

## STUDI MIKROTREMOR DENGAN METODE HVSR DI DISTRIK HERAM, KOTA JAYAPURA

**Steven Y.Y. Mantiri<sup>1</sup>**

Program Studi Teknik Geofisika, FMIPA Universitas Cenderawasih, Jayapura.

### ABSTRACT

A study about microtremor was developed for Heram District, Jayapura City. This research was purposed to determine predominant frequency, predominant period and amplification of ground motion values based on microtremor recording. Direct measurement in field method was used for this research by using microtremor equipment. Microtremor signal recording was analysed by using HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) method.

Microtremor analysis with HVSR method can use to determine ground layer characteristic. The result shows that predominant frequency, predominant period and amplification of ground motion values have variation at every measuring point. The lowest ground predominant period value is 0,0792 s, it means have higher predominant frequency value is 12,6325 Hz at measuring point IX (JPR 50) was located in around of church GPdI Ekklesia Padang Bulan, Hedam Village. The higher ground predominant periode value is 1,5725 s, it means have lowest predominant frequency value about 0,63594 Hz, at measuring point VII (JPR 48) was located in boarder of Yoka Village (Jayapura City) and Puai Village (Jayapura Regency). The higher ground motion amplification factor value is 2,46712 at measuring point VII (JPR 48) was located in boarder of Yoka Village (Jayapura City) and Puai Village (Jayapura Regency). The lowest amplification value is 1,33306 at measuring point IV (JPR 45) was located in around of Beautiful Pemda Housing, Waena Village.

**Key words** : Microtremor, HVSR, frequency, periode, amplification, Hedam District

### PENDAHULUAN

Kota Jayapura merupakan ibukota Provinsi Papua yang terletak di daerah paling timur wilayah Indonesia. Kota Jayapura terdiri atas 5 distrik yaitu Jayapura Utara, Jayapura Selatan, Abepura, Heram dan Muara Tami. Kota Jayapura termasuk kategori kota yang sedang berkembang, dimana Pemerintah Kota masih terus mengembangkan dan membangun infrastruktur untuk mendukung proses kehidupan yang berlangsung di kota tersebut. Distrik Heram merupakan salah satu distrik di Kota Jayapura yang terletak di sebelah barat dan berbatasan langsung dengan Kabupaten Jayapura dan Danau Sentani. Perkembangan infrastruktur di distrik ini lebih dominan dibandingkan dengan perkem-

angunan di distrik-distrik lain di Kota Jayapura, karena pusat pendidikan Kota Jayapura terletak di distrik ini.

Dalam hal seismisitas, wilayah Kota Jayapura seirama dan dipengaruhi kuat oleh sistem tatanan tektonik regional yang cukup kompleks terjadi atas wilayah Papua dan Papua Barat. Tatanan tektonik yang kompleks menyebabkan wilayah Papua dan Papua Barat terjadi banyak patahan, lipatan, dan pegunungan dan banyak digoncang gempa bumi. Kondisi ini berdampak dan menyebabkan wilayah Jayapura rawan dan telah dilanda oleh gempa bumi dengan skala magnitude yang relatif besar. Kualitas suatu bangunan dan infrastruktur lain akan teruji apabila terjadi guncangan luar seperti angin ekstrim dan gempa bumi.

Mikrotremor merupakan vibrasi lemah di permukaan bumi yang berlangsung terus menerus akibat adanya sumber getar seperti aktivitas manusia, industri, lalu lintas dan aktivitas alami lainnya. Metode *Horizontal to*

---

\*Alamat korespondensi :

Kampus Uncen Waena, Jurusan Fisika, Program Studi Teknik Geofisika, Jayapura.  
e-mail: [steven\\_fisuncen@yahoo.com](mailto:steven_fisuncen@yahoo.com)

