk mencari sumber cahaya matahari. Dan ketika panel dari SolarLeaf ini menutup sempurna, maka formasi dari panel fasad ini akan menghasilkan penahan panas yang baik. Ini dari system fasad ini adalah pusat menejemen energi otomatis dimana tempat ini menjadi pusat panen panas matahari dan juga panen alga yang telah matang, yang kemudian difermentasikan untuk dapat menghasilkan air panas.



**Gambar 5.** Detail Panel Solarleaf

Sumber: <http://www.morethangreen.es/>

Pada saat fotosintesis berlangsung, panas air di dalam reaktor mencapai 40° Celcius. Panas inilah yang akan ditangkap untuk memanaskan air atau didistribusikan ke dalam tangki bawah tanah. Sementara itu, biomasa dari alga akan dipanen dan dikeringkan yang nantinya dapat digunakan menjadi biogas, ataupun dipakai dalam pembuatan obat alternative dan produksi makanan.



**Gambar 6.** Proses Kerja SolarLeaf

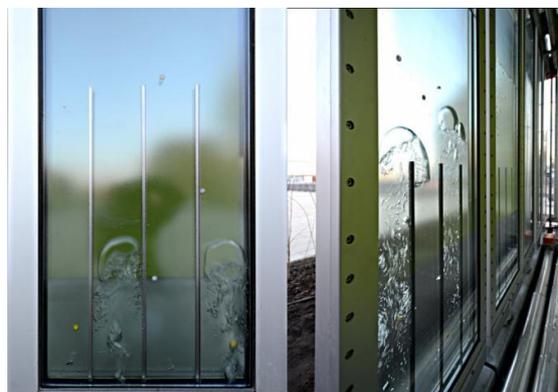
Sumber: <http://www.morethangreen.es/>

Aplikasi *biofacade* diproyeksikan untuk dapat turut andil dalam menurunkan radiasi global di lingkungan sekitarnya. Bio reaktor fasad ini diharapkan mampu memproduksi biomasa sebesar 30 kWh/m<sup>2</sup> p.a. dan energi panas sebesar 150 kWh/m<sup>2</sup> p.a. Jika ditotal, jenis fasad ini dapat mengurangi emisi CO<sub>2</sub> dari bangunan sebesar 6 ton p.a. dan bahkan dapat menghilangkan total CO<sub>2</sub> sebanyak 2.5 ton. Dengan begitu, pengaplikasian fasad ini tidak hanya berdampak positif bagi bangunan, namun juga turut andil dalam kelestarian lingkungan.

### *Biofacade* Dan Keuntungannya

Banyak fungsi dan kegunaan pada implementasi *biofacade* ini. Diambil dari Product overview: Solarleaf, kegunaan dan keuntungan dari *biofacade* ini antara lain:

- Integrasi penggunaan energi yang efisien dengan penerapan standar desain pasif,
- Konversi dari pencahayaan alami menjadi biomasa dan energi panas,
- Penyimpanan energi matahari dan penggunaan langsung pada bangunan,
- Mengurangi transmisi energi yang menyebabkan radiasi global,
- Sustainable energi design – bahkan diklaim dapat bebas CO<sub>2</sub>
- Pengalaman ruang yang bersifat dinamis yang diakibatkan dari penciptaan gelembung-gelembung udara dan variasi warna dari elemen SolarLeaf,
- Dapat diaplikasikan menjadi fasad utama bangunan.



**Gambar 7.** Panel Kaca Pada SolarLeaf

Sumber: <http://www.morethangreen.es/>

Keuntungan lainnya adalah biomasa alga ini dapat digunakan untuk daya dan energi secara flexible. Sistem ini memungkinkan untuk menyimpan panas dan daya tanpa adanya energi yang hilang. Pemberdayagunaan alga pada panel bio reaktor menghemat lahan karena sifatnya yang vertikal dan juga atmosfer untuk pertumbuhan alga tidak dipengaruhi oleh cuaca karena sifatnya yang terisolasi dan terkontrol dalam panel SolarLeaf. Instalasi ini tergolong ekonomis, jika memiliki reaktor seluas minimal 200 m<sup>2</sup>. Jadi di masa depan, mungkin hanya hotel-hotel besar dan kantor besar yang bisa

memanfaatkannya, untuk memoles citra mereka sebagai ramah lingkungan. Lebih dari itu, penggunaan alga dalam system ini juga dapat mengabsorpsi karbon pada lingkungan sekitar. Gas CO<sub>2</sub> yang diperlukan alga untuk melakukan fotosintesis. Implementasi dari siklus karbon ini akan mencegah emisi karbon masuk ke atmosfer bumi dan berkontribusi pada perubahan iklim yang lebih baik.

Indonesia, Siapkah Untuk *Biofacade*?

