

# TEKNOLOGI BANGKITAN ENERGI TERBARUKAN PADA TAPAK UNTUK DESAIN ARSITEKTUR INTERIOR BERKELANJUTAN

Susan

Program Studi Arsitektur Interior, Fakultas Industri Kreatif, Universitas Ciputra,  
Surabaya 60219, Indonesia.

alamat email untuk surat menyurat : susan@ciputra.ac.id

## **ABSTRACT**

*Sustainable interior architecture challenges design at various aims. For example is minimizing negative impacts from building to environment, through optimizing the use of material, energy, and space development. Related to the energy, sustainable design commonly associated with building that has GHG reduction concept. GHG are released in the atmosphere during each stage of buildings life. In the building operation stage, biggest GHG source is electrical energy that produced by fossil fuel. The use of fossil fuel as un-renewable energy source gives negative impacts to the environment. Building with on-site renewable energy tool responses to this problem. This concept is supported also by the policies of renewable energy, related to green and sustainable design. On-site renewable energy tools refer to the understanding of energy production (particularly electrical energy) that comes from renewable energy, near the building where the energy needed. This research will explore renewable energy sources potentials and method to design the need of renewable energy on the building. The method is followed by a presentation on a case study. A building that has potentials for on-site renewable energy integration, along with efforts made for optimizing electrical energy from these renewable energy sources.*

**Keywords:** Interior Architecture, On-site Renewable Energy Tools, Sustainable

## **ABSTRAK**

Desain arsitektur interior yang berkelanjutan memiliki beberapa tujuan. Salah satunya adalah mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan dengan mengoptimalkan penggunaan material, energi, dan program ruang. Dalam kaitannya dengan energi, desain yang berkelanjutan seringkali diasosiasikan dengan desain yang memiliki konsep reduksi GHG. Di dalam tahap operasional bangunan sumber emisi karbon terbesar berasal dari konsumsi energi listrik yang diproduksi oleh sumber daya tak terbarukan (fossil), dimana penggunaannya memberikan berbagai dampak negatif terhadap lingkungan. Bangunan dengan *on-site renewable energy tools* merupakan salah satu konsep yang merespon permasalahan tersebut. Hal ini juga didukung oleh kebijakan-kebijakan energi terbarukan terkait arsitektur hijau dan berkelanjutan. *On-site Renewable Energy Tools* merujuk pada pengertian produksi energi (khususnya energi listrik) yang berasal dari sumber daya terbarukan, dan dihasilkan di dekat dimana energi tersebut digunakan. Penelitian ini akan membahas pemetaan potensi sumber energi terbarukan dan metode perancangan kebutuhan energi terbarukan pada bangunan. Pembahasan tersebut dilengkapi dengan paparan studi kasus bangunan yang memiliki potensi untuk integrasi *on-site renewable energy tools*, beserta upaya yang dilakukan untuk tujuan optimasi energi listrik dari sumber energi terbarukan tersebut.

**Kata Kunci:** Arsitektur Interior, Berkelanjutan, *On-site Renewable Energy Tools*

## PENDAHULUAN

Secara konvensional bangunan masih diasosiasikan dengan penggunaan energi yang besar. Data performa penggunaan energi menunjukkan bahwa bangunan menggunakan 40% dari total konsumsi energi di Eropa (Ludlow, 2018). Dilihat dari segi emisi GHG, bangunan juga bertanggungjawab terhadap 36% dari emisi gas CO<sub>2</sub>. Jumlah tersebut relatif masih sangat besar karena sumber utama dari energi tersebut adalah bahan bakar fosil.

Di Indonesia sendiri, terjadi peningkatan konsumsi energi dari sektor industri, rumah tangga, dan komersial. Permintaan energi tersebut didominasi oleh listrik sekitar 60%-70%, dimana sumber energinya sebagian besar dari sumber energi fosil.

