

PENGUKURAN SEISMISITAS SUATU DAERAH DENGAN MENGGUNAKAN SEISMOMETER PORTABEL PS-1A

Sunarko, T. Samawin
Pusat Pengkajian Energi Nuklir

ABSTRAK

PENGUKURAN SEISMISITAS SUATU DAERAH DENGAN MENGGUNAKAN SEISMOMETER PORTABEL PS-1A. Penelitian gempa, khususnya gempa mikro dapat dilakukan dengan berbagai metoda yang melibatkan berbagai macam sistem yang mempunyai karakteristik dan derajat ketelitian yang berbeda-beda. Salah satu alat yang digunakan untuk penelitian gempa mikro adalah seismometer portabel PS-1A. Seismometer Portabel PS-1A digunakan untuk memperoleh data guna menunjang kajian seismik khususnya keadaan gempa mikro di daerah Semenanjung Muria dan sekitarnya.

ABSTRACT

SITE SEISMICITY MEASUREMENT USING PORTABLE SEISMOMETER PS-1A Seismicity analysis, in particular microseismicity can be done by various methods involving a number of different system having different characteristics and accuracy. One of the system widely used in microseismicity survey is portable seismometer PS-1A. Portable seismometer PS-1A was used to collect data to support the seismicity analysis, in particular microseismic activity, in Muria Peninsula and the surrounding area.

PENDAHULUAN

Aktifitas sesar suatu lapisan batuan yang terjadi di bawah permukaan tanah dapat menimbulkan getaran yang kemudian dikenal sebagai gempa bumi tektonik. Pada umumnya gempa bumi tektonik terjadi disepanjang zona "Benioff" yang merupakan tempat kedudukan pertemuan antara dua lempeng tektonik (plate tectonic) yang saling menunjang. Dari kejadian dan letak sumber gempa, gempa bumi dapat dibedakan atas :

1. **Gempa "Interplate".** Gempa jenis ini terjadi sebagai akibat tumbukan antara lempeng tektonik samudera dan lempeng tektonik benua di suatu zona penunjaman. Pusat gempa interplate pada umumnya lebih dangkal dari 60 km. Lokasi pusat gempa terdapat di sepanjang bidang kontak antara lempeng yang saling bertumbukan.
2. **Gempa "Intraplate".** Gempa jenis ini terjadi sebagai akibat deformasi batuan intraplate samudera di suatu zona penunjaman akibat adanya tekanan hidrostatik dari fluida yang berada dalam mantel bumi. Kedalaman pusat gempa umumnya berkisar antara 60 km s.d. 700 km. Lokasi pusat gempa terdapat di sepanjang bagian intraplate samudera yang menunjam.
3. **Gempa kerak ("Crustal").** Gempa ini terjadi sebagai akibat aktifitas sesar yang terdapat di kerak bumi. Kedalaman maksimum sumber gempa kerak sama dengan ketebalan kerak bumi, ± 100 km.
4. **Gempa Vulkanik.** Gempa vulkanik terjadi sebagai akibat aktifitas gunung api. Kedalaman pusat gempa vulkanik umumnya \leq dari 30 km.

Untuk daerah semenanjung Muria, dengan membandingkan data distribusi episenter dengan distribusi "Benioff Zone" dapat disimpulkan bahwa daerah ini terpengaruh oleh gempa intraplate, gempa kerak bumi dan gempa vulkanik.

Besarnya energi yang dilepaskan (*magnitude*) atau kekuatan suatu gempa bumi mempunyai hubungan yang erat dengan panjang sesar yang bersangkutan. Makin panjang suatu sesar yang terjadi makin besar energi yang terpancarkan, sehingga getaran tersebar kesegala penjuru menjangkau daerah yang lebih luas dan lebih jauh dan bahkan sering dapat menembus inti bumi dan muncul di permukaan bumi yang lain.

Tempat di mana terjadi perubahan letak lapisan batuan tersebut dikenal sebagai hiposentra. Makin dangkal hiposentra suatu gempa bumi pada umumnya makin kecil magnitude gempa itu, hal ini biasanya terjadi oleh karena pengumpulan energi akibat tekanan/tegangan tidak dapat berlangsung sempurna, sehingga akhirnya energi terlepas pada saat berlangsungnya perubahan letak lapisan batuan/sesar.

