

POLA PERUBAHAN HARIAN SUHU AIR DAN KECEPATAN ARUS DI SEKITAR GUNUNG API BAWAH LAUT MAHENGETANG

Stivano Mamarama¹, Amstrong F. Sompotan², Farly Reynol Tumimomor³
Prodi Fisika FMIPA Universitas Negeri Manado
Stivanomamarama@gmail.com

ABSTRAK

Indonesia sebuah negara kepulauan dengan 70% wilayah perairan terbentang dari ujung barat pulau Sumatra hingga bagian timur di wilayah Papua, dengan karakteristik wilayah lautan yang luas bentuk-bentuk struktur bawah laut di kepulauan Indonesia juga cukup penting untuk dibahas lebih dalam. Untuk itu penelitian gunung api bawah laut sangat jarang dilakukan. Penelitian bawah laut ini telah dilaksanakan dan merupakan penelitian kolaborasi dengan penelitian SKIM Dosen Pemula DRPM dengan judul penelitian induk payung "Analisis Dan Pemodelan Perubahan Temporal Dan Fraksi Parsial Suhu Air Laut Di Gunung Api Bawah Laut Mahengetang". Dengan melibatkan 3 mahasiswa UNIMA. Ekspedisi ini dilaksanakan pada tanggal 20 hingga 22 Maret 2019. Dimana salah satu dari tujuan penelitian ini adalah memperoleh data fluktuasi suhu air dan kecepatan arus laut gunung api bawah laut Mahengetang telah memperlihatkan pola perubahan suhu air dan kecepatan arus air laut dari setiap transek upstream dan downstream. Dari hasil analisis dan pemodelan menunjukkan bahwa faktor hidrodinamika dan Energi geothermal. Hasil analisis hidrodinamika menunjukkan bahwa kecepatan arus bergantung pada aktivitas pasang surut. Hasil analisis dan pemodelan menunjukkan bahwa suhu air bervariasi secara horizontal dan vertikal. Kecepatan arus dan massa air hangat berasosiasi dengan pola sebaran spasial terumbu karang. Hasil analisis fisis ini menjadi referensi penelitian kandungan bahan kimia air, dan komponen biotik seperti terumbu karang dan berbagai biota yang hidup di dalamnya.

Kata kunci : Gunung api bawah laut, hidrodinamika, pasang surut, kimia air

ABSTRACT

Indonesia an archipelago with 70% of the territorial waters stretching from the western end of Sumatra Island to the east of the Papua region, with the characteristic of the vast ocean of underwater structures in the Indonesian archipelago is also important to be discussed deeper. For that the underwater volcano research is very rare. This undersea research has been implemented and is a collaborative research study with DRPM's beginner lecturer SCHEME research with the title of Master of Umbrella research "The analysis and modeling of Temporal changes and partial fraction of the sea water temperature at the Mahengetang underwater volcano". Involving 3 UNIMA students. The expedition was held from 20 to 22 March 2019. Where one of the objectives of this research is to obtain the data on water temperature fluctuations and the current speed of the underwater volcano Mahengetang has shown the pattern of water temperature and the current velocity of sea water from the upstream and downstream transect. From the results of analysis and modeling showed that the hydrodynamics factor and geothermal energy. The results of the hydrodynamics analysis indicate that the current velocity relies on tidal activity. The results of analysis and modeling show that water temperature varies horizontally and vertically. The velocity of currents and the masses of warm water are associated with the pattern of spatial distribution of coral reefs. The results of this PHISYCS analysis became a reference to the content of water chemicals, and biotic components such as coral reefs and various biota that live in it.

Keywords: underwater volcano; Hydrodynamics; Geothermal energy.

PENDAHULUAN

Gunung api sebuah istilah yang menggambarkan sebuah wilayah Indonesia dengan deretan gunung api yang aktif, menjulang dari barat sampai ketimur bahkan yang ada di permukaan hingga kedalaman laut. Hal ini terjadi karena Indonesia terletak di dua sirkum pegunungan dunia yaitu pasifik dan mediterania. adanya gunung-gunung api bawah laut menjadi fenomena alam yang menarik bagi objek penelitian maupun wisata alam.

