



Analisis dan pemodelan perubahan temporal dan variasi spasial suhu air laut di Gunung Api Bawah Laut Mahengetang

Harsen Berg Janis^{1*}, Yuni M Samalukang²

1*Program Studi Fisika, Fakultas Ilmu Alam dan Teknologi Rekayasa, Universitas Halmahera

2Program Studi Matematika, Fakultas Ilmu Alam dan Teknologi Rekayasa, Universitas Halmahera

E-mail: harsenjanis07@gmail.com

Diterima: 6 Mei 2020; Disetujui: 27 November 2020

ABSTRAK

Gunung Api Bawah Laut (GABL) Mahengetang terletak di desa Mahengetang, kecamatan Tatoareng, kabupaten Kepulauan Sangihe. GAB Mahengetang merupakan gunung api aktif, yang menjadi salah satu destinasi wisata di Kepulauan Sangihe. Tujuan dari penelitian ini, untuk menganalisis sebaran spasial dan temporal suhu permukaan air laut di sekitar GABL Mahengetang. Pengukuran suhu permukaan air laut menggunakan alat *current meter flowatch FL-03*. Data hasil pengukuran suhu permukaan air laut dianalisis berdasarkan variasi spasial-temporal dan pemodelan fungsi temperatur menurut waktu dengan menggunakan model fungsi Fourier serta pemodelan fungsi spasial menggunakan model fungsi eksponensial. Pengukuran suhu permukaan air laut secara spasial menggunakan skala logaritmik untuk penentuan titik pengukuran sedangkan pengukuran suhu secara temporal dilakukan selama 25 jam dengan interval waktu 1 jam pada titik 0m di atas kepundan. Pengukuran suhu permukaan air laut secara spasial pada titik 0m mencapai 30.97°C dan pada titik 32m berada pada suhu terendah 29.37°C . Hasil analisis suhu permukaan air laut secara temporal menunjukkan nilai maksimum suhu 30.75°C dan suhu minimum 29.60°C . Jarak terjauh pengaruh energi termal gunung api adalah 8 m dengan gradien suhu $0.01^{\circ}\text{C}/\text{m}$.

Kata kunci: gunung api bawah laut, temperatur temporal, variasi spasial.

Citasi : Janis HB, Samalukang YM. 2020. Analisis dan pemodelan perubahan temporal dan variasi spasial suhu air laut di Gunung Api Bawah Laut Mahengetang, 3 (2) : 230 - 237

ABSTRACT

The Mahengetang underwater volcano is located in Mahengetang village, Tatoareng district, Kepulauan Sangihe regency. Mahengetang underwater volcano is an active volcano, which is one of the tourist destinations in the Kepulauan Sangihe regency. The purpose of this study was to analyze the spatial and temporal distribution of sea surface temperature around the volcano. The temperature measurement of sea surface was carried out by using current-meter Flowatch FL-03. Data of the



temperature was analyzed based on the spatial-temporal variation using the Fourier function model. The exponential function model was used for the spatial function modeling. A logarithmic scale was used to spatially measurement of the sea surface temperature to determine the point of the measurement. The temporal temperature measurement was conducted for 25 hours with an interval of 1 hour at a point of 0 m above the peak of the volcano. Measurement of sea surface temperature spatially at the 0 m point reaches 30.97°C and at 32 m the lowest temperature is 29.37°C . The temporal analysis of the sea surface temperature showed a maximum temperature of 30.75°C and a minimum temperature of 29.60°C . The farthest distance from the effect of volcanic thermal energy is 8 m with a temperature gradient of $0.01^{\circ}\text{C}/\text{m}$.

Keywords: spatial variation, temporal temperature, underwater volcanoes.

