



# ARCADE

## JURNAL ARSITEKTUR

p-ISSN: 2580-8613 (Cetak)

e-ISSN: 2597-3746 (Online)

<http://jurnal.universitaskebangsaan.ac.id/index.php/arcade>



## SISTEM SUBGROUND PASSIVE COOLING PADA GEREJA CIBUNUT, KUNINGAN, JAWA BARAT

Inggit Musdinar Sayekti Sihing Yang Mawantu<sup>1</sup>, Sri Kurniasih<sup>2</sup>

Program Studi Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Budi Luhur

E-mail: [inggit.musdinar@budiluhur.ac.id](mailto:inggit.musdinar@budiluhur.ac.id), [sri.kurniasih@budiluhur.ac.id](mailto:sri.kurniasih@budiluhur.ac.id)

### Informasi Naskah:

Diterima:

11 Februari 2021

Direvisi:

3 Maret 2021

Disetujui terbit:

15 April 2021

Diterbitkan:

Cetak:

29 Juli 2021

Online

29 Juli 2021

**Abstract.** *Subground passive cooling is a passive cooling technique that is carried out by flowing cold air in the ground into the room. The Pasio Christi Church in Cibunut, Kuningan, West Java was founded in 1965. Then the church implemented a passive cooling subground system through renovations carried out on May 11, 2018. This passive cooling system is usually carried out in areas with subtropical to cold climates, however Cibunut who has a tropical climate tries to implement this system. In fact, there is concern if the system is implemented in the tropics, such as humidity entering the system, causing fungal problems that can have an impact on health. . Therefore this research describes the application of the subground passive cooling system in tropical climates with the following steps: (i) data collection in the form of literature studies, (ii) identification of the subground passive cooling system of Cibunut Church, (iii) elaboration of theory regarding subground passive cooling, (iv) analysis of the application of subground passive cooling of the Cibunut church with the results of theoretical elaboration. This research is expected to be able to contribute in science, especially regarding the application of subground passive cooling systems in tropical climates.*

**Keyword:** *subground, passive cooling, humidity*

**Abstrak:** *Subground passive cooling merupakan teknik pendinginan pasif yang dilakukan dengan mengalirkan udara dingin dalam tanah ke dalam ruangan. Gereja Pasio Christi di Cibunut, Kuningan, Jawa Barat didirikan sejak 1965. Lalu gereja ini menerapkan sistem subground passive cooling melalui renovasi yang dilakukan pada 11 Mei 2018. Sistem pendinginan pasif ini biasanya dilakukan pada wilayah dengan iklim subtropis hingga iklim dingin, namun demikian Cibunut yang beriklim tropis mencoba untuk menerapkan sistem ini. Padahal ada kekhawatiran jika sistem ini diterapkan di wilayah tropis, seperti kelembaban yang masuk dalam sistem sehingga muncul permasalahan jamur yang dapat berdampak pada kesehatan. Oleh karena itu pada penelitian ini mendeskripsikan mengenai penerapan sistem subground passive cooling pada wilayah beriklim tropis dengan langkah-langkah sebagai berikut : (i) pengumpulan data dalam bentuk studi literatur, (ii) identifikasi sistem subground passive cooling Gereja Cibunut, (iii) elaborasi teori mengenai subground passive cooling, (iv) analisis penerapan subground passive cooling gereja Cibunut dengan hasil elaborasi teori. Dari penelitian ini diharapkan mampu memberikan sumbangsih dalam keilmuan terutama mengenai penerapan sistem subground passive cooling pada wilayah beriklim tropis.*

**Kata Kunci:** *subground, pendinginan pasif, kelembaban*

### PENDAHULUAN

Suatu desain bangunan dikatakan berhasil jika bangunan tersebut mampu beradaptasi dengan lingkungan dimana bangunan itu didirikan. Wilayah Indonesia memiliki iklim tropis lembab, dan diperlukan konsumsi energi yang cukup tinggi untuk operasional bangunan, yakni pada sistem pendinginan bangunan, jika bangunan tersebut tidak direncanakan dengan baik. Salah satu konsumsi energi yang besar adalah digunakan untuk mendinginkan bangunan untuk wilayah beriklim tropis lembab.

