

# PEMETAAN WILAYAH RAWAN BENCANA BERDASARKAN DATA IKROSEISMIK MENGGUNAKAN TDS ( *Time Digital Seismograph* ) Tipe 303 S

( Studi Kasus : Kampus I UIN Maulana Malik Ibrahim Malang dan Sekitarnya )

Irjan<sup>1</sup>, Ahmad Bukhori<sup>2</sup>

**Abstrak:** Telah dilakukan penelitian tentang mikrozonasi seismik di kampus I UIN Maulana Malik Ibrahim Malang dan sekitarnya. penelitian yang dilakukan oleh penulis adalah penelitian awal mikrozonasi di wilayah kampus I UIN Maulana Malik Ibrahim Malang dan sekitarnya untuk mengetahui spektral rasio H/V(horizontal vertikal) sehingga dapat diketahui tingkat kerawanan kerusakan akibat gempa bumi yang dapat digunakan dalam mitigasi bencana alam, terutama gempa bumi. Mikrotremor merupakan vibrasi lemah di permukaan bumi yang berlangsung terus menerus akibat adanya sumber getar seperti aktivitas manusia, industri dan lalu lintas. Sumber-sumber lain seperti interaksi angin, bangunan, arus laut dan gelombang laut periode panjang juga merupakan sumber mikrotremor. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode HVSR (*Horizontal Vertical Spectral Ratio*) atau A dengan merekam *ambient noise* atau getaran alami yang timbul dari alam di kampus I UIN Maulana Malik Ibrahim Malang dan sekitarnya akibat gempa bumi. Hal ini akan berguna untuk melihat karakteristik lapisan sedimen seperti frekuensi dominan ( $f_0$ ) sehingga efek geologi dan topografi dapat dikurangi ketika bencana terjadi. Berdasarkan hasil yang diperoleh dari penelitian, antara  $f_0$  dan A memperlihatkan bahwa potensi kerusakan akibat gempa bumi adalah cukup rendah. Hal ini bersesuaian dengan nilai indeks kerentanan seismik ( $K_g$ ) yang berkisar antara 0,055 hingga 2,856. Dari analisis ketiga parameter ditemukan potensi yang tinggi di sekitar wilayah titik 5 dan 4 yang memiliki nilai indeks kerentanan seismik ( $K_g$ ) sebesar 31,205 dan 76,097.

**Kata Kunci :** Mikrotremor, Mikrozonasi Seismik, Metode HVSR.

## PENDAHULUAN

Indonesia seperti telah diketahui secara umum merupakan suatu negara yang berpotensi untuk terkena bencana. Bencana yang timbul bisa berupa bencana alam ataupun bencana sosial.

Interaksi antara tiga lempeng tektonik besar dunia yaitu lempeng Eurasia, lempeng Indo-Australia dan lempeng Pasifik menyebabkan Indonesia menjadi negara yang memiliki tingkat kerawanan gempa bumi yang sangat tinggi.

Banyak kasus gempa bumi menunjukkan bahwa tingkat kerusakan yang ditimbulkan suatu gempa bumi sangat bergantung pada kondisi topografi dan geologi permukaan. Salah satu metode yang digunakan untuk pemetaan daerah rawan kerusakan akibat gempa bumi (seismic microzonation) adalah metode yang memanfaatkan survei mikrotremor untuk melihat bagaimana pengaruh adanya site effect dan soft soil terhadap bangunan di suatu daerah. Metode ini dianggap lebih murah dan mudah dilaksanakan sehingga pemetaan daerah rawan bencana dapat dengan cepat dibuat.

---

<sup>1</sup> and <sup>2</sup> Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang

Survei dapat dilakukan di daerah-daerah yang belum terkena gempa bumi maupun daerah yang baru terjadi gempa bumi. Hal ini akan berguna untuk melihat karakteristik lapisan sedimen seperti frekuensi dominan ( $f_0$ ) dan faktor amplifikasi (A) sehingga efek geologi dan topografi dapat dikurangi ketika bencana terjadi.

