

## **ANALISIS KESEIMBANGAN TERMAL PADA AREA PAMER MUSEUM GEOLOGI BANDUNG**

**Grace Gunawan**

*Universitas Kristen Maranatha*  
*gracegunawans@yahoo.com*

### **ABSTRACT**

*Bandung is one of the cities that inherited a lot of colonial buildings, especially Dutch colonial buildings. This colonial building is known for its excellent thermal comfort, but since the industrial revolution, the number of greenhouse gases has increased in the atmosphere and caused global warming leading to climate change. This climate change happens to make the annual average temperature increase in Bandung. Hot air coming from outside the building goes into the room and causes the temperature in the room increases. Apart from the heat sources from indoors, there are also sources of heat coming from the exterior, such as electronic equipment, humans, etc. The purpose of this study is to improve the thermal conditions and as initial research to make energy savings in the Museum of Geology. In this study, the exhibition area of the selected Museum Geologi is the exhibition area on the 1st floor of Geological Museum, the four rooms are still not renovated as in the exhibition area on the 2nd floor. The method used in this research is the thermal balance method, where in this method any good heat source from outside the building is calculated.*

*Keywords: energy saving, heat energy, comfort standards, building physics, colonial buildings, interior room temperature*

### **ABSTRAK**

*Bandung adalah salah satu kota yang mewarisi banyak sekali bangunan kolonial, khususnya bangunan Kolonial Belanda. Pada umumnya bangunan kolonial memiliki tingkat kenyamanan termal yang baik, tetapi sejak terjadinya revolusi industri, jumlah gas-gas rumah kaca di atmosfer meningkat dan menyebabkan pemanasan global yang berujung pada perubahan iklim. Terjadi perbuahan iklim ini membuat suhu rata-rata tahunan di Bandung meningkat. Udara panas yang berasal dari luar bangunan masuk ke dalam ruangan dan menyebabkan suhu di dalam ruangan pun meningkat. Selain sumber panas dari luar ruangan, ada juga sumber panas yang berasal dari dalam ruangan, seperti peralatan elektronik, manusia, dll. Tujuan dari penelitian ini adalah memperbaiki kondisi termal dan sebagai penelitian awal untuk melakukan penghematan energi di Museum Geologi. Dalam penelitian ini area pameran Museum Geologi yang dipilih adalah area pameran lantai 1 Museum Geologi yang masih belum direnovasi seperti pada area pameran di lantai 2. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode keseimbangan termal, dalam metode ini setiap sumber panas baik dari dalam maupun dari luar bangunan dihitung. Hasil penelitian ini adalah menghitung panas, baik dari luar bangunan maupun dari dalam bangunan.*

*Kata Kunci: hemat energi, energi panas, standar kenyamanan, fisika bangunan, bangunan kolonial, suhu ruang interior*

## PENDAHULUAN

Museum Geologi adalah salah satu warisan budaya yang berada di Kota Bandung. Museum Geologi dibangun di jaman kolonialisme sebagai bangunan yang digunakan untuk laboratorium penelitian Geologi, tetapi pada tahun 1945, semula bangunan ini dialihfungsikan sebagai Museum. Pada masa kini Museum Geologi tidak menggunakan sistem penghawaan mekanik. Pada tahun 1999, museum ini ditutup untuk renovasi dan kemudian dibuka kembali pada tahun 2000. Renovasi paling banyak dilakukan pada lantai 2, sedangkan pada lantai 1 perubahan yang dilakukan hanya sedikit, dengan penambahan beberapa panel dan parket tempat artifak dipamerkan. Akan tetapi setelah dilakukan perubahan ini, Museum Geologi memerlukan AC untuk memenuhi kenyamanan termal. Penggunaan AC ini tentu akan sangat mempengaruhi penggunaan energi dalam museum Geologi, karena 50% dari total energi yang diperlukan oleh suatu bangunan digunakan untuk HVAC. Di satu sisi, jendela di museum ini tidak dibuka karena cahaya matahari dapat menyebabkan pemudaran warna (*discolorization*) dan debu dapat masuk benda pameran menjadi kotor. Dengan mengetahui sumber panas tersebut, maka dapat dicari solusi yang efektif untuk mengisolasi sumber-sumber panas tersebut, sehingga konsumsi energi di Museum Geologi dapat dikurangi