Cibunut, Kuningan, Jawa Barat merupakan wilayah dengan suhu rata-rata harian 28°-30° Celcius. Letak

geografis 768 m permukaan air laut, membuat Cibunut memiliki suhu harian yang cukup panas dibandingkan dengan Cigugur yang relatif sejuk meskipun sama-sama berada di kaki gunung Ciremai. Gereja Stasi Pasio Christi Cibunut adalah fasilitas rumah ibadah bagi umat beragama Katholik yang didirikan sejak tahun 1965. Dan pada tanggal 11 Mei 2018 dilakukan renovasi. Renovasi yang dilakukan selain bertujuan untuk meremajakan bangunan gereja, adalah untuk mendesain ulang gereja yang memiliki sistem pendinginan pasif. Lokasinya yang cukup terpencil, dan akses yang terbatas membuat wilayah Cibunut kesulitan menemukan suplai mesin pendingin berkapasitas

besar. Oleh karena itu, bangunan gereja ini menggunakan sistem *subground passive cooling* untuk mendinginkan bangunan.

## TINJUAN PUSTAKA

### **Subground Passive Cooling**

*Subground passive cooling* adalah sistem pendinginan pasif yang dilakukan dengan cara mengalirkan suhu dingin di bawah tanah ke dalam bangunan. Sistem ini sudah digunakan pada beberapa bangunan gereja di Italia yang beriklim subtropis. Gereja Cibunut, mencoba mengadaptasi dan menerapkan sistem pendinginan ini ke dalam bangunannya.

### **Pendinginan Tanah**

Teknik pendinginan tanah (Lechner 2001) harus memperhatikan sifat tanah dan iklim. Selain itu, juga harus memperhitungkan kedalaman dari permukaan tanah. Semakin jauh dari permukaan tanah, suhu semakin dingin, sedangkan mendekati permukaan tanah, suhu meningkat, bahkan hampir serupa dengan suhu ruangan di atas tanah. Pada kedalaman 20 kaki, pada area dengan iklim sedang dapat dikatakan bahwa fluktuasi musim panas/dingin hampir tidak ada dan suhu tetap, yang sama dengan suhu rata-rata udara per tahunnya. Penerapan *subground passive cooling* terdapat 2 macam, yaitu:

#### **Penyambungan Secara Langsung**

Teknik penyambungan langsung yaitu dengan meletakkan bangunan, dibawah tanah. Udara dingin timbul akibat lapisan tanah yang menyelimuti selubung bangunan.

#### **Penyambungan Secara Tidak Langsung**

Pendinginan tanah secara tidak langsung dengan menggunakan tabung yang ditanam di dalam tanah. Tabung yang berisi udara dingin, kemudian dialirkan ke dalam ruangan.

### **Kelembaban Tanah pada Iklim Tropis**

Permasalahan yang seringkali muncul saat menerapkan sistem *subground passive cooling* pada wilayah yang beriklim tropis adalah kelembaban. Dinding pipa yang mengalirkan udara dingin terjadi kondensasi. Pipa harus memiliki kemiringan yang cukup untuk mengalirkan uap air ke bak peresap. Kondensasi tidak akan terjadi pada wilayah beriklim kering. Namun, cara mengalirkan uap air ini, belum tentu menjamin sistem terbebas dari munculnya jamur.

## METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang digunakan untuk penelitian ini adalah Deskriptif. Penelitian deskriptif adalah suatu metode penelitian yang ditujukan untuk menggambarkan fenomena-fenomena yang ada, yang berlangsung saat ini atau saat yang lampau.

### **Tahapan Penelitian**

Penelitian ini merupakan suatu proses penelitian yang terdiri dari beberapa tahapan. Adapun urutan langkah yang digunakan adalah:

#### 1. Kajian Teori

Penyajian teori-teori terkait seperti teori mengenai Sistem Pendinginan Pasif serta penjabaran *subground passive cooling* yang

diterapkan pada bangunan Gereja Stasi Pasio Christi, Cibunut, Kuningan, Jawa Barat.

#### 2. Observasi Lapangan

Dilakukan untuk mendapatkan data awal mengenai deskripsi bangunan dan sistem pendinginan tanah yang diperoleh dengan melakukan pengamatan serta wawancara dengan narasumber di lokasi pengamatan yaitu Gereja Cibunut.

#### 3. Analisis dan Sintesis

Melakukan analisis objek penelitian berdasarkan kajian teori, observasi lapangan, pengukuran kondisi eksisting dan penjabaran hasil pengamatan di lapangan yang terkait yang kemudian akan diperoleh sintesa dan kesimpulan dari masing-masing analisis yang dilakukan.