Survei menggunakan mikrotremor belum terlalu banyak dilakukan di Indonesia. Namun di beberapa negara seperti Jepang dan Jerman survei ini telah banyak dilakukan dan memberikan sumbangan yang cukup signifikan bagi mitigasi bencana.

Penelitian mikrotremor dilakukan oleh penulis di wilayah kampus I UIN MALIKI Malang dan sekitarnya untuk mengetahui spektral rasio H/V (horizontal vertikal) sehingga dapat diketahui tingkat kerawanan kerusakan akibat gempa bumi. Penelitian dilakukan dengan menggunakan metode Nakamura (1989) dengan merekam ambient noise atau getaran alami yang timbul dari alam. Dengan penggunaan metode ini dan dengan mempertimbangkan informasi lain yang ada dapat diketahui potensi kerusakan di wilayah kampus I UIN MALIKI Malang dan sekitarnya akibat gempa bumi.

## KAJIAN TEORI

### Mikrozonasi Seismik

Mikrozonasi seismik atau dikenal *seismic microzonation* adalah proses pembagian area yang berpotensi memiliki kerusakan akibat aktifitas seismik dan gempa bumi dengan mempertimbangkan karakteristik geologi dan geofisis dari lapisan sedimen. Mikrotremor yang juga dikenal sebagai getaran alam (*ambient vibration*) berasal dari dua sumber utama yaitu alam dan manusia.

Karakteristik yang dipertimbangkan antara lain adalah getaran tanah (*ground shaking*), kerentanan runtuh (*liquefaction susceptibility*), gerakan tanah dan lainnya. Secara umum mikrozonasi seismik dapat dikatakan sebagai proses untuk memperkirakan respon dan tingkah laku dari lapisan tanah atau sedimen terhadap adanya gempa bumi.

### Metode Nakamura atau HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*)

Metode H/V berguna untuk menunjukkan frekuensi resonansi dominan ( $f_0$ ) dan nilai puncak HVSR (A) yang merepresentasikan karakteristik dinamis lapisan sedimen. Dari hubungan keduanya dapat diketahui indeks kerentanan seismik (Kg).

Nakamura merumuskan metode ini berdasarkan tiga hipotesis utama yaitu:

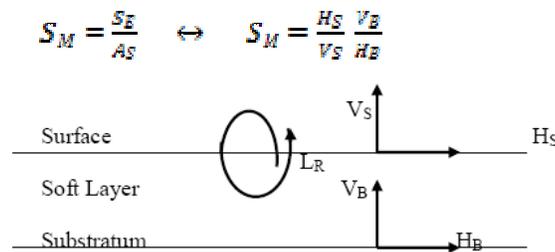
- a. *Ambient noise* atau bunyi alami ditimbulkan oleh refleksi dan refraksi gelombang *shear* dalam lapisan tanah dangkal dan oleh gelombang permukaan S.
- b. Sumber *noise* lokal tidak mempengaruhi *ambient noise* pada bagian bawah struktur yang tidak terkonsolidasi.

c. Lapisan tanah yang rapuh/*soft* tidak menguatkan komponen vertikal dari *ambient noise*.

*Ambient noise* terdiri atas gelombang permukaan yaitu gelombang Rayleigh (Lermo dan Chavez-Garcia, 1994). Fungsi transfer  $S_E$  dan  $A_S$  yang merupakan efek tapak lokal intrinsik dan efek gelombang Rayleigh tunggal dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$S_E = \frac{H_S}{H_B} \quad \text{dan} \quad A_S = \frac{V_S}{V_B}$$

Dimana H dan V adalah spektrum komponen horizontal dan vertikal dari rekaman *ambient noise* pada permukaan S atau pada *basement* B



Gambar Ilustrasi Model Nakamura

## METODE PENELITIAN

### Alat dan Bahan Penelitian

1. Laptop dengan ketentuan minimal RAM : 1 G, processor : 2,0 GHz
2. Sistem operasi *Windows XP 2*
3. Beberapa Software pendukung yaitu Datapro, Geopsy, Surfer dan photoshop
4. Seperangkat Seismometer portabel *short period* tipe TDL - 303S (3 komponen)
5. GPS (*Global Positioning System*) Portabel tipe 60 CSX merk garmin
6. ACCU
7. Kompas

