

PENENTUAN PUSAT GEMPA BUMI
DENGAN METODE WAKTU TEPUKI GELOMBANG
STUDI KASUS DI DAERAH LAMPUNG SELATAN



25-6-2001
fab. mpa
1 ep
01 625 84
14763 ✓



SKRIPSI

Oleh

SAMUEL PAOTONAN
94 03 171



PROGRAM STUDI GEOFISIKA
JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
2000

Lembar Pengesahan

PENENTUAN PUSAT GEMPA BUMI
DENGAN METODA WAKTU TEMPUIH GELOMBANG
STUDI KASUS DAERAH SULAWESI SELATAN

Telah disetujui oleh :

Pembimbing Utama


Drs. LANTU, M.ENG.Sc.DESS

Pembimbing Pertama

Drs. SUNARJO, M.Sc

Makassar, Desember 2000

Kata Pengantar

Fuji Syukri penulis patut pujiatkan kehadiran Tuhan YME, karena atas berkat dan bimbinganNYA penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Penyusunan Skripsi ini adalah sebagai syarat kelulusan bagi program Sarjana Satu jurusan Fisika program studi Geofisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanudin.

Dalam penulisan Skripsi ini penulis banyak mendapat bimbingan, saran dan bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak DR. M. Noor Jalaluddin selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanudin.
2. Bapak Ketua Jurusan Fisika FMIPA UNHAS beserta para dosen-dosen yang telah banyak memberi bekal ilmu pengetahuan selama penulis mengikuti pendidikan pada jurusan Fisika FMIPA – UNHAS.
3. Bapak Drs. Lantu M.Eng.Sc.DESS selaku pembimbing utama, yang telah memberi banyak bimbingan dan petunjuk hingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
4. Bapak Drs. Sunarjo, M.Sc selaku pembimbing pertama, yang telah memberi banyak bimbingan dan pengetahuan hingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
5. Bapak DR. Dadang Ahmad S. selaku penasihat akademik yang senantiasa memberi pengarahannya dan nasehat dalam penyelesaian studi penulis.
6. Bapak Drs. Arsyad Sumah, bapak Drs. Sakka, MS, bapak Drs. Bangsawang BJ, M.Si, bapak Drs. Paulus Lobo Gueso, M.Sc selaku anggota penguji yang telah meluangkan waktunya untuk memberi saran dan perbaikan yang berharga dalam penyusunan skripsi ini.
7. Pimpinan dan seluruh staf BMG wilayah IV Makassar yang telah memberikan fasilitas literatur dan komputer dalam penyusunan skripsi ini.

8. Asisten Seismologi diantaranya bapak Drs. Rivai Marulak, mas Dadi, mas Roni, mas Iwan, mas Kustoro, mas Carmaen, mbak Dwi yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini.
9. Ayahanda Daen Protonan dan Ibunda Setje AM dan saudara-saudara (Ibrahim, Musa dan Grace) penulis yang telah memberikan dorongan serta pengorbanan selama mengikuti pendidikan
10. Seseorang yang telah mengisi hari-hari hidup penulis selama mengikuti kuliah sampai kepada penyelesaian skripsi ini.
11. Rekan-rekan seangkatan atas kebersamaannya selama mengikuti perkuliahan.
12. Teman-teman kost Bahari Camp diantaranya Jeri, Frans, Marcel, Arnold, Reza, Yuli, Lina, Darius, Fredi, Serli, Nilu, Nani, Yosepina, dan Fiti yang telah hidup senasib sepenanggungan selama penulis kost dan pak Simon Kadang selaku pemilik kost.
13. Berbagai pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa masih banyak kekurangan dan ketidaksempurnaan dalam skripsi ini, oleh sebab itu kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan.

Akhir kata penulis mohon maaf atas kekurangan yang terdapat dalam penulisan skripsi ini.

Makassar City, Desember 2000

Penulis

SARI BACAAN

Telah dilakukan analisis pusat gempa bumi yang terjadi di daerah Sulawesi Selatan. Hasil analisis pembacaan seismogram dari stasiun seismik Telemetri yang ada di Sulawesi Selatan yaitu TANI (POLMAS), BUNI (SIWA), NINI (BARRU) dan didukung data dari stasiun Nontelemetri yang ada di Sulawesi dan Maluku yaitu MKS (GOWA), PCI (PALU), MNI (MANADO), AAI (AMBON), TNT (TERNATE), SMI (SAUMLAKI), dan TLE (TUAL) antara tahun 1997 sampai dengan tahun 2000 telah terjadi gempa bumi sebanyak 259 kejadian dengan kategori gempa dangkal dan menengah dengan pusat gempa antara 0 - 60 K.M.

Kata Kunci : Gempa bumi, Seismogram, Hipocentris.

ABSTRACT

The Hipocentris in South Sulawesi have been analysed. As the analysis results according to the seismogram from the seismic telemetered station in South Sulawesi : TANI (POLMAS), BUNI (SIWA), NINI (BARRU), and the data Nontelemetered stasion in South Sulawesi and Maluku : MES (GOWA), PCI (PALU), MNI (MANADO), AAI (AMBON), TNT (TERNATE), SMI (SAUMLAKI), AND TLE (TUAL), It's stated that from 1997 to 2000 there were 259 times earthquake and categorized as shallow and middle earthquake with the hipocentris between 0 – 60 K.M.

Keywords : Earthquake, Seismogram, Hipocentris

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....		
LEMBAR PENGESAHAN.....		i
KATA PENGANTAR.....		ii
SARI BACAAN.....		iv
ABSTRAK.....		v
DAFTAR ISI.....		vi
DAFTAR GAMBAR.....		viii
DAFTAR TABEL.....		ix
BAB I PENDAHULUAN		
1.1. LATAR BELAKANG.....		1
1.2. RUANG LINGKUP.....		4
1.3. TUJUAN.....		4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA		
II.1. SEISMOLOGI.....		5
II.1.1. GELOMBANG SEISMIK.....		5
II.1.2. PENJALARAN GELOMBANG GEMPA.....		8
II.1.3. SEISMOGRAPH.....		9

II.2.	GEMPA BUMI	
II.2.1.	JENIS GEMPA BUMI.....	12
II.2.2.	PENENTUAN POSISI PUSAT GEMPA BUMI.....	14
II.2.3.	MAGNITUDO.....	20
BAB III	METODA PENELITIAN	
III.1.	ALAT YANG DIGUNAKAN.....	24
III.2.	PENGAMBILAN DATA.....	24
III.3.	ANALISA DATA.....	25
III.4.	BAGAN ALIR.....	26
BAB IV	ANALISA DAN PEMBAHASAN	
IV.1.	KONDISI GEOLOGI DAERAH SULAWESI SELATAN.....	27
IV.2.	ANALISA.....	28
IV.3.	PEMBAHASAN.....	29
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	
V.1.	KESIMPULAN.....	33
V.2.	SARAN.....	33
	DAFTAR PUSTAKA.....	34
	LAMPIRAN	

Daftar Gambar

- Gambar 1 Menentukan Hiposenter Gempa Bumi dengan tiga stasiun
- Gambar 2 Menunjukkan Waktu adalah fungsi tidak linier

Daftar Tabel

- Tabel II.1 Dampak Gempa Bumi
Tabel IV.1 Kedalaman Gempa Bumi
Tabel IV.2 Magnitudo Gempa Bumi

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG

Gempa bumi telah dikenal orang sejak ratusan tahun yang lalu dan walaupun kini masalah gempa bumi telah banyak yang dapat diungkapkan, akan tetapi di dalam banyak hal masih banyak pula yang belum dapat terpecahkan. Pada saat ini orang telah dapat menentukan pusat gempa yang kedalamananya ratusan kilometer di bawah permukaan bumi dan mengukur kekuatan serta telah dapat merekonstruksikan susunan gaya-gaya pada saat sebelum terjadinya suatu patahan. Tetapi gempa bumi sampai sekarang belum dapat diramalkan, kapan dan di mana akan terjadi, bagaimana susunan gaya-gaya pada pusatnya dan akan seberapa besar kekuataanya. Gempa bumi terjadi secara tiba-tiba dan dalam waktu yang singkat, kadang-kadang dapat merubah suasana yang tenang dan pemandangan yang indah menjadi keadaan yang kacau dan mengerikan. Sebagian besar gempa bumi di dunia adalah gempa bumi tektonik, yaitu gempa bumi yang disebabkan oleh aktivitas tektonik, Indonesia merupakan salah satu busur kepulauan yang mempunyai sifat antara lain sebagai daerah aktif seismik, pertemuan tiga buah lempeng yaitu lempeng Eurasia, Indo-Australia, dan lempeng Pasifik. Sebagian besar daerah penunjaman, pergerakan relatif lempeng satu dengan lempeng lainnya menyebabkan terjadinya gempa bumi dan merupakan konsentrasi aktifitas seismik.

Dari data historis selama kurun waktu kurang lebih 100 tahun, di daerah Sulawesi Selatan dan sekitarnya yang terletak pada daerah : $01^{\circ} - 06^{\circ}$ LS dan $118^{\circ} -$

122° BT telah terjadi gempa bumi tektonik dengan kekuatan di atas 4.0 S.R. sebanyak kurang lebih 500 kejadian. Dari kejadian-kejadian di atas ada beberapa yang merusak diantaranya :

1. Gempa Bulukumba

Tanggal 29 Desember 1828, Intensitas VIII-IX MMI, menimbulkan kerusakan dan korban jiwa.

2. Gempa Tinambung

Tanggal 11 April 1967, kedalaman 33 km, Magnitudo 5,3 S.R., 58 orang meninggal, 100 orang luka-luka, 13 orang hilang, terjadi tanah longsor dengan Intensitas VII-VIII MML

3. Gempa Majene

Tanggal 23 Februari 1969, kedalaman 13 km, Magnitudo 6,9 S.R., 64 orang meninggal dunia, 97 orang luka-luka dan 1287 tempat tinggal serta mesjid mengalami kerusakan berat dan ringan. Dermaga pelabuhan pecah sepanjang kurang lebih 50 km, Intensitas VIII MML

4. Gempa Mamuju

Tanggal 6 September 1972, kedalaman 36 km, Magnitudo 5,8 S.R., menimbulkan kerusakan bangunan-bangunan dan terdengar suara gemuruh. Intensitas IV MMI, dan getaran dirasakan sampai di Majene.

