

## Analisis Pergerakan Partikel terhadap Rekaman Mikrotremor di Permukaan Sungai Bawah Tanah Bribin, Kawasan Karst Gunung Sewu

Kholis Nurhanafi<sup>1,\*</sup>, Ahmad Zarkasi<sup>1</sup>, Sahara Hamas Intifadhah<sup>1</sup>, Nugroho Budi Wibowo<sup>2</sup>,  
Aditya Yoga Purnama<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Prodi Fisika, Jurusan Fisika

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mulawarman

Jl. Barong Tongkok No.04, Gunung Kelua, Samarinda, Kalimantan Timur, 75123, Indonesia

<sup>2</sup>Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG), Stasiun Geofisika Yogyakarta

<sup>3</sup>Pendidikan Fisika, Universitas Sarjanawiyata Tamansiswa, Yogyakarta

### Info Artikel

#### Histori Artikel:

Diajukan: 3 Mei 2023  
Direvisi: 29 Mei 2023  
Diterima: 29 Mei 2023

#### Kata kunci:

Bribin  
Mikrotremor  
Pergerakan partikel  
Sungai bawah tanah

#### Keywords:

Bribin  
microtremor  
particle motion  
underground river

#### Penulis Korespondensi:

Kholis Nurhanafi  
Email:  
[kholis.nh@fmipa.unmul.ac.id](mailto:kholis.nh@fmipa.unmul.ac.id)

### ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian untuk mendapatkan hasil analisa pergerakan partikel terhadap 15 data rekaman mikrotremor di sekitar permukaan Sungai Bawah Tanah Bribin Kawasan Karst Gunungsewu. Analisis spektrum terhadap sinyal mikrotremor dilakukan sebagai dasar penentuan rentang frekuensi untuk analisis pergerakan partikel. Analisis pergerakan partikel hanya dilakukan pada sinyal mikrotremor komponen horizontal yang harapannya dapat memberikan representasi jalur sungai. Hasil analisis pergerakan partikel terhadap 15 titik rekaman mikrotremor di wilayah permukaan sungai bawah tanah Bribin menunjukkan bahwa hanya terdapat dua titik yang memiliki kecenderungan pergerakan partikel ke arah tertentu, yaitu berorientasi tegak lurus terhadap jalur sungai. Titik tersebut adalah A4 dan B4 yang berada pada bagian timur jalur aliran sungai. Hal tersebut menunjukkan bahwasannya analisis pergerakan partikel belum cukup efektif dalam hal penentuan jalur sungai bawah tanah.

*A Research to obtain the results of particle motion analysis of 15 microtremor recording data around the surface of the Bribin Underground River in the Gunungsewu Karst Area has been conducted. Spectrum analysis of microtremor signals was conducted as a basis for determining the frequency range in the particle motion analysis process. Particle motion analysis was only carried out on the horizontal component of the microtremor signal which is expected to provide a representation of the river flow path. The results of particle motion analysis of 15 microtremor recording points in the surface area of the Bribin Underground River show that there are only two points that have a motion-resultant oriented to certain direction, which is perpendicular to the river channel. The points are A4 and B4 which are located in the eastern part of the river flow path. This shows that particle movement analysis is not effective enough in determining the underground river path.*

Copyright © 2023 Author(s). All rights reserved

## I. PENDAHULUAN

Kabupaten Gunung Kidul merupakan daerah yang didominasi geologi Karst Gunung Sewu, terkhusus pada wilayah selatan. Karst yang dicirikan dengan banyaknya lubang aliran vertikal dan gua-gua menyebabkan air tidak tertampung pada wilayah permukaan (Nugroho *et al.*, 2020), dan akan cenderung terkumpul pada saluran (sungai) bawah. Kajian dan penelitian tentang sungai bawah tanah penting dalam rangka menunjang pemenuhan kebutuhan air di Kabupaten Gunung Kidul.