Pada penelitian ini, data yang digunakan adalah data primer dari perekaman mikrotremor yang diambil untuk wilayah kampus I UIN MALIKI Malang dan sekitarnya. Data diambil untuk tiga komponen yaitu NS, EW dan komponen vertikal. Data yang diambil adalah data untuk 9 titik di dalam dan sekitar kampus I UIN MALIKI Malang dan sekitarnya. Selain itu digunakan pula data-data geologi wilayah Malang sebagai acuan

**Prosedur Penelitian**

Langkah pelaksanaan penelitian dibagi menjadi tiga bagian, yaitu akuisisi data, pengolahan data, dan interpretasi hasil penelitian. Guna tercapainya tujuan dari penelitian ini, maka sebagai pedoman/petunjuk materi dilakukan metode wawancara serta bimbingan konsultif kepada dosen pembimbing beserta staf ahli BMKG Tretes dan diambilkan referensi dari buku-buku baik di perpustakaan Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang maupun di BMKG Tretes.

1. Akuisisi Data



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Survei mikrotremor yang dilakukan mengacu kepada aturan-aturan yang ditetapkan oleh SESAME European Research Project (SESAME, 2004). Pengambilan data terbagi atas dua tahap yaitu penentuan titik-titik pengambilan data dan pelaksanaan akuisisi data. Penentuan titik hanya didasarkan pada kemudahan melakukan perekaman mikrotremor. Selain itu, jarak antar titik ditentukan sebesar 200 m dari titik awal Untuk kemudahan pemetaan. Dari survei penentuan titik didapatkan 9 titik yang akan dijadikan tempat pengambilan data. Titik acuan yang digunakan adalah titik 0. Koordinat titik ini adalah 7,94950° LS dan 112,60723°.

Table 1. Rekomendasi Waktu Perekaman

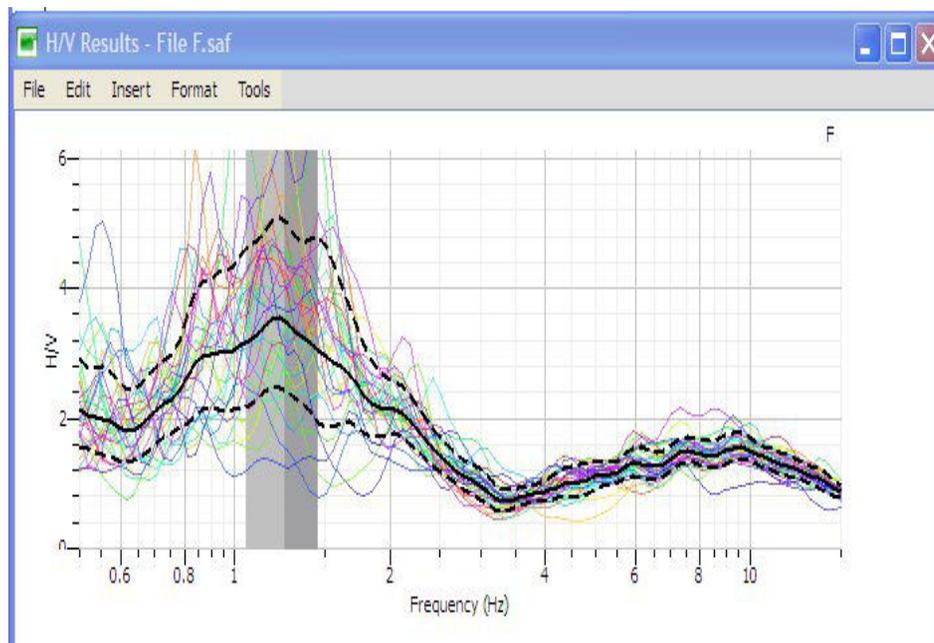
$f_0$ [Hz]	Minimum value for $t_w$ [s]	Minimum number of significant cycles ( $n_c$ )	Minimum number of windows	Minimum useful signal duration [s]	Recommended minimum record duration [min]
0.2	50	200	10	1000	30'
0.5	20	200	10	400	20'
1	10	200	10	200	10'
2	5	200	10	100	5'
5	5	200	10	40	3'
10	5	200	10	20	2'

