

ARTIKEL RISET

Rancang Bangun Sistem Akuisisi Data Infra Merah Menggunakan Pesawat Udara Tanpa Awak (UAV) untuk Memantau Aktivitas Gunungapi

Wahyudi^{*}, Kirbani Sri Brotospito and Imam Suyanto

Ringkasan

Sebuah rancang bangun instrumen untuk sistem akuisisi data termal yang digunakan untuk pemantauan aktivitas gunung api dengan memanfaatkan pesawat udara tanpa awak (UAV) telah dilakukan. Pesawat udara tanpa awak dipilih karena kemampuannya dalam menjangkau tubuh gunung dengan lebih mudah dan aman. Sensor inframerah digunakan sebagai muatan agar mampu mengukur suhu kawah dan permukaan gunungapi tanpa ada kontak langsung.

Sistem yang dibangun terdiri dari 3 perangkat utama, yakni sensor inframerah tipe Flir One Pro yang berfungsi sebagai kamera termal dan kamera visual, handphone yang dilengkapi dengan software Redmi Note 5 yang berfungsi sebagai alat perekam data dan IMU (*Inertial Measurement Unit*), serta UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) yang berfungsi sebagai pesawat udara tanpa awak yang mengangkut sensor beserta alat perekam datanya.

Uji coba telah dilakukan baik di laboratorium maupun di lapangan. Uji coba pemetaan termal dilakukan di atas kawah G. Kelud pada ketinggian jelajah 100 m pada area seluas $(100 \times 300) \text{ m}^2$ dengan laju rata-rata 15 m/s. Hasil uji coba menunjukkan bahwa sistem telah berfungsi dengan baik, meskipun terdapat kendala yang harus diperbaiki yang berkaitan dengan waktu melakukan pemetaan. Direkomendasikan agar pemetaan termal dilakukan pada malam hari sehingga objek yang dipetakan mempunyai *background* termal yang relatif tetap, dan peta termal yang dihasilkan menjadi lebih konsisten.

Kata Kunci : inframerah, UAV, gunung api.

Abstract

An instrument design for the thermal data acquisition system used for monitoring volcanic activity using Unmanned Aerial Vehicle (UAV) has been carried out. Unmanned Aerial Vehicle were chosen because of their ability to reach mountain bodies more easily and safely. Infrared sensors are used as a charge to be able to measure the temperature of the crater and the surface of the volcano without direct contact.

The system built consists of 3 main devices, namely the Flir One Pro type infrared sensor that functions as a thermal camera and visual camera, a mobile phone equipped with Redmi Note 5 software that functions as a data recording device and IMU (*Inertial Measurement Unit*), and UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) that functions as an unmanned aircraft carrying sensors and their data recording devices.

Trials have been carried out both in the laboratory and in the field. The thermal mapping test was carried out over the G. Kelud crater at a cruising height of 100 m over an area of $(100 \times 300) \text{ m}^2$ with an average rate of 15 m/s. The trial results show that the system is functioning properly, although there are obstacles that must be corrected related to the time of mapping. It is recommended that thermal mapping is done at night so that the mapped object has a relatively fixed thermal background, and the resulting thermal map becomes more consistent.

Keywords: infrared; UAV; volcano.

^{*}Correspondence: geofisika@ugm.ac.id

Program Studi Geofisika, Departemen Fisika, FMIPA, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia

Full list of author information is available at the end of the article

[†]Equal contributor

1 PENDAHULUAN

Mitigasi bencana gunungapi merupakan hal yang sangat penting dan harus dilakukan. Salah satu bentuk mitigasi bencana letusan gunungapi adalah dengan memantau dan memetakan parameter-parameter fisis yang terkait dengan aktivitas gunungapi. Distribusi dan perubahan suhu merupakan parameter fisis yang terkait langsung dengan aktivitas magma di dalam kantong magma gunung api. Aktivitas gunungapi di bawah permukaan berpengaruh terhadap suhu permukaan gunung api tersebut, sehingga pemantauan suhu (termal) baik di kawah maupun di permukaan gunung api sangat penting dilakukan dalam rangka mitigasi bencana letusan gunungapi.

