Jurnal Ilmiah Universitas Satya Negara Indonesia

Published by : LP3M Universitas Satya Negara Indonesia
Vol. 04 No.01, 2025
Page 32-38
P-ISSN : 1979-5246 | E–ISSN : 3090-8736

THE POTENTIAL OF FOG AND DEW AS ALTERNATIVE CLEAN WATER SOURCES IN MOUNTAINEERING ACTIVITIES

POTENSI KABUT DAN EMBUN SEBAGAI SUMBER AIR BERSIH ALTERNATIF DALAM KEGIATAN PENDAKIAN GUNUNG

Sri RH Siregar[1*]
[1*]Universitas Satya Negara Indonesia, Indonesia
[1]srirhs@usni.ac.id (081804910036)

INFORMASI ARTIKEL
Submitted:
18-12-2025

Accepted:
05-02-2026

Published:
23-02-2026

Keywords:
Clean Water; Dew Harvesting; Fog Harvesting; Mountaineering

Kata Kunci:
Air Bersih; Pemanenan Embun; Pemanenan Kabut; Pendakian Gunung

ABSTRACT

Water exists in various phase, one of which is gases in air. Water harvesting from the air can be achieved using fog harvesting and dew harvesting technologies. In this research, the methods in each technology were qualitatively studied and supported by primary and secondary data for related parameters, namely temperature and relative humidity. Primary data were collected from Mount Merbabu and Mount Prau, while secondary data were obtained through internet searches. The test data concludes that all water harvesting methods have the potential to be applied in mountainous areas. Both traditional and modern methods are suitable for large-scale and permanent applications. Water harvesting using radiative cooling condenser passive system methods and solar regenerated desiccants in water harvesting passive system are suitable for savannah locations with sparse vegetation. Water harvesting from air using active cooling condensation methods are suitable for individual applications and can be made portable. Each method presents challenges that must be overcome to achieve optimal results.

ABSTRAK

Air memiliki berbagai macam bentuk, salah satunya adalah air yang berada di udara. Pemanenan air dari udara dapat dilakukan dengan teknologi pemenenan kabut dan pemanenan embun. Pada penelitian ini, metode dari setiap teknologi dikaji secara kualitatif serta didukung data primer dan data sekunder untuk parameter-parameter terkait, yaitu temperatur dan kelembaban. Data primer diambil pada di Gunung Merbabu dan Gunung Prau, sedangkan data sekunder didapat dari pencarian melalui jaringan internet. Dari data pengujian dapat disimpulkan bahwa semua metode pemanenan air dari udara memiliki potensi untuk dapat diterapkan di area pegunungan. Metode tradisional dan modern cocok untuk diterapkan dengan skala yang besar dan permanen. Metode kondensor pendingin pasif dan bahan pengering yang dapat dipulihkan dengan energi matahari cocok untuk diterapkan pada lokasi sabana dengan vegatasi yang tidak rapat. Sedangkan metode kondensasi pendinginan aktif cocok untuk diterapkan dengan skala kebutuhan perseorangan dan dapat dibuat secara portabel. Setiap metode memiliki tantangan yang harus dihadapi untuk mendapatkan hasil yang paling optimal.