5. Gempa Mamuju

Tanggal 8 Januari 1984, kedalaman 33 km, Magnitudo 6,6 S.R., 2 orang meninggal, 5 orang luka berat, 24 orang luka ringan, 70 buah bangunan rusak

berat, 278 buah bangunan rusak ringan, terjadi tanah bergeser di Tapalang, Intensitas VII MMI.

6. Gempa Ulaweng

Tanggal 8 April 1993, kedalaman 31 km, Magnitudo 5,3 S.R., menimbulkan tanah longsor dan kerusakan berat dan ringan pada bangunan. Intensitas VI-VII MMI.

7. Gempa Pinrang

Tanggal 28 September 1997, kedalaman 33 km. 18 orang meninggal dunia, 53 orang luka-luka, 203 bangunan-bangunan kerusakan berat dan 818 bangunan-bangunan kerusakan ringan, Magnitudo 6,0 S.R., Intensitas VII-VIII MMI.

Pengamatan aktifitas Gempa bumi khususnya Gempa bumi tektonik di Indonesia dilakukan oleh instansi Pemerintah melalui Badan Meteorologi dan Geofisika, yang telah memasang jaringan pemantau gempa bumi. Untuk daerah Sulawesi dan Maluku telah dipasang 3 sensor telemetri dan 7 sensor nontelemetri.

1.2. RUANG LINGKUP

Dalam penelitian ini dikhususkan untuk menentukan pusat gempa bumi yang terjadi di Sulawesi Selatan dengan menggunakan data gempa stasiun telemetri dan didukung dengan data gempa stasiun nontelemetri yang ada di Sulawesi dan Maluku. Media penjalaman gelombang gempa dianggap homogen isotrop sehingga kecepatan konstan.

1.3. TUJUAN

1. Mengetahui distribusi pusat gempa dalam waktu dan ruang di daerah Sulawesi Selatan.
2. Melakukan pendugaan posisi pusat gempa bumi, kedalaman yang terjadi di daerah Sulawesi Selatan.
3. Menentukan jenis gempa bumi yang terjadi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1. SEISMOLOGI

Kata Seismologi berasal dari bahasa Yunani. Seismos yang berarti Gempa Bumi dan Logos yang berarti Ilmu Pengetahuan. Di lihat dari arti kata-kata ini, seolah-olah seismologi itu adalah suatu Ilmu Pengetahuan tentang gempa bumi. Pada permulaannya hal ini memang benar demikian, tetapi setelah adanya perkembangan-perkembangan dalam bidang seismologi, hal ini sudah tidak demikian lagi artinya. Seismologi adalah pengetahuan yang merupakan bagian dari geofisika yang mempelajari getaran bumi dan hal-hal lain yang berhubungan dengan getaran itu.

Dalam bidang Seismologi, penyelidikan-penyelidikan tentang gempa bumi tetap merupakan bagian yang terpenting. Seismologi sebagai Ilmu Pengetahuan prinsipnya berdasarkan fisika dan matematika, tetapi dalam perkembangannya telah berinteraksi dengan berbagai disiplin ilmu, antara lain : Geologi, Elektronika, Engineering, Sosial dan Ekonomi (Penanggulangan bencana) dan lain-lain.

II.1.1. GELOMBANG SEISMIK

Gelombang seismik yang dipancarkan oleh sumber gempa di pusatnya akan menjalar ke seluruh bagian dalam bumi dan melalui permukaan bumi. Dari penjalarnya, gelombang seismik dapat dibedakan menjadi dua macam yaitu :

1. Body wave (gelombang badan) yang menjalar melalui bagian dalam bumi, dapat dibedakan menjadi gelombang Primer (P) dan gelombang Sekunder (S).
2. Surface wave (gelombang permukaan) yang menjalar sepanjang permukaan.

Karena menjalarnya inilah maka gelombang badan di sebut gelombang bebas (dapat menjalar ke segala arah di dalam bumi) dan gelombang permukaan adalah gelombang terikat karena hanya menjalar melalui suatu permukaan atau suatu lapisan.

Untuk kepentingan analisa gempa bumi maka ada asumsi yang akan diperhatikan :

1. Bumi dimodelkan terdiri dari beberapa lapisan yang mempunyai lengkungan yang sama, masing-masing lapisan adalah homogen isotropis.
2. Kecepatan gelombang dianggap konstan

Menurut teori elastisitas, persamaan gerak gelombang elastis untuk media yang serba sama (homogen) isotropis dapat di tulis :

$$\rho \frac{\partial^2 u_i}{\partial t^2} = (\lambda + \mu) \frac{\partial \theta}{\partial x_i} + \mu \nabla^2 u_i \quad (2.1)$$

di mana : $i = 1, 2, 3$

$$\theta = \sum_i \frac{\partial u_i}{\partial x_i} = \text{perubahan/dilatasi}$$

$\rho = \text{kerapatan}$

t = waktu

λ = konstanta Lamé

μ = Modulus rigidity

$$\nabla^2 = \text{Laplacian} = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$$

u = Perubahau

Dalam koordinat kartesian persamaan (2.1) di atas dapat dikembangkan sebagai :

$$\frac{\partial^2 \theta}{\partial t^2} = \frac{(\lambda + 2\mu)}{\rho} \nabla^2 \theta \quad (2.2)$$

Persamaan (2.1) dapat pula di tulis dalam bentuk vektor :

$$\rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = (\lambda + \mu) \nabla (\nabla \cdot u) + \mu \nabla^2 u \quad (2.3)$$

Dengan $\nabla (\nabla \cdot u) = 0$, maka persamaan (2.3) dapat di tulis :

$$\frac{\partial^2 (\nabla \cdot u)}{\partial t^2} = \frac{\mu}{\rho} \nabla^2 (\nabla \cdot u) \quad (2.4)$$

Persamaan (2.2) dan (2.4) adalah bentuk dari persamaan klasik dari gelombang :

$$\frac{\partial^2 \Psi}{\partial t^2} = V^2 \nabla^2 \Psi \quad (2.5)$$

di mana : Ψ = potensial gelombang
 V = kecepatan penjalaran gelombang

Jadi persamaan (2.2) merupakan gangguan dilatasi θ (atau gelombang kompresi) dipancarkan melalui media serba sama isotropik dengan kecepatan V_p .

dimana :

$$V_p = \sqrt{\frac{(\lambda + 2\mu)}{\rho}} \quad (2.6)$$

dan persamaan (2.4) dengan gangguan rotasi $\nabla \cdot u$ (atau gelombang shear) dipancarkan dengan kecepatan V_s di mana :

$$V_s = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}} \quad (2.7)$$

Dalam seismologi kedua tipe gelombang diatas di sebut gelombang primer (P) dan gelombang sekunder (S).

II.1.2. PENJALARAN GELOMBANG GEMPA

Gelombang gempa akan dipancarkan ke segala arah dengan gelombang badan, kecepatan dan arah perjalarn bervariasi tergantung pada sifat fisis batuan dalam medium yang dilaluinya. Untuk medium yang paling sederhana dengan asumsi medium homogen isotropis dan elastis, maka gelombang gempa menjalar ke permukaan sebagai sinar yang berbentuk garis lurus.

Gelombang gempa yang menjalar pada struktur bumi yang terdiri dari banyak lapisan dianggap kecepatan konstan, akan sampai di stasiun pencatat melalui tiga

cara, yaitu gelombang langsung, dipantulkan dan gelombang yang dibiaskan, hal ini tergantung pada jarak episenter gempa dari masing-masing lapisan. Pada penentuan parameter pusat gempa bumi yang perlu mendapatkan perhatian adalah gelombang langsung dari sumber dan gelombang yang dibiaskan yang dilinierisasi.

11.1.3. SEISMOGRAPH

Seismograph merupakan suatu alat untuk menyimpan dan mencatat bentuk gelombang dari gerakan tanah terhadap waktu. Catatan yang diberikan dinamakan Seismogram. Seismograph pertama kali dibangun di Italia oleh Cecchi pada tahun 1875, namun seismogram baru terkenal dalam tahun 1887. Sementara itu, Ewing dan teman-temannya di Jepang telah membuat beberapa Seismograph dan mencatat gempa yang pertama pada tahun 1880. Sebuah Seismograph pada dasarnya terdiri dari satu atau lebih Sensor Seismik, sebuah jam atau penerima tanda waktu, dan sebuah alat rekaman. Ada dua bentuk dasar dari sensor Seismik, yang pertama adalah Seismometer yang mengukur gerakan relatif tanah terhadap suatu massa referensi, yang kedua adalah Strainmeter atau Ekstensometer yang mengukur gerakan pada satu titik dalam tanah terhadap titik yang lain. Panjang gelombang dari gelombang seismik adalah begitu besar bila dibandingkan dengan perbedaan gerakan pada tanah dalam seismik vault terhadap massa referensi, sedangkan untuk Strainmeter, pada umumnya tidak peka untuk mendeteksi gempa bumi.

Pada awal abad ke-20, perkembangan alat ini dipusatkan pada Seismograph mekanis dengan menggunakan sebuah kertas yang diasapi sebagai tempat mencatat.