I. Pendahuluan

Air merupakan medium transparan sehingga radiasi matahari dapat menembus hingga kedalaman tertentu (*thermocline*). Transfer energi termal dalam air berlangsung melalui proses pencampuran (*mixing*) massa air yang berbeda suhu. Suhu air karena radiasi matahari menyebabkan lapisan atas lebih panas dari lapisan bawah. Suhu air laut dapat bervariasi secara vertikal antara 8°C hingga 29°C (Jamshidi *et al.*, 2010). Variasi suhu permukaan laut (*Sea Surface Temperature – SST*) merupakan kombinasi proses transfer energi antara atmosfer dengan laut (Desert *et al.*, 2010; Sims R.P., 2017). Proses di laut yang mempengaruhi SST mencakup transfer panas oleh arus, pencampuran pada arah vertikal, dan kedalaman *thermocline* (Desert *et al.*, 2010). Interaksi atmosfer-laut berperan penting dalam mengikat atau melepaskan beberapa jenis gas antara lain CO_2 (Bakker D *et al.*, 2017), metan dan nitro oksida (Bange H.W *et al.*, 2009), dan dimetil sulfide (Lama A *et al.*, 2011). Lapisan permukaan air menjadi koloni beberapa mikroorganisme yang juga berperan mengikat N_2 dari udara (Moisander P.H *et al.*, 2010). Royer *et al.*, (2016), mengemukakan bahwa gradien suhu air laut pada batas laut-atmosfir merupakan bagian penting dalam menjelaskan struktur lapisan air laut, demikian halnya dengan profil vertikal atmosfer gradien suhu dan salinitas menentukan stratifikasi lapisan air dari permukaan hingga beberapa meter di bawah permukaan (Sims R.P., 2017). Analisis profil vertikal gradien suhu air laut menjadi dasar untuk analisis konsentrasi gas, keberadaan dan kelimpahan mikroorganisme dan biota laut.

Suhu air laut di atas dan di sekitar kepundan GABL menyebabkan peningkatan perubahan konsentrasi gas. Efek emisi vulkanik bawah permukaan laut menyebabkan kenaikan suhu pada kedalaman 80 m dan jarak 290 m dari kepundan sebesar 3°C (Fraile-Nuez E *et al.*, 2012). Pelepasan CO karena aktivitas vulkanik memproduksi konsentrasi karbon anorganik antara 4,000 to $7,500 \mu\text{mol kg}^{-1}$ menyebabkan air menjadi lebih asam hingga 2,8 satuan pada kedalaman 100 m dan jarak 2 km dari kepundan (Fraile-Nuez E *et al.*, 2012). Penyimpangan sifat kimia dan fisika air karena aktivitas vulkanik mempengaruhi keberadaan ikan pelagis (Fraile-Nuez E *et al.*, 2012), dan kehidupan biota lainnya.



GABLMahengetang terletak di wilayah KecamatanTatoareng, Kabupaten Kepulauan Sangihe. Akses ke KecamatanTatoareng dari Manado dan Tahuna cukup lancar karena wilayah ini disinggahi kapal sesuai jadwal dua kali seminggu namun dapat juga di luar jadwal jika penumpang lebih dari sepuluh orang. Wilayah ini kaya dengan obyek wisata bahari dengan ikonnya adalah gunung apiMahengetang. Wilayah ini telah ditetapkan sebagai destinasi utama pariwisata Kabupaten Sangihe. Perkembangan kunjungan wisata semakin bertambah; demikian halnya aktivitas penangkapan ikan, sehingga potensial peningkatan tekanan terhadap daya dukung sumberdaya. Evaluasi kondisi sumberdaya terkait dengan pariwisata, perikanan, perekonomian masyarakat membutuhkan informasi kondisi ekologis, termasuk variable fisika, kimia, dan biologi yang berkaitan satu sama lain.

Kenampakan area sekitar kepundan GABLMahengetang dimana tidak bertumbuh karang menjadi indikator perubahan suhu dan kandungan gas dalam air. Di sekitar kepundan juga tidak ditemukan ikan hingga jarak sekitar 30 m. Kondisi ini menjadi kajian menarik dalam menganalisis dan mendeskripsikan sifat fisika air terkait dengan kondisi ekologis serta perubahan spasialnya (survey awal tahun 2017).

Penelitian suhu air laut di sekitar kepundan gunung apiMahengetang menjadi informasi penting untuk pemantauan, evaluasi daya dukung dan alternatif pengembangan kegiatan yang menjamin kelestarian sumberdaya dan keamanan lingkungan. Penelitian ini secara khusus menganalisis dan membuat model variasi spasial suhu air laut pada arah horisontal berdasarkan jarak dari kepundan dan variasi temporal suhu air laut pada posisi kepundan.

II. Metode Penelitian

II.1. Akuisi data

Penelitian ini dilaksanakan di DesaMahengetang, Kabupaten Kepulauan Sangihe, Provinsi Sulawesi Utara. Tahap persiapan mencakup penetapan transek berdasarkan variasi spasial dan penetapan posisi pengukuran. Penetapan posisi pengukuran sepanjang transek menggunakan skala logaritmik terhadap acuan. Untuk transek horizontal, acuan adalah kepundan gunung api. Pengukuran suhu air laut dilakukan dengan kontrol kecepatan dan arah arus laut. Pengukuran suhu dan kecepatan arus menggunakan *current meter flowatch FL-03*. Pengukuran pada setiap posisi dilakukan berulang selama satu hari dengan interval waktu dua jam.