Kajian mengenai sungai bawah tanah yang banyak dilakukan adalah melalui pendekatan geofisika, salah satunya adalah dengan memanfaatkan perekaman data mikrotremor. Perekaman mikrotremor umum digunakan untuk mendapatkan informasi mengenai karakteristik dan dinamika tanah pada suatu daerah. Mikrotremor sendiri merupakan getaran pada tanah dengan skala kecil yang memiliki rentang amplitudo 0,1-1 mikron. Mikrotremor banyak dipilih dalam berbagai pengukuran karena cepat, mudah diaplikasikan dalam berbagai hal, serta tergolong efektif dari segi pembiayaan (Rezaei dan Choobasti, 2017). Mikrotremor sering diaplikasikan dalam berbagai hal, seperti mikrozonasi kerentanan seismik suatu daerah, kajian potensi kelongsoran (Wiranata *et al.*, 2020), kajian di sekitaran wilayah dengan potensi geotermal (Tian *et al.*, 2020), termasuk kajian pada wilayah permukaan sungai bawah tanah (Bahri *et al.*, 2021; Chemistra *et al.*, 2018; Donghui *et al.*, 2020; Nurhanafi *et al.*, 2015).

Salah satu analisis yang dapat dilakukan terhadap rekaman data mikrotremor adalah analisis pergerakan partikel. Analisis pergerakan partikel dapat dilakukan terhadap rekaman mikrotremor yang memiliki tiga komponen. Ketiga komponen rekaman tersebut adalah Timur-Barat (*East-West* atau EW), Utara-Selatan (*North-South* atau NS), dan komponen vertikal (Z). Melalui analisis ini diharapkan didapatkan sumber atau arah penyebab terjadinya getaran (Kurnia dan Maryanto, 2015), yang mana dalam penelitian ini sumber getaran tersebut adalah aktivitas sungai bawah tanah.

Pengukuran mikrotremor dilaksanakan di wilayah permukaan sungai bawah tanah Bribin, yang merupakan bagian daerah wilayah Karst Gunung Sewu, yang secara administratif terletak pada Kecamatan Semanu, Kabupaten Gunung Kidul. Analisis pergerakan partikel akan dikenakan pada data tersebut untuk mendapatkan karakteristik atau kecenderungan arah getarannya. Hasil penelitian ini juga akan dibandingkan dengan penelitian lain yang menggunakan teknik analisa yang sama (pergerakan partikel), akan tetapi dilaksanakan pada sungai bawah tanah yang lain. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan informasi apakah terdapat kejadian yang sama (khas) akan muncul pada sungai bawah tanah yang berbeda-beda jika dilakukan analisa pergerakan partikel seismik.

## II. METODE PENELITIAN

Data pada penelitian ini berupa sinyal rekaman mikrotremor yang berdomain waktu. Perekaman mikrotremor dilakukan pada 15 titik yang tersebar dalam bentuk *grid* di wilayah permukaan Sungai Bawah Tanah Bribin, Kecamatan Semanu, Kabupaten Gunungkidul dengan koordinat geografis 8,0337° LS–8,0402° LS dan 110,6755° BT–110.6820° BT. Adapun sebaran titik perekaman ditunjukkan pada Gambar 1. Jalur sungai pada Gambar 1 merupakan aliran yang sudah terpetakan pada eksplorasi atau penelitian sebelumnya.

Alat yang digunakan sebagai instrumen perekaman adalah seismometer tipe TDV-23S yang dapat merekam tiga komponen getaran, yaitu komponen Timur-Barat (*East-West* atau EW), Utara-Selatan (*North-South* atau NS), dan komponen vertikal (Z). Rekaman dilakukan dengan durasi 15-30 menit untuk setiap titiknya. Gambar 2 menunjukkan contoh hasil rekaman mikrotremor 3 komponen untuk titik A2.