Walaupun magnitude tidak besar akan tetapi bilamana hiposentra sangat dangkal dapat menimbulkan dampak merusak yang besar walaupun daerahnya lebih terbatas.

Gempa bumi biasanya mulai dapat menimbulkan kerusakan apabila kekuatannya mencapai 5 Skala Richter atau lebih, akan tetapi ada kalanya kekuatan yang lebih kecil dapat juga menimbulkan kerusakan ringan di daerah yang sangat terbatas luasnya. Contoh hal yang disebut terakhir ini termasuk gempa mikro yang kekuatannya 3 Skala Richter atau kurang (Hagiwara, 1964). Gempa mikro ini dapat terjadi dan merupakan gempa susulan atau *aftershocks* dari suatu gempa utama/*mainshock*, dapat pula merupakan *foreshocks* sebelum gempa utama terjadi dan terjadi sebagai aktivitas vulkanik, tremor (gerakan seismik yang bersumber dipermukaan) dan dapat pula terjadi sebagai akibat induced seismicity (aktivitas seismik terimbas).

Peneliti telah mempergunakan gempa mikro untuk mempelajari seismisitas dan aktivitas tektonik suatu daerah. Studi gempa mikro juga dapat dipergunakan untuk maksud eksplorasi/*seismic passive*, geotermal dan lain sebagainya.

Dalam makalah ini diterangkan tentang cara operasi secara singkat dan kegunaan Portable Seismometer PS-1A serta hasil yang dapat diperoleh dari penelitian gempa mikro disuatu daerah menggunakan alat ini.

PERALATAN DAN PROSEDUR LAPANGAN.

Gempa mikro biasanya tidak dapat terekam secara baik pada jaringan seismograph regional karena jarak antar seismometer pada jaringan standar regional tersebut terlalu jauh sedangkan gempa mikro yang ingin dideteksi kekuatannya lemah. Sebagai contoh jaringan seismograph regional di Indonesia terdiri dari 30 stasiun seismograf dengan jarak antar seismometranya rata-rata 500 km. Mungkin gempa mikro dari suatu daerah yang dekat dengan salah satu seismometer, jaringan tersebut merekam, akan tetapi seismograph yang lain tidak merekamnya, sehingga penentuan parameter gempa tersebut tidak dapat dihitung secara teliti. Penentuan parameter gempa yang tepat memerlukan sedikitnya rekaman dari tiga stasiun seismometer.

Suatu jaringan seismometer untuk meneliti gempa mikro perlu dirancang sedemikian rupa sehingga getaran dapat direkam oleh setiap seismograph dan bila mana perlu membuat stasiun seismograph yang bergerak / mobile seismic stations yang ditempatkan temporer bergerak dari suatu tempat ke tempat lain disesuaikan dengan letak sesar / lineasi yang ingin diteliti.

Jarak antar seismometer pada jaringan seismograph gempa mikro terletak antara 10 s/d 20 km, tergantung pada kepekaan seismograph yang dapat dipasang di suatu lokasi yang mana sangat dipengaruhi oleh ada/tidaknya bedrock ataupun gangguan sekitarnya.

Ketelitian pembacaan gelombang Primer (P) dan Sekunder (S) sangat dipengaruhi oleh kurva perbesaran alat ataupun kurva respons frekuensi, kecepatan recorder, ketelitian waktu yang dipakai oleh sistem seismograph tersebut, demikian pula posisi seismometer harus ditentukan secara teliti.

Perbesaran alat ataupun frekuensi response harus dipilih sehingga sistem perekaman tersebut sangat peka terhadap getaran gempa mikro. Puncak perbesaran harus diatur sehingga terletak pada frekwensi predomnan getaran gempa mikro misalnya pada 20 Hz, filtering diatur sehingga gelombang-gelombang yang frekwensinya jauh di luar daerah itu dikurangkan atau diturunkan perbesarannya. Sistem waktu yang dipakai oleh seluruh seismometer harus merupakan satu kesatuan, satu referensi waktu yang setiap kali harus dilakukan koreksi terhadap *masterclock* yang biasanya ditempatkan di *base camp* ataupun dengan memonitor signal waktu yang dipancarkan oleh stasiun penyiar tanda waktu Nasional lewat TVRI /RRI ataupun lebih baik lagi bilamana dapat merekam WWVB / WWVH pada frekwensi 10 Mhz atau 15 Mhz atau merekam sinyal dari stasiun penyiar tanda waktu dari Lyndurst Victoria/Australia pada frekwensi 12 Mhz, yang memberikan tanda setiap detik.