Salah satunya Perairan di sebelah Utara Sulawesi menyimpan berbagai keunikan. Daratan yang ada di sekitar wilayah tersebut memiliki gunung api yang masih aktif. Tepat di wilayah tersebut terdapat pertemuan dua lempeng besar bumi, yaitu Lempeng Australia dan Lempeng Eurasia. Oleh karena itu, di wilayah perairan ini juga ditemui beberapa gunung api yang berada di bawah permukaan laut. Salah satunya gunung api bawah laut mahengetang di kepulauan sangihe.

Gunung api bawah laut Mahengetang merupakan salah satu gunung vulkanik bawah laut yang masih aktif hingga pada saat ini. Masyarakat di sekitaran gunung api bawah laut sering menyebut gunung api bawah laut mahengetang dengan sebutan gunung api “Wuhu”. Puncak Gunung Banua Wuhu berada di kedalaman sekitar 6-8 meter di bawah permukaan laut. Di puncak gunung ini, kita bisa menemui ekosistem bawah laut yang sangat mengagumkan dan beragam.

Salah satu tujuan dari penelitian ini adalah memperoleh pola perubahan dari suhu air dan Kecepatan arus laut gunung api bawah laut. Suhu merupakan parameter lingkungan yang paling sering diukur di laut karena berguna dalam mempelajari proses-proses fisik, kimiawi dan biologis yang terjadi di laut (Andi 2000). Kecepatan arus laut dan pasang surut sangat mempengaruhi terhadap kondisi di suatu perairan. Arus merupakan perpindahan massa

air yang diakibatkan beberapa faktor, diantaranya perbedaan massa jenis air, perbedaan tekanan, gaya-gaya pembangkit lain seperti gelombang panjang dan angin, yang dapat mempengaruhi arus laut. Pola distribusi suhu permukaan laut dapat digunakan untuk mengidentifikasi parameter-parameter laut seperti arus laut, *upwelling* dan *front* (Pralebda dan Suyuti 1983).

Berdasarkan aspek diatas maka akan dilakukan penelitian dengan judul “POLA PERUBAHAN HARIAN SUHU AIR DAN ARUS LAUT DI SEKITAR GUNUNG API BAWAH LAUT MAHENGETANG .

Tujuan peneliti

1. Menganalisis perubahan harian suhu air dan kecepatan arus laut pada area penelitian di sekitar gunung api bawah laut mahengetang.
2. Bagaimana pemodelan matematik sederhana perubahan temporal suhu air dan kecepatan arus di sekitar gunung api bawah laut mahengetang.
3. Mendapatkan memepkirakan aktifitas termal dari gunung api bawah laut mahengetang.

METODE

Penelitian ini dilakukan di Banua Wuhu berada di wilayah perairan Pulau Mahengetang, salah satu pulau di gugusan Kepulauan Sangihe, Sulawesi Utara. Puncak gunung ini terletak di sekitar 300 meter sebelah Barat Daya Pulau Mahengetang, tepatnya di 3° 08' LU dan 125° 26' BT. Parameter yang di gunakan dalam penelitian ini menggunakan alat Curren Meter. Metode yang digunakan dalam penelitian ini dengan cara survey lapangan. Dimana data diperoleh langsung dari lokasi penelitian, yang meliputi:

4. Mengidentifikasi dan penetapan zona pengukuran ditetapkan pada struktur ekologis.
5. Penetapan posisi transek pengukuran, melalui zona yang sudah ditetapkan menggunakan GPS, di lokasi gunung api bawah laut mahengetang.
6. Perencanaan kegiatan peralatan, penyiapan peralatan, dan format pengamatan, persiapan tim kelompok untuk melakukan pengamatan (termasuk latihan penggunaan alat).

