



BAB I

PENDAHULUAN

1. Umum

Survei *microearthquake* (MEQ) pasca-gempa merusak merupakan kegiatan pengamatan seismik sementara menggunakan seismograf portabel untuk merekam aktivitas gempa susulan (*aftershock*). Data yang dikumpulkan digunakan untuk menganalisis distribusi spasial dan temporal gempa susulan, menentukan relokasi hiposenter, serta memetakan zona patahan aktif dan struktur kecepatan lokal bawah permukaan. Pelaksanaan survei dilakukan segera setelah kejadian gempa merusak, dengan memperhatikan aspek keselamatan, keamanan, dan efektivitas penempatan instrumen di lapangan.

2. Tujuan

SOP ini bertujuan untuk menyediakan panduan teknis yang terstruktur dan aman untuk pelaksanaan survei seismik *microearthquake* (MEQ) portabel segera setelah terjadi gempa merusak.

1. Mendapatkan data *aftershock* (gempa susulan) dengan resolusi tinggi untuk pemetaan cepat zona patahan aktif dan penentuan struktur kecepatan lokal.
2. Menentukan relokasi hiposenter gempa susulan secara akurat untuk analisis potensi bahaya sekunder.
3. Memastikan **keselamatan** tim survei di area terdampak bencana selama kegiatan berlangsung.

3. Ruang Lingkup

SOP ini berlaku untuk semua personel dan tim teknis yang terlibat dalam pengerahan instrumen seismograf portabel untuk tujuan survei MEQ pasca-gempa. SOP ini berlaku untuk seluruh kegiatan yang mencakup:

1. Persiapan dan pengecekan peralatan survei MEQ portabel.
2. Perencanaan dan penentuan jaringan stasiun pengamatan.
3. Pemasangan, pengoperasian, dan pemantauan stasiun sementara.



DIREKTORAT GEMPABUMI DAN TSUNAMI
BADAN METEOROLOGI KLIMATOLOGI DAN GEOFISIKA
DRAFT <i>STANDARD OPERATING PROCEDURE (SOP)</i> SURVEI
<i>MICROEARTHQUAKE</i> PASKA GEMPA MERUSAK

4. Prosedur pengunduhan dan pengamanan data.
5. Pelaporan cepat dan pemeriksaan awal hasil perekaman.

4. Dasar

- Undang-undang nomor 31 tahun 2009 tentang Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika
- Peraturan Kepala Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika Nomor 1 Tahun 2024
- Hasil evaluasi dan pengalaman lapangan kegiatan survei *microearthquake* oleh Direktorat Gempabumi dan Tsunami

5. Definisi

- Microearthquake (MEQ): Gempa bumi kecil dengan magnitudo < 3.0 yang direkam untuk mempelajari struktur bawah permukaan dan aktivitas sesar.
- *Aftershock*: Gempa susulan yang terjadi setelah gempa utama (*mainshock*) di sekitar zona patahan yang sama.
- Seismograf Portabel: Sistem perekam seismik terdiri atas sensor (geophone atau broadband), digitizer, dan media penyimpanan, yang dirancang untuk penggunaan temporer di lapangan.
- Relokasi Hiposenter: Proses perhitungan ulang posisi sumber gempa dengan ketelitian lebih tinggi berdasarkan data observasi lokal.



BAB II

PROSEDUR

1. Tahapan Pra-Lapangan

1.1. Kesiapan Tim dan Logistik

1. **Status Keamanan:** Cek status keamanan dan aksesibilitas area terdampak dengan koordinasi bersama Badan Penanggulangan Bencana setempat dan instansi terkait. Tidak ada pengerahan tim sebelum izin keamanan diberikan.
2. **Kesehatan dan Logistik:** Pastikan seluruh anggota tim dalam kondisi prima. Siapkan perlengkapan P3K, logistik makanan/air mineral, dan APD (Helm, Rompi Reflektif, Sepatu Keselamatan).
3. **Dokumentasi Resmi:** Siapkan surat tugas resmi, izin akses ke zona bencana, dan tanda pengenal yang jelas.

