

# GUNUNGAPI BAWAH LAUT KAWIO BARAT, PERAIRAN SANGIHE, SULAWESI UTARA: AKTIVITAS HIDROTERMAL DAN MINERALISASI

## WEST KAWIO SUBMARINE VOLCANO SANGIHE WATERS-NORTH SULAWESI: HYDROTHERMAL AND MINERALIZATION

Rainer Arief Troa<sup>1</sup>, Lili Sarmili<sup>2</sup>, Haryadi Permana<sup>3</sup>, Eko Triarso<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Laut dan Pesisir, Badan Litbang Kelautan dan Perikanan, Kementerian Kelautan dan Perikanan, Jakarta; [rainer@kkp.go.id](mailto:rainer@kkp.go.id)

<sup>2</sup>Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan, Balitbang – KESDM, Bandung

<sup>3</sup>Pusat Penelitian Geoteknologi – LIPI, Bandung

Diterima : 17-10-2012, Disetujui : 28-03-2013

### ABSTRAK

Ekspedisi INDEX-SATAL 2010 telah mengungkapkan fenomena aktivitas hidrotermal di bawah perairan barat Kepulauan Sangihe pada Gunungapi Bawah Laut Kawio Barat dengan puncaknya yang berada pada kedalaman laut sekitar 1860 m dan kakinya pada kedalaman sekitar 5400 m. Penyelaman ROV (*Remotely Operated Vehicle*) *Little Hercules* di Gunungapi Kawio Barat yang dipusatkan di sisi barat laut dari puncak gunung menyapu mulai kedalaman 3000 m hingga menuju ke arah puncak pada kedalaman 1860 m. Kelompok batuan dicirikan oleh bongkahan lava yang sudah pecah ditutupi sedimen halus berwarna abu-abu cerah; sedangkan pada sisi tenggara umumnya ditempati aliran lava bantal. Pada sisi baratdaya, tempat lembah dalam menoreh Gunungapi Kawio Barat dijumpai kepulan asap dari lereng bagian bawah yang akhirnya pada kedalaman sekitar 1890 m dijumpai aktivitas hidrotermal bawah laut yang merupakan suatu fenomena yang pertama kali direkam langsung dari bawah laut perairan Indonesia. Fenomena yang terekam berupa pemunculan asap (*smokers*) di sepanjang rekahan (*fissures*), dicirikan oleh warna asap yang bervariasi dari putih, kuning atau abu-abu cerah yang kemungkinan menunjukkan indikasi perbedaan komposisi kimiawi dari fluida hidrotermal. Selain asap, teramati juga adanya gelembung cairan (panas) atau *bubbles* dari rekahan. Penemuan baru lainnya adalah adanya fluida hidrotermal muncul ke permukaan dan membentuk suatu cerobong hidrotermal atau *chimney* di daerah yang secara tektonik dikontrol oleh konvergensi lempeng. Batuan-batuan di sekitar rekahan hidrotermal (*hydrothermal vent*) umumnya telah berubah dengan dominasi warna putih hingga kelabu. Di sekitar rekahan hidrotermal diendapkan belerang berwarna kuning kehitaman. Mineralisasi kemungkinan terjadi di sekitar cerobong hidrotermal, terakumulasi membentuk endapan mineral yang ditunjukkan oleh warna coklat, abu-abu, dan kemerahan. Hal ini terutama teramati di sekitar cerobong yang sudah tidak mengeluarkan gelembung atau asap, serta dijumpai kehadiran endapan serakan butiran batuan atau mineral berwarna coklat atau hitam.