Suatu penahan yang berbentuk cairan diperkenalkan oleh Wiechert sekitar tahun 1900. Untuk meredam gesekan massa yang padat yang masih ada, maka massa harus dinaikkan dengan kuadrat dari perbesaran Seismograph dengan massa dari 10 sampai 20 ton dengan perbesarannya sekitar 1000 kali. Perakaman fotografic pada awalnya jarang digunakan, kelemahan sistem ini adalah biaya yang mahal dan kualitas perekaman yang rendah. Setelah ditemukannya cahaya lampu listrik, maka sistem ini menjadi pilihan praktis sebagai contoh Seismograph Wood Anderson yang digunakan sebagai dasar dari perhitungan skala Richter. [Anderson & Wood : 1925]. Electromagnetic Seismograph dengan sistem perekaman Galvanometer, ditemukan oleh Galitzin sesudah tahun 1904, bertahan sampai lebih dari ½ abad sebagai Seismograph periode panjang yang paling peka, Seismograph ini ditingkatkan kemampuannya lebih lanjut oleh La Coste, Benioff, Press, Ewing, dan Lehner [La Coste : 1934, Benioff & Press : 1958, Press et al : 1958] sehingga akhirnya dipakai secara luas sebagai jaingan Seismograph standar Dunia [Oliver & Murphy : 1971]. Generasi berikutnya dari electromagnetic Seismograph dalam proyek HGLP (High Gain Long-Period) [Savino et al : 1972] adalah sebagian menggunakan sistem elektronik dengan menggunakan galvanometer - phototube amplifier. Seismic Research Observatory (SRO) menggunakan sistem elektronik secara penuh, pita lebar, kekuatan seimbang tetapi tidak mencatat sinyal pita lebar. [Peterson et al : 1976]. Pada masa transisi antara sistem elektromagnetik ke sistem elektronik, ada dua kecenderungan yang berlawanan. Selama perekaman yang dapat dilihat adalah standar dan perekaman menggunakan pita magnet tidak lebih baik, perbesarannya

dapat ditingkatkan bila gangguan gelombang laut dapat ditekan. Hal ini menghasilkan pengembangan seismograph perioda pendek (pita yang sempit) yang sangat baik untuk studi gangguan tanah dan deteksi ledakan nuklir, meskipun sering tercampur dengan gempa-gempa. Di lain pihak seismograph pita lebar baik analog maupun digital dikembangkan. Saat itu hanya untuk keperluan penelitian karena perekaman pita lebar secara kontinu baik analog maupun digital tidak praktis.

Seismograph pita lebar digital yang pertama dipasang guna keperluan operasional rutin adalah jaringan GRF di Jerman yang dipasang tahun 1976. Generasi saat ini, Seismograph dengan pita yang sangat lebar dan digital mencakup semua lebar pita dari gelombang gempa jauh dan pita osilasi bebas dari bumi yang dikembangkan sejak tahun 1984.

11.2. GEMPA BUMI

Gempa Bumi, jika ditinjau dari defenisinya adalah suatu perubahan patahan atau lapisan pada bagian terlemah dari kulit bumi yang menimbulkan getaran di permukaan bumi. Perubahan lapisan atau patahan ini diakibatkan oleh adanya gaya endogen di dalam kulit bumi yang menyebabkan terkumpulnya tegangan-tegangan dan apabila tegangan-tegangan tersebut cukup besar dan melewati batas kemampuan batuan setempat maka akan tercapai suatu keadaan krisis yaitu perubahan letak (dislokasi) dari kulit bumi untuk mencari keseimbangan baru. Energi elastis yang terkumpul sebagai akibat dari tegangan tersebut, dipancarkan ke segala arah sebagai gelombang gempa bumi.

11.2.1. JENIS GEMPA BUMI

Dalam tahun 1878, R. Hoernes di Jerman mengeluarkan pembagian macam-macam gempa bumi yang sampai sekarang masih tetap berlaku:

1. Gempa bumi Runtuhan, disebabkan karena terjadinya keruntuhan di dalam bumi (gua-gua, tambang, dll).
2. Gempa bumi vulkanik, disebabkan karena aktivitas gunung api.
3. Gempa bumi tektonik, disebabkan karena aktivitas tektonik.

Gempa bumi terakhir inilah yang dapat mempunyai energi besar sehingga dapat tercatat pada jarak yang cukup jauh. Pada umumnya gempa tersebut terjadi pada daerah-daerah pertemuan lempeng, patahan atau pada daerah penunjaman (Subduksi).

Dan bila ditinjau menurut kedalaman pusat gempa bumi, Bath 1978 membagi menjadi tiga bagian :

1. Gempa dangkal, dengan kedalaman pusat gempa kurang dari 66 km.
2. Gempa menengah, dengan kedalaman pusat gempa antara 66 - 450 km.
3. Gempa dalam, dengan kedalaman pusat gempa lebih besar dari 450 km.

Indonesia merupakan salah satu negara yang sering mengalami kejadian gempa bumi tektonik. Hal ini terjadi karena kepulauan Indonesia terletak pada pertemuan antara tiga lempeng besar dunia yaitu : Lempeng Eurasia, Lempeng Pasifik, dan Lempeng Indo-Australia, serta satu lempeng kecil yaitu Lempeng Philipina. Ketiga lempeng tektonik yang disebut terakhir bertemu di Mindanao-

Sulawesi-Maluku dalam bentuk segitiga yang sangat kompleks. Dengan demikian ketiga daerah ini memiliki peluang yang besar untuk terjadinya gempa tektonik dengan kekuatan yang cukup besar. Hal ini dimungkinkan karena pertemuan antar lempeng merupakan jalur utama gempa bumi tektonik. Indonesia dilalui oleh dua dari tiga buah jalur utama gempa bumi dunia yaitu jalur utama Mediteran yang meliputi Sumatera, Jawa, Nusa Tenggara dan berakhir di laut Banda, dan jalur gempa Sirkum Pasifik yang meliputi Sulawesi Utara dan Irian.

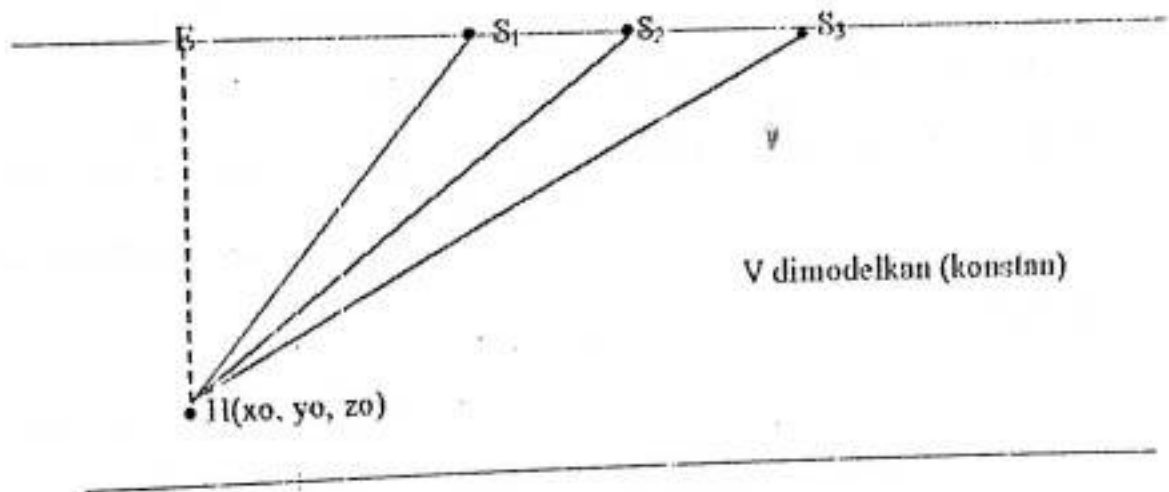
Terjadinya peristiwa gempa bumi tektonik terasa pengaruhnya di permukaan bumi, tidak saja pada daerah yang dekat dengan sumber gempanya, tapi juga berpengaruh pada daerah sekitarnya sampai radius tertentu. Luasnya daerah yang terkena pengaruh gempa tektonik tersebut tergantung dari besarnya energi yang dilepaskan dan posisi sumber gempanya. Getaran-getaran gempa bumi sangat dipengaruhi oleh mekanisme pada pusatnya/hypocenter, media yang dilewati getarannya, jaraknya perjalanan gelombang dan sebagainya.

Walaupun gempa bumi yang kuat jarang terjadi namun masalah tersebut tidak dapat diabaikan begitu saja karena korban jiwa dan harta serta kerusakan-kerusakan yang pernah terjadi sebagai akibat bencana gempa bumi tidak dapat dilupakan begitu saja. Kemungkinan bencana tersebut masih dapat terulang kembali pada masa mendatang bahkan mungkin akan lebih hebat akibatnya apabila sejak sekarang tidak dipersiapkan untuk menanggulanginya. Apabila gempa bumi berlangsung terus menerus maka tidak mustahil hal itu akan menimbulkan efek sampingnya yaitu terganggunya kestabilan sosial ekonomi di daerah tersebut. Oleh karena itu

Pemerintah harus cepat turun tangan untuk dapat menanggulangi kemungkinan timbulnya efek sampingnya tadi dengan memberikan penerangan kepada masyarakat setempat di samping melakukan penelitian tentang dampak gempa bumi terhadap kehidupan manusia dan lingkungannya.

II.2.2. PENENTUAN POSISI PUSAT GEMPA

Salah satu cara dalam menentukan pusat gempa bumi adalah dengan metoda waktu tempuh gelombang.



Gambar 1. Menentukan Hiposenter Gempa bumi dengan tiga stasiun.

- Keterangan : S_1, S_2, S_3 = Stasiun pencatat
H = Sumber gempa
E = Episenter
V = Kecepatan gelombang.

Waktu tempuh dari sumber ke stasiun diberikan dengan persamaan (lihat gambar 1)

$$T_i = t_o + s_i/V \quad (2.12)$$

$$s_i = [(x_i - x_o)^2 + (y_i - y_o)^2 + (z_i - z_o)^2]^{1/2}$$

- Di mana s_i = jarak sumber ke stasiun.
- x = lintang
- y = bujur
- z = kedalaman
- t_o = saat terjadinya gempa, origin time
- T_i = waktu tempuh gelombang dari sumber ke stasiun

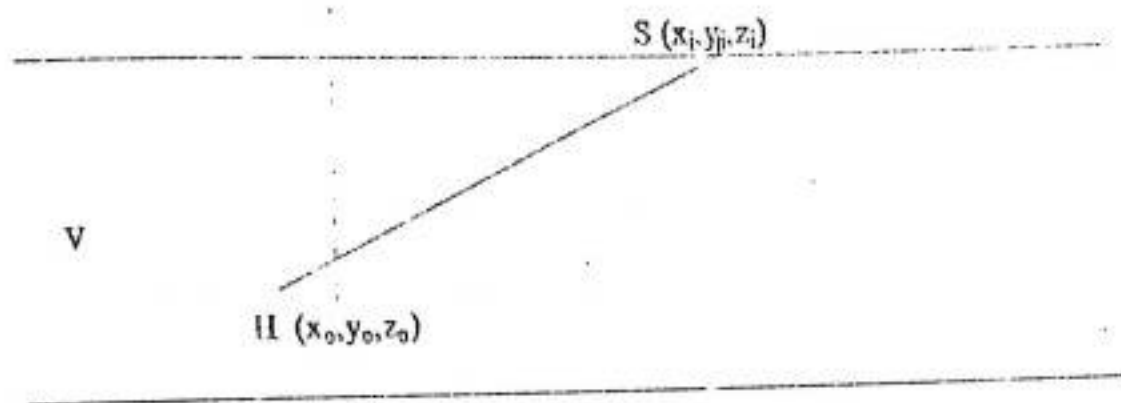
Hubungan antara waktu tiba tiba gelombang di stasiun dengan waktu tempuh dapat ditulis sebagai berikut :

$$t_i = t_o + T_i \quad (2.13)$$

di mana :

- t_i = waktu tiba gelombang di stasiun pencatat ke i
- t_o = waktu saat terjadinya gempa
- T_i = Waktu tempuh gelombang gempa ke stasiun ke i
- $i = 1, 2, \dots, p$ (p = jumlah stasiun)

$T_i = f(x,y,z)$ adalah fungsi tidak linier, dalam kasus sederhana yang hanya terdiri dari 2 lapisan dengan kecepatan V pada lapisan pertama yang tetap dapat ditunjukkan sebagai berikut :



Gambar 2. Menunjukkan waktu tempuh adalah fungsi tidak linier.

