

## PERSPEKTIF ARSITEKTUR SURYA DI INDONESIA

Jimmy Priatman

Staf Pengajar Fakultas Teknik Jurusan Arsitektur – Universitas Kristen Petra

### ABSTRAK

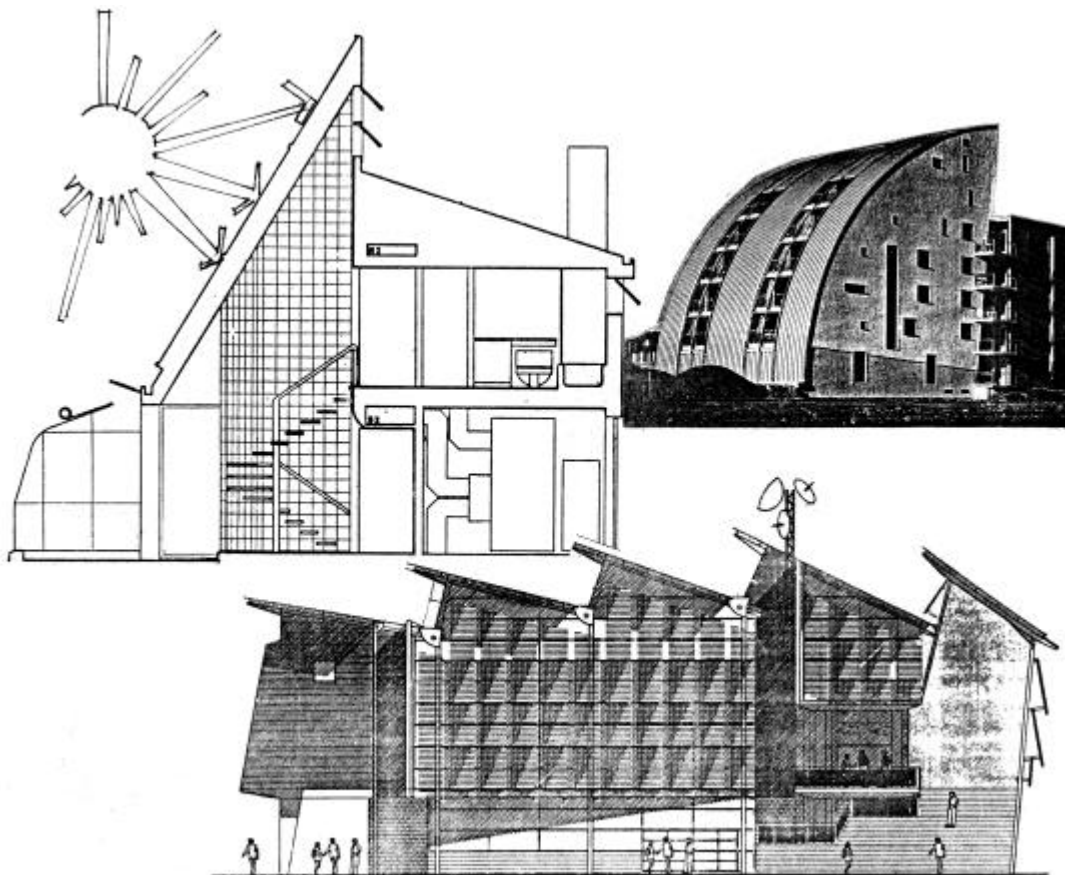
Energi surya merupakan sumberdaya alternatif yang prospektif karena energi surya merupakan sumber energi yang dapat diperbarui dan tidak menimbulkan polusi. Potensi energi surya di Indonesia yang berada dijalur khatulistiwa memungkinkan penggunaan secara langsung dalam bangunan untuk memenuhi kebutuhan manusia. Implementasi teknik pemanfaatan energi surya kedalam bangunan secara integratif menimbulkan tantangan spesifik dalam perancangan arsitektur dan merupakan embrio pewujudan suatu tatanan arsitektur baru yang dikenal sebagai “arsitektur surya”