#### 4. Kesimpulan

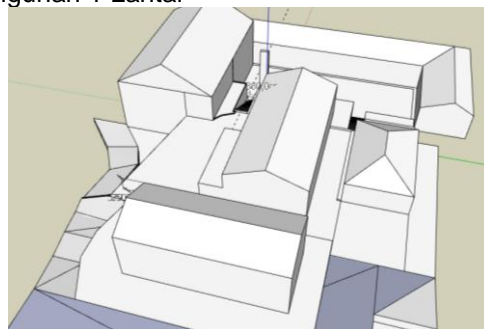
Menarik kesimpulan dari hasil analisis dan sintesis yang dirumuskan sebagai strategi desain sistem pendinginan pasif dalam wujud sistem pendinginan tanah terhadap bangunan.

## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Bagian ini menyajikan hasil penelitian yang berkaitan dengan tujuan. Hasil penelitian dapat dilengkapi dengan tabel, grafik (gambar), dan/atau bagan. Bagian pembahasan memaparkan hasil pengolahan data, menginterpretasikan penemuan secara logis, mengaitkan dengan sumber rujukan yang relevan, baik yang konsistens dengan hasil maupun yang kontra. Kemungkinan tindaklanjut kegiatan dapat juga disampaikan pada bagian ini [ARIAL, 10, normal, spasi tunggal]. Lokasi gereja yakni gereja Pasio Christi Cibunut yang menjadi obyek penelitian berada di Dusun Cibunut, Desa Cirukem, Kecamatan Garawangi, Kabupaten Kuningan, Jawa Barat. Sebelum direnovasi, Gereja Pasio Christi cibunut memiliki luasan tanah 536,33 m<sup>2</sup> dan luasan bangunan 227 m<sup>2</sup>. Setelah mengalami renovasi, gereja ini memiliki memperluas bangunan menjadi 290 m<sup>2</sup>.

Luasan lahan dari Gereja Cibunut adalah 536,33 m<sup>2</sup>, berbentuk persegi dengan ukuran 18,38 m X 29,17 m dengan – batas site sebagai berikut:

- Batas Barat : Sekolah TK-SD Yos Sudarso
- Batas Selatan : Sekolah TK-SD Yos Sudarso dan Lahan Kosong
- Batas Timur : Balai Warga, tinggi bangunan 2 Lantai
- Batas Utara : Area Hunian, dengan tinggi bangunan 1 Lantai



Keterangan :

- A. Bangunan Balai Warga
- B. Bangunan Gereja Cibunut
- C. TK-SD Yos Sudarso
- D. Rumah Tinggal 2 Lantai
- E. Rumah Tinggal 1 Lantai
- F. Lahan Kosong

**Gambar 1.** Ilustrasi kontur lokasi Gereja Cibunut beserta bangunan di sekelilingnya.

Selain perubahan luasan, orientasi bangunan juga mengalami perubahan. Sebelumnya bangunan gereja menghadap ke arah Timur, dan setelah renovasi, orientasi bangunan berubah ke arah Barat. Perubahan tinggi bangunan juga mengalami perubahan saat renovasi dilakukan. Bangunan lama gereja Cibunut memiliki tinggi atap luar 7,8 m dengan tinggi plafond interior 4,6 m. setelah mengalami peremajaan tinggi atap bangunan gereja berubah menjadi 11,11 m dengan tinggi plafond interior 6,2 m.



**Gambar 2.** Interior gereja Cibunut sebelum dilakukan renovasi.



**Gambar 3.** Interior gereja Cibunut setelah renovasi.  
Sumber: picdeer.com

Pembahasan selanjutnya adalah tentang sistem *subgorund passive cooling* yang diperoleh dari beberapa hasil dan kesimpulan dari penelitian-penelitian yang dijabarkan kemudian dielaborasi yang dianggap sesuai untuk diterapkan pada iklim tropis.