Jika $H(x_0, y_0, z_0)$ adalah posisi pusat gempa dan $S(x_i, y_i, z_i)$ adalah Stasiun pencatat, maka waktu tempuh T_i adalah :

$$T_i = \frac{HS}{V}$$

$$T_i = \frac{[(x_i - x_0)^2 + (y_i - y_0)^2 + (z_i - z_0)^2]^{1/2}}{V} \quad (2.14)$$

Dari persamaan (2.13) data yang diketahui adalah waktu tiba gelombang t_i dan jumlah maupun posisi stasiun yang mencatat gempa. Sedangkan parameter yang ditentukan posisi sumber gempa (lintang, bujur, dan kedalaman) dan waktu asal.

Dalam penentuan parameter pusat gempa model kecepatan dianggap konstan, maka persamaan (2.13) dapat di tulis :

$$t_i = f (X_1, X_2, X_3, X_4, X_{2i}, X_{3i}, X_{4i})$$

Atau

$$t_i = t_0 + T_i (X_2, X_3, X_4, X_{2i}, X_{3i}, X_{4i}) \quad (2.15)$$

di mana :

$X_1 = t_0 =$ waktu asal gempa

$X_2, X_3, X_4 =$ posisi pusat gempa

$T_i =$ waktu tempuh gelombang ke stasiun ke i

$X_{2i}, X_{3i}, X_{4i} =$ posisi stasiun pengamat

Untuk memudahkan penyelesaiannya dilakukan dengan pendekatan linier.

Dalam proses linierisasi diperlukan model awal dari pusat gempa dan waktu asal.

Persamaan (2.15) dapat di tulis :

$$t_i^o = t_0^o + T_i^o (X_2^o, X_3^o, X_4^o, X_{2i}^o, X_{3i}^o, X_{4i}^o)$$

di mana :

$T_i^o =$ waktu tempuh dari sumber pada posisi awal

$t_i^o =$ waktu tiba gelombang dari hasil perhitungan

Selisih antara hasil pengamatan dan perhitungan diperoleh yakni $\Delta t_i = t_i - t_i^o$.

Pendekatan residu ini dilakukan dengan ekspansi Taylor adalah :

$$\Delta t_i = \sum_{k=1}^4 \frac{\partial t_i}{\partial X_k} \Delta X_k + \sum_{\alpha=2}^4 \frac{\partial t_i}{\partial X_{\alpha i}} \Delta X_{\alpha i} \quad (2.16)$$

di mana :

$$\Delta X_k = X_k - X_k^o$$

$$\Delta X_{\sigma i} = 0 \text{ (posisi stasiun sudah diketahui dan tetap)}$$

$$i = 1, 2, 3, \dots, p \text{ (} p = \text{ jumlah stasiun)}$$

Persamaan (2.16) di atas berbentuk linier dengan empat variabel, karena suku kedua sama dengan nol. Tujuan penyelesaian adalah menghilangkan residu pada semua data pengamatan dengan jalan meminimumkan residu tersebut dengan metode Least square. Persamaan ini dapat di tulis dalam notasi matriks :

$$t = B \cdot X \tag{ 2.17 }$$

di mana :

$$t = (\Delta t_1, \Delta t_2, \Delta t_3, \dots, \Delta t_p)^T$$

$$B_{ik} = \frac{\partial t_i}{\partial X_k} \quad k = 1, 2, 3, 4 \text{ dan } i = 1, 2, \dots, p$$

p = jumlah stasiun pengamat

$$X = (\Delta X_1, \Delta X_2, \Delta X_3, \Delta X_4)^T$$

Untuk $k = 1$ maka $B_{i1} = 1$ karena $\frac{\partial t_i}{\partial X_1} = 1$

$X_1 = t_0 =$ waktu asal

$X_2, X_3,$ dan $X_4 =$ lintang, bujur, dan kedalaman

Bila jumlah stasiun yang merekam adalah 4, selengkapnya matriks B dapat ditulis :

$$B = \begin{bmatrix} 1 & \frac{\alpha_1}{\partial X_2} & \frac{\alpha_1}{\partial X_3} & \frac{\alpha_1}{\partial X_4} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & \frac{\alpha_2}{\partial X_2} & \frac{\alpha_2}{\partial X_3} & \frac{\alpha_2}{\partial X_4} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & \frac{\alpha_3}{\partial X_2} & \frac{\alpha_3}{\partial X_3} & \frac{\alpha_3}{\partial X_4} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & \frac{\alpha_4}{\partial X_2} & \frac{\alpha_4}{\partial X_3} & \frac{\alpha_4}{\partial X_4} \end{bmatrix} \quad (2.18)$$

maka persamaan (2.17) dapat diselesaikan dengan :

$$X = B^{-1} \cdot t \quad (2.19)$$

Tetapi pada umumnya jumlah data lebih besar dari empat sehingga matriks B tidak dapat diinversikan, untuk itu penyelesaiannya dapat dilakukan dengan :

$$X = B^T \cdot B^{-1} \cdot B^T \cdot t$$

$$X = (B^T \cdot B)^{-1} \cdot B^T \cdot t \quad (2.20)$$

$$\text{Bila } \Lambda = (B^T \cdot B)^{-1} \cdot B^T$$

Maka persamaan (2.19) dapat di tulis :

$$X = \Lambda \cdot t \quad (2.21)$$

II.2.3. MAGNITUDO

Ahli Seismologi menggunakan skala Magnitudo untuk menjelaskan energi seismik yang dilepaskan oleh setiap gempa bumi. Magnitudo adalah skala kekuatan gempa pada pusatnya. Meskipun tiap gempa bumi mempunyai suatu Magnitudo yang unik, namun dampaknya terhadap kehidupan manusia dan lingkungannya berbeda dari satu tempat dengan tempat yang lainnya. Ahli Seismologi menggunakan suatu skala mercalli intensitas untuk memperlihatkan efek yang berbeda-beda setiap gempa bumi. Tiap gempa bumi mempunyai jumlah energi yang khas, tetapi nilai magnitudo berbeda tergantung pada metoda yang digunakan. Yang sering digunakan adalah magnitudo body wave (M_b) dan magnitudo surface wave (M_s)

Klasifikasi gempa berdasarkan Magnitudo adalah sebagai berikut :

- Gempa bumi besar ($M > 7,0$)
- Gempa bumi menengah ($5,0 < M < 7,0$)
- Gempa bumi kecil ($3,0 < M < 5,0$)
- Gempa bumi mikro ($1,0 < M < 3,0$)
- Gempa bumi ultramikro ($M < 1,0$)

Kekuatan gempa atau magnitudo ditentukan biasanya oleh suatu Stasiun pencatat gempa dengan memperhitungkan amplitudo maksimum tanah suatu gelombang tertentu (A), dengan perioda gelombangnya dan jarak pusat gempa ke Stasiun (Δ).

Untuk magnitudo body wave (M_b) bentuk umum perumusannya adalah :

$$M_b = \log (AT) + Q(\Delta, h)$$

Di mana :

A = Amplitudo maksimum gelombang body

T = Periode

Δ = Jarak episenter

h = kedalaman

Q = fungsi terhadap Δ dan h

Magnitudo body wave digunakan untuk jarak episenter $\geq 5^\circ$, untuk jarak kurang dari 5° digunakan magnitudo lokal (ML) :

$$ML = \log A + a \log \Delta + b$$

Dimana : a dan b konstanta tergantung dari peralatan yang digunakan dan kondisi geologi setempat.

Magnitudo surface wave (MS) digunakan perumusan dari IASPE sebagai berikut :

$$MS = \log (AT) + 1.66 \log \Delta + 3.3$$

Dimana :

A = Amplitudo maksimum tanah dan komponen vertical gelombang permukaan

T = Periode

Δ = Jarak episenter

Pada prakteknya sering dialami kesulitan untuk membaca amplitudo maksimum pada seismogram, disebabkan jejak rekaman keluar dari skala (off scale).

Hal ini disebabkan keterbatasan dynamic range alat, untuk gempa kuat apalagi jaraknya dekat.

Untuk itu diperkenalkan magnitudo durasi yaitu magnitudo yang dihitung berdasarkan durasi (lamanya) getaran suatu gempa dan jarak episenter :

$$M_d = a \log D + b \log \Delta + c$$

Dimana :

D = Durasi

Δ = Jarak episenter

a,b,c = konstanta yang tergantung dari peralatan dan kondisi geologi setempat

Magnitudo Richter	Efek gempa bumi
Kurang dari 3,5	Umumnya tidak terasa, tetapi terkam
3,5 – 5,4	Sering terasa, tetapi jarang menimbulkan kerusakan
di bawah 6,0	Hanya menimbulkan sedikit kerusakan untuk bangunan yang didesain dengan baik. Dapat menyebabkan kerusakan besar untuk bangunan yang dirancang kurang baik.
6,1 – 6,9	Dapat merusak daerah terbuka kira-kira 100 km tepat di mana orang tinggal.
7,0 – 7,9	Gempa bumi besar, dapat menyebabkan kerusakan yang serius pada daerah yang luas.
8 atau lebih besar	Gempa bumi paling besar, dapat menyebabkan kerusakan yang serius pada daerah-daerah yang berada beratus kilometer.