**Keywords :** arsitektur surya, energi surya

### ABSTRACT

*Solar energy is a prospective alternative resource due to its existence as a non-polluting source of renewable energy. The potency of solar energy in Indonesia at the belt of equator enables its usage in buildings directly to fulfill human needs. The integrative implementation of solar technology into building emerges specific challenges in architectural design and evolves a new architectural approach which is called “solar architecture”.*

**Keywords:** solar architecture, solar energy





## FILOSOFI ARSITEKTUR SURYA

Sejak lama arsitektur dinyatakan sebagai tatanan ruang tiga dimensi yang mempunyai karakteristik bentuk dan material serta dibatasi oleh dimensi tinggi, panjang dan lebar. Pemahaman artikulasi makna matahari dalam arsitektur menambahkan dimensi keempat, yakni **waktu**. Dengan dimensi waktu sebagai elemen disain, arsitektur bukan hanya mengandalkan dari estetika bentuk semata, tetapi bergerak dari suatu kreativitas statis menuju suatu inovasi yang dinamis. Bentuk di definisikan kembali, bukan hanya sebagai **penampilan** (*appearance*), melainkan sebagai **kinerja** (*performance*) dimana seni bangunan bukan hanya masalah penampilan bangunan semata, tetapi juga mampu mewujudkan kinerja bangunan yang maksimal.

Bangunan bangunan yang direncanakan memanfaatkan matahari dan iklim sebagai sumber energi primer haruslah dirancang untuk mengakomodasi perubahan-perubahan sebagai konsekuensi siklus iklim secara harian, musiman maupun tahunan dan mengalami variasi cuaca yang berbeda sesuai dengan keberadaannya pada suatu garis lintang geografis tertentu di bumi ini. Setiap bangunan berada di suatu daerah klimatik yang berbeda setiap menit setiap hari. Disini peran arsitek adalah belajar untuk mengoptimasi hubungan bangunan dengan iklim spesifiknya dalam tahapan-tahapan perancangan. Karena setiap bangunan berinteraksi dengan lingkungan suryanya masing-masing, permasalahan yang timbul adalah bagaimana pengolahan hubungan ini menguntungkan bagi manusia. Karena itu bangunan-bangunan yang memanfaatkan energi surya pada faktanya merupakan versi romantik dari pemahaman penggunaan sumber energi baru yang melahirkan kriteria perancangan arsitektur yang baru pula.

Bangunan sadar energi (termasuk arsitektur surya) mencari hubungan simbiotik dengan lingkungannya dan menengahi kebutuhan penghuni bangunan dengan kondisi iklimnya. Ia mengandalkan pada sumber daya dan pola matahari untuk penerangan, pemanasan maupun pendinginan untuk waktu-waktu tertentu, pada sirkulasi angin untuk kenyamanan dan beralih pada sistem kenyamanan buatan hanya apabila terjadi kondisi cuaca yang ekstrim pada saat-saat yang tertentu saja. Pada waktu disain pasif memerlukan suatu sistem aktif sebagai penunjang, bangunan sadar energi mengambil keuntungan teknologi-teknologi baru yang memungkinkannya mengandalkan sumberdaya

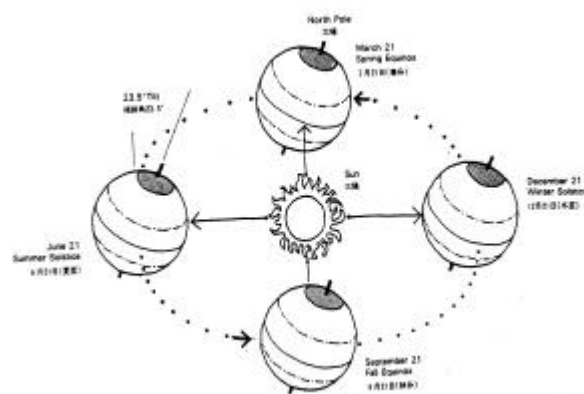
energi yang dapat diperbaharui (matahari dan angin) dan menempatkan sistem yang bersumber energi fosil (minyak bumi) sebagai sumber cadangan terakhir (*the last resort resource*). Arsitektur surya dapat diidentifikasi sebagai **arsitektur sadar energi yang merupakan sintesis tempat dan waktu (time and place)**.