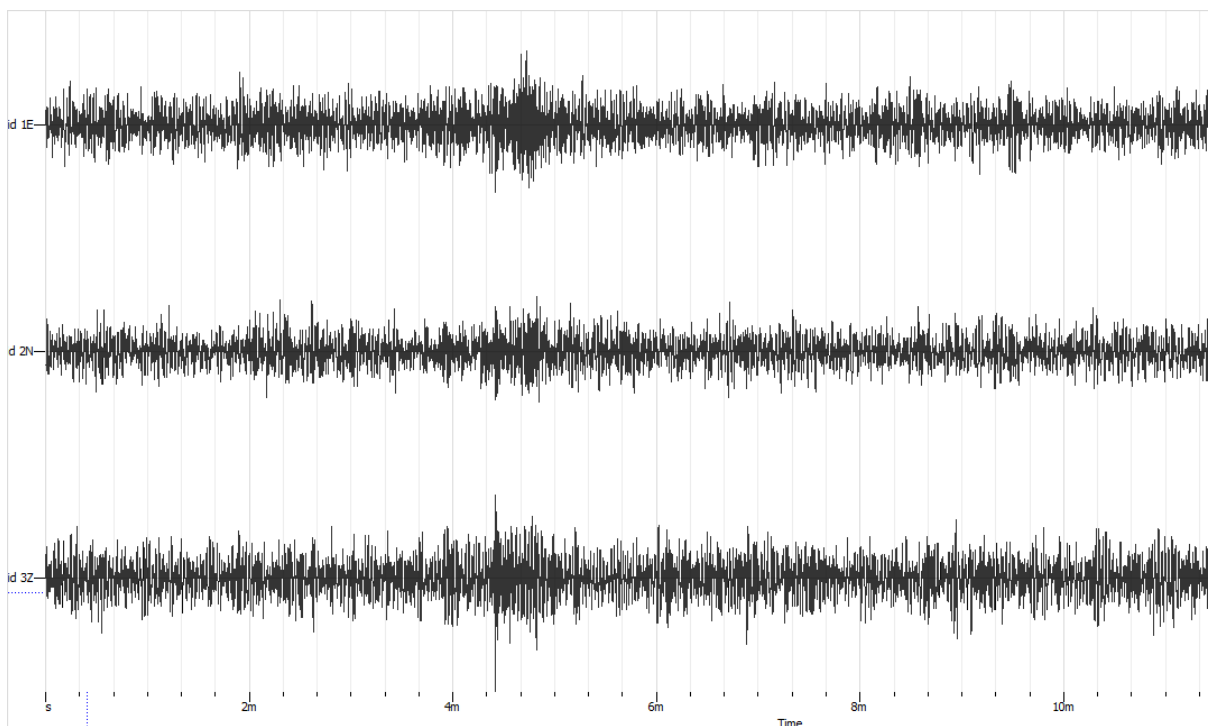
Sinyal rekaman mikrotremor selanjutnya dikenakan dengan transformasi fourier untuk mendapatkan spektrum frekuensi dari tiap komponen mikrotremor pada semua titik. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan pola sebaran frekuensi dari setiap komponen rekaman-rekaman mikrotremor. Pola sebaran frekuensi inilah yang selanjutnya menjadi dasar dalam pentapisan (*filtering*) sinyal, sebelum dilakukan analisis pergerakan partikel.

Rekaman mikrotremor yang telah melalui proses pentapisan (*filtering*), selanjutnya digambarkan amplitudo tiap komponen sinyalnya pada plot analisa pergerakan partikel. Plot analisa pergerakan partikel ini sangat umum digunakan untuk menentukan episenter dan hiposenter suatu sumber getaran seperti gempa bumi (Alessandrini *et al.*, 1994; Havskov *et al.*, 2011) dan gempa mikro akibat aktivitas geotermal (Kurnia dan Maryanto, 2015). Dua komponen horizontal *North-South* (NS)

dan *East-West* (EW) akan menggambarkan episenter sumber getaran, dan plot komponen vertikal (Z) yang dikombinasikan dengan resultan komponen horizontal akan menggambarkan hiposenter sumber getaran. Aktivitas sungai bawah tanah Bribin diharapkan dapat berperan sebagai sumber getaran sehingga dapat memberikan pengaruh yang terpola pada plot analisis pergerakan partikel. Pada penelitian ini analisis pergerakan partikel hanya dibatasi pada komponen horizontal saja, yang diharapkan berafiliasi dengan jalur aliran sungai bawah tanah Bribin.



**Gambar 1** Titik perekaman mikrotremor dan jalur Sungai Bawah Tanah Bribin (warna kuning).



**Gambar 2** Rekaman mikroremor pada titik A2

### III. HASIL DAN DISKUSI

#### 3.1 Spektrum Mikrotremor

Transformasi fourier telah diterapkan terhadap 15 data rekaman mikrotremor di wilayah permukaan Sungai Bawah Tanah Bribin. Analisa spektrum hanya dilakukan pada data komponen horizontal timur-barat (*East-West*) dan utara-selatan (*North-South*). Hal ini karena fokus penelitian adalah pergerakan partikel pada arah pergerakan partikel dalam bidang horizontal saja untuk melihat korelasi mikrotremor dengan episenter sumber getaran (aktivitas sungai bawah tanah).