Tabel II.1 Dampak Gempa Bumi

BAB III

METODA PENELITIAN

III.1. ALAT YANG DIGUNAKAN

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah Seismograph yang ada di Stasiun Telemetri yakni TANI (POLMAS), BUNI (SIWA), NINI (BARRU) dan stasiun Nontelemetri yakni MES (GOWA), PCI (PALU), MINI (MANADO), AAI (AMBON), TNT (TERNATE), SMI (SAUMLAKI), TLE (TUAL), dan Komputer.

III.2. PENGAMBILAN DATA

Data yang digunakan adalah data pengamatan dari stasiun-stasiun nontelemetri yang diperoleh dengan memakai sarana komunikasi yang ada di masing-masing stasiun tersebut dan pengamatan gempa bumi stasiun telemetri yang dilaksanakan secara shift dan kontinu oleh pusat gempa regional IV di kantor BMG wilayah IV Makassar.

Pengamatan yang dilakukan itu berupa pembacaan seismogram yang meliputi pengukuran waktu tiba gelombang yaitu gelombang P dan gelombang S dari tiap-tiap stasiun, Amplitudo, Periode, dan lamanya gelombang terekam di Seismograph. Nama-nama dan koordinat masing-masing stasiun. (terlampir).

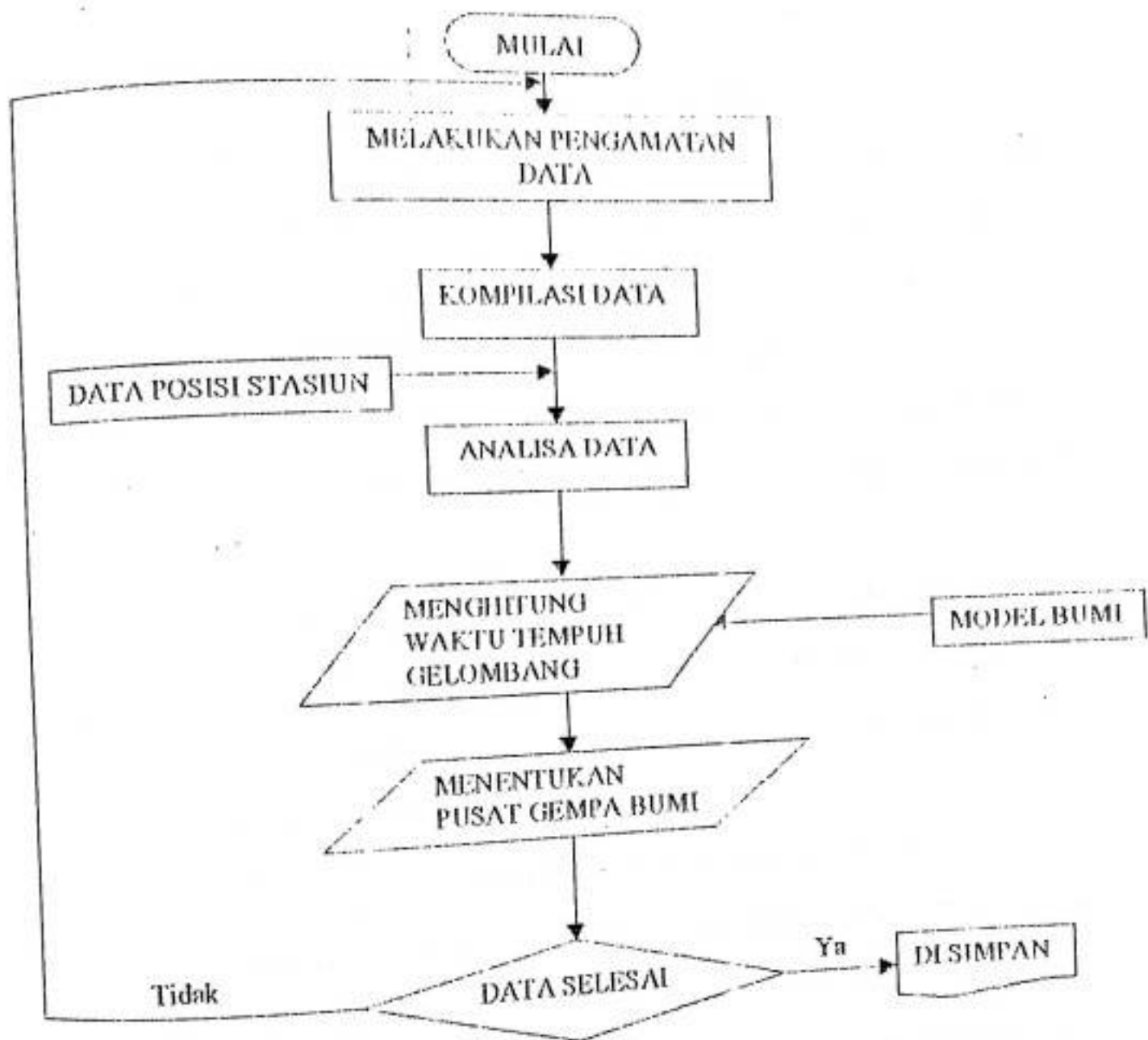
III.3. ANALISA DATA



Langkah-langkah yang ditempuh dalam menganalisa data adalah :

1. Membaca dan mengukur waktu tiba gelombang, amplitudo, perioda, dan durasi gelombang (pita seismograph) yang berasal dari 3 sensor gempa telemetri yaitu TANI, BUNI, dan NINI.
2. Melakukan penambahan data dari hasil pengamatan rekaman seismograph yang dikirim lewat alat komunikasi dari stasiun-stasiun nontelemetri.
3. Melakukan analisa data dari data hasil pengamatan sensor telemetri dan data pengamatan sensor nontelemetri dengan metoda perhitungan waktu tempuh gelombang untuk menentukan posisi pusat gempa dengan menggunakan persamaan (2.12).
4. Melaksanakan Plotting pusat gempa dalam peta untuk melihat aktivitas gempa bumi daerah Sulawesi Selatan dengan software program Seismik sejak tahun 1997 sampai tahun 2000.

III.4. Bagan Alir



BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

IV.1. KONDISI GEOLOGI SULAWESI SELATAN

Berdasarkan Kondisi Geologi, maka daerah Sulawesi Selatan dan sekitarnya ($01^{\circ} - 06^{\circ}$ LS dan $118^{\circ} - 122^{\circ}$ BT) adalah daerah Tektonik aktif yang merupakan penyebab terjadinya gempa bumi. Daerah tektonik aktif ditandai dengan adanya sesar yang aktif dan parit, untuk daerah Sulawesi Selatan terdapat :

1. Sesar Palu-Koro, memanjang dari Palu ke arah selatan-tenggara melalui Sulawesi Selatan bagian utara menuju ke selatan Bone sampai ke laut Banda.
2. Sesar Saddang, memanjang dari pesisir pantai Mamuju memotong diagonal melintasi daerah Sulawesi Selatan bagian tengah, Sulawesi Selatan bagian selatan, Bulukumba terus Pulau Selayar bagian timur.
3. Parit laut Makassar Selatan dan laut Bone
4. Beberapa anak sesar baik yang ada di darat maupun di laut.

Sesar adalah suatu rekahan pada batuan, di mana bagian-bagian yang dipisahkan oleh rekahan itu bergerak satu terhadap yang lainnya. Arah pergerakan bagian-bagian tersebut akan sejajar dengan bidang permukaan. Rekahan sesar memiliki ukuran dari milimeter hingga ratusan kilometer. Sesar Palu Koro memiliki panjang kira-kira 1000 K.M, merupakan sesar terbesar yang ada di Sulawesi di mana bagian baratnya dibatasi oleh pegunungan Melonggaaf, yang sebagian besar

kandungan utamanya berupa batuan granit yang berasosiasi dengan batuan plutonis, batuan gneiss dan schist kristalin. Sesar Palu-Koro mempunyai tipe sesar mendatar, seperti sesar Sumatera maupun sesar San Andreas yang terdapat di Amerika Serikat. Seperti halnya kedua sesar tersebut, Sesar Palu-Koro menyebabkan terjadinya gempa besar yang merusak. Sesar Saddang juga merupakan sesar mendatar yang menyebabkan gempa besar yang merusak di daerah Mamuju dan terakhir gempa Pinrang yang terjadi pada Tanggal 28 September 1997.

Di Sulawesi terdapat banyak sekali sesar yang merupakan rangkaian yang terputus-putus pada lembah-lembah yang dapat ditelusuri jejaknya mulai dari Teluk Palu, pada arah Utara-barat laut sampai pada lembah Lebani di arah Selatan -- Tenggara. Terdapat pula zona-zona mylonitic, cermin sesar, batuan katalastik dan batuan granit yang tertekan. Terdapat pula sumber-sumber mata air panas yang cukup banyak dan banyaknya titik / pusat-pusat gempa bumi yang menunjukkan bahwa sepanjang daerah sesar ini masih aktif.

IV.2. ANALISA

Dari hasil penentuan pusat gempa untuk daerah Sulawesi Selatan selama periode April 1997 sampai dengan Maret 2000 dapat ditentukan sejumlah 259 gempa bumi yang terjadi. Dapat dikatakan bahwa daerah Sulawesi Selatan termasuk daerah gempa yang cukup aktif. Selama kurun waktu tersebut hanya terjadi satu gempa yang menimbulkan kerusakan yaitu gempa Pinrang yang terjadi tanggal 28 September 1997.

Distribusi gempa tektonik dapat di lihat pada peta Seismisitas gempa daerah Sulawesi Selatan. Dari hasil plot, terlihat bahwa distribusi penyebaran gempa dominan berada pada daerah Mandar, Barru, Maruju dan dominan mengarah tenggara barat laut hampir searah dengan pergerakan sesar Saddang. Sebaran pusat gempa diyakini berada pada daerah sesar. Gempa - Gempa di Sulawesi Selatan disebabkan oleh adanya pergerakan sesar Saddang. Hal ini dapat di lihat dari distribusi penyebaran gempa yang dominan berada pada daerah sesar Saddang.

