

RANCANG BANGUN *CLOUD CHAMBER* BERBASIS PENDINGINAN TERMOELEKTRIK

MUHAMMAD GALIH PRAWILADILAGA¹, NOWO RIVELI^{1,2,*}

¹*Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Padjadjaran, Jl. Raya Bandung-Sumedang Km 21, Jatinangor 45363, Sumedang, Jawa Barat, INDONESIA*

²*Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Padjadjaran, Jl. Raya Bandung-Sumedang Km 21, Jatinangor 45363, Sumedang, Jawa Barat, INDONESIA*

Abstrak. Sistem *cloud chamber* menggunakan pendingin berbasis Termoelektrik telah dibangun. Penggunaan termoelektrik sebagai alternatif pendingin konvensional yaitu nitrogen cair dan es kering. Keunggulan termoelektrik adalah stabil dan tidak habis pakai, namun kemampuannya mencapai suhu rendah *cloud chamber* masih dibawah bahan pendingin lainnya. Eksperimen ini akan menguji konfigurasi dari Termoelektrik yang dapat menghasilkan jejak *cloud* sebagai pengamatan radiasi dalam *cloud chamber*. Dua Termoelektrik digunakan yaitu TEC1-12710 dan Termoelektrik TEC1-12706 secara terpisah maupaun tergabung. Selain itu diuji juga apakah penggunaan pelat logam sebagai alas *chamber* dapat meningkatkan kinerja. Jejak partikel dihasilkan dari sumber radiasi Am-241 dan Rd-226. Hasil yang diperoleh adalah hanya ketika kedua termoelektrik ditumpuk dan tanpa adanya pelat, dicapai temperatur paling rendah dan terbentuk jejak partikel.

Kata kunci: *Cloud chamber, Radiasi nuklir, Termoelektrik, Jejak partikel*

Abstract. A *cloud chamber* system based on thermoelectric cooling has been built. Thermoelectric was used as an alternative to conventional cooling substances, namely liquid nitrogen, and dry ice. The advantage of thermoelectric is that it is stable and does not evaporate, but its ability to reach low temperatures is still below that of other cooling materials. This experiment will test the thermoelectric configuration which can produce *cloud* traces as radiation observations in the *cloud chamber*. Two thermoelectrics are used, namely TEC1-12710 and TEC1-12706, they are applied separately and in combination. In addition, it was also tested whether the use of a metal plate as the base of the chamber can improve chamber performance. Particle trails are produced from Am-241 and Rd-226 radiation sources. It was obtained is that only when the two thermoelectrics are stacked and in the absence of plates, the lowest temperature is reached, and traces of particles are formed.

Keywords: *Cloud chamber, nuclear radiation, Thermoelectric, Particle track*

1. Pendahuluan

Cloud chamber merupakan alat pendeteksi partikel bermuatan yang dibuat pertama kali oleh fisikawan Skotlandia bernama C. T. R. Wilson pada tahun 1910. Alat ini dapat mendeteksi keberadaan partikel bermuatan seperti partikel alfa dengan memanfaatkan *cloud* di dalam sebuah *chamber*, yang mana pada alat ini *cloud* merujuk pada lapisan yang terdiri dari tetesan embun hasil kondensasi uap cairan yang digunakan seperti air atau alkohol. Kondensasi dapat terbentuk akibat kondisi supersaturasi yang dialami di dalam *chamber*. Supersaturasi dapat diperoleh dengan menciptakan kondisi temperatur rendah seperti dengan ekspansi adiabatik atau menggunakan sistem pendingin [1-3].