Pelaksanaan pengukuran pada posisi yang sudah ditetapkan dengan cara Untuk setiap posisi sepanjang transek dilakukan pengukuran pada tiga variasi kedalaman yakni di permukaan air, 3 meter di bawah permukaan, dan 7 m di bawah permukaan untuk posisi di kepundan atau 8 meter untuk posisi di luar kepundan. Pengukuran suhu air dilakukan jam 06:00 – 07:00, jam 09:00 – 10:00, jam 12:00 – 13:00 dan jam 15:00-16:00. Di kepundan dan pada jarak 32 m upstream dan downstream dilakukan pengukuran suhu air laut di setiap kedalaman 1 m, dari permukaan hingga 7 m di bawah permukaan untuk posisi kepundan, dan 10 m di bawah permukaan untuk posisi di luar kepundan.

Teknik Pengolahan Data

setelah hasil pengukuran diperoleh dilakukan analisis sebagai berikut:

1. Analisis perubahan harian suhu air dan kecepatan arus pada transek penelitian dengan kondisi pertumbuhan karang berdasarkan pola perubahan suhu air dan kecepatan arus laut di sekitar gunung api bawah laut mahengetang,
2. Analisis pemodelan matematik terhadap perubahan temporal serta variasi spasial (vertikal) suhu air dan kecepatan arus dan kecepatan arus laut. Pengukuran ini dapat menggunakan model Fungsi Fourier.

$$T(t) = T_0 + \sum_{m=1}^{N/2} a_m \cos \omega_m t + b_m \sin \omega_m t$$

Dimana

$$a_m = \frac{2}{N} \sum_{t=0}^{N-1} f(t) \cos \omega_m t$$

Dan

$$b_m = \frac{2}{N} \sum_{t=0}^{N-1} f(t) \sin \omega_m t$$

$$V(t) = V_0 + \dots$$

Dimana $V(t)$ adalah fungsi variabel kecepatan terhadap waktu, V_0 rata-rata data kecepatan selama 1 hari, m adalah cacah data dan N adalah banyaknya data yang diperoleh, $\omega_m = 2\pi m/N$, a_m dan b_m adalah koefisien fungsi Fourier. Pemodelan ini berdasarkan perubahan temporal kecepatan arus dan suhu air selama satu siklus pasut dari jam 06:00 pagi sampai 18:00. Mikro mengikuti penyinaran matahari, pada tahapan ini diperoleh besaran maksimum kecepatan dan suhu air laut maksimum (diadaptasi dari Medellu, 2013, Medellu, 2017, Medellu, 2019).

3. Pengukuran suhu air dan kecepatan arus laut dilakukan pada dua transek dalam arah horizontal. Transek pertama pada arah upstream, sedangkan transek kedua pada arah downstream. Penetapan posisi pengukuran menurut jarak logaritmik ini didasarkan pada asumsi bahwa energi termal yang berpusat di kepundan akan diabsorpsi massa air, dan menurun secara eksponensial terhadap jarak. Pemodelan fungsi spasial menggunakan fungsi eksponensial seperti pada persamaan-1 (Medellu, 2013, 2019; Medellu and Tulandi, 2018):

$$T(x) = k_1 + k_2 \cdot \exp(k_3 - k_4 \cdot x)$$

k_1 , k_2 , k_3 dan k_4 diperoleh dari hasil iterasi (software analisis-pemodelan terpadu parameter iklim mikro) menggunakan data

hasil pengukuran di lapangan. Mekanisme iterasi adalah sebagai berikut:

$$(T_0 - T_1)/(T_0 - T_2) = [(\exp(k_4 \cdot x_2) \cdot (\exp(4 \cdot x_1 - 1)))] / [(\exp(k_4 \cdot x_1) \cdot \exp(k_4 \cdot x_2 - 1))]$$