Gempa yang berasosiasi dengan sesar saddang 200 gempa, yang berasosiasi dengan sesar Palu-Koro berjumlah 30 gempa, yang berasosiasi dengan parit laut Makassar dan laut Bone berjumlah 29 gempa.

IV.3. PEMBAHASAN

Dari hasil analisis dapat dilihat bahwa gempa yang terjadi di daerah Sulawesi Selatan merupakan tipe gempa yang bersifat dangkal karena kedalamanannya dominan berkisar 0 - 60 Km khususnya daerah-daerah Mandar, Mamuju, Barru. Dari hasil Pengamatan didapatkan bahwa aktivitas gempa-gempa yang ada di daerah Sulawesi Selatan umumnya berada pada daerah sesar dan parit. Gempa yang terjadi dominan berada pada daerah sesar Saddang dan parit Laut Makassar, tetapi kedalamanannya lebih dangkal dibandingkan dengan gempa yang terjadi di daerah sesar Palu-Koro. Terdapat juga gempa yang kedalamanannya menengah, biasanya hal ini disebabkan karena kurangnya jumlah data yang digunakan dalam menganalisa data.

Dari hasil analisa terdapat gempa yang mempunyai kedalaman lebih dari 60 Km (Gempa menengah) di darat. Penyebab terjadinya gempa di daerah Sulawesi Selatan adalah sesar baik sesar Palu-Koro maupun Saddang yang berasosiasi dengan gempa dangkal. Sehingga terdapat kekurangan telitian dalam penentuan kedalaman gempa. Hal ini bisa dimengerti karena dalam penentuan pusat gempa dengan menggunakan waktu tempuh, hanya menggunakan data dari tiga Stasiun.

Penentuan pusat gempa yang baik adalah jumlah informasi masukan sebanyak-banyaknya. Hal ini disebabkan banyak hal yang belum dimasukkan dalam perhitungan penentuan pusat gempa bumi. Seperti yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya, bahwa struktur bumi dianggap homogen isotropis dengan perubahan sesuai dengan kedalaman. Untuk penentuan yang lebih teliti, maka model struktur bumi sebisa mungkin mendekati realitas.

Hal lain, untuk gempa dengan magnitudo kecil hanya tercatat oleh 3 Stasiun, sehingga data sangat kurang. Berbeda dengan gempa yang mempunyai magnitudo besar, sebagai contoh adalah Gempa Pinrang tercatat oleh semua stasiun gempa yang ada di Indonesia. Hasil penentuan pusat gempa untuk gempa Pinrang mempunyai ketelitian yang baik.

Berdasarkan hasil analisa dapat di lihat bahwa magnitudo gempa-gempa yang terjadi di daerah Sulawesi Selatan berkisar antara 0 - 6. Gempa yang terjadi dominan magnitudonya kecil berkisar 1 - 3 dibandingkan dengan yang magnitudonya besar, ini disebabkan karena gempa dengan magnitudo yang kecil cepat mengumpulkan energi dan melepaskan energinya dengan cepat pula dibandingkan dengan gempa

dengan magnitudo besar karena proses pengumpulan energi sangat lama (lihat tabel magnitudo). Sedangkan gempa dengan magnitudo lebih kecil dari 1.0 secara teoritis harusnya paling banyak terjadi, karena pengumpulan energi memerlukan waktu paling cepat bila dibandingkan dengan gempa dengan magnitudo yang lebih besar. Hal ini bisa dimengerti, karena gempa dengan magnitudo kecil kebanyakan hanya tercatat oleh kurang dari 3 stasiun jaringan pencatat gempa di Sulawesi Selatan, sehingga pusat gempanya tidak bisa ditentukan. Apabila diinginkan untuk studi gempa mikro ini, maka jaringan pencatat gempa di Sulawesi Selatan harus ditambah agar lebih rapat.

NOMOR	KEDALAMAN (KM)	JUMLAH
1	0 - 33	194
2	33 - 60	38
3	> 60	28

Tabel IV.1 Tabel Kedalaman Gempa

Berdasarkan tabel kedalaman gempa di atas, Kedalaman gempa bumi yang terjadi di daerah Sulawesi Selatan dominan berkisar antara 0 - 33 KM yaitu berjumlah sebanyak 194 kejadian gempa.

Daerah-daerah yang sering mengalami kejadian gempa yaitu daerah Mandu, Barru, Mamuju, T.Bone dan selat Makassar. Gempa yang terjadi umumnya tergolong dalam gempa yang dangkal.

NOMOR	MAGNITUDO	JUMLAH	JENIS GEMPA BUMI
1	< 1.0	11	Ultra Mikro
2	$1.0 < M < 3.0$	186	Mikro
3	$3.0 < M < 5.0$	61	Kecil
4	$5.0 < M < 7.0$	1	Menengah

Tabel IV.2 Tabel Magnitudo

Berdasarkan tabel Magnitudo di atas, Gempa bumi yang terjadi di daerah Sulawesi Selatan dominan magnitudo gempa berkisar antara $1.0 < M < 3.0$ yakni berjumlah 186 kejadian dan tergolong dalam jenis gempa Mikro. Sedang Gempa bumi menengah $5.0 < M < 7.0$ terjadi hanya satu kali yakni gempa yang terjadi di daerah Pinrang dan Pare-pare tahun 1997 dengan magnitudo 6.0.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

V.1. Kesimpulan

Dari hasil pembahasan bab terdahulu, maka dapat disimpulkan :

1. Daerah Sulawesi Selatan merupakan daerah yang aktif gempa bumi, ini disebabkan karena adanya pergerakan Besar Sadang dan Sesar Palu Koro. Daerah-daerah yang sering mengalami kejadian gempa adalah daerah Mandar, Barru, Mamuju, T.Bone dan selat Makassar.
2. Penentuan pusat gempa dengan menggunakan metoda waktu tempuh gelombang dapat digunakan di Sulawesi Selatan sedang kedalaman gempa kurang teliti karena kurang rapatnya jaringan.
3. Gempa bumi yang terjadi di daerah Sulawesi Selatan didominasi oleh gempa bumi mikro yang kedalamananya sangat dangkal berkisar antara 0 – 60 KM.

V.2. Saran

Sebagai kelanjutan dari penelitian ini, penulis mengajukan beberapa saran :

1. Disarankan untuk melakukan penelitian lebih lanjut tentang aktivitas sesar yang menimbulkan gempa bumi.
2. Disarankan untuk menambah stasion seismik di Sulawesi dan Maluku khususnya daerah Sulawesi Selatan, sehingga data (informasi) menjadi lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- BMG Buletin, edisi Juni, jilid 1, 1998.
- BMG Buletin, edisi Maret, jilid 2, 1998.
- BMG, *Pengantar Seismologi*, Jakarta.
- BMG, *Laporan gempa bumi Pinrang dan Pare-pare 28 September 1997*, Balai Wilayah IV Makassar, Dephub, 1997.
- Ismail S., *Pendahuluan Seismologi*, Akademi Meteorologi dan Geofisika, Jilid 1, Jakarta, 1980.
- Louie J., *Richter Magnitude*, USGS, Amerika Serikat, 1996.
- Merdjanto U., *Pengaruh bentuk jaringan pencatat gempa terhadap penentuan hiposenter di Indonesia Studi kasus jaringan Regional Seismological Centre II (RSC II)*, Depok, 1991.
- SIG Kanwil DPE Propinsi Sulsel, *Kegempaan dan gerakan tanah di daerah Mamasa Kabupaten Polmas*, Makassar, 1999.
- Soetadi R., dkk., *Pokok-pokok Pengetahuan Seismologi Gravitasi dan Tunda Waktu*, Lembaga Meteorologi dan Geofisika, Dephub, cetakan ke-3, Jakarta, 1979.
- Wabyudi, *Studi tentang karakteristik sumber gempa vulkanik di gunung Merapi di Jawa Tengah*, Program pasca Sarjana Universitas Gajah Mada, Yogyakarta, 1991.
- Wielandt Erhard, *Seismometry*, 05 mei 2000.

**JARINGAN PEMANTAUAN
GEMPA BUMI DAERAH
SULAWESI DAN MALUKU**

BMG WILAYAH-IV

TANI (Daerah Polmas Sulawesi-Selatan)

Koordinat : 119.383 E - 03.456 S

BUNI (Daerah Siva Sulawesi-Selatan)

Koordinat : 120.323 E - 03.658 S

NINI (Daerah Barru Sulawesi-Selatan)

Koordinat : 119.756 E - 04.423 S

MNS (Daerah Gowa Sulawesi-Selatan)

Koordinat : 119.590 E - 03.290 S

PCI (Daerah Palu Sulawesi-Tengah)

Koordinat : 119.840 E - 00.930 S

MNI (Daerah Marauke Sulawesi-Utara)

Koordinat : 124.820 E - 01.420 N

A-AJ (Daerah Ambon-Maluku)

Koordinat : 128.190 E - 03.690 S

TNT (Daerah Ternate Maluku-Utara)