## HUBUNGAN MATAHARI DENGAN BUMI DAN ENERGI SURYA

Matahari adalah satu-satunya sumber energi bagi bumi. Bumi mempunyai sistem selubung tersendiri (atmosfer) yang tebalnya ratusan kilometer di atas permukaan bumi dan yang menciptakan kondisi yang menunjang kehidupan habitat bumi. Terdiri dari lima lapisan yakni troposfer, stratosfer, mesosfer, termosfer dan eksosfer, lapisan ini berperan sebagai filter radiasi matahari dengan pelbagai panjang gelombang. Makhluk hidup dilapisan troposfer (biosfer), dimana terjadi ekosistem yang terjalin erat satu dengan yang lain dan merupakan siklus berkelanjutan yang membentuk basis untuk kehidupan.

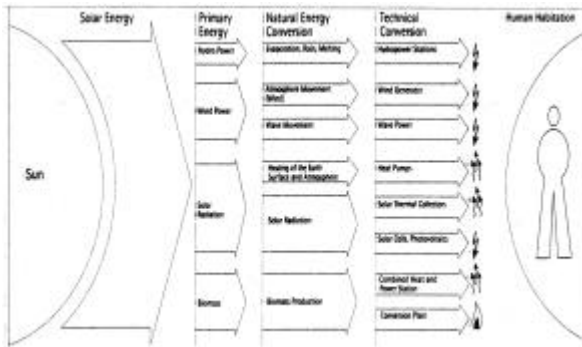
Kedudukan sumbu bumi yang mempunyai kemiringan sebesar  $23,5^{\circ}$  terhadap garis normal bidang orbit bumi dalam sistem tata surya kita menimbulkan konsekuensi terjadinya pola iklim yang berbeda-beda di bumi tergantung dari lokasi geografis suatu tempat pada bola bumi.

Energi surya merupakan sumber beberapa energi primer yaitu energi hidro, energi angin, energi radiasi matahari, energi biomassa dan merupakan energi natural dengan konversi beberapa wujud antara lain air, awan, angin, gelombang laut (pasang surut), biomassa.



**Gambar 1 : Diagram Lintasan bumi-matahari**

Sumber: *Solar Dwelling Design Concepts*, hal. 44



**Gambar 2. Skema Konversi Energi Surya**  
 Sumber: *Sol Power –The Evolution of Solar Architecture*, hal. 28

### PEMANFAATAN ENERGI SURYA KEDALAM BANGUNAN

Penggunaan energi surya umumnya dibedakan antara pemanfaatan secara tidak langsung, yaitu dengan mengolah pergerakan angin sebagai efek tidak langsung energi surya, maupun pemanfaatan secara langsung. Dalam sistim ini dibedakan antara sistim thermo-syphoning, yang memanfaatkan panas radiasi matahari melalui benda padat, cair, udara, dan sistim foto-voltaik (*PV system*) yang mengkonversikan panas matahari langsung menjadi arus listrik dengan bantuan sel surya (*PV cell*).

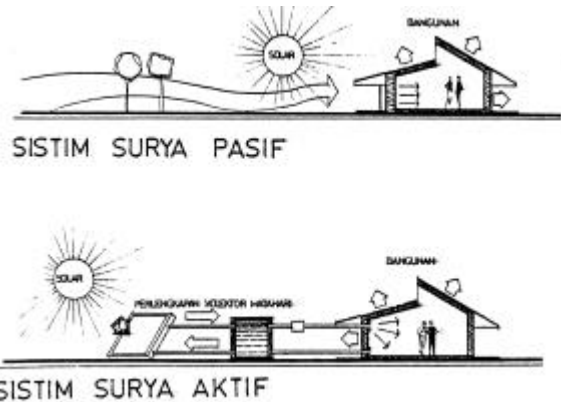
### ARSITEKTUR SURYA DENGAN SISTIM SURYA AKTIF DAN PASIF

Arsitektur surya dapat di definisikan sebagai tatanan arsitektur yang memanfaatkan teknologi energi surya baik secara langsung maupun secara tidak langsung kedalam bangunan secara maksimal, dimana elemen elemen ruang arsitektur (lantai, dinding, atap, langit langit, aksesoris bangunan) berfungsi sebagai suatu sistim surya aktif maupun sistim surya pasif. Pada umumnya arsitektur surya ini mempunyai identitas sebagai tipologi arsitektur untuk konservasi energi.