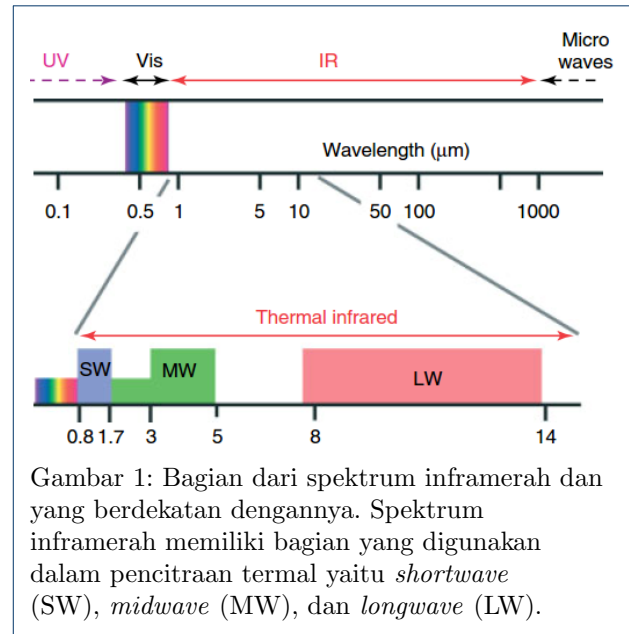
Pesawat udara tanpa awak (UAV) merupakan instrumen (robot) penjelajah udara tanpa awak (tanpa pilot pengendali) di dalamnya. Oleh sebab itu UAV harus dikendalikan dari jarak jauh menggunakan *remote control* dari luar kendaraan atau biasa disebut *Remotely Piloted Vehicle* (RPV). Kendaraan ini dapat terbang secara otomatis berdasarkan program yang sudah ditanamkan pada sistem komputernya, bisa secara semi-otomatis, atau memiliki kombinasi dari keduanya.

Pengamatan gunungapi menggunakan UAV lebih aman, mudah dan cepat dilakukan dari pada pengamatan langsung. Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dirancang dan dibangun sebuah sistem akuisisi data termal dengan memanfaatkan pesawat udara tanpa awak untuk memantau aktivitas gunungapi. Sensor inframerah dipilih sebagai muatan dalam sistem akuisisi data ini karena dapat melakukan pengukuran suhu tanpa kontak langsung dengan objek pengukuran.

2 DASAR TEORI

Sinar Inframerah merupakan radiasi elektromagnetik yang memiliki panjang gelombang antara 700 nanometer hingga 1 millimeter. Karakteristik gelombang inframerah ditandai dengan bentuknya yang tidak terlihat dengan kasatmata, dan keberadaannya diakibatkan oleh bagian-bagian dari suatu objek yang menghasilkan panas. Panjang gelombang inframerah memiliki hubungan yang berlawanan atau berbanding terbalik dengan suhu. Ketika suhu mengalami kenaikan, maka panjang gelombangnya mengalami penurunan. Sifat inilah yang akan digunakan dalam pengukuran suhu jarak jauh (lihat Gambar 1).

Termografi memanfaatkan hukum *black body radiation* agar mampu mengumpulkan informasi termal. Pencitraan termal dilakukan dengan cara mendeteksi radiasi gelombang elektromagnetik pada panjang gelombang inframerah (IR) ($3 - 6 \mu\text{m}$ dan



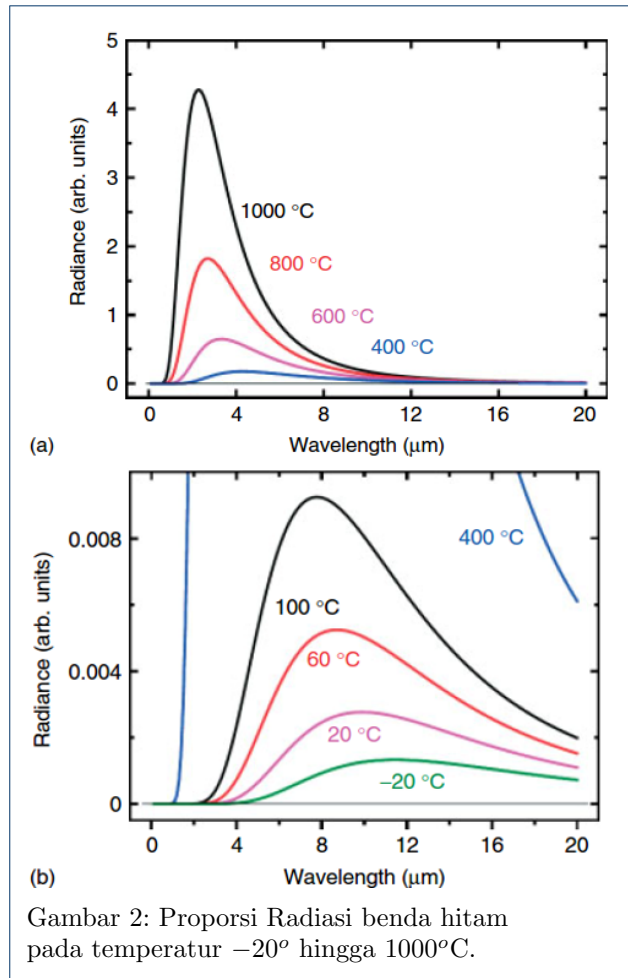
Gambar 1: Bagian dari spektrum inframerah dan yang berdekatan dengannya. Spektrum inframerah memiliki bagian yang digunakan dalam pencitraan termal yaitu *shortwave* (SW), *midwave* (MW), dan *longwave* (LW).