Pemerintah Indonesia terus mendorong penggunaan energi baru dan terbarukan. Dukungan pemerintah ditunjukkan melalui kebijakan-kebijakan yang dikeluarkan. Salah satunya adalah PP No. 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional. Pemerintah mengharapkan realisasi bauran energi adalah sebesar 23% di tahun 2025, dan 31% di tahun 2050.

Potensi energi terbarukan di Indonesia dapat dilihat pada Tabel 1. Dilihat dari data tersebut, potensi energi terbarukan di Indonesia relatif sangat besar. Pemanfaatannya masih sangat minim dikarenakan harga produksi listrik berbasis energi terbarukan masih relatif tinggi. Keuntungan langsung dari penggunaan sumber-sumber energi tersebut adalah produksi energi yang berkelanjutan dan penghematan biaya operasional. Selain itu terdapat keuntungan tidak langsung dari penggunaan sumber energi terbarukan, yaitu meningkatnya kesadaran pengguna dalam penggunaan energi dan *pride* dari bangunan yang menggunakan sumber energi tersebut.

**Tabel 1.** Potensi Energi Terbarukan

Jenis Energi	Potensi
Tenaga Air	94.3 GW
Panas Bumi	28.5 GW
Bioenergi	80PLT Bio: 32.6 GW
	BBN: 200 Ribu Bph
Surya	207.8 GWp
Angin	60.6 GW
Energi Laut	17.9 GW

Sumber: Ditjen EBTKE, 2018

Kebijakan untuk mendukung penggunaan energi terbarukan di Indonesia juga berasal dari lembaga-lembaga independen seperti Green Building Council Indonesia. Penggunaan energi terbarukan menjadi salah satu kriteria penilaian pada parameter *Energy Efficiency and Conservation*. Kisaran nilai substitusi energi konvensional yang ditentukan adalah sebesar 0.25% hingga 2% dari *maximum power demand*.

Artikel ini akan mengambil studi kasus bangunan hijau yang memiliki sertifikasi GreenShip, dan memiliki potensi untuk integrasi *on-site renewable energy tools*. Artikel ini juga akan memaparkan upaya yang dilakukan untuk tujuan optimasi energi listrik dari sumber energi terbarukan tersebut.

## LITERATUR

Sebagian besar energi baru dan energi terbarukan dimanfaatkan untuk pembangkit listrik. Energi baru terdiri dari surya, angin, air, dan panas bumi. Sedangkan energi terbarukan terdiri dari biomassa, sampah, bioethanol, dan biodiesel. Artikel ini akan membahas khususnya energi baru dan integrasinya dengan bangunan, agar energi listrik dapat dihasilkan di dekat tempat dimana energi tersebut digunakan.

### Surya

Potensi energi surya sebagai sumber energi baru di Indonesia mencapai 207.8 GWp. Salah satu teknologi mikrogenerasi yang menjanjikan untuk pengolahan energi surya menjadi energi listrik adalah teknologi panel surya. Dikatakan demikian karena panel surya memproduksi energi listrik tanpa menimbulkan polusi, dari sumber energi yang ketersediaannya sangat berlimpah yaitu cahaya matahari. Panel surya terbuat dari material semikonduktor yaitu silicon.

Dalam perkembangannya, terdapat beberapa varian material panel surya, yaitu: (1) monocrystalline silicone, (2) polycrystalline silicone, dan (3) amorphous silicone. Keunggulan lain dari panel surya adalah sifatnya yang modular, sehingga dapat dengan fleksibel diatur ukurannya menyesuaikan dengan kebutuhan di lapangan.

Kinerja panel surya dinilai dari besar efisiensinya, dalam artian besar energi listrik yang dihasilkan dibandingkan energi matahari yang diterimanya. Penggunaannya pada bangunan bisa dalam model *off-grid*, atau terintegrasi langsung dengan bangunannya (*Building Integrated Photovoltaic/BIPV*). Penggunaannya secara terintegrasi memberikan keuntungan lebih karena menggantikan fasade material konvensional.