Jumlah seismometer sekurang-kurangnya 6 unit, lima diantaranya dipasang mengelilingi daerah yang ingin diteliti dan satu unit merupakan *mobile station* yang penempatannya

disesuaikan dengan konsentrasi sumber gempa mikro selama survai. Apabila jumlah seismometer yang dipergunakan kurang, maka hasil perhitungan kurang sempurna. Memang tiga stasiun menurut teori cukup akan tetapi dalam perhitungan kedalaman hiposentra biasanya kurang teliti. Dengan menempatkan satu unit seismometer (*mobile*) di dalam daerah penelitian akan dapat ditentukan posisi hiposenter suatu gempa yang terjadi dalam daerah penelitian secara lebih akurat. Keseluruhan sensor atau seismometer tadi secara idealnya dapat dikirim ke suatu POS / *base camp* secara sistem radio telemetri atau saluran telepon, sehingga pengontrolan perekam (*recorder*) cukup dilakukan di satu tempat dan hanya menggunakan satu referensi waktu.

Pengangkatan dan pemasangan pias seismograf harus diatur waktunya dan dilakukan dalam waktu singkat, tidak pada waktu yang bersamaan untuk tiap seismograph, sehingga gempa mikro yang ingin dideteksi tidak banyak terlepas dari jaringan observasi.

ANALISIS DAN PENGOLAHAN DATA

Hasil rekaman/seismogram dari tiap-tiap lokasi stasiun dikumpulkan dan dilakukan interpretasi gelombang (lihat Gambar 1):

- waktu tiba gelombang Primer (P)
- waktu tiba gelombang Sekunder (S)
- arah impuls pertama P
- amplitudo maksimum dalam mm
- waktu lamanya getaran terekam dalam detik

Hasil pembacaan ini ditabulasikan untuk setiap stasiun, kemudian dilakukan kompilasi/pengelompokan gempa yang terekam oleh beberapa stasiun.

Hasil kompilasi ini kemudian diolah secara manual atau menggunakan komputer sehingga menghasilkan parameter gempa mikro seperti :

- waktu terjadinya gempa
- episentra/pusat gempa dipermukaan dalam bentuk lintang/bujur.
- kedalaman hiposentra dalam km
- kekuatan gempa

Seperti halnya pemrosesan gempa jauh yang mempergunakan *velocity model* tertentu, pemrosesan gempa juga memerlukan *crustal velocity model* tertentu yang tersedia untuk lokasi yang ingin diteliti.

Sebagai ilustrasi, crustal model yang dipergunakan untuk study gempa mikro di Semenanjung Muria, Jawa Tengah mempergunakan program FAST HYPO dengan memakai model layer sebagai berikut :

Kecepatan gelombang P (km/detik)	Tebal lapisan (km)
2.000	.000
3.600	1.000
5.680	1.500
6.150	2.000
6.700	20.000
8.180	40.000
8.370	97.000

Contoh hasil proses tersebut dapat terlihat dalam Gambar 2. Terlihat bahwa pada beberapa baris pertama disajikan *crustal model velocity* yang dipakai untuk analisa pada saat itu. EPIC NUMBER dan DATE adalah nomor episenter dan tanggal pengolahan. Blok berikut adalah data stasiun yang hasilnya dipakai sebagai masukan berupa nama stasiun (STAS), koordinat stasiun (LAT dan LONG), bobot P, waktu kedatangan gempa primer (Tp), bobot S, waktu kedatangan gempa sekunder (Ts), AMPLITUDO, dan durasi (DURATION) dari gempa, dimana data-data ini diperoleh dari data stasiun dan hasil pembacaan dari seismograf. Menggunakan program FAST-HYPO ini diperoleh lokasi episenter gempa, kedalaman, waktu terjadi, dan durasinya seperti terlihat dalam dua blok terakhir hasil keluaran.