$$k_3 = (T_0 - T_1) / (1 - \exp(k_4 \cdot x_1))$$

$$k_2 = (T_0 - T_1) / (\exp(k_3) - \exp(k_3 - k_4 \cdot x_1))$$

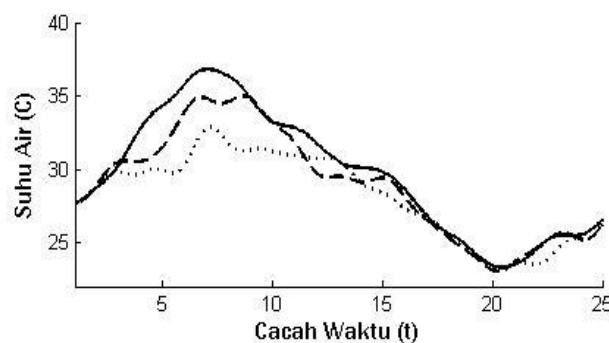
$$k_1 = T_0 - k_2 \cdot \exp(k_3)$$

Mekanisme iterasi ini membutuhkan tiga pasangan data: $(0, T_0)$, (x_1, T_1) , dan (x_2, T_2) . x adalah jarak dari kepundan. Kepundan merupakan titik acuan dengan nilai $x=0$. Mekanisme iterasi ini membutuhkan tiga pasangan data: $(0, T_0)$, (x_1, T_1) , dan (x_2, T_2) . x adalah jarak dari kepundan. Kepundan merupakan titik acuan dengan nilai $x=0$. Setiap pengukuran sepanjang transek dihasilkan delapan pasangan data.

HASIL PENELITIAN

Penelitian kami diawali pada tanggal 20 hingga 22 Maret 2019, yang berkenaan dengan bulan purnama. Pada waktu tersebut ombak relatif kecil sehingga dapat dilakukan pengukuran dengan aman. Ombak besar terjadi antara bulan Agustus hingga Desember. Kami melakukan pengukuran pada transek dan posisi sesuai yang direncanakan. Tim kami terdiri dari dua regu, masing-masing melakukan pengukuran pada transek upstream dan downstream. Penelitian diawali dengan mengukur suhu air laut di sekitaran gunung api bawah laut mahengetang.

Hasil Pengukuran Suhu Air Laut Gunung Api Bawah Laut Mahengetang.

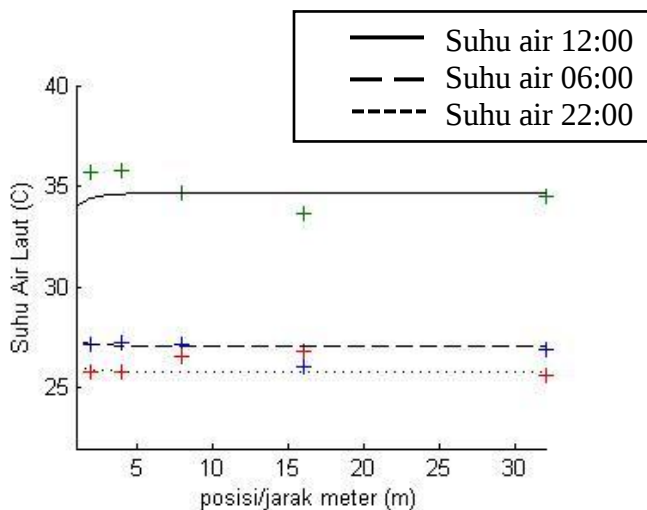


Gambar 1. Hasil Pengukuran Suhu Air Laut

Penelitian ini telah dilakukan mulai jam 7 pagi (bersesuaian dengan absis 0) tanggal 20 Maret hingga jam 7 pagi tanggal 22 Maret 2019 (sesuai dengan absisi 24). Fungsi temporal ini menghasilkan besaran parameter: selisih maksimum variabel antara kepundan dan sekitar kepundan gunung api bawah laut mahengetang.