*Vertical Spectral Ratio* (HVSr) merupakan metode membandingkan spektrum komponen horizontal terhadap komponen vertikal dari gelombang mikrotremor. Metode ini cukup sederhana dan handal dalam penggunaannya untuk menentukan karakteristik dinamik lapisan tanah permukaan yaitu frekuensi dan periode alami tanah suatu lokasi. Menurut Kanai (1966) bila periode alami tanah sama dengan periode gempa bumi maka akan terjadi resonansi sehingga terjadi amplifikasi (perbesaran) getaran maksimum. Kondisi ini akan memberikan dampak yang maksimum akibat gempa bumi tersebut yaitu percepatan getaran tanah pada permukaan akan menjadi maksimum. Jika percepatan tanah menjadi maksimum maka ukuran intensitas gempa bumi yaitu ukuran visual kerusakan akibat gempa bumi akan maksimum (Wald *et al*, 1999). Dalam kaitannya antara seismisitas terhadap kualitas bangunan dan infrastruktur lain di Distrik Heram, maka perlu dilakukan suatu kajian tentang HVSr mikrotremor di wilayah ini. Kajian ini bertujuan untuk menentukan nilai frekuensi dominan, periode dominan tanah dan amplifikasi getaran tanah berdasarkan rekaman mikrotremor.

## Tinjauan Pustaka

### 1. Mikrotremor

Mikrotremor merupakan getaran tanah yang sangat kecil dan terus menerus yang bersumber dari berbagai macam getaran seperti lalu lintas, angin, aktivitas manusia dan lain-lain (Kanai, 1983). Sumber lainnya yang bersifat alami seperti interaksi angin-bangunan, arus laut dan gelombang laut. Mikrotremor didasarkan pada perekaman *ambient noise* (getaran lingkungan) untuk menentukan parameter dinamika (*damping ratio* dan frekuensi natural) dan fungsi perpindahan (frekuensi dan amplifikasi) bangunan (Nakamura, 2000). Beberapa teknik yang banyak digunakan untuk menganalisa data vibrasi, salah satunya adalah *Single Station Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio on noise* (NHVSr) yang kemudian dikembangkan oleh Lermo dan Chavez Garcia (1993).

### 2. Metode *Horizontal to Vertical Spectral Ratio* (HVSr)

Metode *Horizontal to Vertical Spectral Ratio* (HVSr) merupakan metode membandingkan spektrum komponen horizontal terhadap komponen vertikal dari gelombang mikrotremor.

Nakamura (1989) menyatakan bahwa perbandingan spektrum H/V sebagai fungsi frekuensi berhubungan erat dengan fungsi *site transfer* untuk gelombang S. Perbandingan H/V pada mikrotremor adalah perbandingan kedua komponen yang secara teoritis menghasilkan suatu nilai. Periode dominan suatu lokasi secara dasar dapat diperkirakan dari periode puncak perbandingan H/V mikrotremor. Nakamura (1989) mencoba memisahkan efek sumber gelombang dengan efek geologi dengan cara menormalisir spectrum komponen horizontal dengan komponen vertikal. Nakamura (1989) dan Nakamura (2000) menunjukkan bahwa rasio antara komponen horizontal dan vertikal rekaman *ambient noise* terkait erat dengan frekuensi fundamental tanah dan dari sini diperoleh faktor amplifikasi. Nakamura (1989) mengasumsikan bahwa hanya data mikrotremor horizontal saja yang terpengaruh oleh lapisan tanah permukaan dan bahwa karakteristik spektrum sumber tetap terdapat di komponen vertikal sama juga seperti di komponen horizontal. *Site Effect* ( $S_E$ ) karena geologi permukaan biasanya digambarkan dengan Rasio Spektrum (*Spectral Ratio* =  $S_R$ ) antara komponen horizontal rekaman gelombang seismik di permukaan lapisan tanah permukaan ( $H_S$ ) dengan komponen horizontal rekaman gelombang seismik di *bedrock* ( $H_B$ )

$$S_R = \frac{H_S}{H_B} \quad (1)$$

Nakamura (1989) mengasumsikan bahwa untuk rentang frekuensi lebar (0.2-20 Hz), rasio spektral antara komponen horizontal ( $H_S$ ) dan vertikal ( $H_B$ ) di lapisan batuan dasar mendekati satu. Pada kondisi seperti ini, rasio spektral antara komponen horizontal dan vertikal dari *noise* latar belakang yang terrekam di lapisan tanah permukaan memungkinkan efek gelombang Rayleigh ( $E_{RW}$ ) untuk di eliminasi, menyisakan hanya efek yang disebabkan oleh struktur geologi setempat.