Cloud chamber terus mengalami perkembangan baik dari segi desain maupun sistem pendingin. Jenis lain dari *cloud chamber* dapat dilihat dari bentuk *chamber*, jenis uap yang digunakan (air atau

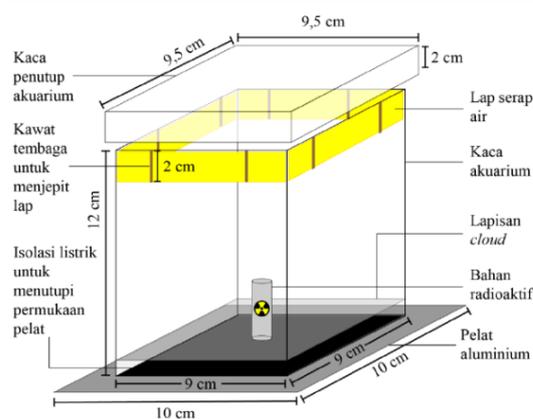
* Email: nowo@phys.unpad.ac.id

alkohol), serta sistem pendingin yang digunakan (es kering, nitrogen cair, atau termoelektrik) [4-7]. Dalam penelitian ini akan dilakukan pengembangan sistem *cloud chamber* yang menerapkan termoelektrik sebagai pendingin. Penggunaan termoelektrik bertujuan agar tidak menggunakan sistem pendingin yang bersifat habis pakai seperti es kering atau nitrogen cair. Sifat pendingin nitrogen cair dan es kering yang memiliki waktu penguapan cepat, mengakibatkan *cloud chamber* yang terbentuk berdimensi besar untuk penggunaan yang efektif. Dimensi *chamber* besar, ditambah bahan pendingin dalam jumlah banyak berakibat sistem *cloud chamber* konvensional tersebut tidak portabel, hal ini dapat diperbaiki dengan termoelektrik yang berdimensi kecil.

Pendingin termoelektrik yang akan digunakan harus diujikan terlebih dahulu apakah mampu menciptakan *cloud* yang dapat mendeteksi radiasi nuklir dari sumber radioaktif. Pengujian sistem pendingin dilakukan dengan memvariasi jenis termoelektrik, kombinasi termoelektrik tunggal dan ditumpuk, luas alas dari *chamber*, dan variasi penggunaan dengan dan tanpa pelat sebagai alas *chamber*). Penggunaan pelat dalam rangka menambah luar permukaan alas *chamber*. Pengujian *cloud* untuk mendeteksi radiasi nuklir menggunakan sumber radioaktif Ra-226 dan Am-241, yang terdapat di Laboratorium Energi Departemen Fisika Universitas Padjadjaran.

2. Metode Penelitian

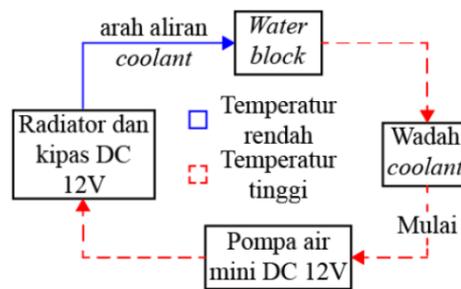
Dalam eksperimen ini, akan dibangun sistem *cloud chamber* yang terdiri dari chamber berupa Akuarium kaca berdimensi 9 cm x 9 cm x 15 cm dengan ketebalan 0,2 cm. Cairan Isoprophyl Alcohol > 90%. Kemudian bagian pendingin berupa Termoelektrik TEC1-12710 dan Termoelektrik TEC1-12706, Power Supply Unit 380 W, kipas DC 12 V, pompa air mini DC12 V, radiator dan coolant, pasta termal, serta radiator. Alat ukur yang digunakan termometer infra merah untuk memonitor suhu pendingin, senter untuk pegamatan jejak *cloud*, serta kamera digital. Sumber radiasi yang digunakan adalah Am-241 yang merupakan sumber partikel alpha, dan Ra-226 yang merupakan sumber partikel beta.