**Gambar 1.** Panel Surya pada Atap dan Alat Pembayaran ZEB BCA Singapura  
Sumber: [www.bca.gov.sg](http://www.bca.gov.sg) (diunduh 10 Februari 2020)

Salah satu contoh penggunaan konsep BIPV sebagai *on-site renewable energy tool* terlihat pada ZEB BCA Academy di Singapura. Gedung tersebut berlokasi di Kampus Jalan Braddell, Singapura. Konsep BIPV diterapkan dengan mengintegrasikan panel surya pada atap dan pada alat pembayarannya (Figur 1). Material *photovoltaic* ini memiliki fungsi ganda. Pertama, memberikan pembayaran terhadap bukaan di bawahnya, dan yang kedua berfungsi sebagai penerima radiasi matahari yang kemudian diubah menjadi energi listrik.

### Angin

Potensi energi angin untuk bangkitan energi listrik di Indonesia memang lebih kecil dibandingkan potensi energi surya. Namun demikian, jumlahnya masih cukup signifikan untuk menjadi substitusi energi fosil, yakni 60.6 GW. Teknologi pemanfaatan yang umum dijumpai adalah dengan menggunakan *wind turbine*. Seperti halnya panel surya, *wind turbine* dapat berdiri sendiri maupun terintegrasi dengan bangunan (*Building Integrated Wind Turbine*).

Bangkitan energi listrik yang dihasilkan tergantung terutama pada arah dan kecepatan angin. Selain itu, bangkitan energi listrik pada *wind turbine* dipengaruhi oleh efisiensi dari generator. Prinsip kerja *wind turbine* adalah angin menggerakkan bilah baling-baling yang terpasang di sebuah rotor. Gerakan tersebut nantinya akan memutar generator dan menghasilkan energi listrik.

Berdasarkan sumbu putarnya, terdapat dua tipe dari *wind turbines*, yaitu: (1) *horizontal-axis turbines*, dan (2) *vertical-axis turbines*. *Horizontal-axis turbines* umumnya memiliki tiga bilah baling-baling dan bekerja sesuai arah datangnya angin. *Vertical-axis turbines* memiliki beberapa variasi. Turbin ini bergerak ke segala arah, sehingga peletakannya lebih fleksibel. Rotornya tidak harus diarahkan ke arah datangnya angin karena mampu menangkap angin dari berbagai arah.



**Gambar 2.** *Wind Turbine* pada Bahrain World Trade Center  
Sumber: [www.bahrainwtc.com](http://www.bahrainwtc.com) (diunduh 10 Februari 2020)

Bahrain World Trade Center (Figur 2) adalah salah satu contoh bangunan yang menggunakan konsep *Building Integrated Wind Turbine*. Pada bangunan ini, 3 buah *wind turbine* tipe *horizontal axis* dipasang dan menghubungkan dua menara yang memiliki ketinggian 240m. Letak bangunan yang berada di daerah pesisir merupakan salah satu faktor penting keberhasilannya. Angin laut yang berasal dari teluk, menjadi sumber energi utama yang menggerakkan *wind turbine* dan menghasilkan bangkitan energi listrik yang mensuplai 11% - 15% dari kebutuhan listrik bangunan (Lubis, 2012).

### Air

Potensi energi air sebagai sumber energi terbarukan di Indonesia adalah sebesar 94.3 GW. Teknologi *in-pipe water* untuk menghasilkan energi listrik (baik pada skala urban maupun bangunan) menjadi teknologi *on-site renewable energy tool* yang potensial (Casini, 2015). Tenaga air (*hydropower*) adalah sumber energi terbarukan yang juga kompetitif dalam hal biaya. Sumber energi tersebut berkontribusi sebesar 16% dari bangkitan energi listrik total, dan 85% dari bangkitan energi listrik yang berasal dari sumber energi terbarukan, dalam skala global.