**Kata kunci:** INDEX-SATAL 2010, aktivitas hidrotermal, ROV, asap hidrotermal, gelembung cairan, cerobong hidrotermal, konvergensi lempeng, mineralisasi

### ABSTRACT

*INDEX-SATAL Expedition 2010 has revealed the phenomenon of hydrothermal activity in the western part of the Sangihe Waters in Kawio Barat Submarine Volcano with the peak which is located at 1860 m depths and the bottom at about 5400 m depths. A ROV (Remotely Operated Vehicle) "Little Hercules" dive in Kawio Barat was centered on the northwest side of the mountain began to sweep from the depths of 3000 m toward the top of 1860 m depths. The lithologic unit is characterized by the present of broken lavas covered with fine grey colored sediment whilst in the southeast side is composed of pillows lavas. In the southwest side, in which the deep valleys incise Kawio Barat, a clouds of smoke from the lower slopes are observed; finally at 1890 m depths a submarine hydrothermal activity is noted. This phenomenon represents the first submarine direct record made from the bottom of the Indonesian Waters. Those smokers phenomena are recorded along fissures, characterized by various colors of white, yellow to grey due to different chemical composition of hydrothermal fluids. Besides, the hot bubbles are also arised from the fissures. The*

other new discovery is the presence of hydrothermal chimney in the area of tectonically controlled by convergence plates. Rocks surrounding the hydrothermal vents are generally altered giving grey to white colors and the presence of dark yellow sulfur deposits. Mineralization may occur and accumulated in hydrothermal chimney and its surrounding to form brown-, grey-, and reddish- color deposits The latter are commonly found in inactive chimneys, indicated by the presence of dispersed brown and black color grains/chips of both sedimentary rocks or minerals as well.

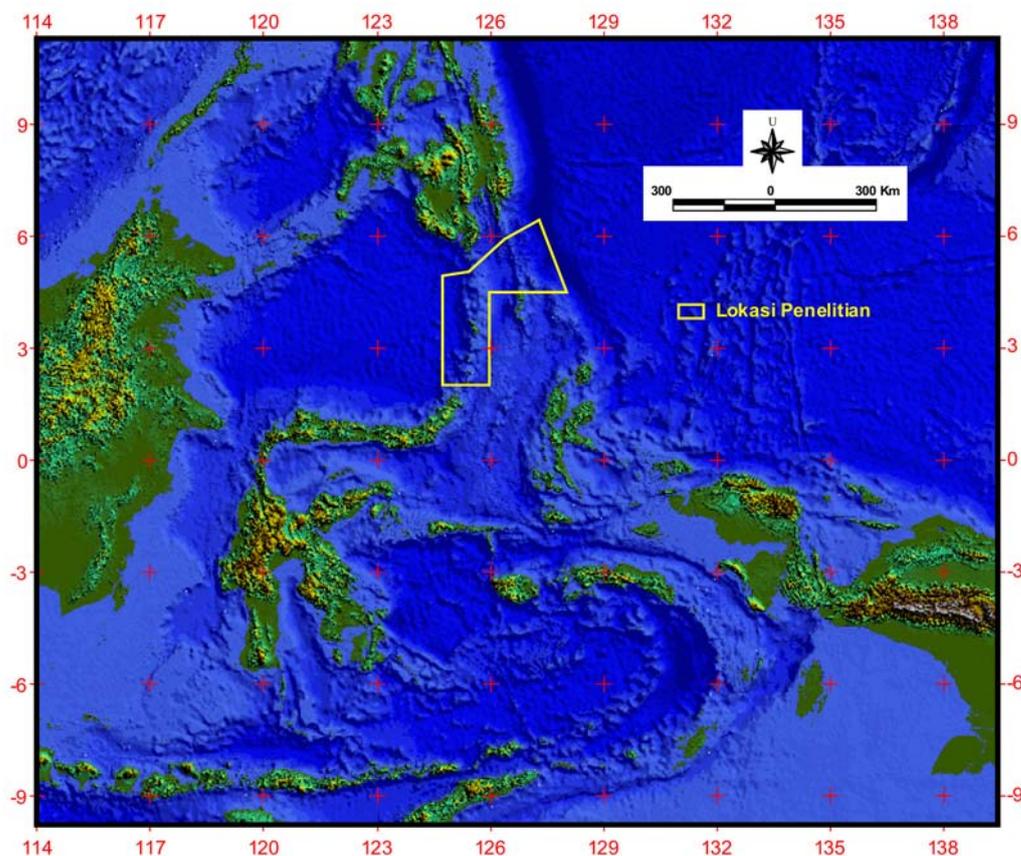
**Keywords:** INDEX-SATAL 2010, hydrothermal activity, ROV, hydrothermal smokers, bubbles, hydrothermal chimney, plate convergence, mineralization