**Tabel 1.** Elaborasi Teori tentang *Subgorund Passive Cooling*

Kriteria	Teori tentang <i>Subgorund Passive Cooling</i>			
	M. Santamouris	Tobias Robert, Texas, USA	Girja Sharan, Insitut Pertanian India, Ahmedabad, India	Ralph T. Muehleisen, Illinois, USA
Pembanding	University of Athens, Greece			
Jenis subgorund passive	Teknik pendinginan ruangan dengan memanfaatkan	Udara panas mengalir melalui pipa,	<i>Earth Tube Heat Exchanger</i> (ETHE) tabung	<i>Earth Air Heat Exchanger</i> (EAHEs) : tabung

**cooling** kan suhu tanah, baik pada musim panas maupun musim dingin. (Santamouris 2006)

masuk ke dalam tanah, panas dilepaskan didalam tanah, masuk ke dalam ruangan sebagai udara dingin.

penakar panas yang ditanam ke dalam tanah dan didorong dengan blower dialirkan ke dalam ruangan. (Sharan and Jadhav 2003)

dikubur dalam tanah, dimana tanah akan lebih hangat saat musim dingin, dan lebih sejuk saat musim panas, dan dialirkan ke dalam ruangan. (Muehleisen 2012)

Sistem pendinginan	1. Open Loop	2. Closed Loop	1. Closed Loop	2. Open Loop	Open Loop, di lapangan terbuka sekitar 40 m dari Institut Ahmedabad

Jenis material pipa	Material pipa yang direkomendasikan : PVC, Keramik, Logam, dan Beton	Material pipa yang disarankan : PVC atau logam, pertimbangan, durability, resistensi terhadap korosi, dan kekuatan	Material pipa yang digunakan : PVC.	Material pipa yang digunakan : PVC.
---------------------	--	--	-------------------------------------	-------------------------------------

Panjang ideal instalasi pipa	Panjang pipa minimal 20 m	-	Panjang pipa yang ditanam 50 m	Panjang pipa yang ditanam antara 10-50 m
Ukuran pipa	Diameter pipa antara 0,2-0,3 m Kecepatan udara yang mengalir dalam pipa 6 – 10 m/s	Diameter pipa 15 – 45 cm	Pipa diameter 10 cm, tebal 3mm	Pipa PVC diameternya 30,5 cm (12 inci) dengan tebal pipa 9,5 mm (0,375 inci)
Kedalaman pipa	Kedalaman pipa di tanam dalam tanah	Kedalaman pipa ditanam 1,8 – 3,7 m.	Pipa ditanam sedalam 3 m	Pipa ditanam minimal 1 m dari

	antara 2-3 m			permukaan tanah
<b>Penerapan di iklim</b>	Iklim Subtropis - Kutub	Iklim Tropis - Sedang	Iklim Tropis	Iklim Sedang - Kutub
<b>Obyek bangunan</b>	Ioannina University Building, Greece	Rumah Tinggal di Texas, AS	Pada Green House Kampus Ahmedabad.	Gedung di Chicago, Illinois
<b>Perfor mansi</b>	Hasil monitoring selama musim panas suhu udara turun hingga hampir 10° C dari suhu luar 35° C dengan panjang pipa hampir 30 m kedalaman 3 m.	Timbul permasalahan masalah yang disebabkan oleh kelembaban. Masalah yang muncul dikawatirkan berakibat pada kesehatan, sehingga dibutuhkan <i>mechanical dehumidifiers</i> .	Uji coba pengukuran dilakukan pukul 10.00 dengan suhu luar 31°C dan 14.00 dengan suhu luar 40,8 °C diperoleh suhu Green House pukul 10.00 yaitu 26,8°C dan pukul 14.00 yaitu 27,02°C	Evaluasi terhadap kinerja <i>Earth Air Heat Exchangers</i> (EAHEs) dengan menggunakan rumus persamaan yang hasilnya dapat dipergunakan untuk menentukan panjang pipa, ukuran pipa, kecepatan udara, daya kipas yang dibutuhkan, bahkan perkiraan rata-rata suhu udara bulanan yang keluar dari tabung.

Sumber: Hasil Analisis, 2020

Subground Passive Cooling pada Gereja Cibunut  
 Penerapan subground passive cooling pada Gereja Cibunut awalnya dengan mempertimbangkan kontur lokasi. Lubang angin ditempatkan pada dinding Sumur yang tersedia kemudian difungsikan untuk menangkap udara. Udara yang masuk didinginkan ke dalam tanah, kemudian dibantu dengan *blower*, udara dingin didorong masuk ke dalam ruangan melalui pipa-pipa distribusi. Pipa distribusi terdiri dari pipa induk berukuran 8 inci dan pipa cabang berukuran 4 inci. Pipa induk ditanam dibawah lantai bangunan gereja. Sedangkan pipa cabang ditanam di dalam dinding gereja.