### 3. Transformasi Fourier

Data yang terekam dalam seismogram masih dalam kawasan waktu. Pengolahan data untuk analisis mengharuskan data dalam kawasan frekuensi sehingga perlu dilakukan transformasi Fourier untuk mengubah data menjadi kawasan frekuensi. Pada dasarnya transformasi Fourier dari suatu gelombang adalah membagi gelombang menjadi jumlahan

beberapa gelombang sinusoidal dengan frekuensi yang berbeda. Secara matematis transformasi Fourier dinyatakan dalam :

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \cos(t) dt - i \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \sin(t) dt \quad (2)$$

dengan  $F(\omega)$  adalah transformasi dari  $f(t)$  yang masih berada dalam kawasan waktu. Perluasan transformasi Fourier dalam komputasi digital adalah *Fast Fourier Transform* (FFT), yang mampu melakukan perhitungan transformasi Fourier dengan cepat. Salah satu algoritma FFT adalah algoritma Cooley – Tukey yaitu memecah transformasi digital Fourier menjadi bagian-bagian kecil (Cooley dan Tukey, 1965).

#### 4. Smoothing Data

*Smoothing* data atau penghalusan data adalah proses memperhalus pola data dengan meminimalisasi efek *aliasing* sehingga hasil *smoothing* tidak berbeda dengan data sebelum di *smoothing*. Penghalusan data didasarkan pada persamaan Kono dan Ohmachi (1998):

$$N(f; f_0) = \left[ \frac{\sin \left( \log \left( \frac{f}{f_0} \right)^b \right)}{\left( \log \left( \frac{f}{f_0} \right) \right)^b} \right]^4 \quad (3)$$

dengan  $f$  adalah frekuensi (Hz),  $f_0$  adalah frekuensi pusat dilakukannya penghalusan data dan  $b$  adalah koefisien *bandwidth*. Koefisien *bandwidth* merupakan faktor penambahan yang mengontrol penghalusan data. Nilai  $b$  yang kecil akan menghasilkan penghalusan data yang signifikan, sedangkan nilai  $b$  yang besar akan menghasilkan penghalusan data yang lebih rendah. Nilai  $b$  yang direkomendasikan adalah 40.

#### 5. Periode Dominan Tanah

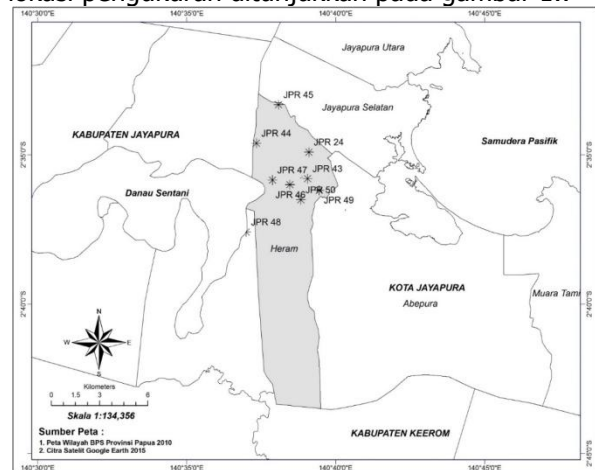
Analisis HVSR pada spektrum mikrotremor akan memberikan frekuensi dominan tanah. Nilai periode dominan tanah di tempat itu dihitung berdasarkan hubungan formula dalam Young dan Freedman (2008) yaitu :

$$T = \frac{1}{f} \quad (4)$$

dengan  $T$  adalah periode (s), dan  $f$  adalah frekuensi (Hz).

## METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah metode pengukuran langsung di lapangan dengan menggunakan alat perekam mikrotremor. Karakteristik dinamik lapisan tanah permukaan ditentukan berdasarkan analisis rekaman sinyal mikrotremor dengan menggunakan metode HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*). Titik-titik lokasi pengukuran ditunjukkan pada gambar 1..



Gambar 1. Titik lokasi penelitian

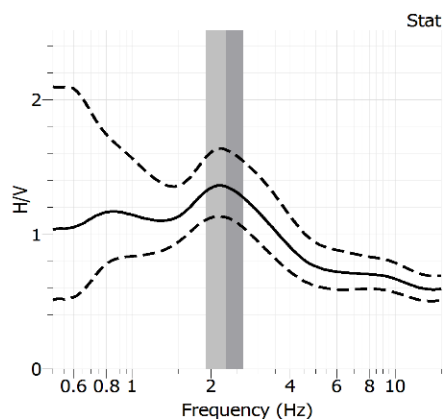
Pengambilan data mikrotremor mengacu pada aturan yang ditetapkan oleh *SESAME European Research Project* (2004). Durasi pengukuran pada masing-masing titik yaitu selama 20-30 menit pada interval sampling 100 Hz. Pengolahan data mikrotremor dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu: *windowing*, *Fast Fourier Transform* (FFT), *smoothing* data, penggabungan komponen horizontal dan vertikal H/V, perhitungan rata-rata nilai HVSR. Proses HVSR menghasilkan nilai frekuensi dominan. Nilai periode dominan ditentukan berdasarkan nilai frekuensi dominan tanah yang diperoleh.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

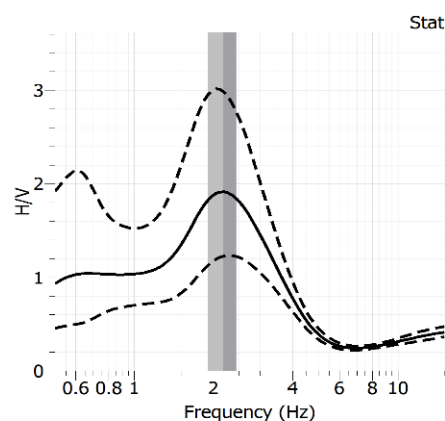
Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai frekuensi dominan, periode dominan dan amplifikasi getaran tanah bervariasi pada setiap titik pengukuran. Kurva HVSR setiap titik pengukuran ditunjukkan pada gambar 2.

Titik pengukuran I (JPR 24) berlokasi di Halaman Gedung Fisika UNCEN, Kelurahan Yabansai terukur frekuensi dominan yaitu

