

EVALUASI SISTEM PENDINGINAN MALAM HARI DI KOTA BANDUNG

EVALUATION OF NOCTURNAL COOLING SYSTEM IN BANDUNG CITY

Mochamad Firman Muzaqi Alhaq¹, Tri ayodha Ajiwiguna, S.T., M.Eng², M.Ramdlan kirom, S.Si., M.T³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik, Universitas Telkom
Bandung

¹firmanmuzaqi14@gmail.com, ²tri.ayodha@gmail.com, ³jakasantang@gmail.com

Abstrak

Nocturnal cooling merupakan alternatif pemanfaatan energi yang didapat dari radiasi stratosfer malam hari. Sistem *nocturnal cooling* berkerja secara pasif tanpa ada alat bantu lain dan dapat dilihat terjadi perbedaan antara temperatur dalam sistem dengan lingkungan. Pada penelitian ini akan dirancang sistem yang terisolasi dengan bagian atas menggunakan kaca sebesar 45 x 45 cm yang memiliki ketebalan sebesar 3 mm dan memanfaatkan lempengan *stainless steel* dan aluminium sebesar 40 x 40 cm yang memiliki ketebalan 2 mm berwarna hitam sebagai objek penerima radiasi. Pada bagian dalam terdapat fluida sebagai media yang akan didinginkan dan sebagai alat ukur menggunakan sensor temperatur DS18B20. Pengujian dilakukan pada malam hari yaitu pukul 20.00 sampai 05.00 WIB. Data hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi fenomena *nocturnal cooling*. Pada kedua sistem mengalami perbedaan selisih penurunan temperatur, pada *stainless steel* mengalami penurunan sebesar 3,25 °C dan pada sistem yang menggunakan aluminium mengalami penurunan sebesar 3 °C. Penurunan sistem yang menggunakan *stainless steel* mengalami penurunan temperatur lebih besar dibandingkan aluminium, karena *stainless steel* memiliki nilai emisivitas 0,98 lebih besar dari aluminium yang memiliki nilai emisivitas sebesar 0,82. ada pengujian sistem bergantung pada kondisi aktual seperti berawan dan cerah. Pada kondisi berawan selisih temperatur dari kedua sistem dengan lingkungan mengalami perbedaan yang kecil, berbanding terbalik dengan kondisi cerah. Penurunan temperatur terbesar rata-rata terjadi diantara pukul 23.30 sampai 00.30 WIB.

Kata kunci : *nocturnal cooling*, stratosfer, radiasi, emisivitas

Abstract

Nocturnal cooling is an alternative energy utilization derived from night stratosphere radiation. The nocturnal cooling system works passively without any other assistive devices and it can be seen that there is a difference between the temperature in the system and the environment. In this study will be designed an isolated system with the top using a glass of 45 x 45 cm which has a thickness of 3 mm and uses a stainless steel plate and aluminum of 40 x 40 cm which has a thickness of 2 mm black as the object of receiving radiation. On the inside there is a fluid as a medium to be cooled and as a measuring instrument using the temperature sensor DS18B20. Tests are carried out at night at 20.00 to 05.00 WIB. The results of the study showed that there was a nocturnal cooling phenomenon. In both systems, there was a difference in the difference in temperature reduction, in stainless steel decreased by 3.25 ° C and in systems using aluminum decreased by 3 ° C. The decrease in the system using stainless steel has a greater temperature decrease than aluminum, because stainless steel has an emissivity value of 0.98 greater than aluminum which has an emissivity value of 0.82. there is a system test depending on actual conditions such as cloudy and bright. In cloudy conditions the temperature difference of the two systems with the environment has a small difference, inversely proportional to the clearly conditions. The largest average temperature drop occurred between the hours of 11:30 to 12:30pm.

Keywords: nocturnal cooling, stratosphere, radiation, emissivity

1. Pendahuluan

Kenyamanan suatu ruangan saat ini sudah menjadi kebutuhan yang sangat penting karena temperatur di bumi meningkat setiap tahunnya akibat pemanasan global. Pemanasan global merupakan proses peningkatan temperatur atmosfer, laut, dan daratan. Terjadinya peningkatan temperatur global permukaan bumi yang terjadi akibat meningkatnya emisi gas efek rumah kaca di atmosfer seperti; metana (CH_4), karbondioksida (CO_2), hidrofluorokarbon, perfluorokarbon, dinitro oksida, sulfur heksafluorida dan zat CFC (*Chloro Fluoro Carbon*) yang berasal dari mesin pendingin ruangan. Pemanasan global menyebabkan terjadinya perubahan-perubahan yang berkala seperti terjadi perubahan cuaca yang ekstrim, peningkatan permukaan laut, mencairnya gletser, terjadi penurunan hasil pertanian, dan mengancam keberagaman jenis hewan^[1].