Spesifikasi sumur udara pada sistem *subground passive cooling* di gereja Cibunut adalah sebagai berikut :

1. Kedalaman sumur udara dari permukaan tanah adalah 5 m ditambah 1 m dari dasar sumur untuk penangkap lembab.
2. Diameter sumur udara 1,2 m dan diameter buis beton penangkap lembab 80 cm.

3. Sumur dibuat tanpa perkerasan pada bagian dasarnya. Pada bagian tersebut tersusun atas pasir, ijuk, dan koral untuk memudahkan air meresap ke dalam tanah.

4. Pada permukaan lubang sumur di tutup dengan menggunakan plat beton dan diberi lubang udara.

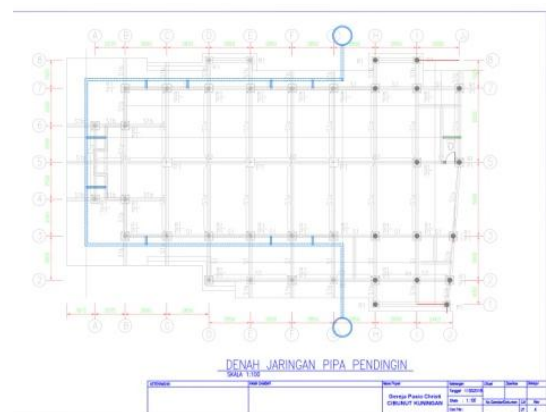


Gambar 6. Bagian dalam sumur udara.

Sumur udara dengan diameter 1,2 meter dengan kedalaman 5 m pada dindingnya dilapisi dengan bata ringan Hebel dengan susunan zigzag dan direkatkan dengan perekat instan. Spesifikasi bata ringan Hebel dipilih yang memiliki ketebalan 7 cm.

Dari sumur udara, udara dingin dialirkan menggunakan pipa PVC dengan pipa utama berukuran 5” dan pipa cabang berukuran 3” yang meneruskan aliran menuju ke ruangan. Total panjang pipa utama yang berukuran 5” adalah 53,65 m. Sedangkan untuk pipa cabang yang berukuran 3” adalah 19,60 m.

Pipa udara yang digunakan untuk mengalirkan udara dingin ke dalam ruangan gereja terbagi ke dalam beberapa titik, dan posisinya ditanam dibawah bangunan untuk pipa bagian datar dan ditanam dalam dinding untuk pipa tegak. Titik lubang distribusi di dalam ruangan gereja sebanyak 9 titik. Dari 9 titik, terbagi menjadi 2 yakni : 2 titik berada di altar, dan 7 titik berada pada ruang umat. Titik-titik distribusi dapat dilihat pada gambar-gambar berikut ini.



Gambar 7. Denah Jaringan Pipa Udara diwakili garis berwarna biru.

*Outlet* lubang udara pada ruangan gereja yakni pada dinding sisi utara dan selatan berada pada ketinggian 38 cm dari 0.00 lantai ruang umat. Sedangkan untuk titik lubang udara di altar berada pada lantai altar. (Gambar 4.11,12) Ukuran lubang sama dengan ukuran pipa cabang yakni 3”.



**Gambar 8.** Outlet pipa pendistribusi udara pada dinding sisi utara.

Untuk memberikan estetika yang baik pada interior gereja, pada bagian lubang udara diberikan tutup baik untuk yang berada di lantai altar maupun pada dinding pada ruang umat. Pada lubang udara di ruang umat lubang udara ditutup dengan menggunakan jalusi bulat berbahan kayu, sedangkan untuk ruang altar lubang udara diberi tutup berbahan stainless.



**Gambar 9.** Outlet pada dinding ruang umat dan pada lantai altar.

Penerapan sistem *subground passive cooling* di Gereja Cibunut dengan hasil elaborasi teori dapat dilihat melalui tabel berikut :

Kriteria Perbandingan	Hasil elaborasi teori	Penerapan di Gereja Cibunut
<b>Material pipa</b>	Bahan pipa PVC.	Bahan pipa PVC.
<b>Ukuran pipa jaringan</b>	Pipa utama 5-8 inci, pipa cabang mengecil 50% dari ukuran pipa utama, supaya aliran udara terdistribusi merata.	Pipa utama berukuran 5 inci dan pipa cabang berukuran 3 inci.
<b>Material tabung/sumur penangkap udara</b>	Batu kali dengan perekat <i>trassram</i> (kedap air) perbandingan adukan 1 pc : 2 ps. Dengan ketebalan 40 cm	Dinding sumur udara dengan menggunakan bahan bata Hebel dengan tebal 7 cm yang disusun dengan pola zigzag. Perekat menggunakan perekat instan.