INTRODUKSI

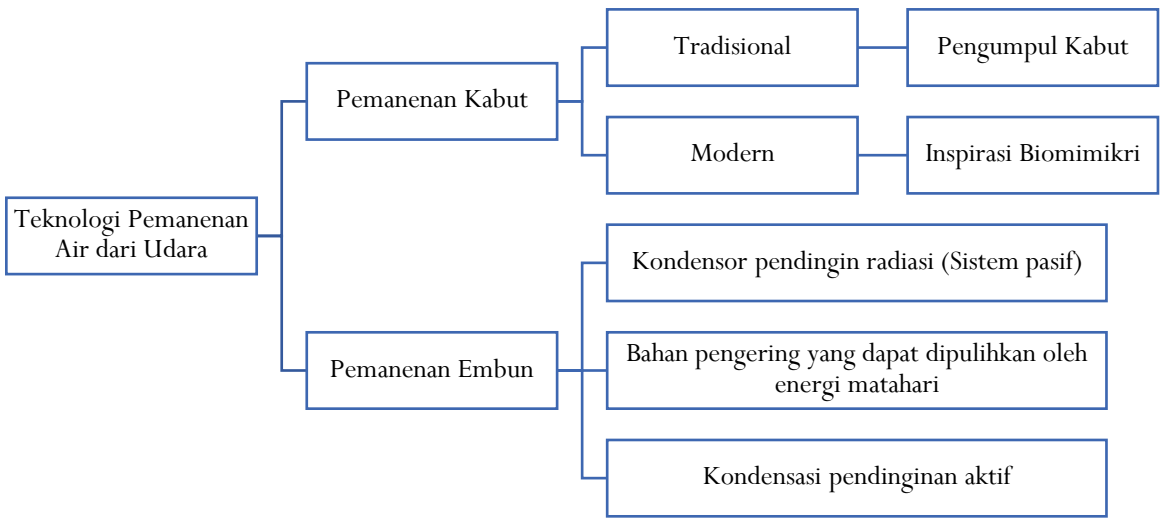
Air merupakan sumber kehidupan. Rata-rata kebutuhan air bersih per orang per hari adalah sebesar 60-150 liter. Kebutuhan air bersih ini mencakup kebutuhan air minum dan air mandi, cuci, kakus. Kebutuhan air minum sendiri berkisar 2-3 liter per orang per hari. Kebutuhan air pada kegiatan pendakian gunung diprioritaskan sebagai kebutuhan air minum [1], [2], [3]. Sumber air dapat dipenuhi dari mata air yang berada di gunung tersebut. Namun pada beberapa tujuan pendakian gunung tidak terdapat mata air atau lokasi mata air yang cukup jauh dari lokasi titik berkemah. Sehingga kebutuhan air dipenuhi dengan cara membawa air yang cukup untuk memenuhi kebutuhan air dari titik keberangkatan pendakian.

Kabut adalah tetesan air yang sangat kecil dan melayang di udara di sekitar permukaan tanah[4]. Kabut ini terbentuk dari proses perubahan temperatur dimana pada udara kondisi temperatur yang lebih tinggi mengalami penurunan temperatur menjadi lebih rendah akibat dari proses alamiah cuaca. Kondisi temperatur memiliki korelasi terhadap kapasitas air dalam bentuk uap atau gas. Semakin tinggi temperatur, maka kapasitas air di udara semakin besar, dan sebaliknnya semakin rendah temperatur, maka kapasitas air di udara semakin kecil.

Embun adalah uap air yang berubah menjadi titik-titik air yang jatuh dari udara [5], [6]. Embun juga dipengaruhi oleh perubahan temperatur lingkungan. Namun pada proses pengembunan, perubahan fasa air dari gas menjadi cair telah melewati titik embun (*dew point*). Secara umum, kabut dan embun dapat dijadikan sumber air alternatif dengan dilakukan pengumpulan atau pemanenan. Proses pemanenan kabut (*fog harvesting*) dan proses pemanenan embun (*dew harvesting*) menerapkan prinsip termodinamika, dimana perlu dilakukan rekayasa kondisi untuk menciptakan perbedaan temperatur sehingga kabut dan embun berubah menjadi kumpulan air.

Klasifikasi teknologi pemanenan air dari udara dapat dilihat pada Gambar 1 [7]. Faktor pembeda antara pemanenan kabut dengan pemanenan embun adalah pada pemanenan kabut sangat bergantung pada kondisi geografis dan meteorologis. Kabut hanya berada di lokasi-lokasi tertentu yang secara alamian udara lembab turun di bawah suhu jenuhnya. Pemanenen embun dapat lebih diterapkan di berbagai kondisi lokasi.