Pada bangunan-bangunan komersial seperti perkantoran, pabrik, hotel, dan pusat pelayanan lainnya menggunakan pendingin ruangan (*Air Conditioner*) agar temperatur pada ruangan tersebut tetap nyaman. Sedangkan pendingin ruangan menjadi penyumbang konsumsi energi yang cukup besar pada suatu bangunan. Dengan jumlah penggunaan pendingin ruangan yang semakin meningkat maka akan menyumbang terhadap pemanasan global, karena prinsip dari pendingin ruangan yaitu melakukan perpindahan kalor dari dalam ke luar ruangan yang menyebabkan udara di luar menjadi lebih panas dibandingkan dengan yang di dalam ruangan. Proses pendinginan tersebut menggunakan refrigerant yang di kompres untuk mengubah udara di dalam ruangan lebih dingin dari kondisi sebelumnya, pada umumnya refrigerant adalah zat CFC. CFC yang terdapat pada pendingin ruangan merupakan salah satu penyebab pemanasan global, maka untuk menjaga keberlangsungan bumi agar tetap nyaman harus beralih dari ketergantungan penggunaan pendingin ruangan ke metode lain^[2].

Ada sebuah fenomena pendinginan alami pada malam hari atau fenomena *Nocturnal cooling*. *Nocturnal cooling* yaitu proses perpindahan kalor secara radiasi antara stratosfer yang memiliki temperatur $-56\text{ }^\circ\text{C}$ ^[3] dengan medium yang akan didinginkan di bumi. Medium yang akan didinginkan yaitu air yang berada di dalam sistem isolasi^[4]. Fenomena ini akan cocok di iklim tropis seperti di Indonesia, khususnya di kota Bandung yang memiliki temperatur rata-rata terendah pada bulan Desember – Januari 2016 sebesar $23\text{ }^\circ\text{C}$ dan tertinggi $29\text{ }^\circ\text{C}$ ^[5].

Pada penelitian ini akan mempelajari fenomena *nocturnal cooling* yang terjadi di Indonesia khususnya di daerah Kota/Kabupaten Bandung. Penelitian berupa tempat penyimpanan medium air yang terisolasi dan pengukuran menggunakan sensor temperatur digital DS18B20 yang terintegrasi dengan mikrokontroler Arduino Uno. Diharapkan fenomena dapat diamati di Kota/Kabupaten Bandung dan dimanfaatkan pada perangkat inovasi selanjutnya.

2. Dasar Teori

2.1. Nocturnal Cooling

Nocturnal cooling adalah metode pendinginan alami yang terjadi pada malam hari dengan cara mempertahankan temperatur fluida yang ada di dalam sistem dan membuang kalor secara radiasi dari sistem yang memiliki suhu yang lebih panas ke stratosfer yang berada di ketinggian rata-rata 11 sampai kira-kira 50 km dan memiliki temperatur $-2\text{ }^\circ\text{C}$ sampai $-56\text{ }^\circ\text{C}$. Pada sistem yang dibuat menggunakan logam *stainless steel* dan aluminium yang di cat berwarna hitam yang berfungsi untuk penyerap dan pemancar kalor yang baik.

Pada malam hari, lapisan bumi bagian atas mendingin karena kehilangan radiasi inframerah dari permukaan bumi. Kehilangan radiasi ini adalah perbedaan antara radiasi dari permukaan bumi dan radiasi dari atmosfer, yang bergantung pada temperatur udara, kadar uap air, konsentrasi karbon dioksida dan ozon, dan kabut/awan. Karena rasio karbon dioksida dan ozon di atmosfer biasanya konstan, intensitas kehilangan radiasi malam sangat bergantung pada kandungan uap air dan suhu udara. Bila suhu dan kelembaban udara rendah, dan langit cerah atau tidak berawan, kehilangan panas radiasi dari permukaan bumi sangat tinggi. Sejumlah pendinginan radiasi bergantung pada karakteristik radiasi langit dan karakteristik permukaan^[4].