## PENDAHULUAN

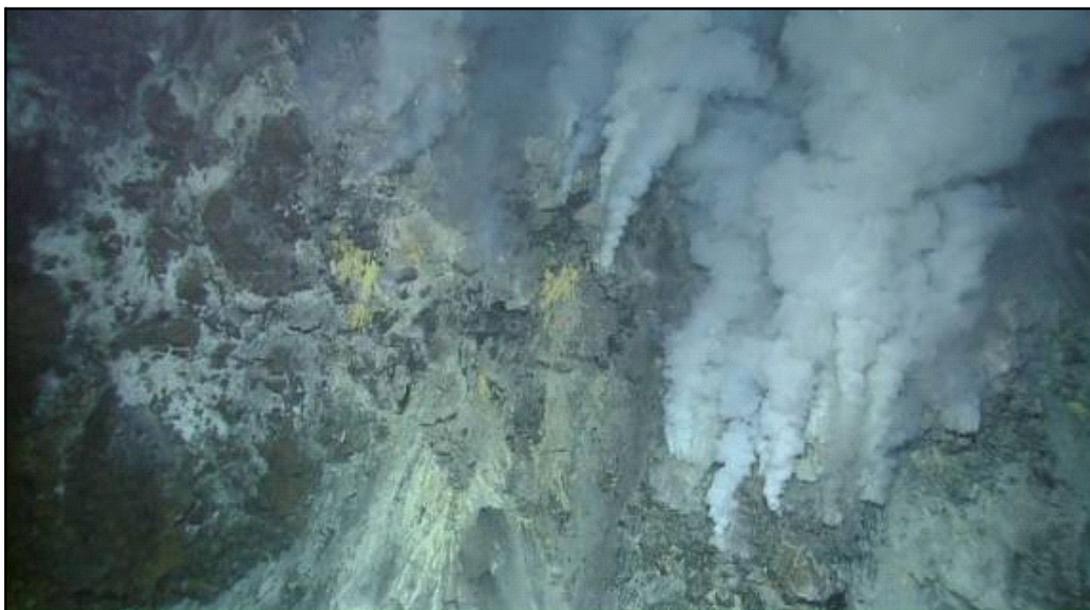
Gunungapi Bawah Laut Kawio Barat merupakan penemuan yang fenomenal di wilayah perairan Sangihe Sulawesi Utara melalui Ekspedisi INDEX-SATAL 2010 (Gambar 1). Ekspedisi ini merupakan implementasi kerjasama riset kelautan khususnya riset laut dalam antara Indonesia dengan Amerika Serikat. Pihak Indonesia dikoordinatori oleh Badan Litbang Kelautan dan Perikanan Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP); sedangkan Amerika Serikat diwakili oleh *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA). Indikasi keberadaan gunungapi bawah laut di sebelah barat Kepulauan Kawio telah lebih dahulu diketahui melalui Ekspedisi *Indonesia-Australia Survey for Submarine Hydrothermal Activity* (IASSHA) pada tahun 2003 yang menamakan gunungapi tersebut

sebagai Kawio Muda atau Target Q (Mc. Conachy *et al.*, 2003a; Mc. Conachy *et al.*, 2003b). Hasil penelitian sebelumnya ini merupakan pemandu dalam penemuan keberadaan aktivitas hidrotermal, dengan didapatkan gambaran bentuk morfologi kerucut gunungapi bawah laut yang sangat baik melalui teknologi pemetaan batimetri resolusi tinggi milik Kapal "Okeanos Explorer" NOAA yang digunakan sebagai wahana survai. Lokasi aktivitas hidrotermal juga ditemukan keberadaannya pada lereng Gunungapi Bawah Laut Kawio Barat di kedalaman sekitar 1890 m. Tujuan studi ini adalah untuk mendeskripsikan keberadaan Gunungapi Bawah Laut Kawio Barat di Perairan Sangihe Sulawesi Utara yang memiliki indikasi aktivitas hidrotermal dan mineralisasi.