II.2. Analisis data

Data hasil pengukuran ditabulasi dalam matriks data dengan basis posisi-waktu. Selanjutnya dilakukan analisis dan pemodelan fungsi temperatur menurut waktu dengan menggunakan model fungsi Fourier dan pemodelan fungsi spasial dengan menggunakan model fungsi eksponensial (Medellu C. S, 2019). Model fungsi temporal menggunakan persamaan dibawah ini:

$$T(t) = T_o + \sum_{m=1}^{N/2} a_m \cos(\omega_m t) + b_m \sin(\omega_m t) \quad (1)$$

dimana koefien a_m dan b_m dapat ditentukan dengan persamaan

$$a_m = \frac{2}{N} \sum_{t=0}^{N-1} T(t) \cos(\omega_m t) \quad (2.a)$$

dan

$$b_m = \frac{2}{N} \sum_{t=0}^{N-1} T(t) \sin(\omega_m t) \quad (2.b)$$

Model fungsi spasial menggunakan persamaan dibawah ini:

$$T(x) = k_1 + k_2 e^{k_3 - k_4 x} \quad (3)$$

Gradien suhu memenuhi persamaan:

$$G(x) = -k_4 k_2 e^{k_3 - k_4 x} \quad (4)$$

Fungsi hasil pemodelan antara lain menghasilkan data: nilai maksimum, jarak terjauh yang dipengaruhi energi termal gunung api, gradien suhu.

III. Hasil dan Pembahasan

III.1. Deskripsi lokasi penelitian

GABLMahengetang diberi nama Banua Wuhu oleh masyarakat setempat. Gunung api ini berjarak sekitar 500m dari pesisir pantai Pulau Mahengetang. Pada kondisi air surut kepundan gunung Banua Wuhu berjarak sekitar 2m dari permukaan laut.

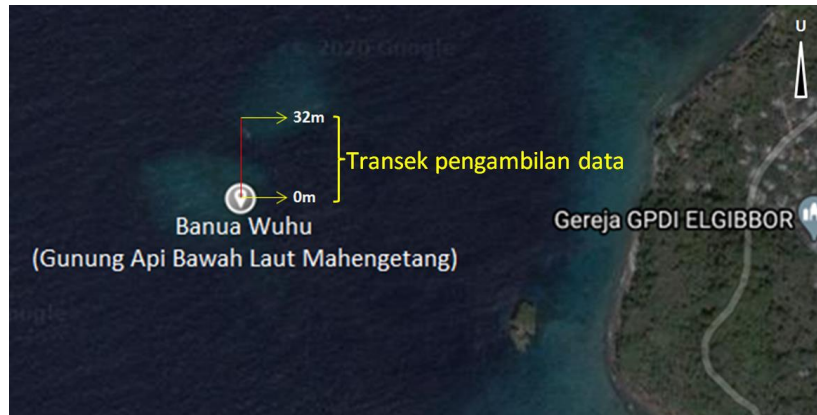
Pada saat pengambilan data, ada sejumlah wisatawan domestik melakukan penyelaman dan dua orang wisatawan mancanegara melakukan kegiatan snorkeling. Masyarakat Desa Mahengetang melakukan aktifitas penangkapan ikan dengan jaring disekitar lokasi gunung Banua Wuhu dengan jarak sekitar 30m dari kepundan.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian.

III.2. Analisis spasial suhu permukaan air laut

Titik pengukuran suhu permukaan air laut dilakukan dengan metode transek. Transek pengukuran dibuat secara horizontal terhadap permukaan air laut dengan skala logaritmik. Penetapan skala logaritmik didasarkan pada perubahan energi termal secara alami. Titik 0m diambil pada permukaan air laut tepat di atas kepundan. Pengukuran ini dilakukan pada pukul 10.00 WITA. Tabel di bawah ini menunjukkan hasil pengukuran secara spasial.



Gambar 2. Peta lokasi penelitian.

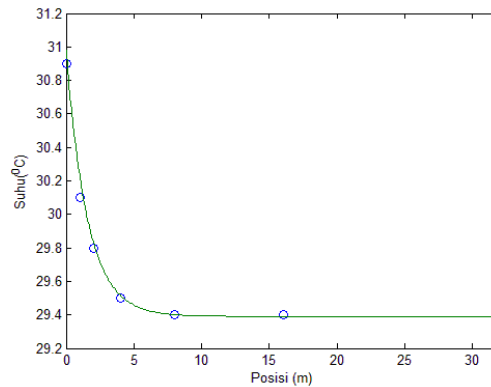
Tabel 1. Data hasil pengukuran suhu permukaan air laut secara spasial

Titik Pengukuran (m)	Suhu (⁰ C)
0	30.97
1	29.93
2	29.83
4	29.67
8	29.40
16	29.48
32	29.37

Hasil pengukuran menunjukkan suhu pada titik 0m lebih tinggi dari titik 32m. Data hasil pengukuran suhu permukaan air laut secara spasial dikonstruksi menjadi model matematis berdasarkan fungsi eksponensial. Konstruksi model matematis dianalisis menggunakan program matlab r2009a.