Spektrum sinyal komponen horizontal untuk semua titik perekaman ditunjukkan oleh Gambar 3. Pada Gambar 3 tampak bahwa semua sinyal mikrotremor memiliki area puncak (*peak*) pada rentang frekuensi di bawah 2 Hz untuk kedua komponen horizontal. Terdapat pula tiga titik yang memiliki area puncak tambahan pada rentang frekuensi yang lebih tinggi (10-50 Hz), yaitu pada titik A3, A4, dan C4. Hal inilah yang selanjutnya menjadi dasar dalam penerapan *filter* sebelum dilakukannya analisis pergerakan partikel, karena karakter frekuensi tersebut yang selanjutnya dianggap sebagai manifestasi dari *ambient* mikrotremor pada wilayah permukaan sungai bawah tanah Bribin.

#### 3.2 Analisis Pergerakan Partikel

Analisis pergerakan partikel dilakukan agar dapat melihat kecenderungan (*trend*) gerak mikrotremor untuk setiap titik pengukuran. Sebelum dilakukan analisis pergerakan partikel dilakukan *filtering* terhadap semua data mikrotremor dengan rentang frekuensi 0-5 Hz. Hal ini didasarkan pada pola puncakan (*peak*) spektrum mikrotremor. *Band filter* frekuensi sedikit ditambahkan sampai pada 5 Hz untuk mengakomodasi sinyal yang memiliki frekuensi disekitar area puncakan (*peak*). Pada penelitian ini tidak dilakukan analisis pergerakan partikel pada *band* frekuensi 10-50 Hz meskipun terdapat tiga data mikrotremor yang memiliki area puncakan (*peak*) lain pada frekuensi yang lebih tersebut, yaitu pada titik A3, A4, dan, C4. Hal tersebut karena *band* frekuensi tersebut dianggap bukan merupakan *ambient* mikrotremor yang terjadi pada wilayah pengukuran karena kemunculannya yang hanya terdapat pada tiga titik pengukuran dan tidak konsisten pada satu rentang frekuensi yang sempit.

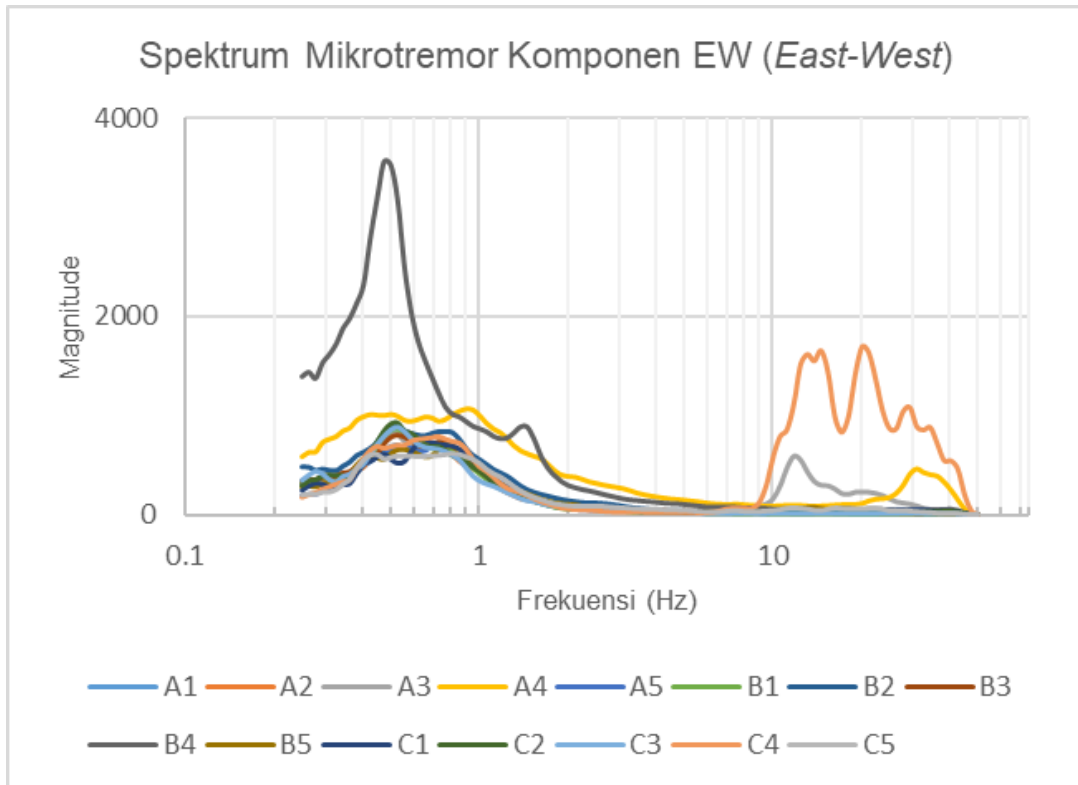
Gambar 4 menunjukkan hasil dari analisis pergerakan partikel terhadap rekaman mikrotremor pada setiap titik pengukuran. Tampak hanya dua titik yang menunjukkan adanya kecenderungan resultan arah pergerakan partikel, yaitu titik A4 yang memiliki arah pergerakan partikel timur laut-barat daya dan titik B4 yang memiliki arah tenggara-barat laut. Titik-titik lainnya (A1, A2, A3, A5, B1, B2, B3, B5, C1, C2, C3, C4, dan C5) tidak memiliki kecenderungan orientasi arah pergerakan partikel.