Kawio Barat merupakan gunungapi bawah laut yang memiliki bentuk kerucut dengan



Gambar 1. Lokasi Kegiatan Index Satal 2010 yang merupakan daerah kajian morfostruktur dan aktivitas hidrotermal bawahlaut



Gambar 2. Aktivitas hidrotermal bawah laut pada lereng Gunungapi Bawah Laut Kawio Barat di kedalaman 1890 m

puncaknya berada di kedalaman laut sekitar 1860 m dan kakinya pada kedalaman sekitar 5400 m. Pada kawasan ini, kelompok batuan dicirikan oleh bongkahan lava yang ditutupi sedimen halus berwarna abu-abu cerah, sedangkan pada sisi tenggara umumnya ditempati oleh aliran lava bantal. Pada sisi barat daya terdapat lembah yang cukup dalam menoreh gunungapi, kemungkinan merupakan zone lemah tempat keluarnya fluida hidrotermal. Identifikasi pun dipusatkan di sekitar lokasi ini hingga dijumpai kepulan asap pada lereng bagian bawah yang pada akhirnya di kedalaman sekitar 1890 m didapatkan gambaran aktivitas hidrotermal bawah laut yang direkam langsung dari bawah laut perairan Indonesia (Gambar 2).

#### METODE PENELITIAN

Studi aktivitas hidrotermal dan mineralisasi Gunungapi Bawah Laut Kawio Barat Perairan Sangihe Sulawesi Utara dilakukan dengan metode deskriptif melalui hasil pengamatan visual kamera bawah laut. Identifikasi keterdapatannya dilakukan melalui penjelajahan di sekitar titik target yang telah ditentukan dengan menggunakan kendaraan bawah laut tanpa awak atau *Remotely Operated Vehicle* (ROV) dengan julukan “*Little Hercules*” (Gambar 3). ROV dilengkapi dengan kamera video bawah air berdefinisi tinggi (*high definition camera*) dan sanggup menjelajah kolom air laut hingga kedalaman 4000 m. Pengoperasian ROV dikontrol langsung dari ruang kendali (*control room*) oleh tim yang berada di atas Kapal “Okeanos

Explorer” (Gambar 4), terdiri dari: a) Seorang *pilot* dan *co-pilot* sebagai pengendali; b) *Navigator* yang mengatur posisi lintasan dan *plotting* titik pengamatan ke dalam peta; c) Personil *video zooming* sebagai pengatur fokus lensa dan perekam gambar video; dan e) *Scientist (on-board)* yang bertugas sebagai pengamat visual (*science watch*) sekaligus menganalisis secara deskriptif hasil pengamatannya. Operasi ROV (ROV *dive*) secara keseluruhan diawali dengan penurunan dan penyelaman ROV, penjelajahan dan pengamatan di bawah laut, hingga ditarik dan muncul kembali ke permukaan yang memiliki kisaran waktu operasional mencapai  $\pm 7$  jam.

Gambar hasil pengamatan kamera bawah laut sepanjang dilakukannya operasi ROV diamati juga secara langsung (*real-time*) oleh *scientist* yang bertugas pada pusat kendali (*command center*) di daratan (*ashore scientist*), sehingga bisa saling berkomunikasi dan mendiskusikan hasil pengamatan dengan seluruh personil tim pengendali ROV yang berada di atas kapal. Teknologi yang digunakan adalah *telepresence* melalui jaringan internet via satelit dengan *bandwidth* yang lebar sehingga dapat mengirimkan gambar dengan kualitas yang tinggi. Pusat kendali di daratan bertempat di Kantor Pusat Badan Litbang Kelautan dan Perikanan Ancol Jakarta atau disebut *Jakarta Command Center* (JCC) dan di Amerika Serikat bertempat di Seattle, NOAA HQ Silver Spring, dan Rhode Island.