$8 - 14 \mu\text{m}$). *Charge Coupled Device* (CCD) dan *Complementary Metal Oxide Semiconductor* (CMOS) digunakan untuk kamera cahaya tampak. Komponen tersebut hanya bisa mendeteksi bagian non-termal dari spektrum inframerah yang disebut *near-infrared* (NIR). Sedangkan kamera untuk pencitraan termal menggunakan *Focal Plane Array* (FPAs) yang merespons panjang gelombang yang lebih panjang (inframerah termal).

Setiap objek fisis dengan suhu di atas 0 K secara spontan dan kontinu memancarkan radiasi gelombang elektromagnetik. Pada kesetimbangan termal radiasi yang diemisikan dapat didekati dengan Hukum Planck. Untuk setiap panjang gelombang, besarnya radiasi gelombang sebanding dengan temperturnya. Semakin tinggi temperatur, panjang gelombang puncak radiasi akan semakin rendah dan sebaliknya (lihat Gambar 2).

Terdapat dua macam kamera termal yaitu *Cooled Thermal Camera* dan *Uncooled Thermal Camera*. *Cooled Thermal Camera* cenderung lebih mahal daripada *Uncooled Thermal Camera*, namun memiliki jarak jangkauan lebih jauh. Aplikasi pencitraan termal memanfaatkan sistem *Cooled Thermal Camera* sangat cocok untuk pengukuran suhu jarak jauh. Pengukuran suhu dari pesawat udara tanpa awak (UAV) memerlukan kamera termal yang jarak jangkauan ukurnya cukup jauh. Oleh karena itu pada penelitian ini akan digunakan *Cooled Thermal Camera*.

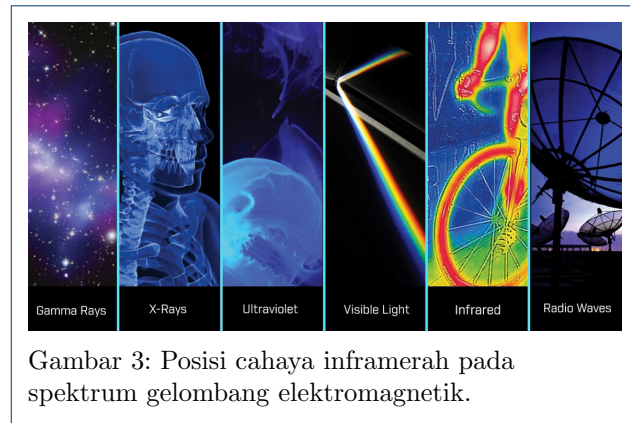
Radiasi termal ditangkap oleh reseptor khusus di kamera termal dan selanjutnya diubah menjadi titik-titik warna yang menggambarkan skala suhu yang ditampilkan pada monitor dalam bentuk *pixel-pixel*,



sehingga dapat dikenali oleh mata manusia. Gangguan yang paling berpengaruh dalam pencitraan termal adalah hujan karena memiliki efek pendinginan benda dan sangat mengurangi kontras.