Gambar 1. Pembagian Kategori Teknologi Pemanenan Air dari Udara



Sumber : *Review of Sustainable Methods for Atmospheric Water Harvesting*[7]

Teknologi pemanenan kabut dapat menggunakan metode tradisional ataupun metode modern [4], [7], [8], [9], [10], [11], [12]. Metode tradisional merupakan metode yang paling sederhana. Metode ini menggunakan jaring yang dipaparkan ke udara atmosfer dimana terdapat lokasi kabut yang didorong oleh angin. Digunakan dua tiang

dan kabel sebagai penahan jaring. Tetesan air yang terperangkap oleh jaring menumpuk dan mengalir secara gravitasi ke dalam saluran sistem pengumpulan air. Untuk mendapatkan efisiensi maksimum, pengumpulan kabut dengan metode ini harus diposisikan tegak lurus terhadap angin yang dominan. Pada beberapa eksperimen, pemanenen kabut dengan kolektor kabut besar dapat menghasilkan 150 liter hingga 750 liter per hari.

Teknologi pemanenen kabut dengan metode inspirasi biomimikri mengambil inspirasi dari makhluk hidup yang telah berevolusi untuk bertahan hidup dalam kondisi kekurangan air [4], [7]. Terdapat beberapa hewan yang menjadi inspirasi utama dalam penerapan teknologi ini, seperti kumbang gurun *Stenocara gracilipes* yaitu spesies kumbang yang berasal dari Desa Namib di Afrika Selatan. Kumbang ini bertahan hidup dengan cara mengumpulkan air dari awan pagi dengan bongkahan tubuhnya. Permukaan punggung dari kumbang ditutupi dengan susunan acak tonjolan hidrofilik halus dan alur mikro yang tersusun dengan interval tertentu. Tonjolan pada sayap depan berukuran mikro, menjadikan air yang mengembun dapat langsung menetes ke mulut mereka. Efisiensi maksimum didapatkan dari kombinasi area hidrofilik dan area hidrofobik. Teknologi pemanenan kabut inspirasi biomimikri lainnya juga dilakukan dengan inspirasi dari hewan kadal *Moloch horridus* atau *Thorny devil* yang berasal dari Australia, ataupun inspirasi dari hewan laba-laba *Uloborus walckenaerius* yang ditemukan di daerah Madeira, Eropa, Turki, Kaukasus, Rusia, Irak, Iran, heather di Inggris Selatan, Sudahia dan kawasan Asia Tenggara seperti China dan Korea. Inspirasi biomimikri yang berasal dari tumbuhan antara lain rumput gurun endemik Namib *Stipagrostis sabulicola* ataupun tumbuhan dengan keluarga *Cactaceae* (kaktus).

Teknologi pemanenan embun dengan metode kondensor pendingin radiasi atau sistem pasif merupakan metode pemanenan embun yang paling sederhana [6], [7], [9], [12]. Metode ini menerapkan hukum Stefan-Boltzmann yang menyatakan total energi radiasi yang dipancarkan oleh benda hitam per satuan luas permukaan berbanding lurus dengan pangkat empat dari suhu absolutnya. Proses pembentukan embun bersifat fisik dan ditentukan oleh pendinginan permukaan tanpa energi tambahan. Untuk mengoptimalkan pemanenan embun dapat dilakukan dengan:

- Memaksimalkan sifat pemancaran panjang gelombang inframerah dari permukaan untuk memungkinkan pendinginan permukaan di malam hari;
- Meningkatkan reflektivitas permukaan kondensasi untuk memastikan bahwa permukaan tidak akan memerangkap panas yang akan menghangatkan kondensor dan mengakibatkan penguapan di siang hari;
- Mengurangi efek angin pada kondensor dengan memiringkan permukaan kondensor;
- Meningkatkan sifat hidrofilik permukaan, dengan menerapkan lapisan hidrofilik pada permukaan;
- Mengurangi inersia panas permukaan kondensasi untuk mendorong perubahan perbedaan temperatur dan juga sebagai cara untuk menghindari perpindahan panas dari tanah.

Teknologi pemanenan embun dengan metode penggunaan bahan pengering yang dapat dipulihkan dengan energi matahari menggunakan variasi bahan pengering seperti silika gel, zeolite, dan $CaCl_2$ yang bersifat higroskopis dan dapat menyerap kelembaban melalui proses adsorpsi dan absorpsi [7], [11]. Tahapan proses dari metode ini adalah dimulai daari bahan pengering atau desikan menyerap uap air dari atmosfer yang lembab di malam hari. Kemudian pada tahap selanjutnya di siang hari terjadi proses desorpsi air akibat radiasi matahari yang memulihkan desikan dan mengeluarkan uap air. Air yang menguap kemudian akan mengembun menjadi tetesan air dan dikumpulkan dalam tangki.