Gambar 3. ROV "Little Hercules" yang sanggup menjelajah kolom air hingga kedalaman 4000 m



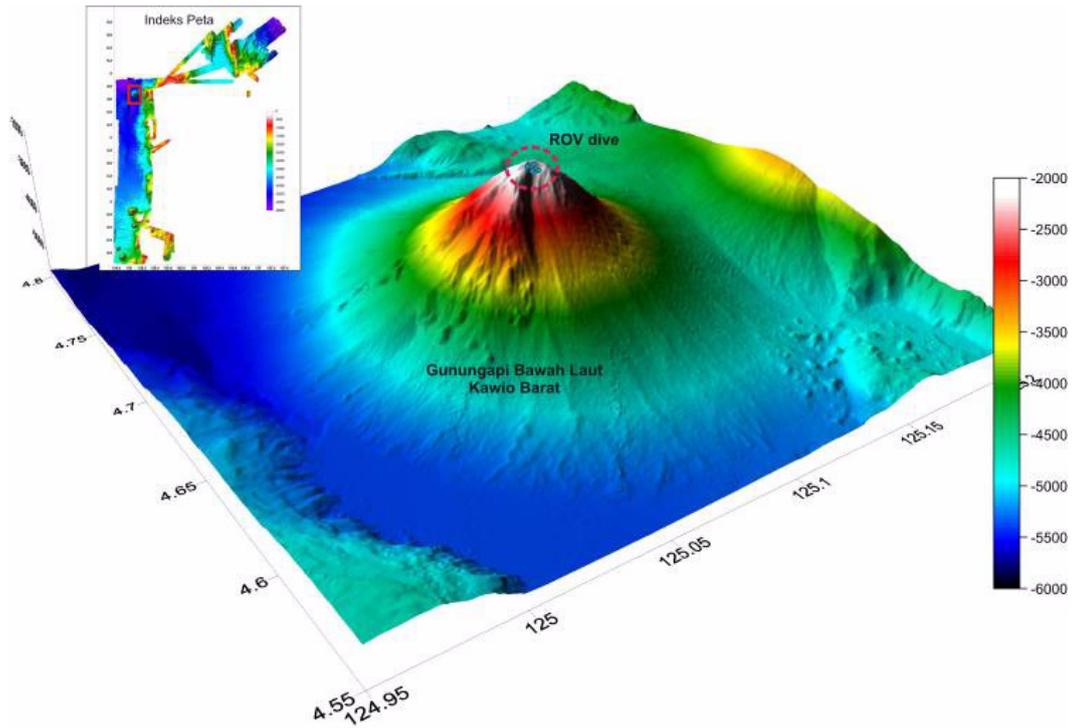
Gambar 4. Control room di atas kapal Okeanos Explorer yang memperlihatkan gambaran langsung dari bawah laut hasil penjelajahan ROV

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil

Gunungapi bawah laut Kawio Barat terletak pada lembah dalam berarah utara-selatan yang terbentuk tepat di sisi barat busur vulkanik Sangihe (Gambar 5). Bentuk morfologinya menyerupai kerucut dengan tubuh gunungapi berada pada kedalaman 5400 m dengan puncak di kedalaman 1860 m. Berdasarkan hasil pengamatan kamera video bawah air ROV "Little Hercules", aktivitas hidrotermal terlihat pada beberapa tempat di sekitar Gunungapi Bawah Laut Kawio Barat. Ada dua jenis tipe struktur yang teramati sebagai tempat keluarnya fluida hidrotermal, yaitu tipe rekahan atau *fissure* dan tipe cerobong atau *chimney*. Dalam tipe rekahan dihasilkan gelembung

air (*water bubble*) dan mata air panas; sedangkan dalam tipe cerobong umumnya mengeluarkan asap hidrotermal (*smokers*). Asap ini dapat dibedakan berdasarkan warnanya, yaitu asap putih (*white smokers*), asap abu-abu gelap (*grey/light grey smokers*), dan asap kuning (*light yellow smokers*) (Gambar 6). Warna asap yang berbeda ini menunjukkan adanya perbedaan komposisi kimia fluida hidrotermal. Fakta tersebut menunjukkan bahwa fluida hidrotermal dapat muncul ke permukaan membentuk cerobong hidrotermal di daerah yang secara tektonik dikontrol oleh konvergensi lempeng. Pembentukan cerobong hidrotermal yang selama ini telah banyak ditemukan adalah di wilayah tektonik pemekaran dasar samudera (Butterfield, 2006).