selisih maksimum dan waktu terjadinya kesetimbangan termal antara kepundan dengan perubahan temporal yang terjadi di sekitaran gunung api bawah laut mahengetang (sekitar kepundan). Gambar-1 memperlihatkan bahwa pada siang hari antara jam 07.00 hingga sekitar jam 18.00 suhu air laut pada posisi center di bawah permukaan laut lebih tinggi dari suhu air pada posisi 3 m dan 7 m di atas permukaan laut gunung api bawah laut mahengetang (sekitar kepundan). Menurut Yuliatmaja (2009) perubahan suhu air disebabkan adanya aliran panas, yang secara keseluruhan disebabkan karena radiasi sinar matahari. Radiasi matahari yang jatuh di permukaan air sebagian akan dipantulkan dan sebagian akan menembus permukaan air, cahaya yang menembus permukaan air adalah penting ditinjau dari produktifitas perairan. Pada malam hari sekitar 19.00 hingga pagi sekitar jam 04.00 suhu air laut di kedalaman 4 m mengalami penurunan suhu air yang hampir sama disebabkan karena perpindahan suhu air yang disebabkan karena thermohalin. Menurut NINING (2002) sirkulasi dari arus laut terbagi

atas dua kategori yaitu sirkulasi di permukaan laut (*surface circulation*) dan sirkulasi di dalam laut (*intermediate or deep circulation*). Arus pada sirkulasi di permukaan laut didominasi oleh arus yang ditimbulkan oleh angin sedangkan sirkulasi di dalam laut didominasi oleh arus termohalin. Arus termohalin timbul sebagai akibat adanya perbedaan densitas karena berubahnya suhu dan salinitas massa air laut. Hutabarat et al.(2001) dampak dari penyinaran cahaya matahari akan berkurang sesuai dengan makin tingginya kedalaman .



Gambar 1 variasi perubahan spasial suhu air laut

untuk **variasi perubahan spasial suhu air** pada kedalaman air laut pada jam 06:00, 12:00, dan 22:00 (Gambar 2) memperlihatkan bahwa pada jam 06:00 yaitu ketika matahari terbit, merupakan pola suhu spasial terendah. Pada jam 12:00 ketika matahari berada di puncak energi utama yang dimiliki oleh lautan adalah energi dari matahari (pujiastuti, 2014), sehingga suhu air laut mengalami peningkatan energi matahari dan energi termal dari gunung api

bawah laut mahenatang. Pada jam 22:00 WITA pada malam hari suhu air laut menurun namun masih menyimpan energi panas dari matahari dan juga energi termal dari gunung api bawah laut mahenatang.

Fungsi dari ketiga grafik di atas sebagai berikut Untuk jam 06:00 cacah waktu 1

$$T(1) = 27.09677 + 0.34596 \cdot \exp (0.68920 - 0.99990.x) 0.21081$$

Dengan ketelitian fungsi model terhadap data pengukuran adalah 0.21081

Untuk jam 12:00 cacah waktu 7

$$T(7) = 34.65070 - 12.14514 \cdot \exp (-1.87065 - 0.99990.x) 0.76729$$

Dengan ketelitian fungsi model terhadap data pengukuran adalah 0.76729

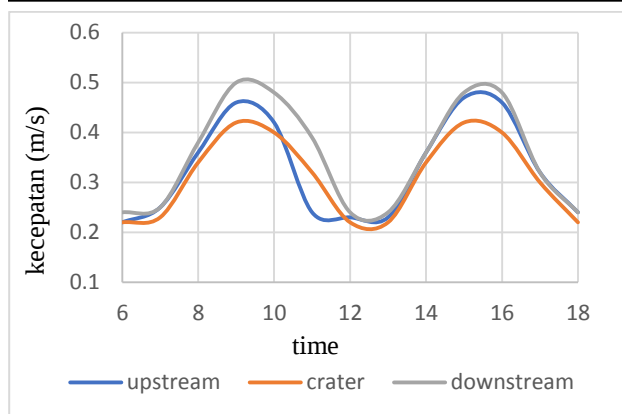
Untuk jam 22:00 cacah waktu 17

$$T(17) = 25.81944 + 0.36566 \cdot \exp (0.89397 - 0.99990.x) 0.35437$$

Dengan ketelitian fungsi model terhadap data pengukuran adalah 0.35437

Hasil Pengukuran Dan Analisis Kecepatan Arus Gunung Api Bawah Laut Mahenatang.