Gambar 1. Desain *chamber*

Desain *cloud chamber* yang akan dikembangkan ditunjukkan pada Gambar 1. Sedangkan untuk desain sistem pendingin menggunakan termoelektrik ditunjukkan pada Gambar 2. Hal kunci dari cara kerja dari termoelektrik adalah pemberian suhu yang berbeda pada dua sisi permukaannya. Hal

tersebut dicapai dengan metode pengaliran panas menggunakan pompa air, radiator dan kipas, serta *air coolant*. Dari dua termoelektrik yang digunakan, dilakukan pengukuran temperatur dengan tiga variasi, yaitu masing-masing termoelektrik tunggal, dan kedua termoelektrik ditumpuk. Kemudian untuk masing-masing variasi tersebut, divariasikan lagi dengan penggunaan dengan dan tanpa pelat. Variasi tersebut ditunjukkan pada Gambar 3. Hasil sistem alat yang telah dibangun, dan susunan posisi eksperimen ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 2. Sistem pendingin dengan aliran *coolant*

2.1 Prinsip Kerja *Cloud Chamber*

Isopropyl alcohol berfungsi membentuk uap saturasi di dalam *chamber*. Keadaan saturasi tercapai dengan menerapkan perbedaan temperatur pada bagian dasar dan atas *chamber*, dimana temperatur dasar *chamber* diturunkan dan dipertahankan pada suhu rendah dengan sistem pendingin, yang pada eksperimen ini pendingin tersebut berbasis termoelektrik, sementara bagian atas *chamber* berada pada suhu ruang. Kinerja *cloud chamber* ditentukan oleh suhu rendah yang dapat dicapai oleh sistem pendingin.

Uap isopropil alcohol menghasilkan terbentuknya *cloud* pada volume *chamber*. Bila kondisi saturasi terpenuhi, ketika partikel melewati volume *chamber*, akan terjadi kondensasi di sepanjang lintasan partikel yang menghasilkan teramatinya jejak lintasan tertentu. Untuk memaksimalkan pengamatan digunakan senter atau sinar laser untuk memberi kontras pada *cloud* dan jejak lintasan kondensasi sehingga terlihat lebih jelas. *Cloud* dan jejak lintasan yang terbentuk kemudian direkam dengan kamera untuk analisa lebih lanjut.

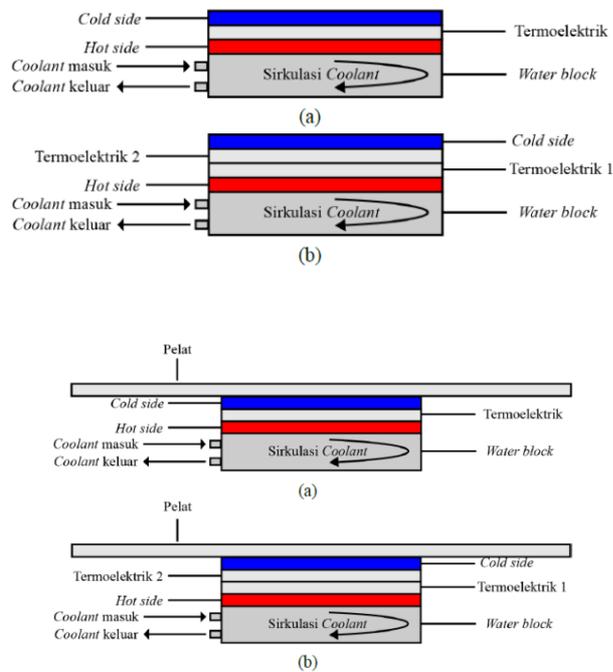
2.2 Tahapan Kerja Eksperimen *Cloud Chamber*

Pengoperasian *cloud chamber* dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

1. Menyalakan sistem pendingin dan menunggu selama 15 menit (lanjutan dari percobaan sebelumnya saat penurunan temperatur).
2. Menyiram lap serap air dengan isopropyl alcohol secukupnya (sekitar 30 ml).
3. Menyimpan akuarium di atas pelat. Jika kombinasi yang digunakan tidak menggunakan pelat, akuarium disimpan di atas penyangga berupa styrofoam.
4. Menunggu sekitar 5 menit setelah akuarium diletakkan di atas sistem pendingin. Jika lapisan *cloud* berupa kabut putih terbentuk di atas permukaan sistem pendingin setelah akuarium diletakkan, maka hal itu menandakan proses kondensasi sudah terjadi akibat

keadaan supersaturasi yang dialami oleh campuran udara-uap alkohol di dalam *chamber*.