2. Pengolahan Data

Data hasil pengukuran lapangan merupakan mentah (*raw data*) data getaran tanah dalam fungsi waktu. Data tersusun atas tiga komponen, yaitu komponen vertikal (*up*

and down), horizontal (*North-South*), dan horizontal (*East-West*). Data yang didapatkan ini tidak dapat langsung diproses karena masih berformat *hexadecimal*. Data tersebut diolah terlebih dahulu menggunakan software DATAPRO untuk mengubah format menjadi ASCII. Format ASCII juga belum dapat diolah langsung melainkan harus diubah ke dalam format SAF (Sesame ASCII Format). Format SAF dibuat dengan merujuk pada standar SESAME yang ada pada manual SESAME HV *manual guide* (2004). Data dalam format SAF kemudian diolah dengan menggunakan software GEOPSY. Untuk data yang cukup besar dapat dilakukan pemilahan *window* secara otomatis.

Pendeteksian sinyal *transient* adalah dengan membandingkan *short term average* (STA) dan *long term average* (LTA) dan juga menggunakan logaritma *anti triggering*. STA merupakan nilai rata-rata amplitude jangka pendek (0.5-2.0 detik), sedangkan LTA merupakan nilai rata-rata amplitude jangka panjang (>10 detik). Ketika perbandingan STA/LTA melebihi ambang batas yang sudah ditentukan, maka dapat disebut sebagai "event".



Gambar 2. Rasio H/V

### 3. Interpretasi Data

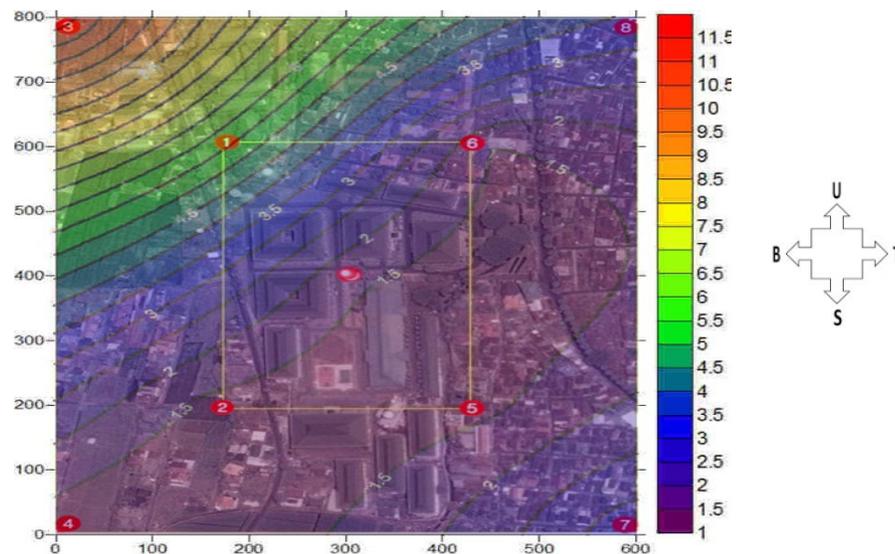
Nilai rasio spektrum H/V(HVSR) yang didapatkan akan digunakan untuk membuat peta kontur yang menunjukkan nilai puncak HVSR dan juga frekuensi dominan ( $f_0$ ). Nilai ini akan dibandingkan dengan hasil terdahulu dan juga standar SESAME untuk mengetahui tingkat bahaya kerusakan akibat gempa bumi yang terjadi. Data geologi tidak terlalu diperhatikan dalam penelitian ini dikarenakan studi geologi untuk wilayah penelitian belum dilakukan untuk tingkat yang detail.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Penelitian

Titik pengukuran	Frekuensi dominan $f_0$ (Hz)	Rasio spektrum HVSR (A)	Indeks kerentanan seismik (Kg)
0	1,664	2,18	2,856
1	5,933	4,016	2,718
2	1,401	4,806	16,486
3	11,395	0,796	0,055
4	1,18	9,476	76,097
5	1,401	6,612	31,205
6	1,501	4,363	12,682
7	3,424	2,357	16,225
8	3,424	1,691	0,835