Terdapat dua tipe *in-pipe hydropower systems*, yaitu (1) sistem internal dan (2) sistem eksternal. Pada sistem internal, turbin terintegrasi di dalam pipa. Sistem internal memiliki kelebihan karena ukurannya yang kompak, sehingga dapat digunakan untuk aplikasi-aplikasi dengan ukuran area yang terbatas. Keluaran energi listriknya berkisar antara 5-10W hingga 100kW. Pipa yang dapat digunakan untuk sistem tipe internal ini bervariasi mulai dari 80mm hingga 1500mm. Pada sistem eksternal, terdapat *vault* yang lebih besar, yang menjadi tempat untuk meletakkan turbin dan generator. Ukuran pipa tidak

membatasi penggunaan sistem eksternal, namun *vault* yang lebih besar dari ukuran pipa menjadi tidak ideal jika akan diintegrasikan pada infrastruktur air eksisting yang sudah ada di bangunan.

Di skala urban, teknologi *in-pipe hydropower systems* telah diterapkan di Portland. *In-pipe water systems* dengan 4 turbin sebesar 42" dipasang untuk menghasilkan bangkitan energi listrik rata-rata 1100 MWh setiap tahunnya, dan digunakan untuk mensuplai listrik 150 rumah di kota tersebut. Selain di Portland, teknologi serupa juga dipasang di San Antonio - Texas, dimana instalasi pertamanya dilakukan di Riverside – California (Figur 3). Sedangkan dalam skala bangunan, teknologi *in-pipe hydropower systems* dapat dilihat aplikasinya pada Olympian City 2 Shopping Mall. Energi listrik yang dihasilkan dari integrasi tersebut digunakan untuk mensuplai kebutuhan listrik dari elevatornya.



**Gambar 3.** *In-pipe hydropower systems* di Riverside, California  
Sumber: [www.researchgate.net](http://www.researchgate.net) (diunduh 10 Februari 2020)

### **Panas Bumi**

Potensi panas bumi di Indonesia sebagai sumber energi terbarukan adalah sebesar 28.5 GW. Jumlah ini disebut sebagai yang terbesar di dunia. Penyebarannya hampir merata dari Sabang sampai Merauke. Energi panas bumi adalah energi panas yang berada pada kedalaman lebih dari 1km di bawah permukaan bumi. Energi tersebut terkandung dalam fluidanya.

Sistem panas bumi dapat dibedakan berdasarkan temperatur dan fasa fluidanya (Aguilar dkk, 2018). Berdasarkan temperaturnya, dibedakan menjadi sistem panas bumi temperatur tinggi ( $>225^{\circ}\text{C}$ ), temperature sedang ( $125\text{-}225^{\circ}\text{C}$ ), dan temperature rendah ( $<125^{\circ}\text{C}$ ). Berdasarkan fasa fluidanya, dibedakan menjadi sistem panas bumi dominasi uap, dominasi air, dan campuran kedua fasa.

Energi panas bumi dapat dimanfaatkan secara langsung (terintegrasi dengan bangunan) dalam artian digunakan untuk pemanasan ataupun pendinginan. Di Indonesia, pemanfaatan secara langsung terutama adalah untuk pemanasan. Pemanfaatan secara tidak langsung untuk menghasilkan listrik lebih umum digunakan di area-area pusat pembangkit listrik.

## METODE

Artikel ini menyajikan *review* literatur tentang teknologi bangkitan energi terbarukan pada tapak, terutama energi terbarukan yang potensial di Indonesia. Paparan akan difokuskan pada jumlah ketersediaan atau potensi energi terbarukan di Indonesia, tipe-tipe teknologi yang dapat digunakan untuk masing-masing energi terbarukan, dan contoh aplikasi yang sudah pernah diterapkan. *Review* literatur tersebut menjadi dasar penyajian studi kasus yang menganalisa strategi untuk perancangan kebutuhan energi terbarukan pada tapak bangunan. Khususnya bangunan yang telah teridentifikasi sebagai bangunan dengan performa yang baik berdasarkan *GreenShip*. Performa eksisting dari bangunan dan upaya reduksi kebutuhan listrik yang telah dilakukan, didapatkan dari data sekunder. Simulasi dan perhitungan matematis dilakukan untuk mengetahui bangkitan energi listrik yang dihasilkan melalui sumber terbarukan di tapak.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Studi Kasus