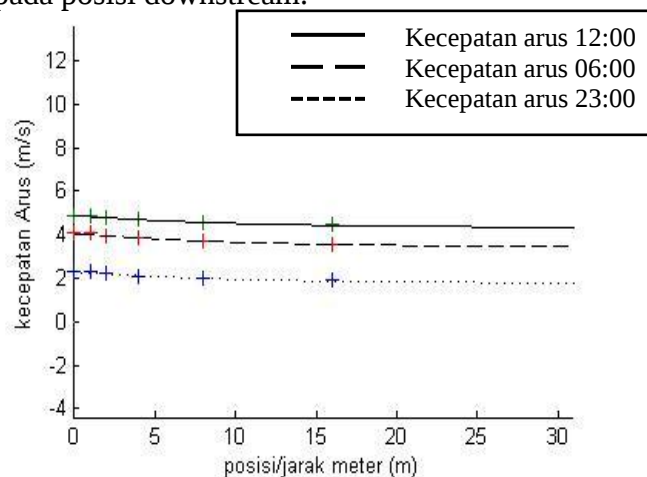
Saat bulan purnama, pasang surut berfluktuasi maksimum sehingga diperoleh data fluktuasi arus maksimum. Grafik perubahan kecepatan arus yang diukur jam 06:00 hingga 18:00 untuk posisi di crater, 32 m upstream, dan 32 m downstream disajikan pada (Grafik 3) . Perubahan temporal kecepatan arus tiga posisi pengukuran menunjukkan pola sinusoidal.



Gambar 3. Hasil Pengukuran Kecepatan Arus Laut

Untuk rentang waktu pengukuran jam 06:00 hingga jam 18:00, kecepatan arus yang tinggi terjadi di jam 09:00 hingga jam 09:45 pada saat air bergerak surut dan pada jam 15:00 hingga jam 16:00, saat air bergerak naik. Kecepatan arus terendah terjadi sekitar jam 06:00 hingga jam 06:45, 12:00-13:00, dan 18:00 hingga jam 19:00 saat air pasang. Kecepatan arus paling rendah pada ketiga posisi hampir sama yakni 0,22 m/s, dengan varians 0,54 m/s, terjadi jam 06:00. Kecepatan arus tertinggi untuk posisi pengukuran upstream adalah: 0,46 m/s dengan varians 0,77 m/s, terjadi pada jam 09:00. Kecepatan arus tertinggi untuk posisi pengukuran di crater adalah: 0,42 m/s dengan varians 0,54 m/s, terjadi pada jam 09:00. Kecepatan arus tertinggi untuk posisi pengukuran downstream adalah: 0,5 m/s dengan varians 0,90 m/s, terjadi pada jam 09:00 dan jam 15:00. Hal menarik dari data hasil pengukuran adalah varians data yang tinggi untuk kecepatan arus yang tinggi, dan varians rendah untuk data kecepatan arus yang rendah. Hal ini menunjukkan bahwa kecepatan arus berubah cukup besar dalam selang waktu pengukuran saat kecepatan arus tinggi. Arah arus sepanjang waktu pengukuran dari 34⁰ Timur-Selatan ke 38⁰ barat-utara. Arah arus di posisi upstream relatif tetap dengan deviasinya $\pm 1,20$, sedangkan pada posisi downstream