Teknologi pemanenan embun dengan metode kondensasi pendinginan aktif menggunakan siklus Rankine terbalik (*Reverse Rankine Cycle*)[7], [12]. Metode ini diterapkan sebagai dehumidifier yang dapat menurunkan kelembaban melalui proses aktif dimana udara lembab akan melewati koil yang didinginkan oleh refrigerant, sehingga uap air mengembun. Air yang mengembun dikumpulkan dalam wadah penampungan air. Jumlah produksi air akan bergantung pada kelembaban relatif dan temperatur udara.

Secara umum kondisi gunung di Indonesia sangat mendukung untuk proses pemanenen kabut dan pemanenan embun. Namun belum ada jurnal yang membahas secara spesifik potensi kabut dan embun sebagai sumber air alternatif di pegunungan. Dengan pengembangan teknologi ini diharapkan dapat mengganti kebutuhan air pada kegiatan pendakian gunung dimana sebelumnya seringkali menggunakan botol minum dalam kemasan yang berpotensi menjadi sampah gunung.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode studi literatur dengan proses verifikasi data lapangan. Studi literatur dilakukan terhadap buku pegangan, jurnal ilmiah terbaru, serta data-data dari pihak pengelola gunung terkait. Proses verifikasi dilakukan dengan pengujian temperatur dan kelembaban di perjalanan pendakian gunung dan di lokasi kemping. Alat uji untuk mengukur temperatur dan kelembaban yang digunakan adalah UNI-T UT333 Termometer Hygrometer dengan spesifikasi rentang temperatur -10°C-60°C, akurasi temperatur ±1°C, resolusi temperatur 0,1°C, rentang kelembaban 0-100% RH, akurasi kelembaban ±5% RH, dan resolusi kelembaban 0,1% RH. Pengujian dilakukan pada dua gunung yang berada di Provinsi Jawa Tengah yaitu Gunung Merbabu via Selo pada tanggal 28-29 Juni 2025 dan Gunung Prau via Wates pada tanggal 12-13 Juli 2025.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian temperatur dan kelembaban di lokasi sampel dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2 serta pada Gambar 2 dan Gambar 3.

Tabel 1. Data Temperatur

Gunung	Temperatur Pengujian [°C]			Referensi Data Sekunder [°C]
	1	2	3	
Merbabu	22.3	16.4	10.7	17-30
Prau	17.3	12.1	13.1	11-18

Sumber : Olahan Peneliti

Tabel 2. Data Kelembaban

Gunung	Kelembaban Pengujian [%]			Referensi Data Sekunder [%]
	1	2	3	
Merbabu	68.1	77.1	96.4	66-98
Prau	77.7	99.7	75.0	56-97

Sumber : Olahan Peneliti

Gambar 2. Pengambilan Data Temperatur dan Kelembaban di Gunung Merbabu
(a) dan (b) Di Perjalanan; (c) Di Lokasi Kemah (*Camp Site*)

(a) **(b)** **(c)**

Sumber : Olahan Peneliti

Gambar 3. Pengambilan Data Temperatur dan Kelembaban di Gunung Prau
(a) dan (b) Di Perjalanan; (c) Di Lokasi Kemah (*Camp Site*)

(a) **(b)** **(c)**

Sumber : Olahan Peneliti

Hasil pengujian di gunung tersebut dianalisis terhadap potensi penerapan teknologi pemanenan kabut dan pemanenan embun. Analisa penerapan teknologi dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Analisa Penerapan Teknologi

Teknologi	Metode	Potensi Penerapan di Gunung	Tantangan Penerapan di Gunung
Pemanenan Kabut	Tradisional	Memungkinkan, mudah, tidak membutuhkan energi	Kebutuhan area yang cukup, jenis dan dimensi jaring penangkap kabut