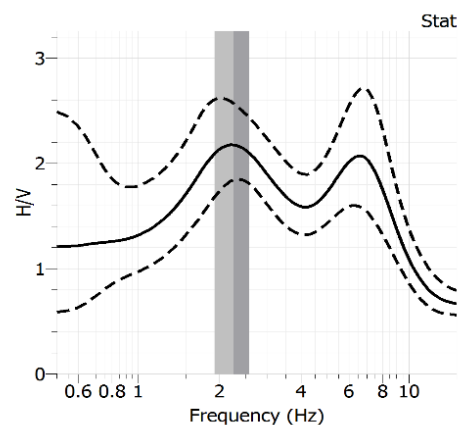
2,19052 Hz, periode dominan bernilai 0,4565 s dan amplifikasi getaran tanah yaitu 1,36278. Titik pengukuran II (JPR 43) berlokasi di lapangan bola kompleks mesjid Perumnas IV Padang Bulan, Kelurahan Hedam terukur frekuensi dominan yaitu 2,19052 Hz, periode dominan bernilai 0,4565 s dan amplifikasi getaran tanah yaitu 1,89211. Titik pengukuran III (JPR 44) berlokasi di kompleks lapangan Bumi Perkemahan (BUPER), Kelurahan Waena terukur frekuensi dominan yaitu 2,19052 Hz, periode dominan bernilai 0,4565 s dan amplifikasi getaran tanah yaitu 2,17715. Titik pengukuran IV (JPR 45) berlokasi di kompleks Perumahan Pemda Permai, Kelurahan Waena terukur frekuensi dominan yaitu 9,27268 Hz, periode dominan bernilai 0,1078 s dan amplifikasi getaran tanah yaitu 1,33306. Nilai amplifikasi pada titik ini merupakan nilai terendah. Titik pengukuran V (JPR 46) berlokasi di kompleks Perumahan Korem 172, Kelurahan Yabansai terukur frekuensi dominan yaitu 6,80647 Hz, periode dominan bernilai 0,1469 s dan amplifikasi getaran tanah yaitu 1,81397. Titik pengukuran VI (JPR 47) berlokasi di perbatasan Kota Jayapura dan Kabupaten Jayapura, Kelurahan Waena terukur frekuensi dominan yaitu 0,86636 Hz, periode dominan bernilai 1,1543 s dan amplifikasi getaran tanah yaitu 2,28486. Titik pengukuran VII (JPR 48) berlokasi di perbatasan Kelurahan Yoka (Kota Jayapura) dan Kampung Puai (Kabupaten Jayapura) terukur frekuensi dominan yaitu 0,63594 Hz, periode dominan bernilai 1,5725 s dan amplifikasi getaran tanah yaitu 2,46712. Nilai frekuensi dominan tanah pada titik pengukuran ini merupakan nilai terendah. Nilai periode dominan dan amplifikasi getaran tanah di titik ini merupakan nilai tertinggi. Titik pengukuran VIII (JPR 49) berlokasi di kompleks Perumahan Dosen USTJ Padang Bulan, Kelurahan Hedam terukur frekuensi dominan yaitu 3,19648 Hz, periode dominan bernilai 0,3128 s dan amplifikasi getaran tanah yaitu 2,09995. Titik pengukuran IX (JPR 50) berlokasi di kompleks Gereja GPDI Ekklesia Padang Bulan, Kelurahan Hedam terukur frekuensi dominan yaitu 12,6325 Hz, periode dominan bernilai 0,0792 s dan amplifikasi getaran tanah yaitu 1,51532. Nilai frekuensi dominan pada titik ini merupakan nilai tertinggi. Nilai periode dominan pada titik ini merupakan nilai terendah.