deviasinya adalah $\pm 2,20$. Hal menarik dari Grafik 3 adalah perubahan kecepatan arus pada saat air bergerak surut. Untuk posisi upstream, kecepatan arus turun lebih terjal dan lebih awal dari kecepatan arus di kepundan, yakni pada jam 10:30 hingga jam 13:40. Hal ini disebabkan oleh gerakan air yang terhambat oleh tepi kepundan yang permukaannya lebih tinggi dari dasar laut pada 32 meter upstream. Pada saat air menuju surut, kecepatan arus pada posisi downstream lebih tinggi dari kecepatan arus di kepundan dan di posisi upstream. Hal ini disebabkan oleh resultan arus dari kepundan dan dari kedua sisi kepundan. Perbedaan kecepatan arus pada posisi upstream dan downstream berkaitan dengan topografi dasar laut, yang lebih tinggi pada posisi upstream dari pada posisi downstream.



Gambar 4. variasi perunahan spasial suhu air laut

Untuk variasi perubahan spasial kecepatan arus laut pada kedalaman air laut pada jam 06:00, 12:00, dan 23:00 (Grafik 4) memperlihatkan bahwa pada jam 06:00, 12:00, dan 23:00 ketika pasang surut arus laut terjadi di sekitaran gunung api bawah laut terjadi penurunan kecepatan arus air laut. Arus laut dapat juga terjadi akibat adanya perbedaan tekanan antara tempat yang satu dengan tempat yang lain. Perbedaan tekanan ini terjadi sebagai

hasil adanya variasi densitas air laut dan slope permukaan laut. Densitas air laut bervariasi dengan suhu dan salinitas. Air tawar yang hangat adalah ringan, sementara air laut yang dingin adalah berat. Pada kedalaman yang besar (di bawah 2000 m), densitas air laut hampir *uniform* (konstan) jadi variasi densitas umumnya terbatas pada lapisan dekat dengan permukaan.

Perairan yang densitasnya rendah (hangat) mempunyai permukaan laut yang lebih tinggi daripada perairan yang densitasnya tinggi (dingin) akibatnya terdapat slope (kemiringan) permukaan laut antara daerah densitas rendah dan tinggi.

Fungsi dari ketiga grafik di atas sebagai berikut
Untuk jam 06:00 cacah waktu 1

$$T(1) = 0.17747 + 0.03104 \cdot \exp(0.05244 + 0.01086 \cdot x) \cdot 0.0014$$

Dengan ketelitian fungsi model terhadap data pengukuran adalah **0.0014**

Untuk jam 12:00 cacah waktu 7

$$T(7) = 0.4317 + 0.0299 \cdot \exp(0.04861 + 0.01103 \cdot x) \cdot 0.00137$$

Dengan ketelitian fungsi model terhadap data pengukuran adalah **0.00137**

Untuk jam 23:00 cacah waktu 18

$$T(18) = 0.34407 + 0.03381 \cdot \exp(0.06432 - 0.0107 \cdot x) \cdot 0.00162$$

Dengan ketelitian fungsi model terhadap data pengukuran adalah **0.00162**

Hasil pengukuran, analisis dan pemodelan menunjukkan karakteristik khusus ekosistem gunung api bawah laut Mahengetang. Arus laut berfluktuasi cukup tinggi, terutama disebabkan oleh topografi dasar laut yang tidak datar. Perubahan kecepatan arus mengikuti pasang surut dan bervariasi antara 0,22 m/s hingga 48 m/s,. Arah arus relatif tetap dari 34⁰ Timur - Selatan ke 38⁰ Barat-Utara. Arus laut mempengaruhi penyebaran massa air hangat yang mendapatkan suplai energi termal dari kepundan. Pada kondisi kecepatan arus rendah, profil vertikal suhu air berubah secara linier,

lebih panas di dasar dan berkurang dengan bertambahnya jarak dari dasar.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa dinamika air laut dan pengaruh emisi termal dari bawah kepundan, memberikan karakteristik khusus dan aktifitas fisis dari gunung api bawah laut Mahengetang. Hal ini menarik untuk dilakukan penelitian lanjutan untuk mengkaji lebih dalam lagi polah perubahan gunung api bawah laut.