5. Menyimpan sumber radioaktif (Ra-226 atau Am-241) ke bagian dalam akuarium sebagai tahapan pengujian pendeteksian partikel. Ujung dari sumber radioaktif menyentuh lapisan *cloud*.
6. Menunggu jejak kabut muncul saat sumber radioaktif sudah dimasukkan. Jika jejak kabut muncul, maka dapat dikatakan *cloud* yang sudah dibuat sebelumnya berhasil menciptakan kondisi agar partikel bermuatan dapat berinteraksi dan menciptakan tetesan kondensasi yang dapat terlihat. Merekam hasil jejak kabut yang terlihat dengan kamera jika sudah terlihat. Perekaman bertujuan untuk melihat dua kejadian sekaligus, yaitu pembentukan *cloud* dan jejak partikel.



Gambar 3. Variasi konfigurasi Termoelektrik tunggal (a) dan Termoelektrik gabungan (b), tanpa pelat (atas) dan dengan pelat (bawah)

3. Hasil dan Diskusi

Pengukuran suhu pada permukaan Termoelektrik untuk konfigurasi masing-masing Termoelektrik tunggal tanpa pelat dan gabungan tanpa pelat ditunjukkan pada Gambar 5. Grafik tersebut menggambarkan profil perubahan suhu yaitu penurunan drastis pada waktu awal, yang mencapai suhu minimum, kemudian suhu meningkat secara perlahan hingga suatu rentang nilai yang stabil. Profil perubahan suhu tersebut juga muncul pada konfigurasi yang lain. Oleh karena itu hasil pengukuran suhu hanya akan diwakili oleh dua besaran yaitu suhu minimum dan suhu stabil. Hasil pengukuran untuk setiap variasi ditampilkan di Tabel 1. Berikutnya pengujian dilakukan terhadap

terbentuknya *cloud*. Hal ini dilakukan secara kualitatif yaitu pengkategorian densitas rendah atau tinggi. Begitu juga pengujian terbentuknya jejak radiasi, dengan pengkategorian ada atau tidak.

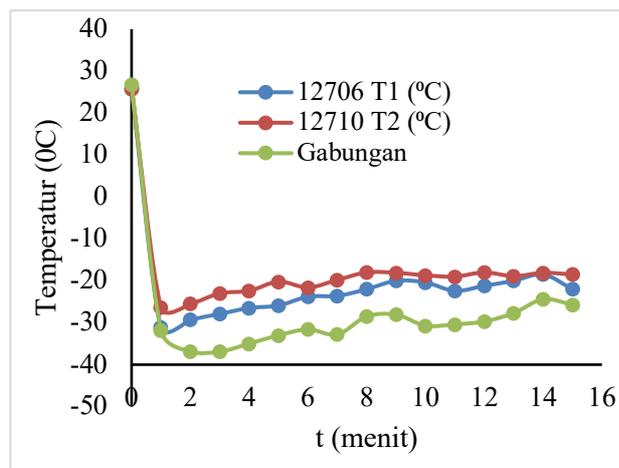


Gambar 4. Cloud chamber yang dibuat dan posisi kamera

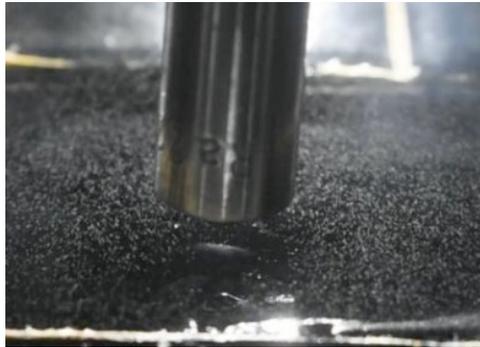
Tabel 1. Pengukuran Temperatur Minimum dan Temperatur Stabil