	Modern	Memungkinkan, mudah, tidak membutuhkan energi	Kombinasi hidrofilik dan hidrofobik untuk mendapatkan kondisi optimal
Pemanenan Embun	Kondensor pendingin radiasi (Sistem pasif)	Memungkinkan untuk pegunungan dengan vegetasi terbuka	Pemilihan material dan desain yang tahan terhadap cuaca pegunungan
	Bahan pengering yang dapat dipulihkan oleh energi matahari	Memungkinkan untuk pegunungan dengan vegetasi terbuka	Sinar matahari yang cukup, khususnya pada gunung dengan vegetasi rapat
	Kondensasi pendinginan aktif	Memungkinkan dari ketersediaan parameter kelembaban dan temperatur	Rangkaian teknologi yang minim energi

Sumber : Olahan Peneliti

Proses pemanenen kabut dengan metode tradisional memiliki potensi untuk dapat diterapkan di area pegunungan. Hal ini dikarenakan kemudahan dalam aspek energi. Pemanenan kabut tidak memerlukan energi yang mana energi sulit didapatkan di area pegunungan. Namun metode tradisional ini akan membutuhkan area yang luas dan lokasi yang tepat untuk mendapatkan jumlah air dari kabut yang besar.

Proses pemanenan kabut dengan metode modern juga memiliki potensi untuk dapat diterapkan di area pegunungan dengan pertimbangan yang serupa dengan metode tradisional. Namun pada metode modern, terdapat tantangan yang lebih didominasi akan material penangkap kabut. Inspirasi hewan maupun tumbuhan lokal perlu dikaji lebih dalam agar mendapatkan kondisi yang paling optimal di setiap lokasi.

Proses-proses pemanenan kabut cenderung lebih hemat dan tanpa membutuhkan energi tambahan. Namun bila dibandingkan dengan proses pemanenan embun, proses pemanenan kabut membutuhkan peralatan dengan skala yang lebih besar agar air yang dihasilkan dapat memenuhi kebutuhan harian. Hal ini dikarenakan mekanisme pemanenan dilakukan secara konvensional dengan memanfaatkan kondisi lingkungan seperti ketersediaan kabut serta gaya gravitasi. Sedangkan pada proses pemanenan embun, rekayasa terhadap pemilihan material serta intervensi energi tambahan dari luar dimanfaatkan untuk mempercepat proses pemanenen embun.

Pada proses pemanenen embun dengan metode kondensor pendingin radiasi memungkinkan untuk diterapkan di area pegunungan yang memiliki jalur terbuka atau dengan vegetasi yang tidak rapat. Hal ini dikarenakan adanya kebutuhan radiasi sinar matahari untuk mempercepat proses pembentukan embun. Pada metode ini juga perlu dilakukan pemilihan material yang tepat serta desain yang optimal untuk menghasilkan air dalam jumlah yang cukup dan harus dapat bertahan pada kondisi-kondisi ekstrim di area pegunungan.

Serupa dengan metode kondensor pendingin radiasi, metode bahan pengering yang dapat dipulihkan dengan energi matahari juga memungkinkan untuk diterapkan di area pegunungan yang memiliki jalur terbuka atau dengan vegetasi yang tidak rapat. Tantangan terjadi pada proses pelepasan uap air atau desorpsi menggunakan energi matahari, yang mana di area pegunungan dengan vegetasi rapat, sinar matahari akan sulit menembus vegetasi. Namun bila ditempatkan di area sabana, metode ini berpotensi menghasilkan jumlah air yang lebih banyak.

Proses pemanenan embun dengan metode kondensasi pendinginan aktif memungkinkan untuk dilakukan di area pegunungan. Energi tambahan dari luar memang dibutuhkan pada penerapan metode ini. Namun kebutuhan energi dapat dikonversi dari ketersediaan angin dengan kecepatan yang cukup tinggi di area pegunungan. Meskipun mempertahankan kestabilan aliran udara lembab yang dimasukkan akan cukup berfluktuasi bila hanya mengandalkan kecepatan angin.