KESIMPULAN DAN SARAN

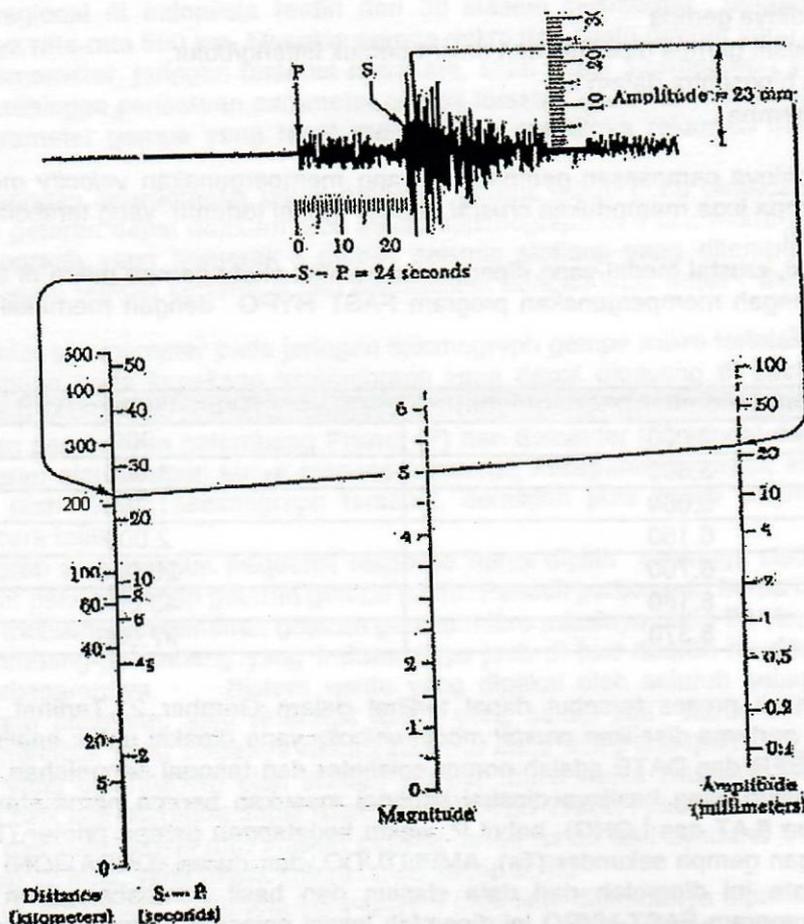
Untuk melengkapi data pemantauan gempa mikro dari jaringan MTS tetap / *non-portable* yang sudah ada, pemanfaatan seismograf yang portabel seperti PS-1A akan sangat berguna, terutama untuk penelitian gempa pada daerah-daerah yang sulit untuk dijangkau, tidak tersedia daya yang memadai, atau tidak memungkinkan penggunaan sistem telemetri radio maupun telepon.

Pemonitoran yang baik untuk memperoleh data yang optimal juga dapat dilakukan dengan seismometer semacam PS-1A disebabkan karena seismometer semacam ini dapat dipindah-pindahkan dengan mudah, sehingga kombinasi lokasi yang efektif dapat diperoleh. Kemampuan semacam ini juga dapat dipergunakan sebagai survei awal sebelum seismometer *non-portable* diletakkan disuatu daerah, untuk menentukan konfigurasi letak yang optimal.

Pemanfaatan PS-1A di daerah Pati seperti daerah Jolong, Terban, Sukolilo, Brati dan Kedungmulyo akan sangat berguna untuk secara lebih teliti mempelajari aktifitas struktur patahan di kali Juwana yang diduga sebagai sumber gempa Pati tahun 1890 (Studi Batan-NIRA, 1983).

DAFTAR PUSTAKA

1. Laporan Penyelidikan Gempa Mikro di Daerah Lasem untuk Keperluan Proyek PLTN di Daerah Muria - Lasem Jawa Tengah.
2. Bahan diklat yang diperoleh selama penulis mengikuti kursus di BMG dan Pelaksanaan Penyelidikan Gempa Mikro di Daerah Semenanjung Muria dan Lasem.
3. IAEA-TECDOC-343, Application of Microearthquake Surveys in Nuclear Power Plant Siting, IAEA, Vienna 1985.
4. Laporan Evaluasi Studi Tapak dan Studi Kelayakan Pembangunan PLTN, Pusat Pengkajian Energi Nuklir, 1993.
5. Bolt, Bruce A., Earthquakes, W.H. Freeman and Co., New York 1993.