Gambar 5. Gunungapi Bawah Laut Kawio Barat hasil pengolahan data batimetri resolusi tinggi dengan bentuk morfologi kerucut; titik biru menunjukkan lokasi penyelaman ROV (ROV dive); sumber: Triarso et al. (2010)



Gambar 6. Perbedaan warna pada semburan asap hidrotermal yang keluar dari rekahan atau cerobong

## Pembahasan

Berdasarkan penelitian dari Woods Hole Oceanographic Institutions (WHOI) Amerika Serikat, terbentuknya asap hidrotermal dari tipe cerobong diakibatkan oleh air laut yang dingin (temperatur sekitar 2 °C) merembas melalui rekahan-rekahan di dasar laut dan terpanaskan oleh pancaran panas atau radiasi dari magma yang terletak jauh di bawah kerak samudera dengan temperatur tinggi mencapai 400 °C. Akibat pemanasan tersebut akan terjadi reaksi kimia dengan batuan di sekitar kerak samudera membentuk fluida hidrotermal. Dari reaksi kimia ini, semua kandungan oksigen dalam cairan menjadi hilang, larutan akan menangkap hidrogen sulfida dan menjadi bersifat asam, serta

berasosiasi dengan logam-logam yang terlarut. Fluida hidrotermal kemudian menyembur ke permukaan dasar laut melalui celah-celah yang terbuka, tetapi tidak mendidih karena berada dalam tekanan massa air laut di atasnya yang sangat besar. Logam-logam yang terlarut terbawa ke atas bercampur dengan belerang membentuk sulfida logam sehingga menjadikan kenampakan cairan hidrotermal terlihat seperti semburan asap (*smokers*). Pada tipe rekahan, air laut kemungkinan merembas tidak terlalu dalam dan langsung terpanaskan oleh radiasi dari sumber panas, serta keluar menghasilkan gelembung-gelembung air panas.

Aktivitas hidrotermal berhubungan erat dengan kegiatan pasca magmatisme dari suatu gunungapi yang dipengaruhi oleh berbagai faktor,



Gambar 7. Bongkahan batuan hasil aliran lava yang beberapa diantaranya tertimbun dalam sedimen volkanoklastik halus



Gambar 8. Perubahan warna batuan dari kehitaman menjadi menjadi abu-abu dan putih akibat kehadiran mineral lempung hasil ubahan hidrotermal

terutama sumber panas, fluida, dan batuan sumbernya atau *hostrocks* (Corbett & Leach, 1996). Fluida hidrotermal yang melewati batuan akan mengubah batuan yang dilewati pada kondisi kimia-fisika tertentu, mengisi rekahan ataupun rongga antar butiran, serta juga akan mengubah batuan di sekitarnya menjadi batuan terubah yang dapat berasosiasi dengan endapan mineral.

Batuan penyusun gunungapi bawah laut Kawio Barat didominasi oleh bongkahan batuan hasil aliran lava yang beberapa diantaranya tertimbun dalam sedimen volkanoklastik halus (Gambar 7). Juga hadir lava bantal di bagian tenggaranya. Di sekitar rekahan dan cerobong, warna batuan berubah dari kehitaman menjadi abu-abu dan putih yang diduga akibat kehadiran mineral lempung hasil ubahan hidrotermal (Gambar 8).

Mineralisasi yang teramati secara umum berupa pebentukan mineral-mineral sulfida yang berasosiasi dengan mineral logam (Gambar 9). Mineralisasi juga terbentuk pada cerobong-cerobong hidrotermal yang sudah tidak aktif lagi berupa sulfida logam besi dan mangan. Asosiasi endapan mineral tersebut memperlihatkan warna kecoklatan, kehitaman, dan kemerahan. Belerang atau sulfur sangat dominan hadir berwarna kuning terang yang menunjukkan bahwa proses vulkanisme di kawasan tersebut masih aktif. Hal tersebut juga ditunjukkan oleh kehadiran sekumpulan fauna dari jenis udang-udangan dan kepiting berwarna merah muda serta barnakel dan spons di sekitar rekahan atau cerobong hidrotermal (Gambar 10).