Sistim Surya Aktif (*active solar system*) merupakan suatu teknologi yang memanfaatkan energi surya dalam bangunan melalui konversi energi cahaya menjadi energi panas dengan bantuan peralatan mekanis untuk tujuan pemanasan air domestik, pemanasan dan pendinginan ruang atau melalui konversi energi cahaya menjadi energi listrik untuk tujuan penerangan/penggunaan alat elektronik lainnya.

Sistim Surya Pasif (*passive solar system*) merupakan suatu teknik pemanfaatan energi surya secara langsung dalam bangunan tanpa atau seminimal mungkin menggunakan peralatan mekanis, melalui perancangan elemen elemen arsitektur (lantai, dinding, atap, langit langit, aksesoris bangunan) untuk tujuan kenyamanan manusia (mengatur sirkulasi udara alamiah, pengaturan temperatur dan kelembaban, kontrol radiasi matahari, penggunaan insulasi termal).

Terdapat banyak teknik sistim surya aktif/pasif yang bisa di implementasikan di Indonesia sehingga memerlukan analisis yang akurat untuk menentukan suatu pilihan yang tepat bagi suatu tempat tertentu disini. Karakteristik iklim panas lembab di Indonesia (temperatur 30<sup>0</sup> C-35<sup>0</sup> C DBT-dry bulb temperature dan kelembaban 80%-100% RH-relative humidity) menuntut sintesis antara arsitektur tropis dengan arsitektur surya yang tentu saja membutuhkan ke piawaian untuk memadukannya. Kriteria teknis fisibilitas penggunaan energi surya disuatu lokasi sedikitnya ditentukan oleh intensitas radiasi matahari (kW/M<sup>2</sup>) yang diukur dengan pyranometer dan jumlah hari cerah (hari/tahun atau jam/hari) yang diukur dengan solarimeter.



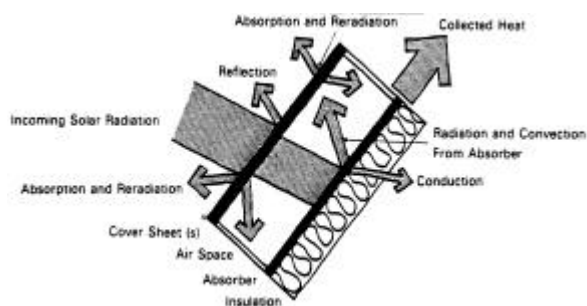
**Gambar 3. Skema Sistim Surya Aktif dan Sistim Surya Pasif**

Sumber: Pusat Riset Energi Surya Surabaya, hal. 37

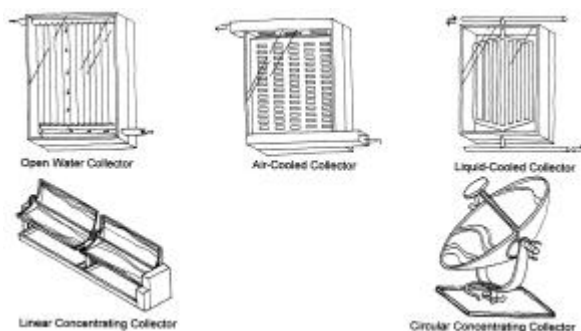
### PRINSIP KERJA DAN KLASIFIKASI KOLEKTOR SURYA

Pengumpulan sinar surya dalam sistim surya aktif memerlukan peralatan yang disebut kolektor surya. Kolektor mengubah radiasi matahari (langsung maupun difus) menjadi panas yang terpakai ataupun energi listrik melalui absorpsi pada suatu permukaan tertentu.