## METODE PENELITIAN

Penelitian tentang keseimbangan termal adalah penelitian kuantitatif subjek tunggal, dimana hasil dari penelitian ini hanya dapat dimanfaatkan terhadap area ruang pameran Museum Geologi saja dan tidak dapat digunakan untuk area pameran pada Museum Geologi lantai 2 atau area pameran pada museum-museum lainnya. Penelitian kuantitatif ini adalah jenis penelitian yang menghasilkan penemuan yang dapat dicapai dengan penghitungan dan pengukuran di Museum Geologi. Pendekatan kuantitatif dilakukan dengan menggunakan metode keseimbangan termal. Dalam pendekatan kuantitatif, hubungan antara variabel-variabel dianalisis dengan menggunakan teori yang objektif.

## PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan sumber-sumber panas yang berada di Museum Geologi . Sumber-sumber panas tersebut berasal dari dalam bangunan (panas internal) ataupun panas yang berasal dari luar bangunan (panas eksternal). Metode penelitian untuk menentukan sumber panas adalah perhitungan Keseimbangan Termal. Berikut ini adalah rumus dari Keseimbangan Termal.

$$Q_i + Q_s + Q_c + Q_v + Q_m - Q_e = 0.$$

Dimana,

$Q_i$  = internal heat gain (Watt)

$Q_s$  = solar heat flow (Watt)

$Q_c$  = conduction heat flow (Watt)

$Q_v$  = convection heat flow (Watt)

$Q_m$  = mechanical cooling (Watt)

Nilai  $Q_i$ ,  $Q_s$ ,  $Q_c$ ,  $Q_v$  untuk persamaan di atas dapat diperoleh dengan cara sebagai berikut.

$$Q_i = \sum \text{panas internal (panas yang dihasilkan manusia dan peralatan)}$$

$$Q_s = A \cdot I \cdot \Theta$$

A = luasjendela (m<sup>2</sup>)

I = intensitasmatahari (W/m<sup>2</sup>)

Θ = solar gain factorkaca

$$Q_c = A \cdot U \cdot \Delta T$$

A = luasdinding (m<sup>2</sup>)

U = nilaitransmitan (W/m<sup>2</sup>°C)

ΔT = selisih suhu (°C)

$$Q_v = 1300 \cdot V \cdot \Delta T$$

1300 = panasjenisudara, J/ m<sup>3</sup>°C

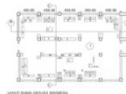
V = kecepatanventilasi (m<sup>3</sup>/s)

ΔT = selisih suhu di dalam dan luar ruangan (°C)



Gambar 2: Denah Museum Geologi Lantai 1  
sumber: <https://cupeed.files.com>

Ruang Geologi Indonesia mempunyai 10 buah jendela, dimana semua jendela tersebut terpapar langsung oleh sinar matahari yang berasal dari belakang dan depan bangunan. Berdasarkan penghitungan keseimbangan termal nilai Qm adalah 13393,92.Watt. Panas yang berasal dari interior adalah 63.96%. Peralatan elektronik seperti media interaktif layar sentuh yang mengeluarkan panas 330W dan proyektor 3D yang berjumlah 6 buah adalah kontributor termal terbesar di ruangan ini. Berdasarkan perhitungan keseimbangan termal, panas di ruangan ini 36% berasal dari eksterior dan 64% dari interior. Untuk mengurangi panas yang berasal dari luar yang masuk melalui pintu lobi maka dipasang AC *air curtain*, sehingga udara dari luar tidak dapat masuk dan tidak terjadi kebocoran udara. Panel juga digunakan untuk menghalangi panas yang masuk dari jendela dan konduksi panas pada jendela dan dinding. Dengan melakukan perubahan-perubahan interior maka dapat dihemat 13393,92 Watt, berarti Museum Geologi dapat menghemat Rp 3.458.893,037/bulan untuk perubahan interior yang dilakukan di ruangan ini.