1.2. Kesiapan Peralatan (Seismograf Portabel)

1. **Fungsi Dasar:** Lakukan uji fungsi semua seismograf (sensor/geophone, digitizer, sistem perekam) di tempat yang sudah ditentukan/*basecamp*.
2. **Baterai dan Daya:** Pastikan semua baterai terisi penuh (100%). Siapkan cadangan baterai/panel surya/generator portabel yang memadai untuk durasi minimal 7 hari.
3. **Sinkronisasi Waktu:** Pastikan modul GPS/GNSS berfungsi untuk sinkronisasi waktu yang akurat (milidetik) pada semua unit.
4. **Media Penyimpanan:** Format kartu memori/disk penyimpanan di setiap unit dan catat kapasitasnya.

1.3. Perencanaan Jaringan

1. **Pemetaan Awal:** Plot lokasi episenter *mainshock* dan sebarannya. Gunakan data intensitas atau laporan kerusakan untuk mengidentifikasi area yang dicurigai sebagai zona patahan. Gunakan peta geologi untuk mengetahui kondisi geologi di lokasi survei.
2. **Desain Jaringan:** Rancang jaringan stasiun (minimal 10 unit) dengan konfigurasi yang optimal untuk mencakup zona patahan utama dan



menjangkau sebaran hiposenter yang diharapkan.

2. Tahapan Pengerahan dan Instalasi

2.1. Keselamatan dan Akses

1. **Peninjauan Bahaya:** Saat tiba di lokasi, lakukan peninjauan cepat terhadap bahaya sekunder (tanah longsor, bangunan runtuh, kabel listrik terputus).
2. **Jalur Aman:** Tetapkan jalur pengerahan yang aman dan titik kumpul darurat yang telah disepakati.
3. **Komunikasi:** Jaga komunikasi konstan (HT/Radio Satelit) antar tim, jika jaringan seluler yang mungkin terganggu.

2.2. Pemilihan dan Persiapan Lokasi

1. **Kriteria Lokasi:** Pilih lokasi dengan kriteria:
 - o Aksesibilitas yang aman.
 - o Jauh dari sumber **noise lingkungan** (jalan raya, pabrik, air mengalir).
 - o Dasar tanah yang stabil (bukan tanah gembur atau timbunan).
 - o Cakupan pandangan langit yang baik untuk penerimaan sinyal GPS.
2. **Persiapan Tapak:** Bersihkan area instalasi. Jika diperlukan, gali lubang kecil (sekitar 30 cm) hingga mencapai tanah padat.

2.3. Instalasi Peralatan

1. **Pemasangan Sensor:**
 - o Tempatkan sensor (geophone atau broadband) di dasar lubang/permukaan yang telah dipadatkan.
 - o Pastikan **kontak tanah sensor sangat baik** (gunakan pasir halus atau lumpur jika perlu) untuk memaksimalkan transfer sinyal.
 - o Lakukan **leveling** (penyetelan horisontal) sensor secara akurat.
2. **Pemasangan Perekam:** Sambungkan sensor ke unit perekam. Lindungi unit perekam dari cuaca dan gangguan fisik (misalnya menggunakan kotak kedap air dan menimbun sedikit).
3. **Orientasi Sensor (Wajib):** Catat orientasi sensor (biasanya Utara-Selatan) dengan akurat menggunakan kompas.
4. **Pencatatan Koordinat:** Catat **koordinat geografis stasiun** menggunakan



DIREKTORAT GEMPABUMI DAN TSUNAMI
BADAN METEOROLOGI KLIMATOLOGI DAN GEOFISIKA
DRAFT <i>STANDARD OPERATING PROCEDURE (SOP) SURVEI</i>
<i>MICROEARTHQUAKE</i> PASKA GEMPA MERUSAK

GPS/GNSS presisi tinggi sekaligus sinkronisasi waktu. **Ambil minimal 10 kali pengukuran rata-rata.**

3. Tahapan Akuisisi dan Monitoring

3.1. Operasi Harian

1. **Verifikasi Status:** Kunjungi stasiun secara berkala (minimal 1 kali sehari, atau sesuai kebutuhan daya) untuk memverifikasi:
 - o Status Perekaman (Pastikan perekaman berjalan).
 - o Status Daya Baterai (Ganti atau isi ulang jika di bawah 50%).
 - o Status Sinkronisasi GPS (Waktu harus stabil).
 - o Suhu Operasi (Pastikan tidak terlalu panas).