2.2. Perpindahan Panas Secara Radiasi

Perpindahan panas secara radiasi merupakan perpindahan panas yang terjadi karena pancaran gelombang elektromagnetik yang berasal dari sumber langsung tanpa memerlukan media perantara. Radiasi benda hitam adalah objek yang memiliki kemampuan memancarkan dan menerima yang paling baik. Tetapi tidak semua benda yang berwarna hitam bisa dikategorikan sebagai benda hitam.

$$I_{total} = e \sigma T^4 \dots\dots\dots(2.1)$$

Dengan intensitas merupakan daya per satuan luas, maka:

$$\frac{P}{A} = e \sigma T^4 \dots\dots\dots(2.2)$$

atau

$$P = A e \sigma T^4 \dots\dots\dots(2.3)$$

2.3. Perpindahan Panas Secara Konveksi

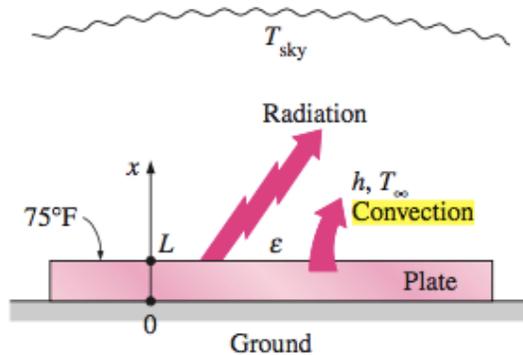
Perpindahan panas konveksi adalah perpindahan kalor yang disertai dengan berpindahnya molekul. Perpindahan panas secara konveksi pada umumnya terjadi pada fluida atau cair dan gas. Perpindahan panas secara konveksi dapat terjadi secara alami atau buatan. Konveksi buatan atau lebih umum dengan konveksi paksa menggunakan blower atau pompa untuk mengalirkan fluida. Konveksi alami terjadi tanpa mengalami daya tambahan [6].

Persamaan perpindahan panas secara konveksi mengikuti hukum pendinginan Newton (*Newton's law of cooling*), yaitu:

$$q = h \cdot A_s(T_s - T_\infty) \dots\dots\dots(2.4)$$

2.4. Perpindahan Panas Konveksi Alami

Perpindahan panas konveksi alami terjadi karena fluida tersebut mengalir tanpa ada bantuan pompa, kipas, atau blower. fluida dapat mengalir secara alami karena adanya perbedaan temperature, tekanan, rapat massa, dan pengaruh gaya apung (*Bouyancy Force*). Konveksi alami pemanasan merupakan kondisi objek yang panas lalu di letakan di ruangan yang lebih panas. Maka akan terjadi beberapa kondisi seperti temperatur udara di dekat benda akan menurun, udara yang lebih dingin memiliki kerapatan yang lebih besar, udara yang lebih dingin akan turun kebawah dan ruang kosong yang ditinggalkan oleh udara dingin akan diisi oleh udara panas begitu seterusnya sehingga membentuk siklus begitu juga sebaliknya [6].



Gambar 1. Pemanasan Oleh Konveksi Alami

3. Pembahasan

3.1. Perancangan Sistem

Perancangan sistem isolasi pada penelitian ini terdiri dari sistem penyimpanan yang terpasang sensor temperatur digital DS18B20 dan diluar sistem untuk mendapatkan temperatur lingkungan.



Gambar 2. Perancangan Sistem

3.2. Pengolahan Data

Pengujian dan pengambilan data dilakukan pada malam hari dan dilakukan diruangan terbuka dari pukul 20.00 s.d. 05.00 WIB. Kedua sistem penyimpanan diisi air sampai ketinggian 2 cm, kemudian lempengan logam dimasukkan pada sistem. Setelah itu letakkan sensor DS18B20 di dalam sistem dan diluar sistem untuk memulai pengukuran