Berdasarkan analisis data lapangan bentuk fungsi spasial dapat dinyatakan dalam bentuk sebagai berikut:

$$T(x) = 29.39102 + 0.32453e^{1.58760 - 0.63350x} \quad (5)$$

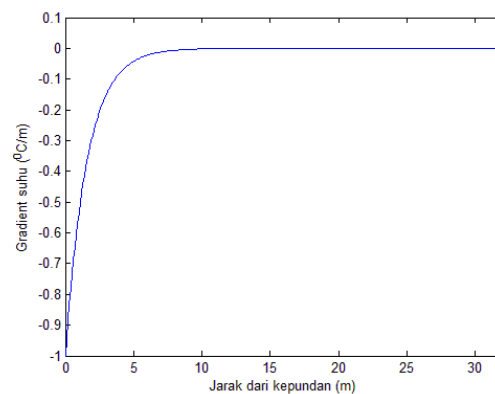


Gambar 1. Grafik model fungsi spasial suhu permukaan air laut.

Gambar 1 menunjukkan suhu air laut berubah cukup signifikan sampai pada jarak 5m dari kepundan dan dari 5m hingga 32m suhu permukaan air laut relative stabil. Hal ini berarti pengaruh sebaran suhu dari kepundan hanya efektif sampai jarak 5m ke arah luar kepundan. Besarnya sebaran suhu per satuan jarak dapat ditentukan dengan mengambil turunan pertama terhadap posisi dari persamaan (5) sehingga didapat pers. (6)

$$G(x) = -0.20599e^{1.58760-0.63350x} \quad (6)$$

Pola sebaran suhu dapat berubah tiap satuan waktu dikarenakan perubahan arah difusi termal dan kuantitas termal [11]. Jika hasil persamaan (6) bernilai negatif berarti terjadi sebaran suhu dari titik tersebut, jika bernilai positif berarti terjadi penerimaan suhu dari titik tersebut dan jika bernilai nol maka tidak terjadi sebaran maupun penerimaan suhu. Berdasarkan persamaan (6) sebaran suhu terjadi hingga jarak 8m dari kepundan. Pada posisi 0m besarnya sebaran suhu $1.01^{\circ}\text{C}/\text{m}$ dan untuk posisi 8m sebaran suhu $0.01^{\circ}\text{C}/\text{m}$. Pola sebaran suhu dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 3. Grafik gradien suhu permukaan air laut

III.3. Analisis temporal suhu permukaan air laut

Perubahan suhu permukaan air laut diukur selama 25 jam dengan interval waktu pengukuran 2 jam dengan titik pengukuran di sekitar kepundan diperlihatkan pada



tabeldi bawah ini. Perubahan suhu disetiap waktu pengukuran menunjukkan adanya perbedaan disetiap waktu pengukuran. Suhu permukaan air laut pada sore hari relative lebih tinggi dibandingkan suhu permukaan air laut pada pagi hari. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh pengaruh arus laut. Hasil pengukuran kecepatan arus laut pada sore hari 0.9 m/s sedangkan pada pagi hari 0.1 m/s.

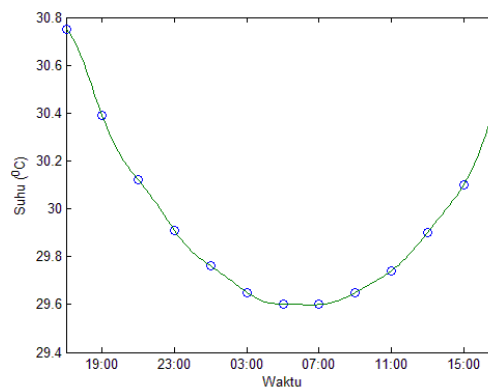
Pola temporal suhu air laut umumnya berbentuk pola sinusoidal. Pola sinusoidal ini dapat diselesaikan dengan pendekatan deret Fourier (Medellu C. S *et al.*, 2020) seperti pada persamaan (7). Dari persamaan (7) suhu harian rata-rata adalah 29.974°C dengan enam faktor perubahan pada fungsi sinus dan kosinus.