Kesimpulan

Hasil analisis dan pemodelan menunjukkan bahwa factor hidrodinamika dan geothermal mengendalikan ekosistem gunung api bawah laut. Sumber termal dari bawah kepundan mempengaruhi variasi suhu air. Arus menyebabkan variasi spasial horizontal suhu air, yang menyebar lebih jauh pada posisi downstream. Secara spasial, perubahan suhu air berasosiasi dengan posisi pertumbuhan karang di sekitar kepundan gunung api bawah laut Mahengetang. Sehingga dapat disimpulkan, bahwa suhu air dan kecepatan arus gunung api bawah laut Mahengetang menunjukkan adanya aktivitas dari gunung api berupa suhu air yang meningkat di bawah permukaan laut yang mempengaruhi laju kecepatan arus laut. Dari hasil ini diperoleh manfaat bagi masyarakat setempat yang tinggal di sekitar gunung api bawah laut Mahengetang berupa peringatan dini (Early Warning System) jika suhu air bawah laut meningkat di atas normal.

DAFTAR PUSTAKA

- Aronson, R. B., MacIntyre I.G., Lewis S.A., and Hilbun N.L. 2005. Emergent zonation and geographic convergence of coral reefs. *Ecology* 86:2586–2600.
- Enders, E., Boisclair D., and Roy A.G. 2003. The effect of turbulence on the cost of swimming for juvenile Atlantic salmon

-
- (*Salmo salar*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* 60:1149–1160.
- Fulton, C. J., and Bellwood D.R. 2005. Wave-induced water motion and the functional implications for coral reef fish assemblages. *Limnology and Oceanography* 50:255–264.
- Gazeau F, Parker LM, Comeau S, Gattuso JP and others. 2013. Impacts of ocean acidification on marine shelled mollusks. *Mar Biol* 160: 2207–2245
- Head J.W. and Wilson L. 2002. Deep submarine pyroclastic eruptions: theory and predicted landforms and deposits, *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 121: 155: 193.
- Johansen, J. L., Fulton C.J., and Bellwood D.R. 2007. Avoiding the flow: refuges expand the swimming potential of coral reef fishes. *Coral Reefs* 26:577–583.
- Kelmo F, Hallock P. 2013. Responses of foraminiferal assemblages to ENSO climate patterns on bank reefs of northern Bahia, Brazil: A 17-year record. *Ecological Indicators*. 30:148–57.
- Liao, J. C. 2007. A review of fish swimming mechanics and behavior in altered flow. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 362:1973–1993.
- Medellu, C. S. (2018). Variability of Microclimate Daily Dynamic in Small Island . *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology (IJEAB)* Vol-3, Issue-6, Nov-Dec- 2018
<http://dx.doi.org/10.22161/ijeab/3.6.29>, 2168- 2176 .
- Medellu, C. S. (2019). The Plane Area of Daily Dynamics of Microclimate Gradient Concepts, Methods and Application Results . *International Journal of Applied Science and Technology* Vol. 9, No. 3, September 2019
[doi:10.30845/ijast.v9n3p3](https://doi.org/10.30845/ijast.v9n3p3) , 18-25.
- Medellu Ch.S. 2019. The plane area of daily dynamics of microclimate gradient. Concepts, Methods and Application Results. *International Journal of Applied Science and Technology*, 9(3): 18-25.
[doi:10.30845/ijast.v9n3p3](https://doi.org/10.30845/ijast.v9n3p3).
- Medellu Christophil S, & Tulandi Djeli. (2018). Parameter: The Area of Microclimate Gradient Diurnal Dynamic for Characterization and Monitoring of Forest Ecosystem and Environment. *International Journal of Environment, Agriculture and Vol-3, Issue-3, May-June- 2018*
<http://dx.doi.org/10.22161/ijeab/3.3.28>, 937.