Pada sistim non elektrikal, energi termal yang terserap ditransmisikan melalui suatu media penghantar panas, biasanya gas atau cairan didalam kolektor dan dimanfaatkan. Pada umumnya kolektor menggunakan penutup transparan (kaca/plastik) dengan transmisi tinggi untuk gelombang pendek dan absorptansi tinggi untuk gelombang panjang sinar matahari. Pada dasar kolektor ditempatkan material penyerap efektif untuk radiasi matahari tetapi bersifat emitasi rendah serta konduktivitas termal yang tinggi untuk menghasilkan panas ke cairan atau gas dan diberi coating berwarna gelap. Dibedakan atas kolektor datar (*non-focusing collector*) dan kolektor fokus (*focusing collector*). Kolektor datar pada dasarnya terdapat beberapa tipe, antara lain *Open Water Collector*, *Air-Cooled Collector* dan *Liquid-Cooled Collector*. Sedangkan kolektor fokus dibedakan antara *Linear Concentrating Collector* dan *Circular Cocentrating Collector* (gambar 4 dan 5).



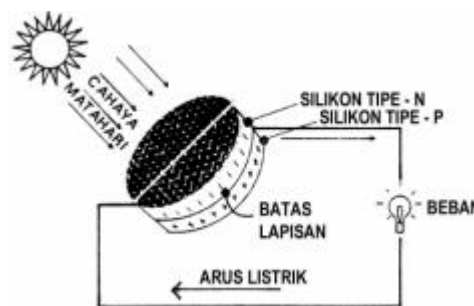
Gambar 4. Diagram Potongan Kolektor Datar  
Sumber: *Solar Dwelling Design Concepts*, hal. 20.



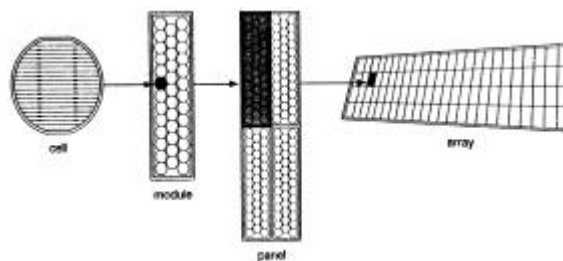
Gambar 5. Klasifikasi Kolektor Datar dan Kolektor Fokus  
Sumber: *Solar Dwelling Design Concepts*, Hal. 21,23.

Pada sistim elektrikal, sebuah kristal semikonduktor (silikon) yang bersifat konduktor baik sekaligus isolator baik ditambahkan sejumlah kecil unsur lain melalui proses *doping* – suntikan dengan unsur lain. Bila ditambahkan sedikit fosfor, kristal silikon tadi akan menjadi

silikon tipe-N (negatif). Bila ditambahkan sedikit boron, kristal silikon tadi akan menjadi silikon tipe-P (positif). Silikon tipe-P dan silikon tipe-N dapat dipersatukan untuk membentuk suatu *junction* (batas lapisan) semikonduktor. Cahaya matahari gelombang pendek yang datang (terdiri dari partikel partikel foton) menembus semikonduktor silikon sampai batas lapisan (*junction*) tadi akan memaksa elektron untuk meninggalkan kristal silikon dan meninggalkan lubang elektron. Terbentuk pasangan *lubang-elektron*, dimana elektronnya bermuatan negatif, dan lubang tempat asalnya bermuatan positif. Medan elektrik yang terdapat pada batas lapisan akan menghalangi lubang dan elektron untuk bersatu kembali. Silikon tipe-N akan menjadi kutub negatif, silikon tipe-P akan menjadi kutub positif dan terjadilah alat pembangkit listrik kecil yang mendapatkan energinya dari cahaya matahari. Alat ini disebut *sel surya* atau *sel fotovoltaik*.



Gambar 6. Diagram Sel Surya (Fotovoltaik)  
Sumber: Solarex-Penuntun ke Teknik Listrik Sinar Surya,hal. 23.



Gambar 7. Diagram Hubungan Sel Fotovoltaik-Modul-Panel-Array PV  
Sumber: *The Solar Electric House*, hal. 54.