Tabel 2. Data hasil pengukuran suhu permukaan air laut secara temporal

Waktu (WITA)	Suhu (°C)
17:00	30.75
19:00	30.39
21:00	30.12
23:00	29.91
01:00	29.76
03:00	29.65
05:00	29.60
07:00	29.60
09:00	29.65
11:00	29.74
13:00	29.90
15:00	30.10
17:00	30.50

$$T(t) = 29.974 + 0.425\cos(2\pi t/6) + 0.222\sin(2\pi t/6) + 0.093\cos(4\pi t/6) + 0.112\sin(4\pi t/6) + 0.027\cos(6\pi t/6) + 0.069\sin(6\pi t/6) \quad (7)$$

Pola variasi temporal ditunjukkan pada gambar 3.





Gambar 4. Grafik gradien suhu permukaan air laut.

IV. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data suhu air laut secara spasial dapat disimpulkan bahwa suhu air laut di atas kepundan pada titik 0m lebih tinggi dibandingkan dengan suhu air laut pada titik 1m sampai dengan titik 32m. Suhu pada titik 0m mencapai 30.97°C sedangkan suhu pada titik 1m sampai dengan 32m mencapai suhu rata 29.61°C . Jarak terjauh yang dipengaruhi energi termal gunung api berada pada titik 8m dengan nilai gradien $0.01^{\circ}\text{C}/\text{m}$.

Secara temporal hasil analisis data suhu air laut suhu maksimum terukur pada pukul 17:00 dengan suhu 30.75°C dan suhu minimum terukur pada pukul 05:00 dengan suhu 29.60°C .

V. Ucapan Trimakasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada KEMENRISTEKDIKTI yang sudah mendanai penelitian ini melalui skim penelitian kompetitif nasional (penelitian dosen pemula).

Daftar Pustaka

- Bakker, D. C. E., Pfeil, B., Landa, C. S. et al., 2016. A multidecade record of high-quality fCO₂ data in version 3 of the Surface Ocean CO₂ Atlas (SOCAT), *Earth Syst. Sci. Data*, 8, 383–413.
- Bange, H.W., Bell, T. G., Cornejo, M., et al. 2009. A proposal to develop a database of marine nitrous oxide and methane measurements, *Environ. Chem.*, 6, 195–197.
- Deser C, Alexander M.A, Shang-Ping Xie, and Phillips A.S. 2010. Sea Surface Temperature Variability: Patterns and Mechanisms *The Annual Review of Marine Science*, online at marine.annualreviews.org.
- Fraile-Nuez E., Gonzalez-Davila M, Santana-Casiano J.M. 2012. The submarine volcano eruption at the island of El Hierro: physical-chemical perturbation and biological response. *Scientific Reports*.
- Jamshidi, S.; Abu Bakar, Noordin M.D. 2010. Temperature, Salinity and Density Measurements in the Coastal Waters of the Rudsar, South Caspian Sea. *Journal of the Persian Gulf (Marine Science)* Vol.1 No.1, 27 – 35.
- Lana, A., Bell, T., Simó, R., et al. 2011. An updated climatology of surface dimethylsulfide concentrations and emission fluxes in the global ocean, *Global Biogeochem. Cy.*, 25, GB1004.
- Medellu, C. S. 2019. The Plane Area of Daily Dynamics of Microclimate Gradien Concepts, Methods and Application Result. *International Journal of Applied Science and Technology*. 9(3);18-25.
- Medellu, C. S., Soemarno, Marsoedi, and S. Berhimpon. 2012. The Influence of Opening on the Gradien and Air Temperature Edge Effects in Mangrove



- Forests. *International Journal of Basic & Applied Sciences IJBAS-IJENS*. 12(02);53-57.
- Moisander PH, Beinart RA, Hewson I, White AE, Johnson KS, Carlson CA, et al. 2010. Unicellular cyanobacterial distributions broaden the oceanic N₂ fixation domain. *Science*. 327:1512–1514.
- Royer, S. J., Galí, M., Mahajan, A. S., Ross, O. N., Pérez, G. L., Saltzman, E. S., and Simó, R. 2016. A high-resolution time-depth view of dimethylsulphide cycling in the surface sea, *Sci. Rep.*, 6, 32325.
- Sims R.P, Schuster U, Watson A.J, Ming Xi Yang, Hopkins F.E, Stephens J., and Bell T.G. 2017. A measurement system for vertical seawater profiles close to the air–sea interface. *Ocean Sci.*, 13, 649–660.