Kecenderungan dari arah pergerakan partikel untuk setiap lokasi titik pengukuran ditunjukkan oleh gambar 5. Garis kuning berpanah menunjukkan orientasi kecenderungan dari pergerakan partikel mikrotremor, sedangkan garis lingkaran kuning menggambarkan tidak adanya kecenderungan pergerakan partikel yang berorientasi pada arah tertentu. Penelitian sebelumnya tentang pergerakan partikel mikrotremor di sekitar permukaan bawah tanah menunjukkan adanya pola tertentu, yaitu arah pergerakan partikel akan tegak lurus terhadap aliran dari sungai bawah tanah (Bahri *et al.*, 2021; Chemistra *et al.*, 2018). Pada penelitian ini hal tersebut hanya tergambar pada titik pengukuran A4 dan B4 pada bagian timur jalur sungai bawah tanah.

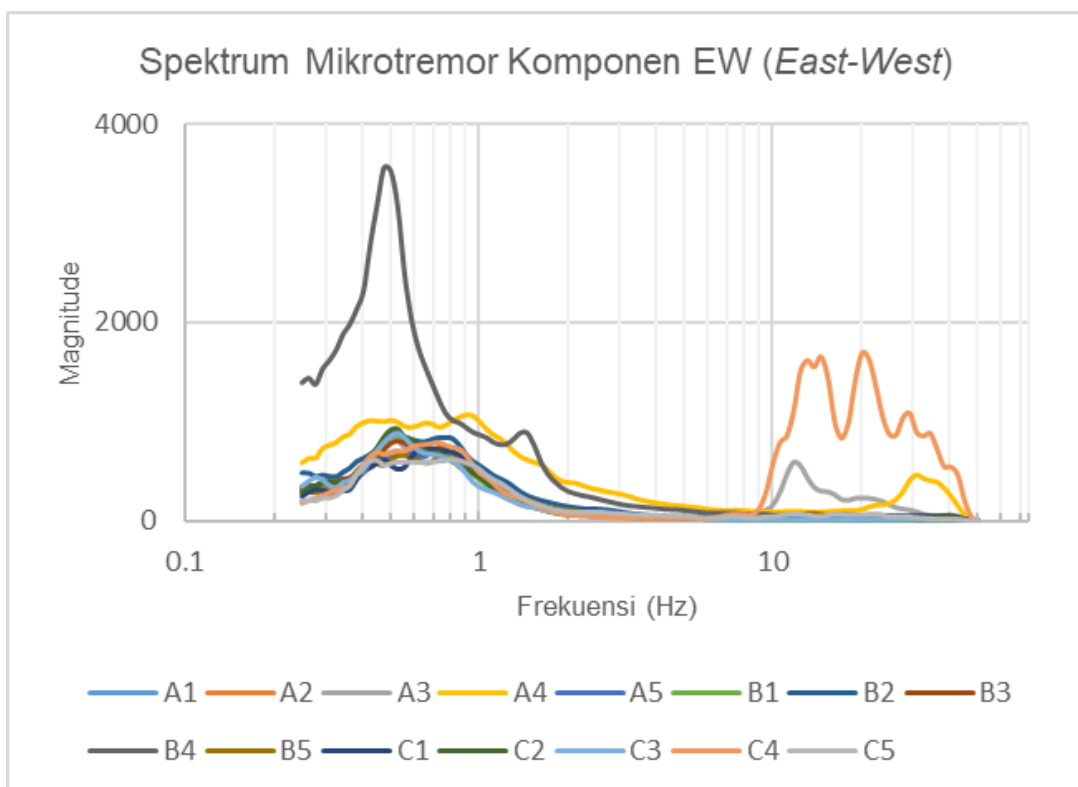
Data rekaman mikrotremor pada penelitian ini mungkin akan dianggap tidak mewakili atau tidak mengandung informasi mengenai adanya aktivitas Sungai Bawah Tanah Bribin, karena tidak terdapat kecenderungan adanya pergerakan partikel yang tegak lurus terhadap aliran sungai seperti yang diungkapkan penelitian sebelumnya. Penelitian sebelumnya yang menggunakan data rekaman mikrotremor yang sama dengan penelitian ini (Nurhanafi *et al.*, 2015), menunjukkan adanya kekhasan yang berkaitan dengan adanya jalur sungai bawah tanah Bribin dengan sinyal mikrotremor jika ditinjau dari analisa *Horizontal-to-Vertikal Spectral Ratio* (HVSr) dan karakteristik spektrogram *Time-Frekuensi Analysis* (TFA) pada frekuensi 0,3-1,4 Hz. Berdasarkan hal tersebut, tentu saja tidak dapat dikatakan bahwa data rekaman mikrotremor pada penelitian ini bukan merupakan manifestasi dari adanya jalur sungai bawah tanah Bribin, meskipun hasil pengolahan pergerakan partikel menunjukkan hanya dua titik pengukuran yang memiliki gerak partikel berorientasi tegak lurus terhadap jalur sungai.