### Nilai Frekuensi Dominan ( $f_0$ )

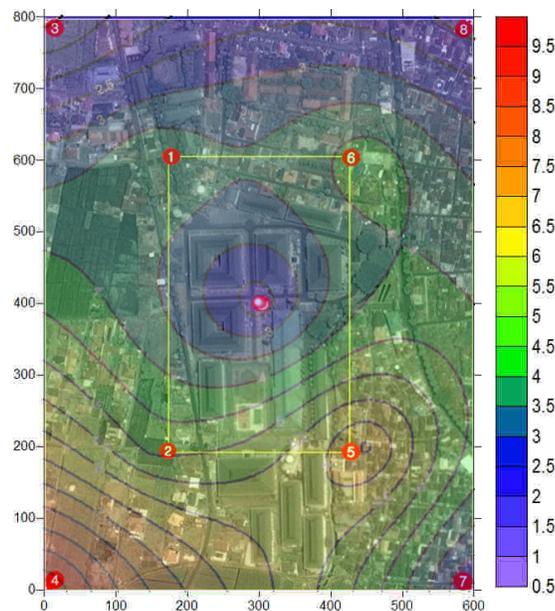


Gambar 3. Peta Frekuensi Dominan pada Kampus I UIN MALIKI

Dari analisis spektrum H/V pada wilayah penelitian diketahui bahwa rata rata wilayah kampus I UIN memiliki nilai frekuensi dominan yang rendah. Nilai  $f_0$  tinggi

ditemui pada bagian barat laut pada titik 3. Sedangkan wilayah yang membentang dari barat daya hingga ke tenggara memiliki nilai frekuensi dominan yang relatif lebih rendah. Nilai  $f_0$  terendah ditemukan pada titik 2, 4 dan 5 yang merupakan daerah lapangan futsal, bagian utara gedung A, B, sport centre dan sebagian ma'had putri, bagian barat pemukiman kerto, bagian utara pemukiman sumbersari, pemukiman jl. kalijaga. Nilai  $f_0$  relatif sedikit lebih tinggi ditemukan di perpustakaan pusat, gedung fak tarbiyah, gedung saintek, pasca sarjana, microteaching, fak humaniora dan budaya, pemukiman bagian utara kerto. Sedangkan daerah yang lebih tinggi ditemukan di kompleks ma'had putra, masjid tarbiyah, kompleks perumahan gajayana, sebagian pemukiman jl. joyo utomo.

### Distribusi Nilai Puncak Rasio Spektrum HVSR



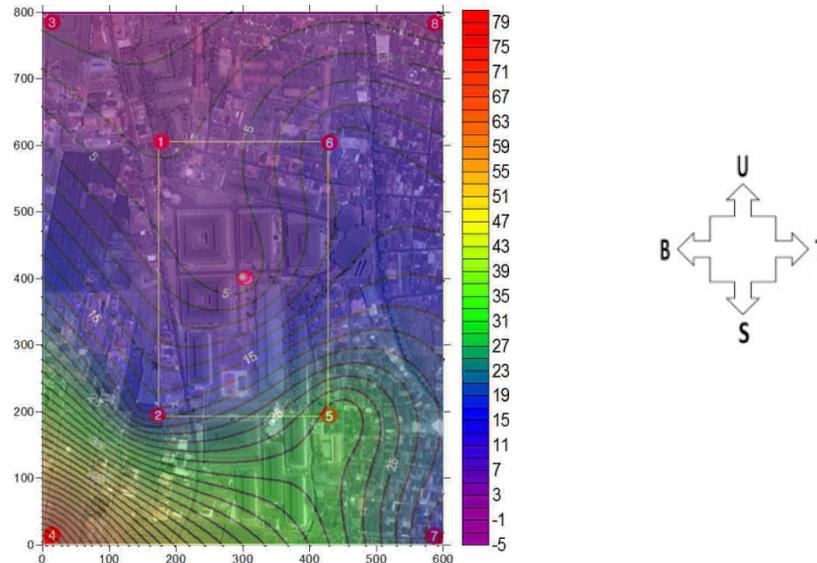
Gambar 4. Peta Distribusi Nilai Puncak HVSR pada Kampus I UIN MALIKI