Istimewanya alga sebagai penyerap CO<sub>2</sub> yang baik dan harga jualnya yang menggiurkan ternyata sudah banyak dilirik oleh para peneliti di Indonesia untuk dipastikan keampuannya. Keberadaannya yang mudah ditemukan dan perkembangbiakannya yang relative mudah menjadi salah satu pertimbangan alga sebagai salah satu pertimbangan energi alternative ini. Letak Indonesia yang merupakan negara kepulauan yang sangat besar dengan jumlah pulau 17.508 dan garis pantai lebih kurang 81.000 kilometer membuat Indonesia bak surge algae dunia. Tetapi hal ini juga sekaligus menjadi boomerang bagi peneliti karena kesangat beragaman alga yang tumbuh di Indonesia.

Potensi alga hijau yang banyak tumbuh di air tawar dan efisiensinya juga telah diteliti oleh banyak peneliti, salah satunya adalah jurnal terpublikasi milik Abdulgani, dkk (tt). Penelitian ini membahas tentang efisiensi Mikroalga *Skeletonema costatum*, *Chlorella vulgaris*, dan *Spirulina platensis* sebagai bahan baku biodiesel. Penelitian ini menemukan bahwa jenis *Skeletonema costatum* memiliki waktu pertumbuhan paling cepat dibandingkan dua mikroalga lainnya, dengan waktu generasi 0.340 hari dan waktu panen selama 1.625 hari. Walaupun demikian, dapat ditarik kesimpulan bahwa ketiga jenis alga tersebut cocok dijadikan sebagai bahan baku bio diesel sebagai energi alternative terbarukan. Lalu bagaimana dengan *biofacade*?

Pada dasarnya, prinsip dari system *biofacade* adalah fotosintesis yang terjadi pada panel bio reaksi. Semakin cepat mikro alga menduplikasi diri, maka semakin baik pula fungsi panel bio reaksi sebagai shading pada bangunan, semakin cepat pula energi panas dikumpulkan. Dilihat dari prinsip ini, maka seharusnya semua jenis alga terutama alga hijau yang banyak tumbuh di Indonesia cocok untuk dapat diimplikasikan di Indonesia, minimal untuk diteliti lebih lanjut tentang keefisienan *biofacade* yang menggunakan alga sebagai shading.

Bagian ini berisi hasil analisis dan interpretasi atau diskusi hasil analisis. Hasil analisis dapat ditampilkan dalam bentuk diagram, gambar, tabel atau bentuk ilustrasi lain yang mudah dipahami dan dikomunikasikan. Interpretasi dapat berupa ramuan dari hasil analisis, kajian teori dan pemikiran peneliti. Uraikan secara terstruktur, lengkap dan padat, sehingga pembaca dapat mengikuti alur analisis dan interpretasi peneliti.

## Kesimpulan

Kemajuan teknologi dalam deain arsitektural seharusnya dapat mendukung penghematan energi dalam rangka menanggapi isu perubahan iklim di Indonesia khususnya, dan dunia pada umumnya. Teknologi yang ada memungkinkan untuk menyatukan beberapa disiplin ilmu untuk menciptakan penemuan baru, dalam kasus makalah ini adalah *biofaçade*, dimana sebuah panel bioreactor dapat difungsikan sebagai shading dan penghasil energi terbarukan yang berasal dari alga. Dengan menggunakan knsep fotosintesis sederhana dan memanfaatkan siklus karbon, terciptalah teknologi shading yang multifungsi.

Sumber daya alga di Indonesia yang banyak secara kuantitas dan beragam seharusnya memudahkan untuk mencari dan meneliti varietas lain yang lebih efektif dalam *shading* ini. Namun dari penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, jenis *Skeletonema costatum* merupakan alga yang paling cocok untuk pengisi shading *biofacade* sejauh ini. Sifatnya yang regenerative dan cepat dipanen pastinya akan memberikan keuntungan berlipat. Namun perlu diingat, system ini hanya efektif untuk bidang reaktor minimal 200 m<sup>2</sup>. Jika kurang dari itu, maka system desain shading ini akan sangat mahal untuk diaplikasikan.

## Daftar Pustaka

- Abdulgani, Nurlita dkk. tt. *Potensi Mikroalga Skeletonema costatum, Chlorella vulgaris, dan Spirulina platensis sebagai Bahan Baku Biodiesel*. Surabaya: ITS.
- Arup GmbH & COLT Product overview: Solarleaf
- Koch, Holger & Nielsen. (2002). *Stay Cool: A Design Guide for the built environment in hot climate*. London: The Cromwell Press.
- Mora, Vicente. SolarLeaf. (2014, September 3). *Algae bio-reactive façade*. Diakses dari <http://www.morethangreen.es/en/solarleaf-solar-leaf-algae-bio-reactive-facade/>
- SolarLeaf – bioreactor façade. tt. Diakses dari <http://www.arup.com/projects/solarleaf>
- Sukawi. 2010. *Kaitan Desain Selubung Bangunan Terhadap Pemakaian Energi Dalam Bangunan (Studi Kasus Perumahan Graha Padma Semarang)*. Semarang: Universitas Wahid Hasyim.
- Why The Building Sector?. tt. Diakses dari [http://architecture2030.org/the\\_problem/problem\\_energy](http://architecture2030.org/the_problem/problem_energy)