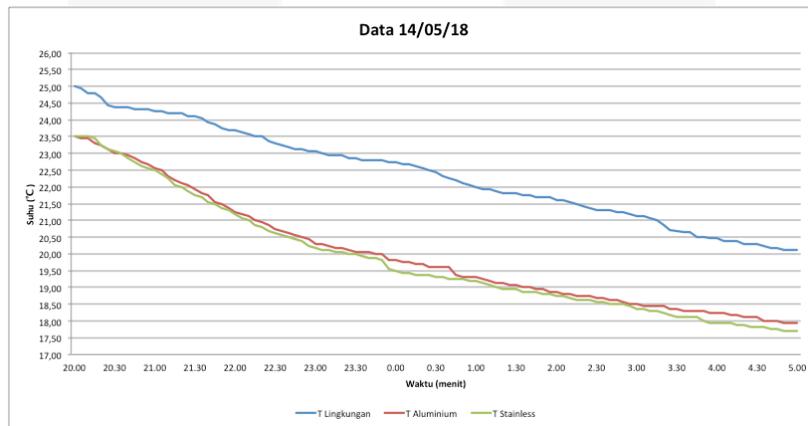
Data temperatur yang diperoleh dari kedua sistem akan dibandingkan dengan yang diluar sistem, agar dapat diketahui apakah terjadi perbedaan temperatur dan dapat dianalisis lebih lanjut.

3.3. Pengujian Sistem dan Analisis

Pengujian sistem ini dilakukan untuk mengetahui besar penurunan temperatur antara lingkungan dengan sistem. Berikut gambar 3 hasil dari perancangan dan realisasi sistem.



Gambar 3. Hasil perancangan





Gambar 4. (a) Grafik Hasil Pengujian 12/05/18 (b) Grafik Hasil Pengujian 14/05/18 (c) Grafik Hasil Pengujian 17/05/18 (d) Grafik Hasil Pengujian 19/05/18 (e) Grafik Hasil Pengujian 22/05/18

Pengujian ini dilakukan mulai dari pukul 20.00 sampai dengan pukul 05.00 setiap 5 menit. Pada penelitian ini sangat bergantung pada kondisi aktual seperti cerah dan berawan. Pada kondisi cerah terjadi perbedaan temperatur lingkungan dan sistem yang besar dibandingkan pada saat kondisi berawan.

Hasil pengujian pada penelitian ini menunjukkan bahwa selama 5 kali pengambilan data adanya penurunan temperatur terbesar terjadi pada sistem yang menggunakan *stainless steel* sebesar 3,56 °C. Hal ini karena *stainless steel* memiliki nilai emisivitas sebesar 0,98. Pada sistem yang menggunakan aluminium di hari yang berbeda terjadi penurunan sebesar 3,13 °C, aluminium memiliki nilai emisivitas sebesar 0,82^[5].

3.4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Pada pengujian sistem bergantung pada kondisi aktual seperti berawan dan cerah. Pada kondisi berawan temperatur kedua sistem dengan lingkungan mengalami perbedaan yang kecil, berbanding terbalik dengan kondisi cerah karena pada kondisi berawan mengalami hambatan pada proses radiasi antara sistem dengan stratosfer.
2. Penurunan temperatur terbesar rata-rata terjadi diantara pukul 23.30 sampai 00.30 WIB karena *thermal mass* pada lingkungan.
3. Penurunan temperatur dari kedua sistem berbanding lurus dengan nilai emisivitas dari kedua logam.

Daftar Pustaka:

- [1] Utina, Ramli. Dampak dan Upaya Meminimalisasi Pemanasan Global. Gorontalo : Universitas Negeri Gorontalo.
- [2] Suprihatin, Nastiti Siswi Indrasti, dan Muhammad Romli. Potensi Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca Melalui Pongomposan Sampah. Bogor : Institut Pertanian Bogor.
- [3] Hermana, Assomadi. Atmosfer Bumi, Sains dan Fenomena. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh November.
- [4] Prommajak, Treeamorn, Phonruksa, Jindaporn, Pramuang, Surajitr. Passive Cooling of Air at Night by the Nocturnal Radiation in Loei Thailand. *International Journal of Renewable Energy*, Vol. 3, No. 1, January 2008, Loei, Thailand.
- [5] Prakiraan Cuaca Desember-Januari Bandung Jawa Barat. <https://www.accuweather.com/en/id/bandung/208977/december-weather/208977?mony=12/1/2017&view=table> diakses 1 Desember 2017
- [6] Cengel, YunusA. Ghajar, Afshin J. Heat And Mass Transfer Fundamental & Application. New York : Mecgraw-Hill Education, 2015.
- [7] Hairil Budiarto. PEMANFAATAN THERMISTOR UNTUK PENGUKURAN SUHU RUANG. Madura : Universitas Trunojoyo Madura.