### KRITERIA ARSITEKTUR SURYA

Implementasi teknologi surya kedalam bangunan menimbulkan tantangan tantangan spesifik untuk memadukan aspek teknologi surya beserta peralatannya dengan aspek arsitektur yang melibatkan fisik bangunan dengan program kebutuhan ruang bagi penghuninya. Perma-

salahan teknis yang timbul adalah bagaimana panel kolektor itu mampu menangkap radiasi panas surya semaksimal mungkin dan sejauh mana posisi panel kolektor menjadi faktor dominan yang menentukan orientasi, konfigurasi ruang dan bentuk fasade bangunan. Dengan adanya penempatan panel panel kolektor maupun modul PV sebagai faktor dominan penentu bentuk (*form-giver*) menyebabkan adanya implikasi implikasi disain arsitektur khusus yang sekaligus merupakan kriteria perancangan bagi arsitektur surya.

Beberapa kriteria perancangan arsitektur surya:

### 1. Integrasi Sistim Surya Pada Bangunan

Kolektor surya atau modul PV (fotovoltaik) sekaligus merupakan elemen bidang atap, bidang dinding, lantai, langit langit atau aksesoris bangunan (penangkal matahari, cantilever, canopy, kolam, aquarium, dsb). Misalnya Thrombe-Wall untuk pemanasan ruang, Dinding Energi untuk pendinginan ruang, Atap Berventilasi untuk mengurangi beban panas dalam ruang, dan sebagainya.



Gambar 8. Skema Integrasi Sistim Surya Pada Bangunan

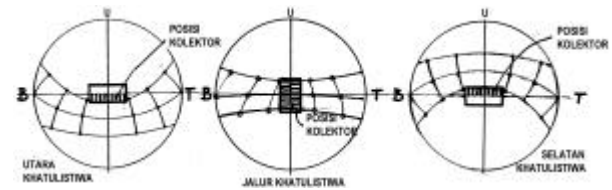
Sumber: *Photovoltaics in Architecture*, hal. 105.

### 2. Orientasi Bangunan.

Orientasi kolektor surya/modul fotovoltaik (PV) sangat kritis bagi arah hadap optimum kolektor terhadap radiasi matahari. Karena lintasan matahari terhadap bumi berbeda dari satu lokasi ke lokasi lainnya, sedangkan umumnya kolektor surya berkedudukan tetap (kecuali “*tracking collector*”), maka orientasi kolektor yang terpasang pada bangunan (bidang atap atau dinding) harus tepat untuk mengusahakan radiasi matahari maksimum.

- Bagi lokasi di belahan bumi utara, orientasi kolektor adalah arah selatan
- Bagi lokasi di belahan bumi selatan, orientasi kolektor adalah arah utara.

- Bagi lokasi di khatulistiwa (Indonesia), orientasi kolektor adalah arah barat-timur.

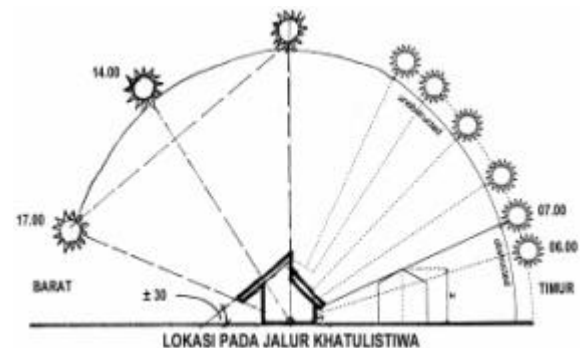


Gambar 9. Skematik Orientasi Kolektor Menurut Lokasi Geografis

### 3. Sudut Kemiringan Kolektor.

Sudut kemiringan kolektor mempengaruhi kinerja kolektor. Sudut kemiringan pada kolektor tetap (pada bidang atap atau dinding) perlu ditentukan dengan tepat untuk memaksimalkan intensitas matahari yang jatuh pada bidang kolektor serta mempertimbangkan aliran air hujan/salju yang mencair.

Acuan sudut kemiringan kolektor bagi belahan bumi utara/selatan adalah Lintang Geografis Lokasi  $\pm 10^{\circ} - 15^{\circ}$  (AIA Research Corporation, *Solar Dwelling Concepts*). Acuan sudut kemiringan kolektor bagi jalur khatulistiwa (Indonesia) adalah  $\pm 30^{\circ}$  (Priatman, Pusat Riset Energi Surya).