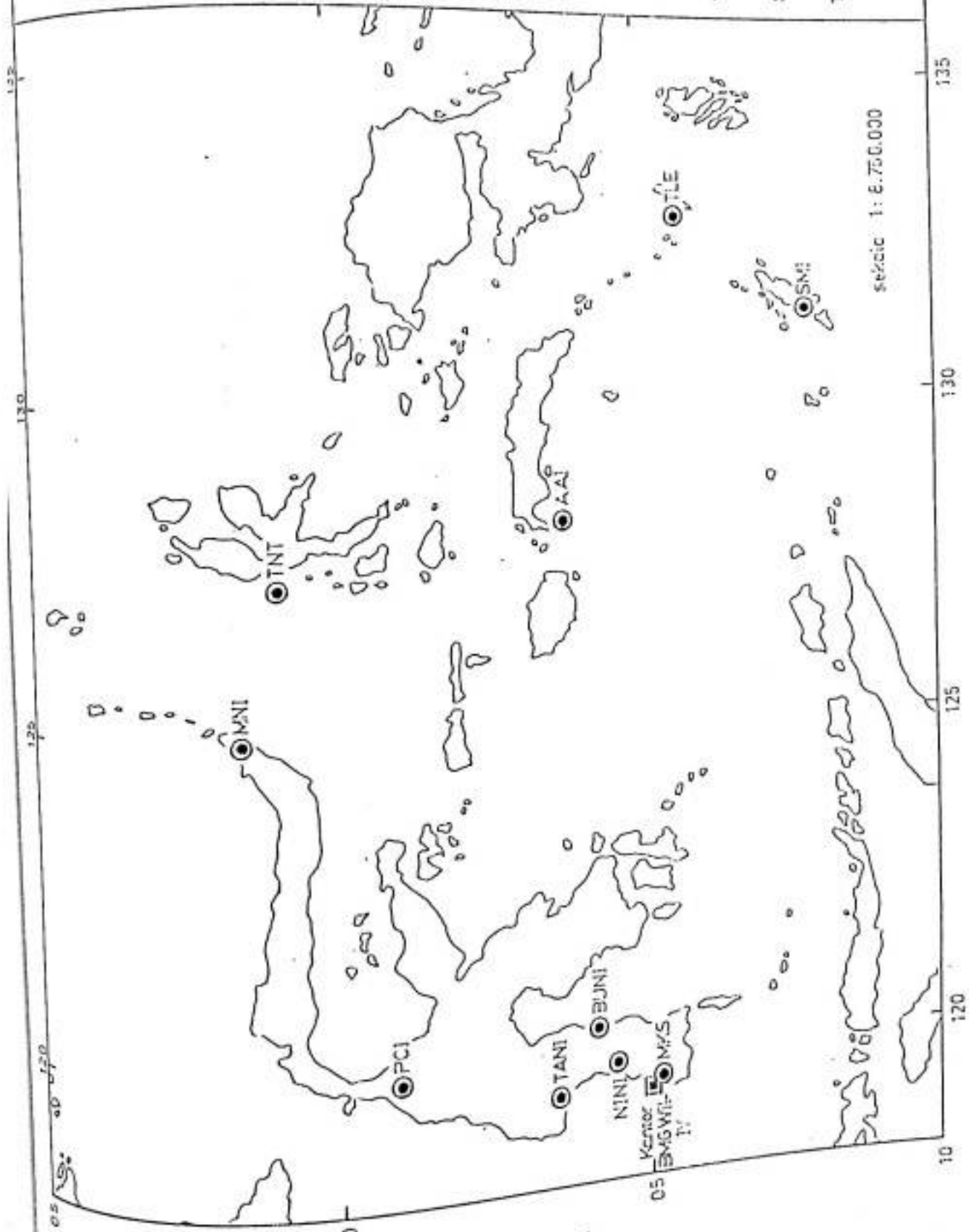
Koordinat : 127.240 E - 00.850 N

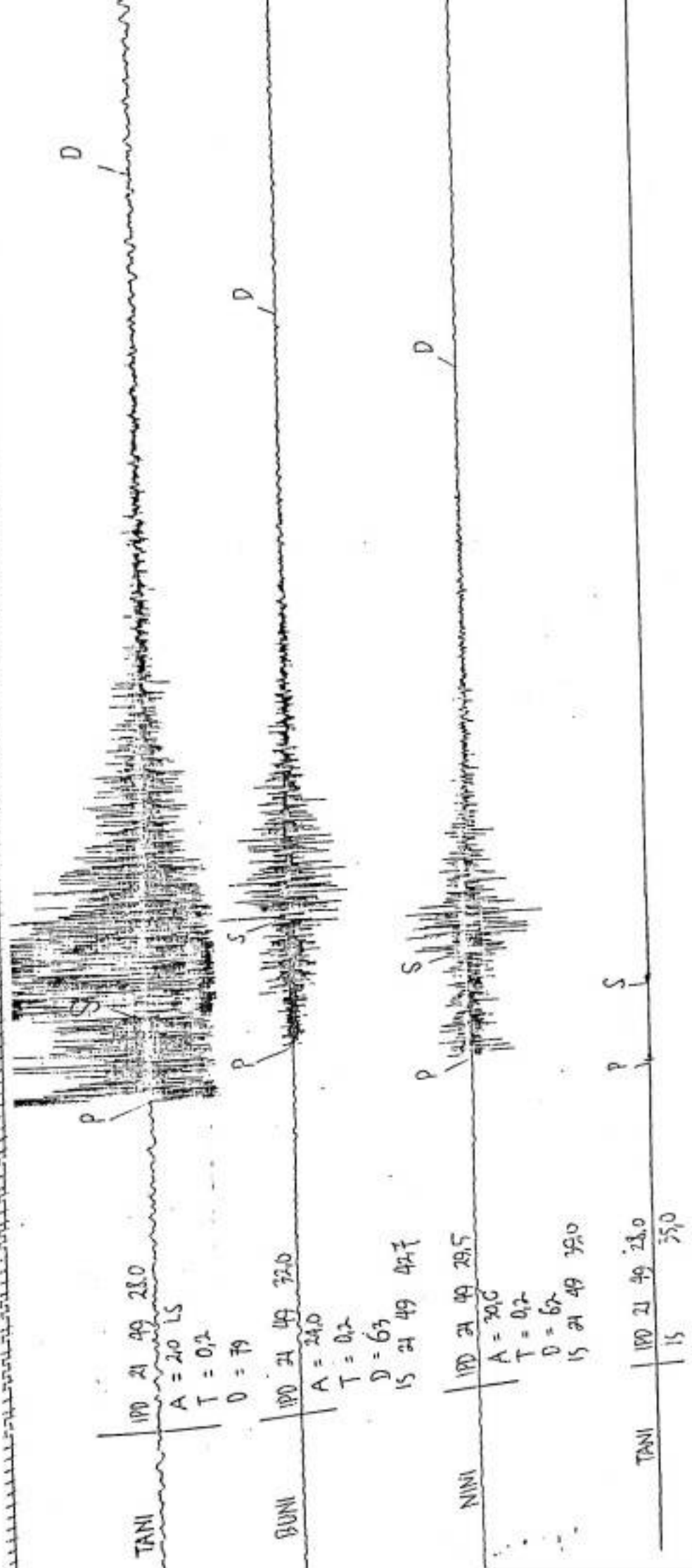
SNI (Daerah Saunbiaki Maluku-Tenggara)

Koordinat : 131.298 E - 07.873 S

TLE (Daerah Tual Maluku-Tenggara)

Koordinat : 132.710 E - 05.638 S





#20449 275 040

021097
 number of stations used: 6
 preloc. lat: -3.8 lon: 119.7 ho: 21 49 19.3

rms: .203 nb of iter: 2

trust ellipse parameters:
 half big axis: 4.7 km.
 half small axis: 3.1 km.
 azimuth big axis: 05.8 degrees.

region: Daerah Mandar
 origin time: 21 49 17.5 +/- .1
 latitude: -3.84 +/- 1.4
 longitude: 119.55 +/- 1.1
 depth: 54. km

magnitudes:
 durat 4.4 +/- .4 on 3 stations

dep 54. km	1. km	21. km	61. km	100. km
lat -3.84	-3.84	-3.84	-3.84	-3.84
lon 119.55	119.71	119.59	119.54	119.7
rms .20	2.41	.66	.29	1.63
nit 2	1	2	3	3

code	ph	<	time	>	dist	azi	ampl	per	durat
TANI	pg	21	49	28.0	47	338	70.8	.2	79.
TANI	sg	21	49	35.0	47	338			
NINI	pg	21	49	29.5	68	160	67.4	.2	62.
NINI	sg	21	49	39.0	68	160			
BUNI	pg	21	49	32.0	88	77	27.2	.2	63.
BUNI	sg	21	49	42.7	88	77			

res	mi	md	res	res
.3	4.8	2.6	-.3	.5
-.2	4.8	-.2	.5	-.1
-.3	4.3	2.0	-.9	-.1
.2	4.3	-2.3	.9	-.1
.0	4.0	2.5	-.7	.2
.0	4.0	-.2	.5	-.1