KESIMPULAN

Pegunungan di Indonesia memiliki potensi pemanenan kabut dan embun sebagai sumber air alternatif pada saat proses pendakian. Keseluruhan metode memiliki potensi untuk diterapkan di pegunungan. Metode tradisional

dan modern cocok untuk diterapkan dengan skala yang besar dan permanen untuk mendapatkan hasil yang optimal. Metode kondensor pendingin pasif dan bahan pengering yang dapat dipulihkan dengan energi matahari cocok untuk diterapkan pada lokasi sabana dengan vegatasi yang tidak rapat. Sedangkan metode kondensasi pendinginan aktif cocok untuk diterapkan dengan skala kebutuhan perseorangan dan dapat dibuat secara portabel. Pengembangan dari setiap metode perlu dilakukan untuk mendapatkan nilai-nilai yang paling optimal menghasilkan air dari udara.

DAFTAR PUSTAKA

[1] E. Nurajab STKIP Pasundan, "Hubungan Tingkat Kebugaran Jasmani dengan Aklimatisasi Pendaki Gunung," 2019. [Online]. Available: http://jurnalolahraga.stkippasundan.ac.id/index.php/jurnalolahraga

[2] M. Romdhoni, "Studi pemahaman konsep pendaki pemula terhadap kebutuhan nutrien terhadap pendakian," *Jurnal PADE: Pengabdian &Edukasi*, vol. 4, no. 2, p. 51, Nov. 2022, doi: 10.30867/pade.v4i2.605.

[3] I. Nengah Sandi, K. Ashadi, and D. Womsiwor, "Pembagian Lingkungan Olahraga", doi: 10.5281/zenodo.4448917.

[4] A. Dewita and S. Alfiandy, "Kajian Awal : Prediksi Kabut Berdasarkan Data Observasi di Wilayah Bandara Zainuddin Abdul Madjid," *Buletin GAW Bariri*, vol. 5, no. 2, pp. 60–69, Dec. 2024, doi: 10.31172/bgb.v5i2.135.

[5] M. A. Rahim *et al.*, "Embun Pagi dalam Perspektif Islam dan Sains: Analisis Dampak Ekologis Positif dan Negatif," 2025.

[6] A. Luis, D. Wolo, and I. Damopolii, "Rancang Bangun Penangkap Embun Untuk Meningkatkan Efisiensi Aplikasi Pengabut Air Sebagai Model Mitigasi Urban Heat Island Masa Depan," *JURNAL SAINS TEKNOLOGI &LINGKUNGAN*, vol. 8, no. 2, pp. 192–203, Dec. 2022, doi: 10.29303/jstl.v8i2.368.

[7] H. Jarimi, R. Powell, and S. Riffat, "Review of sustainable methods for atmospheric water harvesting," May 01, 2020, *Oxford University Press*. doi: 10.1093/ijlct/ctz072.

[8] M. Khamdevi and R. Dany Riupassa, "MARKA (Media Arsitektur dan Kota) : Jurnal Ilmiah Penelitian Narrative Literature Review Opportunities for Implementing Low-Tech Dew and Fog Harvesting Architecture in Indonesia: A Narrative Literature Review", doi: 10.33510/marka.

[9] K. F. Kaseke and L. Wang, "Fog and Dew as Potable Water Resources: Maximizing Harvesting Potential and Water Quality Concerns," *Geohealth*, vol. 2, no. 10, pp. 327–332, Oct. 2018, doi: 10.1029/2018GH000171.

[10] M. Khamdevi and M. Mlt, "MARKA (Media Arsitektur dan Kota): Jurnal Ilmiah Penelitian Architecture Science Field Position in Dew and Fog Harvesting Research: A Bibliometric Analysis," *Jurnal Ilmiah Penelitian*, vol. 6, no. 2, pp. 45–62, 2023, doi: 10.33510/marka.

[11] L. Cattani, P. Cattani, and A. Magrini, "Air to water generator integrated systems: The proposal of a global evaluation index—GEI formulation and application examples," *Energies (Basel).*, vol. 14, no. 24, Dec. 2021, doi: 10.3390/en14248528.

[12] M. S. Thavalengal *et al.*, "Progress and Prospects of Air Water Harvesting System for Remote Areas: A Comprehensive Review," Mar. 01, 2023, *MDPI*. doi: 10.3390/en16062686.