Gambar 10. Skema Sudut Kemiringan Kolektor

### 4. Luas Bidang Kolektor.

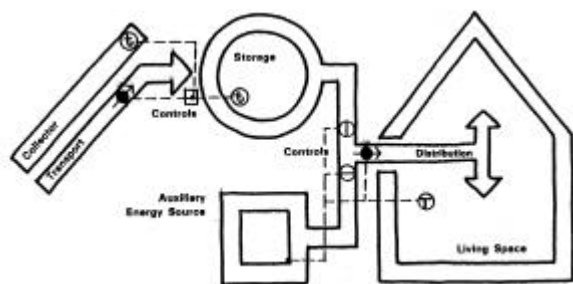
Luas bidang kolektor (atap/dinding) ditentukan oleh kebutuhan pemanasan/pendinginan, sistem kolektor yang akan dipakai, kondisi intensitas matahari setempat, tingkat kebutuhan energi yang dibutuhkan bagi sistem surya (100% sistem surya atau sebagai back-up system saja), *voltage-ampere/jam*, dsb.

Sebagai acuan pra rancang dapat digunakan *rule of thumb*  $\pm 50\%$  dari luas ruang yang dilayani sistem kolektor surya (*thermosyphoning*) sampai  $\pm 150\%$  dari luas ruang yang

dilayani sistem modul PV (*Wright, Natural Solar Architecture*).

### 5. Komponen Sistem Surya

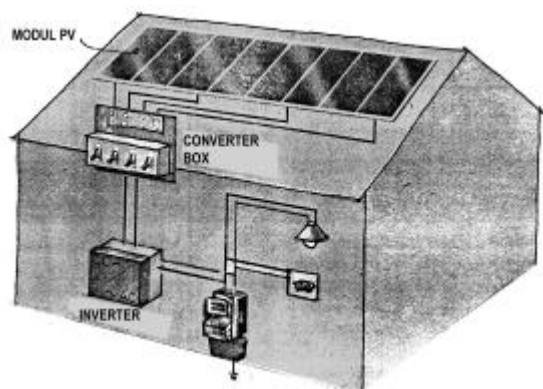
Sistem surya non elektrik (*thermosyphoning*) terdiri dari komponen-komponen sistem yang harus diakomodasi dalam perancangan. Komponen-komponen sistem itu meliputi Kolektor Surya, Reservoir/Gudang Penyimpanan Panas, Distribusi, Transportasi, Energi Cadangan, Kontrol Elektronik. Arsitektur surya merupakan wadah dari sistem surya beserta dengan seluruh komponen pendukungnya.



Gambar 11. Diagram Komponen Sistem Surya Thermosyphoning

Sumber: *Solar Dwelling Design Concepts*, hal. 18.

Sistem surya elektrik, terdiri dari komponen-komponen modul fotovoltaik (PV), kotak konektor (connector box), inverter untuk mengubah arus searah (DC) menjadi arus bolak-balik (AC).



Gambar 12. Diagram Komponen Sistem Modul Fotovoltaik (PV)

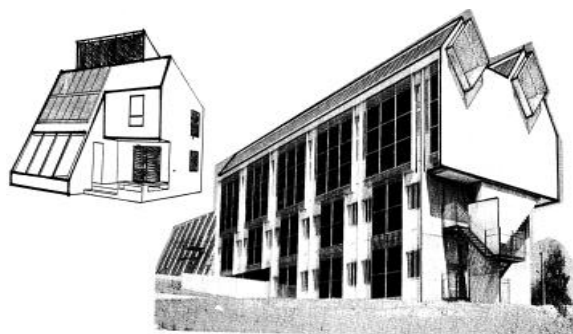
Sumber: *Photovoltaics in Architecture*, hal. 101.

### 6. Unsur Kekuatan, Kenyamanan dan Estetika

Bangunan pada umumnya harus memenuhi kebutuhan kekuatan struktur untuk menjamin keamanan konstruksinya dan tingkat kenyamanan

an tertentu untuk menjamin kesehatan dan kenyamanan penghuninya. Bangunan baru dapat di klasifikasikan sebagai arsitektur apabila dipenuhi kebutuhan nilai estetikanya dalam bentuk konfigurasi ruang yang kompak, nyaman, proporsional maupun dalam bentuk fasade eksteriornya yang menampilkan komposisi bidang masif-transparan, tekstur lembut dan keras, warna pastel atau ekstrim, dan sebagainya dimana unsur seni artistik memainkan perannya.