Rekaman mikrotremor sebagai data *ambient* tentu saja dipengaruhi banyak hal. Jika rekaman mikrotremor pada wilayah permukaan suatu sungai bawah tanah menunjukkan pola tertentu, belum tentu akan memberikan pola yang sama pada wilayah sungai bawah tanah lainnya. Aktivitas hidrologi

sungai bawah tanah yang dianggap sebagai sumber getaran utama pada rekaman mikrotremor memiliki banyak faktor yang bervariasi dalam variabel waktu dan kondisi geologis.

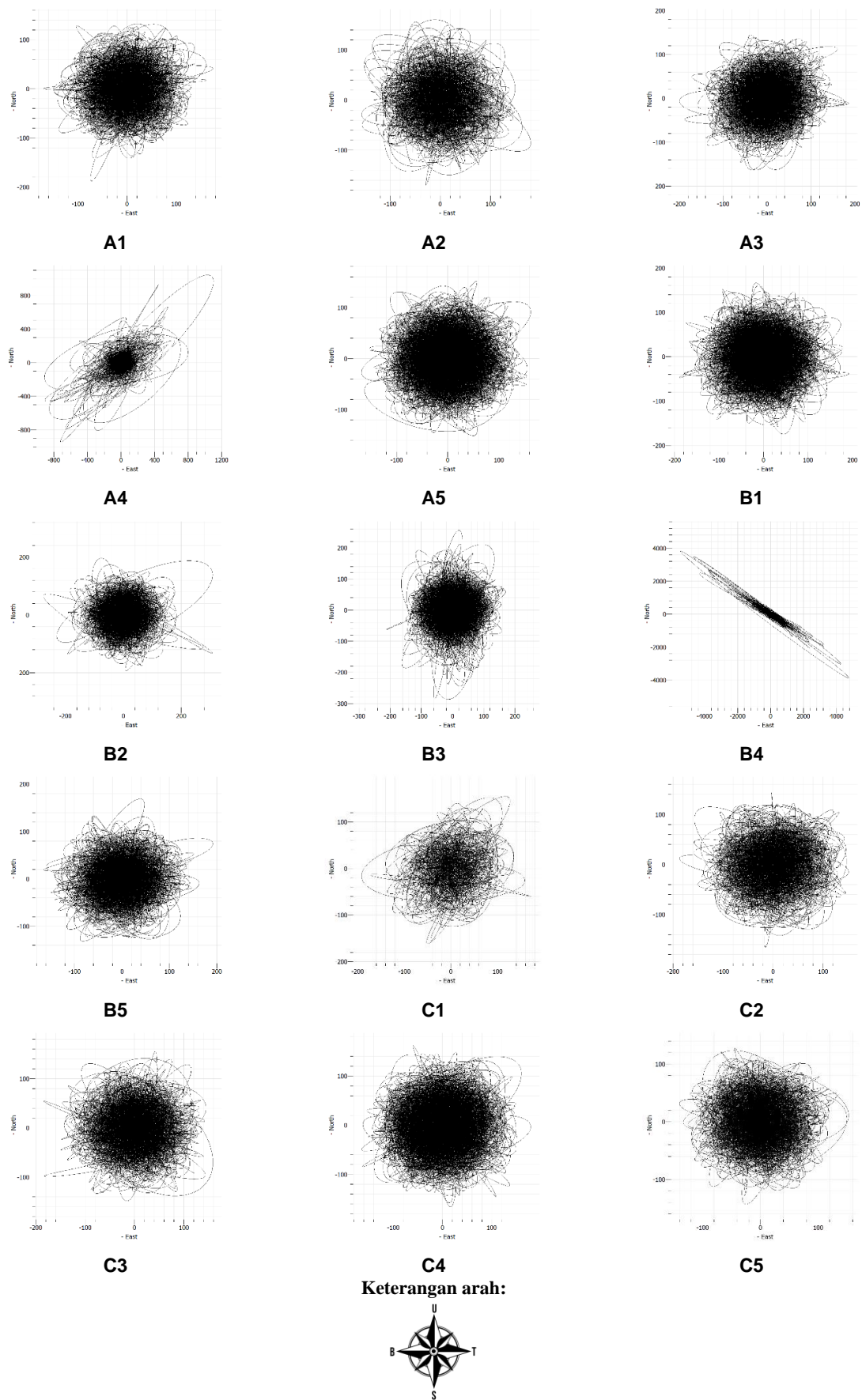


(a)

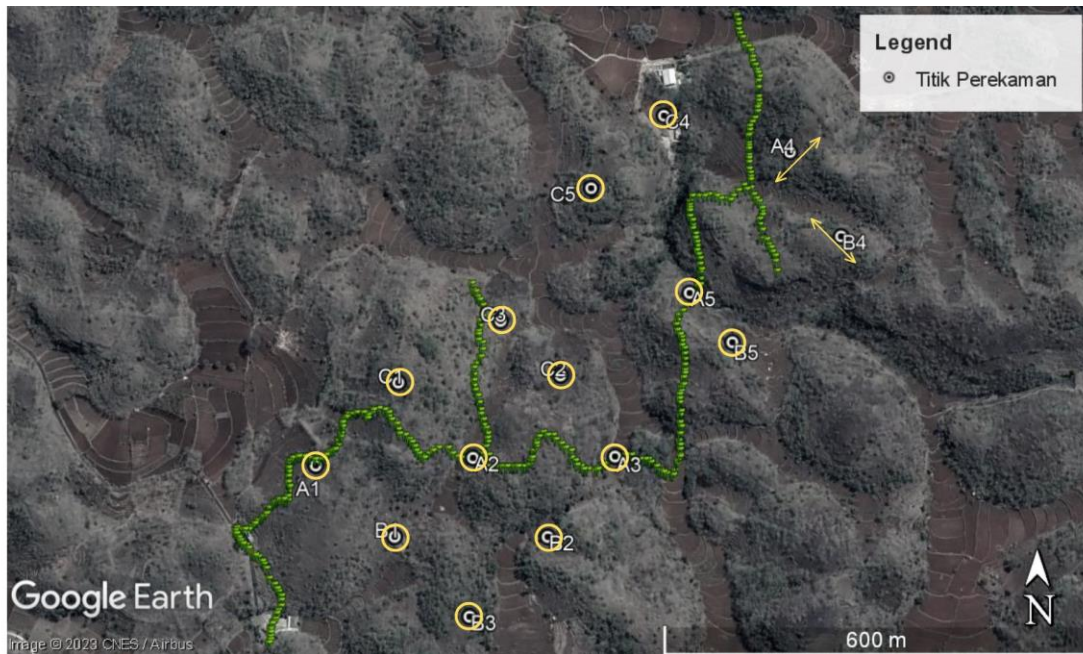


(b)