Gambar 4: Denah Ruang Geologi Indonesia  
Sumber: Dokumentasi Pribadi



1: panas interior  
2: panas eksterior

Diagram 1:: Sumber Panas Ruang Geologi Indonesia  
Sumber: Dokumentasi Pribadi

Tabel 1: Keseimbangan Termal di Ruang Geologi Indonesia

Kalor	Jumlah Panas (Watt)	Sumber Panas Dominan	Solusi Interior	Penghematan (Watt)	Penghematan/ bln (Rp)
Qi	21952	Perlatan elektronik	<i>Air duct</i> untuk proyektor	3198	825885,61
Qs	5400	Panas matahari masuk melalui jendela	Mengisolasi panas dari matahari dengan panel	5400	1.394.502,91
Qc	4219,92	Panas konduksi jendela dan tembok	Mengisolasi panas dari matahari dengan panel	3567,42	921255,1070976
Qv	1228,5	Kebocoran udara di pintu masuk	<i>aircurtain</i> di atas pintu masuk	1228,5	317249,41
Qm	34,31674 kW		Total Penghematan	13393,92 Watt	3458893,037

Sumber: Dokumentasi Pribadi

Ruangan Batuan Mineral yang berada di sebelah Barat ruang Museum Geologi Indonesia. Berdasarkan perhitungan keseimbangan termal, panas yang di dalam ini berasal dari interior sekitar 87,93%. Selain membuat *air ducting*, mengganti semua lampu dengan lampu LED yang mempunyai efisiensi 80%. Penghematan yang dicapai dengan mengisolasi panas dari proyektor ,mengganti lampu dengan LED, mengisolasi panas yang berasal dari jendela dan mengisolasi panas yang menembus tembok dan kaca dengan panel. Dengan melakukan semua perubahan interior tersebut, maka 1.610,41Watt, sehingga setiap bulannya Museum Geologi dapat menghemat Rp 415.874,34 untuk perubahan interior yang dilakukan di Ruang Geologi Indonesia.



Gambar 7: Ruang Batuan dan Mineral  
Sumber: Dokumentasi Pribadi



1: panas interior  
2: panas eksterior

Diagram 2: Sumber Panas Ruang Geologi Indonesia  
Sumber: Dokumentasi Pribadi

Tabel 2: Keseimbangan Termal Ruang Batuan dan Mineral

Sumber Panas	Jumlah Panas (Watt)	Sumber Panas Dominan	Solusi Interior	Penghematan (Watt)	Penghematan/bln (Rp)
Qi	18.198	LCD Proyektor	air ducting to LCD proyektor dan mengganti semua lampu dengan LED	940	242.746,80
Qs	540	Panas matahari masuk melalui jendela	Mengisolasi panas dari matahari dengan panel	540	139.450,29
Qc	859,392	Panas konduksi jendela dan tembok	Mengisolasi panas dari matahari dengan panel	728,982	188253,2448
Qv	491,4	Pergerakan udara keluar masuk ruangan	Tidak ada perubahan	-	-
Qm, (kW)	20,69532		Total Penghematan (Watt)	2208,982	570450,3392

sumber: Dokumentasi Pribadi

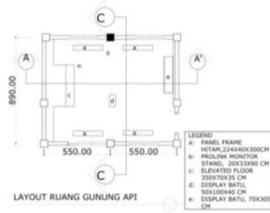
Ruang Gunung Api adalah ruang pameran yang terkecil di Lantai 1 Museum Geologi. Ruang ini sering dipadati oleh rombongan anak sekolah, sehingga terjadi ketidaknyamanan termal.

Tabel 3: Keseimbangan Termal Ruang Gunung Api

Sumber Panas	Jumlah Panas (Watt)	Sumber Panas Dominan	Solusi Interior	Penghematan (Watt)	Penghematan/bln(Rp)
Qi	17720	Perlatan elektronik	Mengganti semua lampu dengan LED	672	173.538,14
Qs	1080	Panas matahari masuk melalui jendela	Mengisolasi panas dari matahari dengan panel	1080	278900,58
Qc	1038,384	Panas konduksi jendela dan tembok	Mengisolasi panas dari matahari dengan panel	907,974	234476,368
Qv	371,2042	Kebocoran udara	Perbaikan dilakukan di Ruang Geologi Indonesia	-	-
Qm	20,66776 kW		Total Penghematan (kW)	2659,974	686915,088