Gambar 1. Hasil rekaman/seismogram dari tiap-tiap lokasi stasiun.

CRUSTAL MODEL
 VELOCITY DEPTH

2.000	.000
3.600	1.000
5.680	1.500
6.150	2.000
6.700	20.000
8.180	40.000
8.370	97.000

EPIC NUMBER : 21
 DATE : JUL - 26 - 1992

STAS	L A T	LONG	P.WEIGHT	TP.	S.WEIGHT	Ts	AMPLITUDO	DURATION
KJ11	6.420	110.930	0	4.00	0	26.60	.000	90.000
KJ13	6.590	110.970	0	2.00	0	23.40	.000	90.000
KJ12	6.510	110.760	0	1.60	0	21.60	.000	90.000

ITER	L A T	LONG	DEPTH	ORIGIN	SSR
0	7.0000	110.0000	60.00	.3.80	1581.58
1	7.8386	109.5320	64.46	-26.53	15.10
2	7.9999	109.7568	59.46	-26.71	4.08
3	7.9939	109.7829	54.46	-26.70	1.16
4	7.9915	109.7854	49.46	-26.70	.82
5	7.9889	109.7870	44.46	-26.70	.70
6	7.9878	109.7897	40.19	-26.69	.68
7	7.9868	109.7879	40.19	-26.69	.68
8	7.9867	109.7877	40.19	-26.69	.68

STA	DIST	AZM	AIN	TP-CAL	P-RES	S-RES	MAG	DURATION
KJ11	214.087	144	90.03	30.487	.207	.49	.00	3.34
KJ13	201.971	139	90.03	29.006	-.312	-.14	.00	3.32
KJ12	195.259	146	90.03	28.185	.108	-.52	.00	3.20

ERROR ELLIPS X= 5.29KM Y = 22.74KM THETA= 36.42

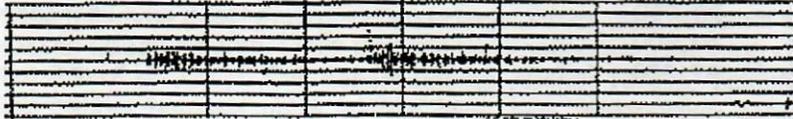
RMS : .584
 LATITUDE : 7.987 +- .1280 S 14.1536 KM
 LONGITUDE : 109.788 +- .1689 E 18.5638 KM
 DEPTH : 40.190 +- .0000 KM
 ORIGIN : -26.694 +- .9132 SEC

ORIGIN TIME : 4 h 3 m -26.694 sec
 EPICENTER : 7.987 S 109.788 E
 DEPTH : 40.190 KM
 MAG.DURATION : 3.287

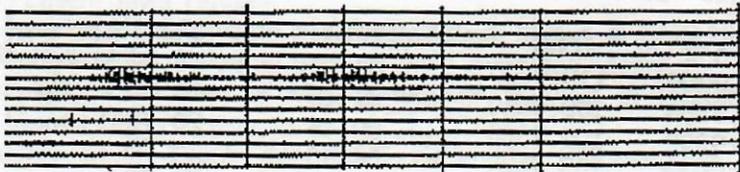
Remarks : OK

26 Juli 1992

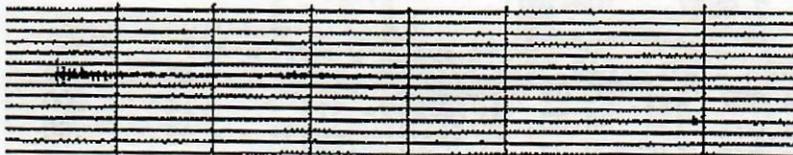
Sta. UW (MJ11) ip 4 3 4 is 4 3 26.6



Sta. UW Horz.NS ip 4 3 4 is 4 3 26.6



Sta. UW Horz.EW ip 4 3 4 is 4 3 26.6



Sta. PDP (MJ13) ip 4 3 2 is 4 3 23.3



Sta. JW (MJ12) ip 4 3 1.6 is 4 3 21.6



Gambar 3 Contoh seismogram