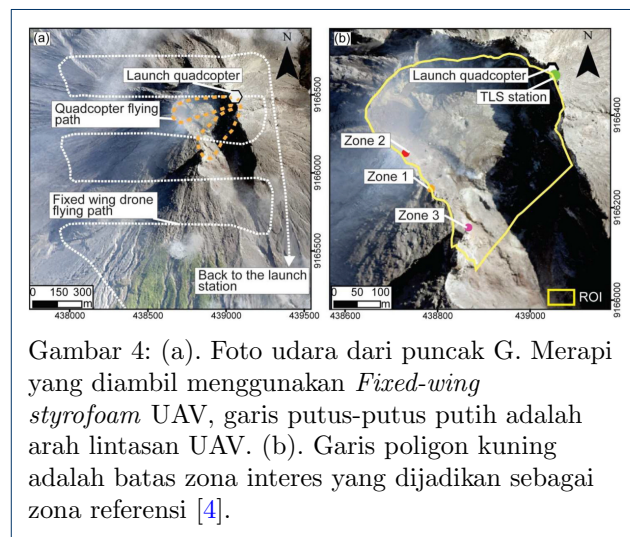
Pencitraan termal memungkinkan pengukuran termal secara *real time* dalam kondisi gelap dan minim cahaya. Kamera termal menghasilkan gambar yang jelas di malam hari dan dapat pula dalam kabut tipis, asap, atau dalam kondisi cuaca yang beragam. Agar dapat digunakan sebagai muatan di pesawat udara tanpa awak kamera termal harus memiliki berat yang ringan dan ukuran yang kecil.

Pemanfaatan pesawat udara tanpa awak (UAV) dalam bidang geofisika pada saat ini sudah sangat luas. UAV dapat diberi muatan dengan berbagai macam sensor dan instrumen untuk melakukan pengamatan kebumihan, seperti untuk pemetaan citra termal, citra foto udara, DEM (*Digital Elevation Model*), pemetaan anomali gravitasi dan magnetik, dan sebagainya [1, 2]. Di samping itu melalui pemetaan citra termal dapat pula dipergunakan untuk pemantauan aktivitas



gunungapi (mitigasi bencana) serta untuk keperluan eksplorasi *geothermal* [3].

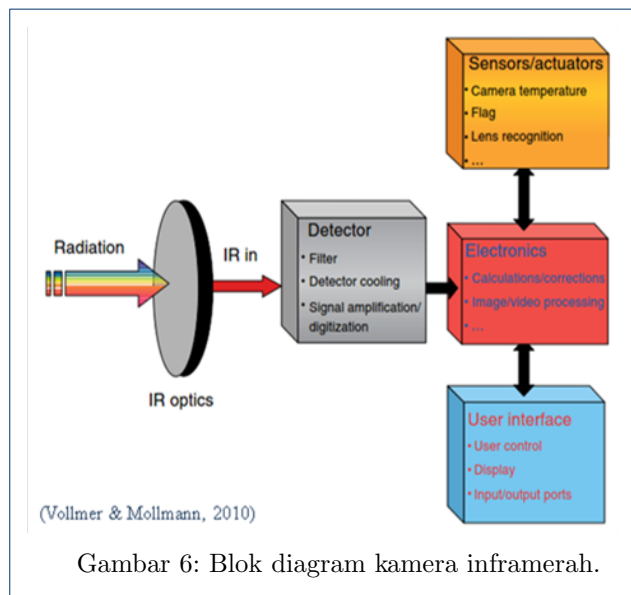
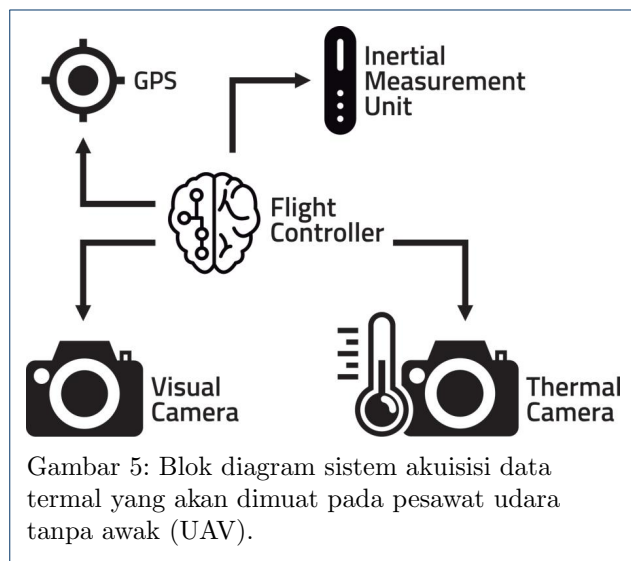
Sebagai contoh dari penggunaan pesawat tanpa awak (UAV) yang telah dilakukan oleh Darmawan, dkk. (2017) [4] dengan kamera foto digunakan untuk memetakan perubahan struktur (morfologi) puncak G. Merapi pasca letusan besar tahun 2010. Dari pemetaan tersebut dapat dihasilkan citra foto udara yang sangat akurat untuk mengetahui perkembangan bentuk atau struktur kubah lava pada saat erupsi, sehingga dapat dilakukan evaluasi dan penilaian terhadap tingkat bahaya yang ditimbulkan. Gambar 4 memperlihatkan foto udara dari puncak G. Merapi yang diambil dengan menggunakan *Fixed-wing styrofoam* UAV. Adapun garis putus-putus putih adalah arah lintasan UAV, dan garis poligon kuning adalah batas zona *interest* yang dijadikan sebagai zona referensi.