<b>Letak sumur udara</b>	Posisi sumur penangkap udara sebaiknya diberi peneduh atau pada lubang permukaannya dibelokkan untuk mengantisipasi permasalahan saat musim hujan.	Sumur udara berada di ruang terbuka, tanpa peneduh, dan pada bagian lubang permukaannya diberi tutup yang terbuat dari beton pracetak.
<b>Ukuran sumur penangkap udara</b>	Sumur udara memiliki diameter minimal 1 m dan kedalaman minimal 5m.	Sumur udara memiliki diameter 1,2 m dan kedalaman 5 m.
<b>Solusi kelembaban</b>	Sumur udara dilengkapi dengan drainase, dapat berupa floordrain, atau bak penangkap air dibawah dasar sumur. Bagian dasar sumur diupayakan tetap kering.	Bagian dasar sumur tanpa dasar perkerasan, berupa lapisan tanah.
<b>Pipa distribusi</b>	Pipa pendistribusi udara terdiri dari pipa utama dan pipa cabang. Pipa utama minimal berukuran 5 - 8 inci, sedangkan pipa cabang berukuran setengahnya dari pipa utama.	Pipa utama berukuran 5 inci, sedangkan pipa cabang berukuran 3 inci.

Sumber: Hasil Analisis, 2020

## KESIMPULAN

Berdasarkan pengolahan data, analisis dan sintesis, maka dapat diambil kesimpulan bahwa penerapan sistem *subground passive cooling* pada gereja di Cibunut menggunakan sumur udara yang belum ada sistem pengeringan sebagai bentuk penanggulangan terhadap munculnya masalah lembab. Permukaan sumur udara ditutup tidak terbuka, dimungkinkan kecepatan angin dalam pipa udara akan sangat rendah, jika tidak dibantu dengan kipas (*blower*). Jika menggunakan kipas pendorong, berarti tetap ada konsumsi energi dalam penerapannya dan tidak sepenuhnya pendinginan pasif.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada segenap pihak Gereja Cibunut, Kuningan, Jawa Barat yang memberikan dukungan dalam terlaksananya penelitian.

## DAFTAR PUSTAKA

- Chok, M. and Chan, C. (2017) 'A lab-based study of subground passive cooling system for indoor temperature control A Lab-based Study of Subground Passive Cooling System for Indoor Temperature Control', 080015(November), pp. 1–7. doi: 10.1063/1.5011603.
- Khairunnisa, S. and Thojib, J. (no date) 'Studi Pendinginan Pasif dalam Bangunan Pendidikan Bahasa di Kawasan " Kampung Inggris " Pare'.
- Lapisa, R., Arif, A. and Krismadinata, M. Y. S. (2018) 'Pengaruh Inersia Termal Tanah Terhadap Kenyamanan Ruang: Pemanfaatan Teknik

- Pendinginan Pasif pada Bangunan di Daerah Tropis', 18(1), pp. 99–106. doi: 10.24036/invotek.v18i1.271.
- Muehleisen, R. T. (2012) 'Simple Design Tools for Earth-Air Heat Exchangers', *IBPSA-USA Journal*, 5(1), pp. 723–730. doi: 10.13140/2.1.2854.5607.
- Prasetyo, Y. H. (2014) 'Dan Pengukuran Lapangan Studi Kasus : Bangunan Konvensi Grha Wiksa Praniti Bandung Building Performance of Passive Design Based on Ecotect Simulation and Field Measurement Case Study: Convention Center Building Grha Wiksa Praniti Bandung', 9(1), pp. 41–53.
- Sharan, G. and Jadhav, R. (2003) 'Performance of Single Pass Earth-Tube Heat Exchanger: An Experimental Study', *Journal of Agricultural Engineering*, 40(1), pp. 1–8. Available at: <http://epubs.icar.org.in/ejournal/index.php/JAE/article/view/14200>.
- Lechner, Norbert (2001) 'Metode Desain untuk Arsitektur : *Heating, Cooling, Lighting*' Raja Grafindo, Jakarta