**Gambar 3** Spektrum sinyal mikrotremor komponen (a) horizontal *East-West* dan (b) *North-South*



Gambar 4 Pergerakan partikel pada setiap titik perekaman



**Gambar 5** Kecenderungan arah pergerakan partikel pada setiap titik perekaman

#### IV. KESIMPULAN

Hasil analisis pergerakan partikel terhadap rekaman mikrotremor di wilayah permukaan sungai bawah tanah Bribin menunjukkan hanya dua titik yang memiliki kecenderungan pergerakan partikel ke arah tertentu, yaitu berorientasi tegak lurus terhadap jalur sungai. Titik tersebut adalah A4 dan B4 yang berada pada bagian timur jalur aliran sungai. Hal ini menunjukkan pergerakan partikel mikrotremor pada wilayah tersebut tidak memberikan pola khusus yang merepresentasikan adanya jalur sungai bawah tanah.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Alessandrini, B., Cattaneo, M., Demartin, M., Gasperini, M. and Lanza, V. –897. (1994), “A simple P-wave polarization analysis : Its application to earthquake location”, *Annali Di Geofisica*, Vol. XXXVII No. 5, pp. 883–897, doi: 10.4401/ag-4181.
- Bahri, A.S., Abdullah, M.I.U.S., Aliyan, S.A., Purwanto, M.S., Widodo, A., Hilyah, A., Fajar, M.H.M., et al. (2021), “Identification of underground river with microtremor method in Dersono karst area , Pacitan”, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Vol. 649, doi: 10.1088/1755-1315/649/1/012001.
- Chemistra, P., Bahri, A.S., Utama, W. and Widodo, A. (2018), “Characterization of microtremor for the identification of subsurface rivers at Kedung Banteng, Pacitan, Indonesia”, *EAGE-HAGI 1st Asia Pacific Meeting on Near Surface Geoscience and Engineering*, doi: 10.3997/2214-4609.201800395.
- Donghui, L., Fuping, G., Wei, Z. and Kai, H. (2020), “Study of Effectiveness of The Microtremor HVSR Method in Detecting Underground River Pipelines and Caves in Karst Areas”, *Carsologica Sinica*, Vol. 39 No. 1, pp. 95–100.
- Havskov, J., Bormann, P. and Schweitzer, J. (2011), “GFZ Information Sheet IS 11.1. Topic: Seismic Source Location. In GFZ Informastion Sheet IS 11.1.”, doi: 10.2312/GFZ.
- Kurnia, V.A. and Maryanto, S. (2015), “Penentuan Hiposenter dan Episenter Data Seismik di Daerah Hidrotermal Blawan Komplek Gunung Ijen Jawa Timur Dengan Analisis Particle Motion”, *Brawijaya Physics Student Journal*, Vol. 2 No. 1.
- Nugroho, J., Zid, M. and Miarsyah, M. (2020), “Potensi sumber air dan kearifan masyarakat dalam menghadapi risiko kekeringan di wilayah karst ( Kabupaten Gunung Kidul , Provinsi Yogyakarta )”, Vol. 4 No. 1, pp. 438–447.

- 
- Nurhanafi, K., Wibowo, B.N. and Sumardi, Y. (2015), “Karakteristik Mikrotremor di Permukaan Sungai Bawah Tanah Bribin, Kawasan Karst Gunung Sewu, Berdasarkan Analisis Spektrum, Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSr) dan Time Frequency Analysis (TFA)”, *Jurnal Ilmu Fisika Dan Terapannya (Jurdik Fisika UNY)*, Vol. 5 No. 2, pp. 107–115.
- Rezaei, S. and Choobbasti, A.J. (2017), “Application of the microtremor measurements to a site effect study”, *Earthquake Science*, Seismological Society of China, Vol. 30 No. 3, pp. 157–164, doi: 10.1007/s11589-017-0187-2.
- Tian, B., Xu, P., Ling, S., Du, J. and Xu, X. (2020), “Application effectiveness of the microtremor survey method in the exploration of geothermal resources”, *Journal of Geophysics and Engineering*, IOP Publishing, Vol. 14 No. 5, pp. 1283–1289, doi: 10.1088/1742-2140/aa7f4e.
- Wiranata, F.E., Prabowo, U.N. and Anggoro, P.W. (2020), “Analisis Kerentanan Longsor pada Lereng Berbasis Grafik Particle Motion”, *Inaque: Journal of Industrial and Quality Engineering*, Vol. 8 No. 1, doi: 10.34010/iqe.v8i1.2717.