Berdasarkan pemetaan potensi energi terbarukan di Indonesia, potensi terbesar adalah dengan menggunakan energi surya. Artikel ini akan membahas perancangan kebutuhan energi terbarukan, khususnya energi surya, pada bangunan. Perancangan kebutuhan energi terbarukan pada bangunan (*on-site renewable energy tool*) memerlukan beberapa tahapan (Visa dkk, 2014), yaitu:

1. Pemetaan status energi bangunan eksisting
2. Upaya reduksi kebutuhan energi listrik
3. Upaya meningkatkan suplai energi listrik dari sumber terbarukan

Bangunan yang akan digunakan sebagai studi kasus adalah bangunan perkantoran di Jakarta, khususnya Gedung Kementerian PU. Bangunan tersebut dipilih karena telah mendapatkan sertifikasi *GreenShip*, namun belum maksimal dalam memanfaatkan energi terbarukan. Peruntukan bangunan tersebut adalah untuk gedung perkantoran. Beberapa hal yang diterapkan dalam desainnya adalah pembatasan sirkulasi kendaraan bermotor, desain universal yang memudahkan difabel dalam penggunaannya, sistem ME yang hemat listrik, dan manajemen sampah terintegrasi.

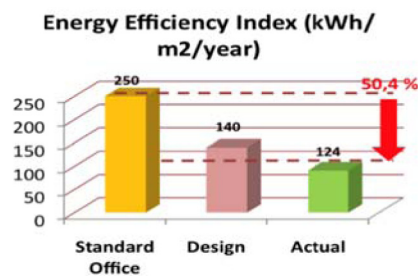
### Pemetaan Status Energi Bangunan Eksisting

Sebagaimana dijelaskan sebelumnya, bahwa emisi GHG terbesar berasal dari produksi energi listrik, dan pemakaian listrik terbesar berasal dari bangunan. Dari rata-rata konsumsi energi bangunan perkantoran, diketahui bahwa Indonesia memiliki Indeks Konsumsi Energi (IKE) sebesar 250 kWh/m<sup>2</sup>/tahun. Angka ini jauh lebih tinggi dibanding IKE Negara-negara maju, yaitu sebesar 150 kWh/m<sup>2</sup>/tahun.

### Upaya Reduksi Kebutuhan Energi Listrik

Proses desain yang terintegrasi merupakan hal yang krusial dalam upaya reduksi kebutuhan energi listrik dalam sebuah bangunan (Rana dkk, 2012). Dalam proses desain yang terintegrasi, semua disiplin keahlian dilibatkan sejak awal, dengan tingkat kolaborasi yang intensif. Selain itu, dalam proses desain terintegrasi keputusan berada di tangan tim, bukan di pemimpin proyek atau pemilik gedung. Sistem disini dilihat secara menyeluruh. Sedangkan pembiayaan dipertimbangkan berdasarkan daur hidup gedung.

Estimasi penghematan energi dari Gedung Kementerian PU adalah sebesar 50.4% (Adji, 2016). Reduksi kebutuhan energi listrik untuk gedung tersebut dapat dilihat di Figur 4. Penghematan tersebut didapat melalui penerapan desain penerangan yang mengandalkan sinar matahari pada siang hari, penggunaan sensor gerak untuk penerangan otomatis yang akan mematikan lampu jika tidak ada pengguna di dalam ruangan.



**Gambar 4.** Perbandingan Efisiensi Energi Gedung Kementerian PU  
Sumber: analisa pribadi, 2020

### Upaya Meningkatkan Suplai Energi Listrik dari Sumber Terbarukan

Langkah awal yang dilakukan untuk mencapai target substitusi energi yang ditetapkan Greenship (0.25% - 2%) adalah melakukan perhitungan bangkitan energi listrik yang dibutuhkan. Asumsi panel surya yang digunakan memiliki efisiensi 18%, dengan modul 72 sel berukuran 1580 mm x 798 mm x 35 mm. Sudut angkat pemasangan panel surya optimal adalah 30° dan sudut orientasinya -15° dan 15° (Mehleri, 2010).