Gambar 9. Mineralisasi berupa pembentukan mineral sulfida dan mineral logam



Gambar 10. Kehadiran sekumpulan fauna udang di sekitar cerobong hidrotermal

## KESIMPULAN

Aktivitas hidrotermal di sekitar Gunungapi Bawah Laut Kawio Barat Perairan Sangihe Sulawesi Utara merupakan penemuan yang pertama kali langsung dari bawah laut perairan Indonesia, berupa asap hidrotermal (*smokers*) yang keluar melalui rekahan ataupun cerobong hidrotermal. Di sekitar kawasan tersebut, diidentifikasi adanya gejala ubahan hidrotermal disertai mineralisasi yang menghasilkan mineral-mineral sulfida yang berasosiasi dengan mineral logam, seperti besi dan mangan di sekitar aktivitas hidrotermal ataupun pada cerobong yang sudah tidak aktif lagi.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Penulisan ini dilakukan sebagai rangkaian kegiatan penelitian Puslitbang Sumber Daya Laut dan Pesisir Badan Litbang Kelautan dan Perikanan Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) T.A 2010: Kajian Morfostruktur dan Aktivitas Hidrotermal Bawah Laut Kawasan Perairan Sangihe-Talaud, Sulawesi Utara; dengan data lapangan diambil melalui Ekspedisi INDEX-SATAL 2010. Tulisan telah dipresentasikan oleh Dr. Haryadi Permana (Puslit Geoteknologi-LIPI) dalam PIT Ikatan Ahli Geologi Indonesia dan Himpunan Ahli Geofisika Indonesia: *The 36<sup>th</sup> HAGI and 40<sup>th</sup> IAGI Annual Convention and Exhibition* di Makassar, tahun 2011. Ucapan terimakasih ditujukan kepada: Dr. Budi Sulistiyo selaku Kepala Puslitbang Sumber Daya Laut dan Pesisir; Dr. Sugiarta Wirasantosa selaku *Principal Investigator* beserta berbagai institusi yang mewakili Indonesia (KKP, LIPI, Balitbang-KESDM, BPPT, ITB) dan Amerika Serikat (NOAA); *Captain, Chief Scientist* dan tim dari US-NOAA atas pengalaman yang didapatkan selama mengikuti pelayaran di atas Kapal "Okeanos Explorer". Ucapan terimakasih juga kepada Prof. Dr. Emmy Suparka (ITB) atas koreksi dan masukannya dalam makalah ini sehingga menjadi sesuai dengan standar penulisan ilmiah dan layak untuk diterbitkan.

## ACUAN

- Butterfield, David A. 2006. *The Role of Magmatic Fluids in Hydrothermal Vents on Volcanic Arcs*, Joint Institute for the Study of the Atmosphere and Ocean, University of Washington, Pacific Marine Environmental Laboratory, NOAA, <http://oceanexplorer.noaa.gov/explorations/06fire/background/chemistry/chemistry.html>
- Corbett, G.J and T.M Leach. 1996. *Southwest Pacific Rim Gold-Copper Systems-Structure, Alteration, and Mineralization*, Jakarta: Exploration Workshop.
- Mc. Conachy, H. Permana., and shipboard scientist, 2003a, *Survey for Submarine Hydrothermal Activity in Northern Sulawesi*, Ed: J. Greenfield, N.D. Hananto, J. Parr. IASSHA-2003 Cruise Report, CSIRO, LIPI, DKP. CSIRO Exploration and Mining Report 1153R.
- Mc Conachy, H. Permana., and S. Burhanuddin. 2003b. *Indonesia-Australia Surveys for Submarine Hydrothermal Activity*, Papers International Seminar on Marine and Fisheries, Jakarta: Agency of Marine and Fisheries Research.
- Triarso, E., Rainer A. Troa., S. Makarim., I. Dillenia., N. Hasanah., A.W. Widodo, 2010. *Kajian Morfostruktur dan Aktivitas Hidrotermal Bawah Laut Kawasan Perairan Sangihe-Talaud, Sulawesi Utara*, Laporan Akhir Kegiatan Riset Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Laut dan Pesisir, Badan Litbang Kelautan dan Perikanan, Kementerian Kelautan dan Perikanan T.A. 2010, Jakarta: tak dipublikasikan.
- <http://www.whoi.edu/main/topic/hydrothermal-vents>