3 METODE PENELITIAN

Instrumen yang dirancang terdiri dari empat bagian yaitu kamera termal, unit pengukur inersia (*Inertial*

Measurement Unit), UAV, dan Modul GPS. Unit pengukur inersia berfungsi untuk menentukan orientasi pesawat udara tanpa awak pada saat melakukan pemotretan citra termal. Modul GPS berfungsi untuk menentukan posisi pesawat udara tanpa awak secara akurat pada saat pemotretan. Keempat bagian tersebut dirakit dan terhubung dengan *flight controller*. Sistem yang dibangun harus mampu melakukan pemotretan citra termal beserta informasi posisi dan orientasi pada saat pemotretan. Selanjutnya dilakukan uji coba lapangan untuk menguji sistem tersebut. Bagian-bagian dari instrumen tersebut dapat dilihat pada blok diagram Gambar 5 dan 6.



Untuk mendapatkan nilai terkalibrasi, UAV pembawa kamera membuat beberapa lintasan ke arah yang berbeda untuk menangkap gambar termal yang memiliki *overlap* yang tinggi, yaitu 80% *endlap* dan 60% *sidelap* di atas lokasi uji.

Komponen dari sistem akuisisi data inframerah dijelaskan pada Gambar 7, terdiri dari sensor inframerah dan sistem perekaman data (atas), dan UAV tipe DJI Phantom 3 yang digunakan pada penelitian ini (bawah). Adapun spesifikasi dari setiap komponen akuisisi data dapat dilihat pada Tabel 1.



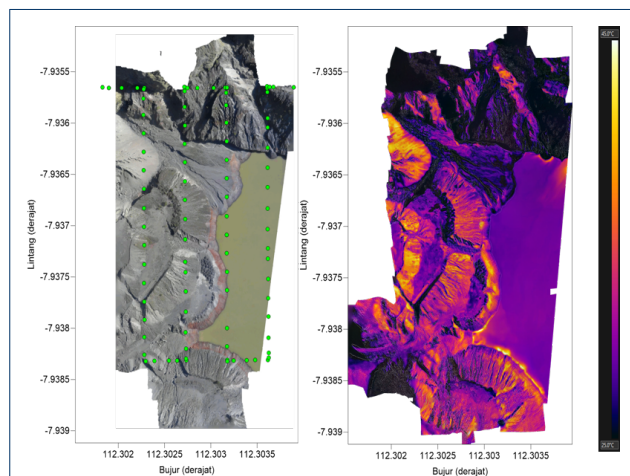
4 UJI COBA SISTEM

Sebagai uji coba sistem telah dilakukan pemotretan termal di atas kawah G. Kelud (Jawa Timur). Dipilihnya G. Kelud dalam uji coba sistem ini karena selain aksesnya mudah dicapai, G. Kelud memiliki danau kawah yang sangat luas dan berisi air panas di mana sumber panasnya berasal dari dalam gunung. Dengan memantau dan memetakan suhu danau kawah ini diharapkan dapat mengetahui tingkat aktivitas G. Kelud.

Tabel 1: Spesifikasi komponen sistem akuisisi data inframerah.