Konfigurasi Termoelektrik	Penurunan Temperatur			
	Tanpa Pelat		Dengan Pelat	
	T minimum (°C)	T stabil (°C)	T minimum (°C)	T stabil (°C)
TEC1-12706	-31,1	-21	-15,4	-15
TEC1-12710	-26,3	-18	-13,2	-12
Gabungan	-36,9	-30	-16,5	-15

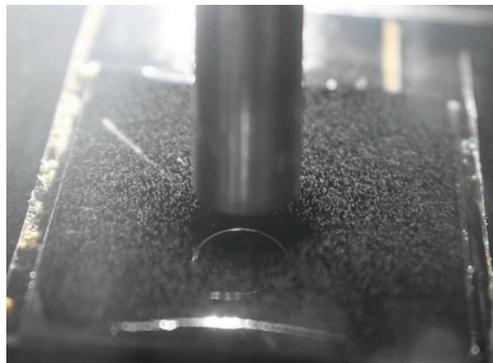
Beberapa sampel citra *cloud* yang terbentuk disajikan di Gambar 6. Sedangkan untuk jejak partikel yang terekam terdapat di Gambar 7. Untuk hasil kualitatif pembentukan *cloud* dan keberadaan jejak partikel dirangkum di Tabel 2.



Gambar 5. Temperatur pada permukaan Termoelektrik



Gambar 6. *Cloud* yang terbentuk pada *chamber*



Gambar 7. Tangkapan citra jejak partikel

Tabel 2. Luas kurva histeresis CV, kapasitansi spesifik, energi spesifik, dan daya spesifik superkapasitor terhadap *scan rate*

Konfigurasi Termoelektrik	Pembentukan <i>cloud</i> dan jejak partikel			
	Tanpa Pelat		Dengan Pelat	
	kerapatan <i>cloud</i>	jejak	kerapatan <i>cloud</i>	jejak
TEC1-12706	rendah	tidak	rendah	tidak
TEC1-12710	rendah	tidak	rendah	tidak
Gabungan	tinggi	ada	rendah	tidak

4. Kesimpulan

Desain *cloud chamber* dengan menggunakan pendingin Termoelektrik telah dibuat. Digunakan dua jenis Termoelektrik dengan performa yang berbeda, diaplikasikan secara terpisah dan tergabung. Selain itu, juga diuji penggunaan pelat dalam rangka memperluas permukaan alas *cloud chamber*. Dari seluruh variasi yang diuji, diperoleh capaian suhu terendah pada konfigurasi dua termoelektrik ditumpuk dan tanpa pelat yaitu pada suhu stabil $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$. Hal ini menunjukkan aplikasi kombinasi lebih dari satu termoelektrik dapat menghasilkan suhu yang lebih rendah. Selain itu, penggunaan

pelat akan mengurangi penurunan suhu pendingin, karena menyebarkan suhu pada permukaan yang lebih luas.

Daftar Pustaka

- [1] Wilson, C. T. R., (1912). *On an Expansion Apparatus for Making Visible the Tracks of Ionising Particles in Gases and Some Results Obtained by Its Use*. PROCEEDINGS OF ROYAL SOCIETY, pp. 277-292.
- [2] Longair, M., (2014). C.T.R. Wilson and the *cloud chamber*. *Astroparticle Physics*, Volume 53, pp. 55-60
- [3] Munoz, I. E., (2015). *Detection of particles with a cloud chamber*, Leioa: University of the Basque Country.
- [4] Langsdorf, A., (1939). *A Continuously Sensitive Diffusion Cloud Chamber*. *Review of Scientific Instruments*, Vol. 10, issue 3.
- [5] Needels, T. S. & Nielsen, C. E., (1950). *A Continuously Sensitive Cloud Chamber*. *The Review of Scientific Instruments*, Vol. 21, 991.
- [6] Zeze, S., Itoh, A., Oyama, A. & Takahashi, H., (2012). *A sensitive cloud chamber without radioactive*. *Physics Education*, Vol. 47, p. 574.
- [7] Nar, S. Y. & Cakir, A., (2018). *Peltier-based cloud chamber*. *Turkish, American Institute of Physics*, (1):180003.