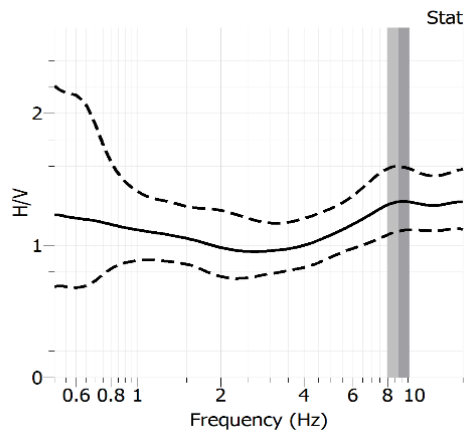
(a) JPR 24



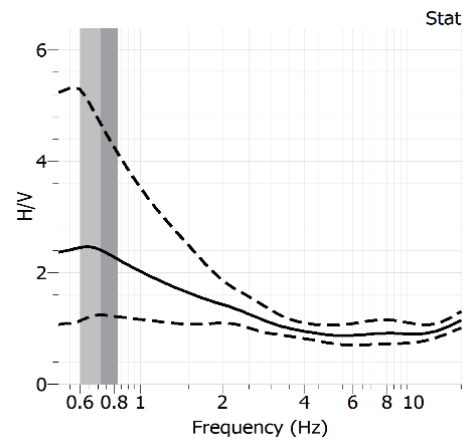
(b) JPR 43



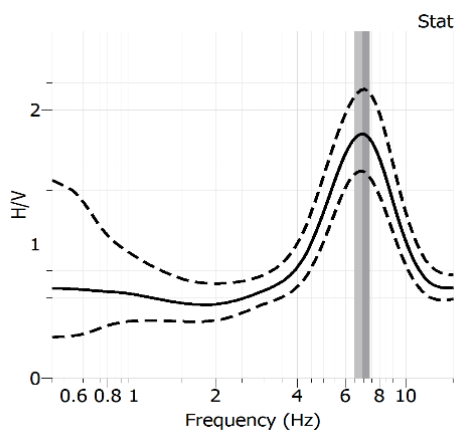
(c) JPR 44



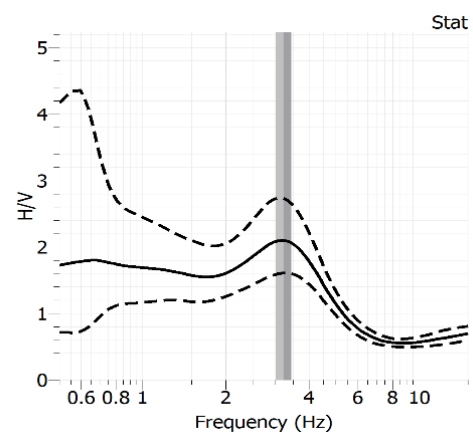
(d) JPR 45



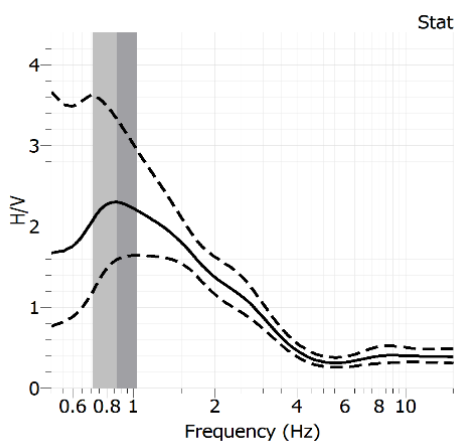
(g) JPR 48



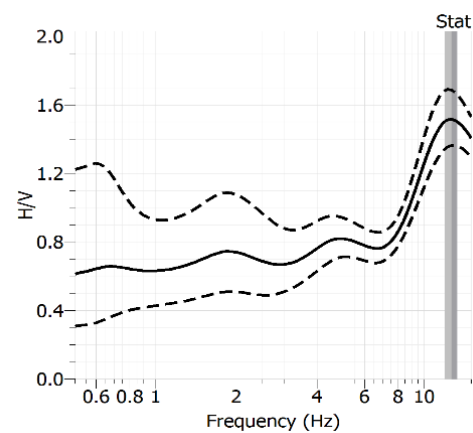
(e) JPR 46



(h) JPR 49



(f) JPR 47

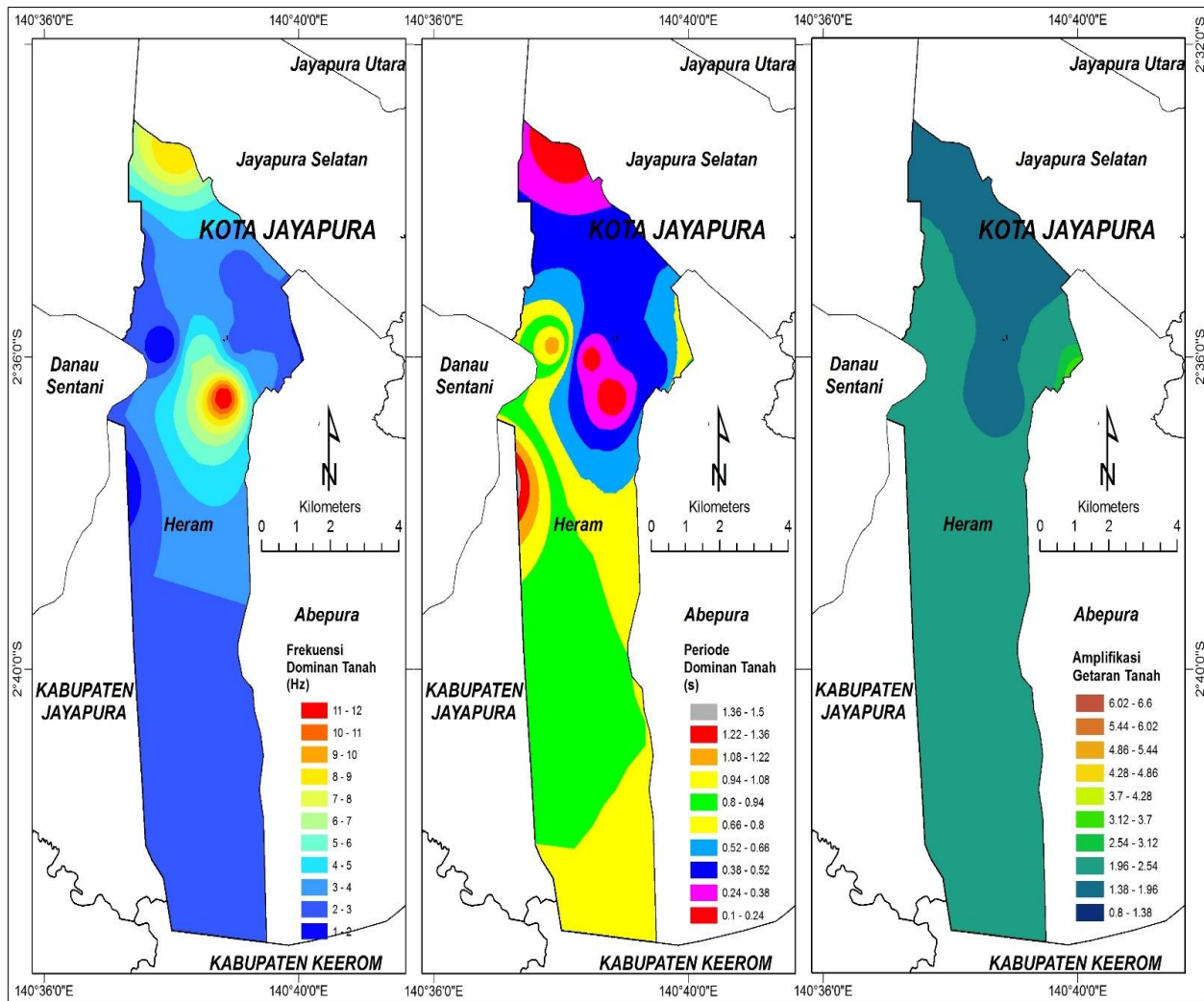


(i) JPR 50

**Gambar 2.** (a), (b), (c), (d), (e), (f), (g), (h) dan (i) adalah gambar Spektrum frekuensi dominan tanah terhadap H/V untuk setiap titik pengukuran

Distribusi perkiraan nilai frekuensi dominan, periode dominan dan amplifikasi getaran tanah ditampilkan pada kontur garis nilai yang ditunjukkan pada gambar 3. Nilai periode dominan tanah terendah, yang berarti memiliki nilai frekuensi dominan tertinggi, pada titik pengukuran ke IX (JPR 50) dengan nilai 0,0792 s menunjukkan bahwa daerah ini diperkirakan lebih rawan terhadap guncangan getaran gempa bumi dibandingkan dengan daerah lain di Distrik Heram. Nilai faktor amplifikasi getaran tanah

tertinggi pada titik pengukuran VII (JPR 48) dengan nilai 2,46712 menunjukkan bahwa daerah ini diperkirakan lebih rawan terjadi perbesaran getaran gempa bumi dibandingkan dengan daerah lain di Distrik Heram. Nilai faktor amplifikasi getaran tanah terendah pada titik pengukuran IV (JPR 45) menunjukkan bahwa daerah ini diperkirakan lebih stabil dibandingkan dengan daerah lain di Distrik Heram jika terjadi guncangan gempa bumi.