Kolektor surya (dengan warna gelap tertutup kaca/plastik transparan) dapat menghasilkan penampilan yang baik apabila dipikirkan sebagai kombinasi dan komposisi antara bidang dinding dan atap yang melibatkan sudut kemiringan dan luasan luasan yang dibutuhkan. Modul PV pun kini tersedia dalam berbagai pola dan tekstur yang atraktif baik masif maupun transparan dalam pelbagai warna dan dilaminasi (*laminated film*) pada bidang-bidang jendela maupun skylight.



Gambar 13. Tipologi Arsitektur Surya pada Bangunan Rumah Tinggal dan Bangunan Umum

Sumber: *Photovoltaics in Architecture, Passive Solar Commercial & Institutional Buildings, Sol Power*

### ARSITEKTUR SURYA DIMASA DEPAN

Berbeda dengan era arsitektur terdahulu yang ditandai dengan penampilan langgam dan fashion arsitektur silih berganti, era energi surya akan ditandai dengan perubahan makna yang substantif, yang membuka pintu lebar-lebar bagi perubahan interpretasi langgam. Energi surya kini dan dimasa mendatang sedang dalam tahap improvisasi. Menarik untuk disadari, bahwa akan muncul gagasan-gagasan baru yang belum pernah terpikirkan sebelumnya, karena formula-formula lama segera akan digantikan dengan paradigma-paradigma baru.

Improvisasi adalah apa yang ahli dikerjakan oleh para arsitek dalam bidang seni. Para insinyur pun dituntut berbuat hal yang sama juga, tetapi mereka

cenderung terperangkap oleh paradigma paradigma sains dan melakukan eksperimen eksperimen dalam perubahan gradual. Bila para perancang berani untuk ber inovasi, berani untuk mencipta, berani untuk menantang solusi tradisional, tentu terjadi kesalahan, tetapi sekaligus diharap menemukan solusi baru untuk memecahkan kesalahan yang lalu. Dan sebenarnya, risiko itulah yang dituntut dari para perancang “*avant garde*”.

Definisi estetikanya Schleier-macher menyatakan “*aesthetics was the proper relationship of artistic activity to the scheme of ethics*”. Definisi ini cukup memberikan alasan untuk memikirkan matahari kita sebagai suatu tantangan estetik baru dalam arsitektur. Adalah indah untuk bisa memadukan kemampuan teknis kita, pengetahuan sains kita, inovasi dan kreativitas artistik kita untuk mendayagunakan energi surya dalam bingkai konsep etika lingkungan dan menemukan suatu bentuk ekspresi baru yang menyongsong kehadiran surya dalam arsitektur kita, **arsitektur surya**, seperti dinyatakan musisi the Beatles dalam lagunya :

“ *Here comes the sun, here comes the sun,  
and I say it's all right ....  
Little darling, it's been a long , long lonely  
winter.....  
Little darling, it seems like years since its  
been clear....  
Here comes the sun, here comes the sun,  
and I say it's all right...*”

and Urban Development, Office of Policy Dev. And Research, 1976

Winslow-Margaret Cottom, *Environmental Design: The Best of Architecture & Technology*, PBC International, Inc.,Ny 1990

## DAFTAR PUSTAKA

- Behling, Sophia and Stefan, *Sol Power: The Evolution of Solar Architecture*, Prestel-Verlag, Munich 1996
- Humm, Othmar et al, *Photovoltaics in Architecture*, Birkhauser Verlag, Berlin, 1993
- International Energy Agency, *Passive Solar Commercial and Institutional Buildings*, John Wiley & Sons, England, 1995
- Pijawka, K. David and Shetter, Kim, *The Environment Comes Home*, The University of Arizona Press, 1995
- Strong, Steven J. and Scheller, William G., *The Solar Electric House*, Sustainability Press, 1993
- The AIA Research Corporation, *Solar Dwelling Design Concepts*, The US Dept. of Housing