Hindari aktivitas yang dapat menyebabkan gangguan sinyal. Pengukuran dilakukan dengan waktu perekaman selama kurang lebih 7 hari untuk mikrozonasi dan 2 minggu – 6 bulan untuk *microearthquake*.

3.2. Pengamanan Data di Lapangan

1. **Pencatatan Logbook:** Setiap kali mengunjungi stasiun, isi logbook secara rinci, mencakup:
 - o Waktu Kunjungan (Date/Time).
 - o Kondisi Baterai (Voltage/Persentase).
 - o Kondisi Memori (Sisa Kapasitas).
 - o Masalah yang Ditemukan dan Tindakan Korektif.
2. **Pengunduhan Data:** Unduh data mentah secara berkala. **Lakukan backup data segera** di laptop/hard drive lapangan.

4. Demobilisasi dan Pelaporan

4.1. Pembongkaran Peralatan

1. **Pencabutan:** Lakukan pembongkaran peralatan secara teratur, dimulai dari unit perekam, kabel, kemudian sensor.
2. **Inventarisasi:** Pastikan semua komponen tercatat dan tidak ada yang tertinggal.

4.2. Pengamanan Data Akhir



DIREKTORAT GEMPABUMI DAN TSUNAMI
BADAN METEOROLOGI KLIMATOLOGI DAN GEOFISIKA
DRAFT <i>STANDARD OPERATING PROCEDURE (SOP) SURVEI</i>
<i>MICROEARTHQUAKE</i> PASKA GEMPA MERUSAK

1. **Verifikasi Data:** Setelah data seluruh stasiun dikumpulkan, lakukan pemeriksaan cepat terhadap kualitas data (adanya sinyal, sinkronisasi waktu yang valid).
2. **Backup Ganda:** Lakukan minimal dua (2) salinan cadangan data mentah di media penyimpanan terpisah (Disk eksternal dan Cloud Storage, jika memungkinkan).

4.3. Pelaporan Cepat (Quick Report)

Komunikasi Awal: Dalam waktu **24 jam** setelah demobilisasi, sampaikan laporan cepat (sebelum pemrosesan lengkap) kepada pihak terkait, mencakup:

- Durasi dan lokasi survei.
- Jumlah gempa susulan yang terekam.
- Hambatan di lapangan.

5. Quick Check Data Awal

Pemeriksaan awal terhadap data mentah dan hasil survey dapat menggunakan perangkat lunak seperti ObsPy atau perangkat lunak lain yang terkait. Pemeriksaan data dilakukan mencakup:

- Ada/tidaknya sinyal gempa susulan pada setiap kanal
- Konsistensi waktu dan polaritas kanal
- Tidak terdapat *spikes* atau *gap/dead channels*.

Buat plot data untuk memastikan hasil seragam. Selain itu, data hasil survey *microearthquake* yang dihasilkan di antaranya:

- Data seismik mentah: format MiniSEED atau format tergantung alat yang digunakan.
- Data metadata: informasi lokasi stasiun, waktu operasi, orientasi sensor, dan kondisi lapangan.
- Data hasil olahan awal: daftar event *aftershock* terdeteksi, plot waveform, dan lokasi sementara hasil *quick relocation*.
- Laporan teknis: mencakup konfigurasi jaringan, ringkasan aktivitas lapangan, dan hasil pemeriksaan data awal.



6. Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3)

- Gunakan APD secara lengkap di seluruh tahap kegiatan.
- Patuhi arahan keamanan dari petugas BPBD atau otoritas lokal.
- Hindari bekerja sendirian di wilayah terdampak.
- Waspada kondisi medan (longsor, retakan tanah, reruntuhan, atau hewan liar).
- Seluruh kegiatan wajib dilaksanakan sesuai dengan pedoman K3 BMKG dan protokol tanggap darurat nasional.