Nilai puncak rasio pada wilayah penelitian berkisar antara 0,796 hingga 9,476 yang berarti memiliki nilai yang cukup tinggi. Hampir seluruh wilayah penelitian memiliki nilai A yang berkisar antara 2 – 4, hanya pada wilayah pemukiman sumbersari bagian barat dan pemukiman jl. Sunan kalikjaga yang memiliki nilai faktor Amplifikasi atau puncak HVSR yang tinggi.

Daerah yang relatif memiliki tingkat bahaya lebih tinggi ditemukan pada titik 6, 5 dan titik 4 yang merupakan daerah Jl. Sunan ampel, sumbersari, pemukiman jl. Sunan kali jaga. Pada daerah ini nilai frekuensi dominan rendah sedangkan amplifikasi atau puncak HVSR bernilai diatas 4. Hal ini menunjukkan bahwa jika pada kawasan tersebut pembangunan gedung atau infrastruktur lainnya tidak memperhatikan standar tahan gempabumi maka tingkat kerusakan yang terjadi saat gempabumi akan semakin tinggi.

### Indeks Kerentanan Seismik (Kg)

Indeks kerentanan seismik (Kg) merupakan indeks yang menunjukkan tingkat kerentanan suatu lapisan tanah mengalami deformasi. Oleh karenanya indeks ini berguna untuk pendeteksian daerah yang merupakan zona lemah (*unconsolidated sediment*) pada saat terjadinya gempa bumi. Beberapa penelitian seperti Daryono (2009) dan Nakamura (2000) menunjukkan adanya korelasi yang baik antara indeks kerentanan seismik (Kg) dan distribusi kerusakan akibat bencana Gempabumi.



Gambar 5. Peta Indeks Kerentanan Seismik pada Kampus I UIN MALIKI

Jika kita perhatikan, dari peta kontur indeks kerentanan seismik (Kg) pada Gambar diatas dan hasil analisis frekuensi dominan dan nilai puncak HVSr terlihat bahwa daerah pemukiman sumpersari bagian barat, ma'had putri dan sekitar jl. Sunan kalijaga merupakan daerah yang memiliki frekuensi dominan rendah, nilai amplifikasi yang cukup tinggi serta nilai indeks kerentanan seismik yang tinggi. Hal tersebut menunjukkan bahwa daerah tersebut merupakan daerah yang memiliki potensi bahaya paling tinggi dibandingkan dengan yang lain sehingga pembangunan pada daerah ini benar benar harus mengikuti standar bangunan tahan gempa.

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat diuraikan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- Nilai frekuensi dominan ( $f_0$ ) untuk wilayah kampus I UIN MALIKI dan sekitarnya adalah antara 1,18 sampai 11,395 Hz dengan rata rata berada di bawah 4 Hz. Nilai puncak HVSr atau amplifikasi berkisar antara 0,796 hingga 9,476.

- b. Dari pertimbangan antara  $f_0$  dan  $A$  memperlihatkan bahwa potensi kerusakan akibat gempa bumi adalah cukup rendah. Hal ini berkesesuaian dengan nilai indeks kerentanan seismik  $K_g$  yang berkisar antara 0,055 hingga 2,856. Dari analisis ketiga parameter ditemukan potensi kerusakan yang tinggi pada sekitar wilayah titik 5, 4 yang memiliki nilai indeks kerentanan seismik ( $K_g$ ) sebesar 31,205 dan 76,097.
- c. Gerakan tanah banyak diidentifikasi terjadi pada lereng-lereng yang cukup terjal di tepi jalan, dan juga lereng-lereng yang sangat dekat dengan rumah atau pemukiman penduduk. Secara umum, kondisi kelongsoran pasca kejadian gempa masih berpotensi untuk mengalami kelongsoran susulan jika terjadi hujan karena banyak terdapat rekahan dibagian atas lereng yang mudah terinfiltrasi air dan menurunkan kapasitas tahanan geser dari lerengnya. Dalam penelitian ini Potensi arah gerakan tanah akan mengarah seiring dengan bertambahnya nilai  $K_g$ .