**Gambar 3.** Peta distribusi nilai frekuensi dominan (Hz), periode dominan (s), dan amplifikasi getaran tanah untuk Distrik Heram

## KESIMPULAN

Studi tentang mikrotremor dengan metode HVSr (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*) dikembangkan untuk Distrik Heram, Kota Jayapura. Beberapa kesimpulan pada penelitian ini yaitu:

1. Nilai periode dominan tanah terendah dengan nilai 0,0792 s, yang berarti memiliki nilai frekuensi dominan tertinggi sebesar 12,6325 Hz, pada titik pengukuran ke IX (JPR 50) berlokasi di kompleks Gereja GPdI Ekklesia Padang Bulan, Kelurahan Hedam dan nilai periode dominan tanah tertinggi dengan nilai 1,5725 s, yang berarti memiliki nilai frekuensi dominan terendah sebesar 0,63594 Hz, pada titik pengukuran VII (JPR 48) berlokasi di perbatasan Kelurahan Yoka (Kota Jayapura) dan Kampung Puai (Kabupaten Jayapura).
2. Nilai faktor amplifikasi getaran tanah tertinggi dengan nilai 2,46712 pada titik pengukuran VII (JPR 48) berlokasi di perbatasan Kelurahan Yoka (Kota Jayapura) dan Kampung Puai (Kabupaten Jayapura). Nilai amplifikasi terendah yaitu 1,33306 pada titik pengukuran IV (JPR 45) berlokasi di kompleks Perumahan Pemda Permai, Kelurahan Waena.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Tim peneliti menyampaikan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu sehingga penelitian ini dapat terlaksana. Ucapan terima kasih disampaikan kepada:

1. Rektor UNCEN, dalam hal ini melalui pihak LPPM UNCEN Jayapura, untuk dana penelitian dari BOTPN UNCEN 2015.
2. Pihak Stasiun Geofisika Klas I Angkasapura Jayapura yang bersedia meminjamkan alat perekam mikrotremor beserta fasilitas pendukungnya.
3. Sarlina Lunga, S.Si.,M.Si. yang telah membantu pada perekaman data dan analisis lanjutan data mikrotremor.

## DAFTAR PUSTAKA

- Cooley, J.W. and Tukey, J.W., 1965. *An algorithm for the machine calculation of complex Fourier series*, Math. Comput. **19**, pp. 297–301.
- Kanai, K., 1966. *Improved Empirical Formula for Characteristics of Stray Earthquake Motion*, Prociding Japan Earthquake Symposium, pp.1 – 4 (in Japanese).
- Kanai, K., 1983. *Engineering seismology*, University of Tokyo Press, Tokyo, Japan, 251. Katz, L.J. 1976, *Microtremor analysis of local geological conditions*, Bulletin of the Seismological Society of America, 66, pp. 45-60.
- Konno, K., and Ohmachi, T., 1998. *Ground-Motion Characteristics Estimated from Spectral Ratio between Horizontal and Vertical Components of Microtremor*, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol 88, No. 1, pp. 228 – 241.
- Lermo, J., and Chavez-Garcia, F.J., 1993. *Site Effect Evaluation Using Spectral Ratios with Only One Station*, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol 83, No. 5, pp. 1574 – 1594.
- Nakamura, Y., 1989. *A Method for Dynamic Characteristics Estimation of Subsurface Using Microtremor on the Ground Surface*. Quarterly Report of RTRI, vol. 30, No. 1, Page No. 25 to 33.
- Nakamura, Y., 2000. *Clear Identification of Fundamental Idea of Nakamura's Technique and Its Applications*, 12<sup>th</sup> WCEE (World Conference on Earthquake Engineering), Auckland, New Zealand.
- SESAME, 2004. *Guidelines for the Implementation of the H/V Spectral Ratio Technique on Ambient Vibrations - Measurements, Processing and Interpretation*, SESAME European research project, European Commission – Research General Directorate.
- Wald, D.J., Quitoriano, V., Heaton, T.H., Kanamori, H., 1999. *Relationships between Peak Ground Acceleration, Peak Ground Velocity, and Modified Mercalli Intensity in California*, Earthquake Spectra, Volume 15, No. 3, pp, 557 – 564.
- Young, H.D. and Freedman, R.A., 2008. *Sears and Zemansky's university physics: with modern physics*, 12<sup>th</sup> edition, page: 487-491, Pearson Education, Inc., San Fransisco.