Sumber: Dokumentasi Pribadi

Berdasarkan perhitungan keseimbangan termal, 85,73% total panas yang ada di ruangan ini berasal dari sumber panas yang ada di ruang interior. Kontribusi terbesar berasal dari peralatan elektronik, manusia dan lighting sebesar 17.72 kW. Panas eksternal yang masuk dari kaca hanya sekitar 10% dari panas total yang ada di ruang Gunung Api. Meskipun Ruang Gunung Api ini peralatan elektroniknya sedikit, tetapi karena ruangan sangat sempit, karena itu ketika ada rombongan dari sekolah yang memadati ruangan, ruangan ini akan menjadi sesak dan tidak nyaman. Sumber panas yang dominan yang ada di ruangan ini adalah penggunaan lampu dan peralatan elektronik, sehingga mengganti lampu dengan LED dan menghalangi panas yang menembus kaca dan konduktivitas kaca dan tembok. Jika mengisolasi Penggantian LED dan isolasi panas dengan menggunakan panel pada ruangan ini akan mengurangi beban pendinginan ruangan sebesar 2.659,974 Watt yang berarti dapat menghemat Rp 686.915,088/ bulan.

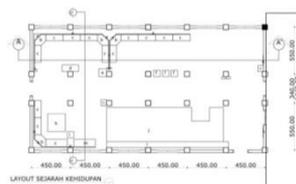


Gambar 9: Denah Ruang Gunung Api  
Sumber: Dokumentasi Pribadi



1: panas interior  
2: panas eksterior  
Diagram 3:: Sumber Panas Ruang Gunung Api  
Sumber: Dokumentasi Pribadi

Ruang Sejarah Kehidupan adalah satu-satunya area pameran Museum Geologi yang menggunakan ventilasi alami. Sumber panas terbesar di ruangan ini adalah pencahayaan. Ruangan ini menggunakan 3 jenis lampu yang berbeda yaitu lampu sorot, lampu TL dan lampu *track light*. Di ruang ini ada 126 buah lampu dengan 3 jenis lampu yang berbeda. Panas yang berasal dari lampu, peralatan elektronik dan manusia yang ada di ruangan tersebut 3.208Watt. Setelah penggantian lampu dengan LED dan isolasi panas dengan panel maka ruangan ini dapat menghemat listrik sebesar 9.400,99 Watt atau Rp 3.661.068,548 setiap bulannya.



Gambar 11 Ruang Sejarah Kehidupan  
Sumber: Dokumentasi Pribadi



1: panas interior  
2: panas eksterior  
Diagram 4: Sumber Panas Ruang Sejarah Kehidupan  
Sumber: Dokumentasi Pribadi

Di Ruang Geologi Indonesia 63,9% panas berasal dari interior, sedangkan di Ruang Batuan dan Mineral 88% panas berasal dari interior dan 12% panas berasal dari eksterior. Di Ruang Gunung Api, panas yang berasal dari interior adalah 85,7% dan panas yang berasal dari eksterior adalah 14,3%. Di sayap timur Museum Geologi, panas yang berasal dari interior adalah 85,7%.

Tabel 4: Keseimbangan Termal Ruang Sejarah Kehidupan

Sumber Panas	Jumlah Panas (Watt)	Sumber Panas Dominan	Solusi Interior	Penghematan (Watt)	Penghematan/bln
Qi	35,7608	Jumlah lampu yang banyak	Mengganti lampu dengan LED	3208	992.059,70
Qs	5.400	Panas matahari masuk melalui jendela	Mengisolasi panas dari matahari dengan panel	5.400	1394502,912
Qc	5.094,72	Panas konduksi jendela dan tembok	Mengisolasi panas dari matahari dengan panel (Qc panel= 159,39 )	4935,33	1274505,936
Qv	5.094,72	Volume ruangan yang besar		-	-
Qm	20,66776 kW		Total Penghematan	13543,33	3.661.068,548

Sumber: Dokumentasi Pribadi

Di Ruang Geologi Indonesia yang memiliki banyak peralatan elektronik terutama proyektor yang mengeluarkan panas ke dalam ruang. Dengan melakukan perubahan dalam interior untuk mengurangi sumber panas di interior yang tentunya akan mengurangi beban pendinginan bangunan. Berdasarkan perubahan-perubahan yang dilakukan maka 13393,92 Watt dapat dihemat di Ruang Geologi Indonesia, 2208,982 Watt dapat dihemat di ruang Batuan dan Mineral, penghematan dapat dilakukan dan 2.659,974 Watt dapat dihemat di Ruang Gunung Api. Sedangkan pada sayap timur area pameran Museum Geologi lantai 1 yaitu ruang Sejarah Kehidupan, 9.400,99 Watt dapat dihemat dengan mengganti semua lampu dengan LED.

#### KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Ruang Geologi Indonesia, memerlukan *air duct* supaya udara panas yang dihasilkan proyektor dapat disalurkan ke luar bangunan, sehingga panas tidak terperangkap dalam ruang. Begitu pula dengan ruang Batuan dan Mineral. Di Ruang Batuan dan Mineral, Ruang Gunung Api, dan Ruang Sejarah Kehidupan dilakukan perubahan pada *lighting* menjadi LED yang memiliki efisiensi yang lebih tinggi dari lampu flurosena. Total penghematan di Museum Geologi melalui perubahan elemen interior adalah 31.806,206 Watt atau 31,806206 kWh. Dengan melakukan perubahan interior di area ruang pameran Museum Geologi lantai 1, maka Museum Geologi dapat menghemat biaya operasional Rp 8.213.675 /bulan untuk tagihan listrik. Penghematan tersebut dihitung dengan tarif dasar listrik yang berlaku pada Oktober 2017 untuk Bangunan Publik P1-5500 VA. Penghematan biaya operasional ini tidak semata-mata mempunyai keuntungan ekonomis bagi Museum Geologi, tetapi dengan melakukan perubahan interior maka Museum Geologi dapat menjadi bangunan yang lebih hemat energi.

**REFERENSI**

- B. W. Olesen, O. Seppanen and A. Boerstra.(2006). *Criteria for the indoor environment for energy performance of buildings*. A new European standard.*Facilities* (24(11-12), 445-457 )
- Copsey, T.; Dalimunthe, S.; Hoijtink, L.; Stoll, N. (2013) *Indonesia: How the people of Indonesia live with climate change and what communication can do*. BBC Media Action, London, UK 86 pp
- E. Arens, M. A. Humphreys, R. de Dear and H. Zhang.(2010).Are „Class A“ temperature requirements realistic or desirable?.*Build Environment* 45(1), hal. 4-10
- Fan, Dr Linda.(2014).*Built Environement Project and Asset Management*.Emeralad Group Publishing
- G. Havenith, I. Holmér and K. Parsons.(2002).*Personal factors in thermal comfort assessment: clothing properties and metabolic heat production*. *Energy Buildings*, (34(6), 581-591 )
- Kwallek, N., Soon, K., Woodson, H., & Alexander, J. L. (2005).*Effects of color schemes and environmental sensitivity to job satisfaction and perceived performance*. *Perceptual and Motor Skills*, 101, 473-486.
- Kwallek, N., Soon, K., & Lewis, C. M.(2007). *Work week productivity, visual complexity, and individual environmental sensitivity in three offices of different color interiors*. *Color Research and Application*, (32(2), 130-143).
- Lorch, Richard.(2011). *Building Research &Information*.Routledge- Taylor& Francis Group.(Volume 37)
- McDonough,J. M. (2017). *Fluid Dynamics Research*(Number2). IOPublishing, April 2017 (025501-025519)
- Oreskes, Naomi. (2004). *The Scientific Vonsensus on Climat Cahgne*. *Science* 3 December 2014: *Climate Change*, (vol. 1, 111-122)
- Ridwan, Arifin. (2016). *Rating Tool*.Diunduh 5 Maret 2017dari <http://www.-gbcindonesia.org/greenship/rating-tools/summary>
- Schauss, A. G. (1979). *Tranquilizing effect of color reduces aggressive behavior and potential violence*. *Journal of Orthomolecular Psychiatry*, (8(4), 218-221)
- Yao, Prof. George C.( 2010).*Architecture Science (ArS)*. Architetural Institute of Taiwan and the Architecture and Building Research Institute (ABRI), Ministry of the Interior, Taiwan.