## DAFTAR PUSTAKA

- Bell, F. G. 2007. *Engineering Geology Second Edition*. Oxford, Butterworth-Heinemann.
- Borcherdt, R.D. 1970. *Effects of local geology on ground motion near San Francisco Bay*, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 60, 29-61
- Bullen, K.E., 1995. *An Introduction Of the Teori Of Seismology*. Fourth Edition, Cambridge University Preess : London
- Daryono. 2009. *Efek Tapak Lokal (Local Site effect) di Graben Bantul Berdasarkan Pengukuran Mikrotremor*. International Conference Earth Science and Technology. Yogyakarta
- Elnashai, Amr and Di Sarno, Luigi. 2008. *Fundamentals of Earthquake Engineering*. West Sussex. Wiley & Sons, Ltd
- Hamilton, W, 1979. *Tectonics Of The Indonesian Region, Geophysical Survey Professional Paper*, Washington
- Harian Bakornas PB, 2007, *Pengenalan Karakteristik Bencana dan Upaya Mitigasinya di Indonesia* : Jakarta
- Ishihara, K., 1982, *Introduction to Dynamic Soil Mechanism*. London: Boulder
- Kanai, K. and Tanaka T. 1961. ‘*On Microtremor VIII*’, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, Tokyo University, Vol.39, pp.97-114

- Konno, K. and Ohmachi, T. 1998. *Ground-Motion Characteristics Estimated from Spectral Ratio between Horizontal and Vertical Components of Microtremor.*, *Bull. Seism. Soc. Am.*, Vol. 88, N. 1, 228-241
- Lermo, J. and Chavez-Garcia, F.J. 1994. “*Are microtremors useful in site response evaluation?*” *Bull. Seism. Soc. Am.*, 84, pp. 1350-1364
- McCreery. Charles S, “ *The Science of Earthquake and Tsunami* ”, Kuala Lumpur, 2 April 2007
- Mirzaouglu, Mete. 2003. *Aplication of microtremors to Seismic microzoning procedure*. The Ministry of Public Works and Settlement General Directorate of Disaster Affairs Earthquake Research Department, Ankara, TURKEY
- Motamed, R., Ghalandarzadeh, A., Tawhata, I. And Tabebei,. S.H., 2007, *Seismic Microzonation and Damage Assessment of Bam City*, Soutehen Iran, *Journal of Earthquake Enginering*, 11:110-132
- Mukhopadhyay, S., Pandey, Y., Dharmaraju, R., Chauhan, P.K.S., Singh, P. and Dev, A., 2002, *Seismic Microzonation of Delhi for Ground Shaking Site Effect*, *Journal Current Science*, Vol. 82 No. 7
- Nakamura. 1989. Nakamura, Y., 1989, *A method for dynamic characteristic estimatimtion of subsurface using microtremor on the ground surface*. Q.R. of R.T.I. 30-1, p. 25-33
- Nakamura, Y. 2008. *Clear Identification Of Fundamental Idea Of Nakamura's Technique And Its Application..* World Conference of Earthquake Engineering
- Santosa, Suwarti. 1992 . *Peta Geologi Lembar Malang, Jawa*. Pusat penelitian dan pengembangan geologi
- SESAME. 2004. *Guidelines for the Implementation of the H/V Spectral Ratio Technique on Ambient Vibrations Measurements, Processing and Interpretation*, European Commission – Research General Directorate
- Seismologi digital* BMG Tretes ; 2007
- Tuladhar, R., Cuong, N.N.H. and Yamasaki, F., 2004, *Seismic Microzonation of Hanoi, Vietnam Using Microtremor Observations*, Paper No. 2539, 13th World Conference on Earthquake Engineering, Vancouver, B.C., Canada
- Waluyo, 1990, *Diktat kuliah Seismologi UGM* , Yogyakarta : Gitanagari