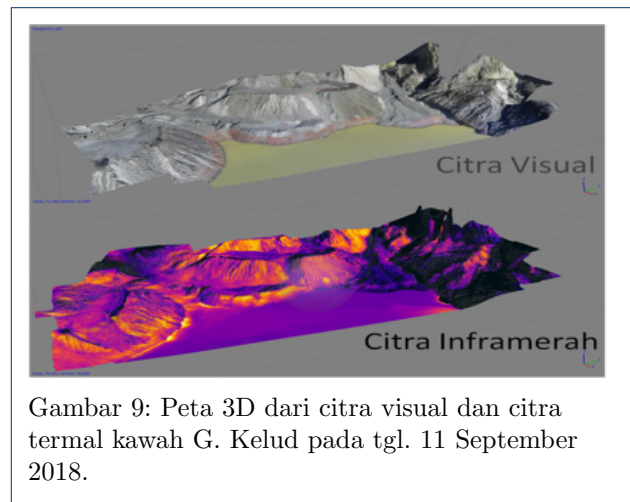
No	Alat	Fungsi	Bobot (gram)	Dimensi (mm)	Daya Tahan Baterai
1	Flir One Pro	Kamera <i>thermal</i> dan visual	39,66	63x34x14	20 menit
2	Redmi Note 5	Alat Perekam dan <i>Inertial Measurement Unit</i>	155,96	158x75x81	48 jam
3	DJI Phantom 3	Pesawat Udara Tanpa Awak	1280	350x350	30 menit

Pemotretan termal dilakukan pada ketinggian 100 m di atas kawah dengan laju rata-rata pesawat 15 m/s. Durasi terbang dilakukan selama 5 menit yang dapat mengcover area seluas (100 × 300) m². Pemotretan menghasilkan dua peta, yaitu peta citra visual dan peta citra termal, yang masing-masing dapat dilihat pada Gambar 8. Adapun model 3 dimensinya dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 8: Peta citra visual dan citra termal hasil pemotretan di atas G. Kelud yang dilakukan pada tanggal 11 September 2018.

Adapun kendala yang ditemui pada saat melakukan uji coba pemotretan adalah karena uji coba dilakukan pada waktu pagi hingga siang hari, maka objek yang diukur tidak mempunyai *background* suhu yang tetap karena terpengaruh oleh pemanasan sinar matahari yang semakin siang semakin panas, sehingga peta yang dihasilkan menjadi tidak konsisten. Untuk mengatasi hal tersebut, maka direkomendasikan agar pemetaan dilakukan pada malam hari, sehingga antara objek yang diukur dengan lingkungannya mempunyai *background* suhu yang sama dan tetap. Dengan demikian anomali suhu yang terukur akan lebih jelas dan konsisten.



Gambar 9: Peta 3D dari citra visual dan citra termal kawah G. Kelud pada tgl. 11 September 2018.

5 KESIMPULAN

Sesuai dengan tujuan dari penelitian ini, maka sistem akuisisi data suhu menggunakan sensor inframerah dengan memanfaatkan UAV telah berhasil dirancang dan dibangun. Sistem juga telah berhasil diuji coba dengan melakukan pemotretan udara di atas kawah G. Kelud. Direkomendasikan agar pemetaan dilakukan pada malam hari, sehingga objek yang diukur akan mempunyai *background* suhu yang tetap, dan menghasilkan peta citra termal yang bagus.

PENULIS

- 1 Wahyudi
Dari :
(1) Program Studi Geofisika, Departemen Fisika, FMIPA, Universitas Gadjah Mada
- 2 Kirbani Sri Brotopuspito
Dari :
(1) Program Studi Geofisika, Departemen Fisika, FMIPA, Universitas Gadjah Mada
- 3 Imam Suyanto
Dari :

(1) Program Studi Geofisika, Departemen Fisika,
FMIPA, Universitas Gadjah Mada

Pustaka

1. Harvey M, Harvey C, Rowland J, Luketina K. Drones in geothermal exploration: thermal infrared imagery, aerial photos and digital elevation models. In: Proceedings of the 6th African Rift Geothermal Conference, Addis Ababa, Ethiopia; 2016. p. 2–4.
2. Smigaj M, Gaulton R, Barr SL, Suárez JC. UAV-borne thermal imaging for forest health monitoring: detection of disease-induced canopy temperature increase. *The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. 2015;40(3):349.
3. Chio SH, Lin CH. Preliminary study of UAS equipped with thermal camera for volcanic geothermal monitoring in Taiwan. *Sensors*. 2017;17(7):1649.
4. Darmawan H, Walter TR, Brotopuspito KS, Nandaka IGMA. Morphological and structural changes at the Merapi lava dome monitored in 2012–15 using unmanned aerial vehicles (UAVs). *Journal of Volcanology and Geothermal Research*. 2018;349:256–267. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2017.11.006>.