Berdasarkan efisiensi panel surya, kemudian dilakukan perhitungan besar radiasi matahari yang perlu diterima. Dari data tersebut dapat dihitung berapa besar luasan panel surya yang harus diintegrasikan ke bangunan, untuk mendapatkan suplai energi listrik dari sumber terbarukan sebesar 2%. Perhitungan tersebut dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3.



**Tabel 2.** Perhitungan Suplai Energi Terbarukan yang Dibutuhkan

Penggunaan Energi Listrik Eksisting	Target Greenship	Bangkitan Energi Listrik dari Energi terbarukan	Luas bangunan	Bangkitan Energi Listrik dari Energi terbarukan	Efisiensi Panel Surya	Radiasi Matahari yang Dibutuhkan	Radiasi matahari pada sudut 30°
kWh/m2/thn	% dari maximum demand	kWh/m2/thn	m2	kWh/tahun	(%)	(kWh/tahun)	kWh/m2/thn
(a)	(b)	(c=axb)	(d)	(e=cxd)	(f)	(g=e:f)	(h)
124	2	2.48	22100	54808	19	288463.158	2082

Sumber: analisa pribadi, 2020

**Tabel 3.** Perhitungan Luas Panel Surya Terintegrasi

Radiasi Matahari yang Dibutuhkan	Radiasi matahari pada sudut 30°	Luas Bidang Terima	Luas Panel Surya / modul	Jumlah Panel Surya
(kWh/tahun)	kWh/m2/thn	m2	m2	kWh/m2/thn
(a)	(b)	©	(d)	(e=c:d)
288463.158	2082	138.55	1.26	110

Sumber: analisa pribadi, 2020

## KESIMPULAN

Bangunan mengkonsumsi energi listrik dalam jumlah yang cukup besar. Sumber utama energi listrik tersebut adalah energi fosil, yang menghasilkan emisi GHG dan berdampak negatif untuk bangunan maupun lingkungan. Sehubungan dengan hal tersebut, desainer harus mulai memikirkan *on-site renewable energy tools* sebagai salah satu keunggulan perancangannya, untuk mencapai desain yang *sustainable*. Dari studi kasus Gedung Kementrian PU di Jakarta, luas area yang dibutuhkan untuk integrasi panel surya sebagai *on-site renewable energy tool* sebenarnya relatif kecil dibanding jumlah luasan yang tersedia, yaitu 138.55m<sup>2</sup> dari 1300m<sup>2</sup> luas atap, atau sekitar 10% dari luas atap.

## DAFTAR RUJUKAN

- Adji, H.S. (2016). Green Building dan Green Construction, *Engineer Weekly*, 9-12.
- Aguilar A.A., Montalvo, G.I., Gaspar, D.O.A., Rivera, D.N.B. (2018), Stages of Integrated Geothermal Project, Intechopen, London, UK.
- Casini, M. (2015). Harvesting Energi from In-pipe Hydro Systems at Urban and Building Scale, *International Journal of Smart Grid and Clean Energy*, 4(4), 316-327.

- Lubis, A. (2012). Paradigma Turbin Angin dalam Arsitektur, Universitas Indonesia.
- Ludlow, P. (2018). The European Commission. In *The New European Community* (pp. 85-132). Routledge.
- Mehler, E.D; Zervas, P.L; Sarimveis, H; Palyvos, J.A; Markatos, N.C, (2010), *Determination of The Optimal Tilt Angle and Orientation for Solar Photovoltaic Arrays*, National Technical University of Athens, School of Chemical Engineering, Athens, Greece.
- Secretariat General National Energy Council, (2019), *Indonesia Energy Outlook 2019*, National Energy Council, Jakarta Selatan.
- Visa, I., Moldovan, M. D., Comsit, M., & Duta, A. (2014). Improving the renewable energy mix in a building toward the nearly zero energy status. *Energy and Buildings*, 68, 72-78.