FUSAT GEMPA BUMI

Th /Tg /Bl	Waktu			Pusat Gempa		Ked. (KM)	Mag	Daerah
	J	M	D	Lintang	Bujur			
1997/04/06	03:50:43.70			3.9800S	118.4600E	47.0	2.2	S.Makasar
1997/04/08	17:27:24.80			3.6300S	118.6500E	21.0	3.2	S.Makasar
1997/04/11	23:42:10.70			4.0000S	119.1000E	33.0	1.7	Baru
1997/05/08	05:26:35.00			3.8500S	119.1600E	37.0	2.0	Mandar
1997/05/17	05:57:13.50			3.9700S	119.9300E	12.0	1.8	Mandar
1997/05/17	17:19:56.70			3.6900S	119.2300E	21.0	1.8	Mandar
1997/05/24	22:37:05.90			2.7700S	121.9400E	33.0	1.5	Soroako
1997/05/24	23:17:19.80			5.0500S	118.1700E	21.0	2.4	S.Makasar
1997/05/24	23:23:43.20			4.4800S	118.8700E	123	1.7	S.Makasar
1997/06/12	22:41:56.60			3.8500S	119.9600E	175	1.7	Mandar
1997/06/21	09:47:07.40			4.6000S	119.7100E	33.0	1.5	Baru
1997/07/10	22:17:00.60			3.1200S	118.8800E	33.0	1.7	S.Makasar
1997/07/14	04:07:14.30			4.0600S	119.3800E	33.0	2.0	Baru
1997/08/16	23:33:24.50			3.6700S	119.0900E	33.0	1.8	Mandar
1997/09/10	07:10:49.90			5.1000S	119.5000E	33.0	2.0	Takalar
1997/09/28	01:38:28.00			3.9600S	119.5200E	30.0	5.4	Mandar
1997/09/28	07:33:58.00			3.8500S	119.8600E	88.0	1.6	Mandar
1997/09/28	11:04:53.70			3.8100S	119.5900E	50.0	1.4	Mandar
1997/09/29	15:26:43.20			3.6400S	119.2700E	33.0	1.8	Mandar
1997/09/29	15:50:14.00			4.9300S	120.1600E	33.0	1.3	T. Bone
1997/10/05	01:34:30.50			4.9300S	120.1600E	33.0	0.6	Mandar
1997/10/05	01:34:30.50			3.8800S	119.7400E	33.0	1.8	Mandar
1997/10/08	10:02:31.30			3.9300S	119.6400E	33.0	1.7	Baru
1997/10/09	14:27:52.90			3.8500S	119.5600E	33.0	1.7	Baru
1997/10/09	14:27:52.90			3.8500S	119.5600E	33.0	1.0	Baru
1997/10/24	17:51:27.60			4.2800S	119.8300E	33.0	1.7	Mandar
1997/10/24	17:51:27.60			4.2800S	119.8300E	33.0	1.7	Mandar
1997/10/26	06:09:12.40			4.0700S	119.1400E	33.0	2.7	Mandar
1997/10/26	06:09:12.40			4.0700S	119.1400E	33.0	2.7	Mandar
1997/10/28	16:42:17.60			3.9600S	119.5800E	33.0	1.5	S.Makasar
1997/10/28	16:42:17.60			3.9600S	119.5800E	33.0	1.5	S.Makasar
1997/11/02	03:20:29.20			3.9300S	119.6600E	33.0	1.7	Mamuju
1997/11/02	03:20:29.20			3.9300S	119.6600E	33.0	1.7	Mamuju
1997/11/11	10:50:46.10			3.1800S	118.9200E	33.0	1.5	Bulukumba
1997/11/11	10:50:46.10			3.1800S	118.9200E	33.0	1.5	Bulukumba
1997/11/14	01:46:01.70			2.3900S	119.5100E	33.0	2.1	S.Makasar
1997/11/14	01:46:01.70			2.3900S	119.5100E	33.0	2.1	S.Makasar
1997/11/18	19:56:42.40			5.9800S	120.7000E	33.0	2.0	S.Makasar
1997/11/18	19:56:42.40			5.9800S	120.7000E	33.0	2.0	S.Makasar
1997/11/19	09:28:29.30			2.4500S	118.6000E	33.0	2.9	Mandar
1997/11/19	09:28:29.30			2.4500S	118.6000E	45.0	2.9	Mandar
1997/11/26	10:20:38.60			3.0900S	118.7300E	33.0	1.0	Baru
1997/11/26	10:20:38.60			3.0900S	118.7300E	33.0	1.0	Baru
1997/11/26	21:49:35.50			3.9300S	119.4500E	33.0	1.8	Baru
1997/11/26	21:49:35.50			3.9300S	119.4500E	33.0	1.8	Baru
1997/11/28	22:59:06.00			4.3000S	119.5000E	53.0	2.1	Mandar
1997/11/28	22:59:06.00			4.3000S	119.5000E	53.0	2.1	Mandar
1998/01/03	17:00:26.40			3.5800S	119.2900E	33.0	1.3	Baru
1998/01/03	17:00:26.40			3.5800S	119.2900E	33.0	1.3	Baru
1998/01/11	20:58:01.50			4.2000S	119.7800E	26.0	2.5	Baru
1998/01/11	20:58:01.50			4.2000S	119.7800E	26.0	2.5	Baru
1998/01/20	15:04:12.60			3.9300S	119.7500E	26.0	2.2	Baru
1998/01/20	15:04:12.60			3.9300S	119.7500E	26.0	2.2	Baru
1998/01/29	09:43:14.30			3.9100S	119.2700E	30.0	2.5	Baru
1998/01/29	09:43:14.30			3.9100S	119.2700E	30.0	2.5	Baru
1998/01/31	22:33:25.80			3.9300S	119.2200E	22.0	2.1	Mandar
1998/01/31	22:33:25.80			3.9300S	119.2200E	22.0	2.1	Mandar
1998/02/07	04:29:33.50			3.6700S	118.8500E	21.0	2.0	Mandar
1998/02/07	04:29:33.50			3.6700S	118.8500E	21.0	2.0	Mandar
1998/02/08	11:05:37.10			3.7800S	119.4400E			

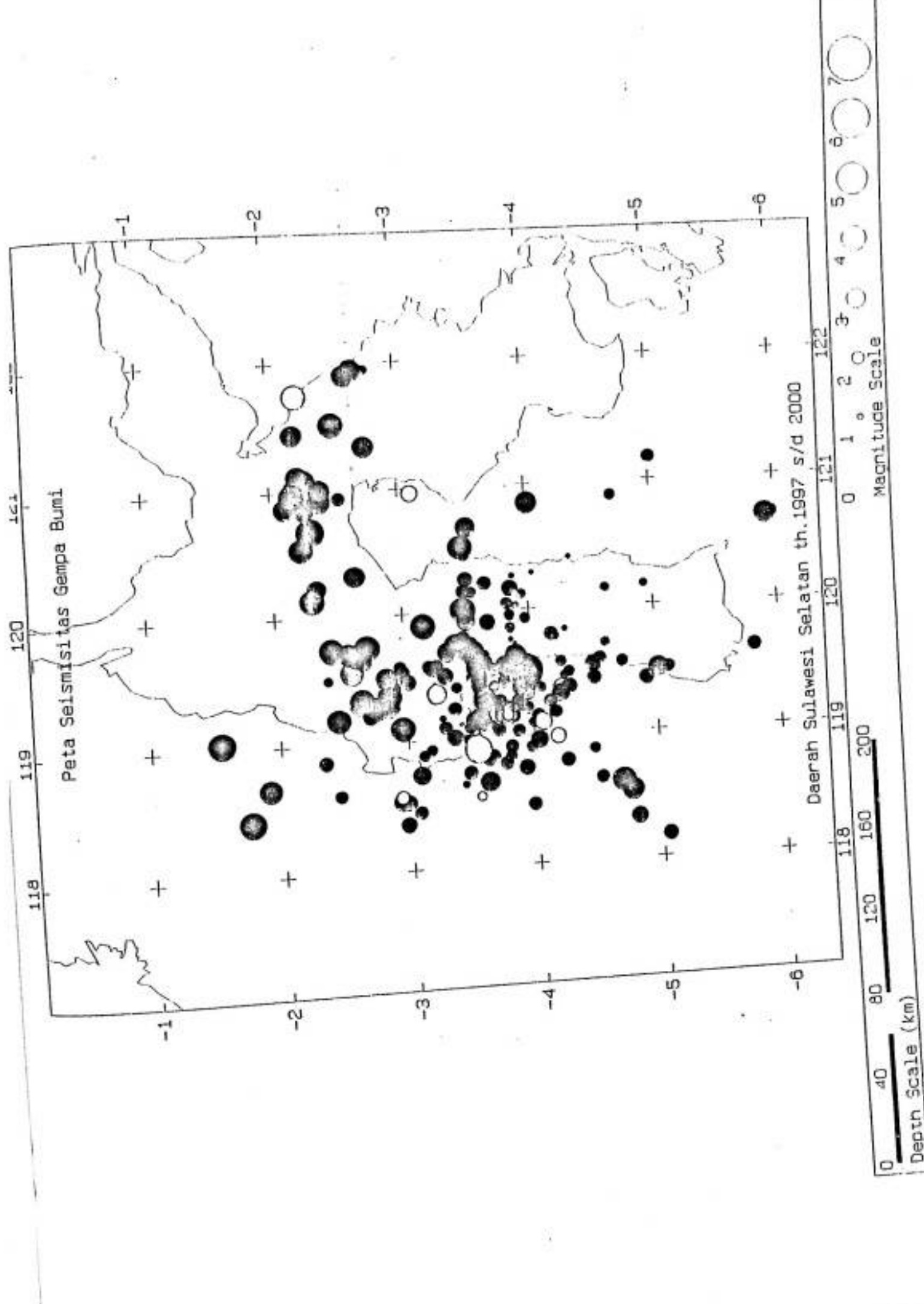
Th/Tg/Bl	Waktu			Fusat Gempa		Ked. (KM)	Mag.	Daerah
	J	M	D	Lintang	Bujur			
1998/02/15	18:41:21.20	2.8400S	119.2500E	12.0	2.7	Mamuju		
1998/02/25	10:55:10.20	3.6000S	119.3700E	40.0	2.6	Mandar		
1998/02/27	15:35:44.00	3.7900S	119.2500E	21.0	1.4	S.Makasar		
1998/03/02	03:25:19.70	3.5200S	119.6900E	33.0	2.0	Mandar		
1998/03/04	22:31:39.50	3.5200S	119.7100E	33.0	2.2	Mandar		
1998/03/05	07:27:19.60	3.5200S	119.7400E	33.0	2.6	Mandar		
1998/03/07	03:07:56.10	2.9600S	119.5400E	33.0	2.0	Mamuju		
1998/03/09	22:36:25.00	3.6200S	119.6500E	33.0	2.1	Mandar		
1998/03/10	16:40:19.50	3.9700S	119.3400E	41.0	2.1	Mandar		
1998/03/10	22:36:25.00	4.0400S	119.1600E	33.0	2.1	Ballu		
1998/03/13	23:07:19.40	4.2300S	119.3800E	74.0	2.4	Barru		
1998/03/17	20:24:00.20	2.9900S	119.5700E	33.0	2.6	Mamuju		
1998/03/20	15:53:26.80	4.1900S	118.9800E	65.0	2.5	S.Makasar		
1998/03/22	18:39:23.60	3.5500S	119.6800E	33.0	2.3	Mandar		
1998/03/25	17:14:12.20	2.8400S	119.3800E	33.0	2.6	Mamuju		
1998/03/28	05:15:57.70	3.3700S	119.0100E	33.0	2.6	Mandar		
1998/03/29	07:47:29.50	3.9800S	119.5800E	26.0	1.6	Mandar		
1998/03/31	12:10:43.60	3.2100S	119.5600E	33.0	2.3	Mandar		
1998/04/08	08:50:05.50	4.5000S	119.4400E	21.0	2.3	Barru		
1998/04/14	15:03:42.00	2.7100S	119.2100E	33.0	2.5	Mamuju		
1998/04/14	19:36:53.40	3.9500S	120.1200E	33.0	1.6	T. Bone		
1998/04/17	07:55:50.00	2.9800S	119.5500E	20.0	2.2	Mamuju		
1998/04/18	10:12:36.20	3.8600S	120.1700E	39.0	2.6	T. Bone		
1998/04/19	16:46:31.40	3.0200S	119.4700E	12.0	2.5	Mandar		
1998/04/20	13:50:20.60	2.9300S	118.5300E	33.0	2.9	S.Makasar		
1998/04/23	01:27:30.80	3.5900S	119.3300E	38.0	2.4	Mandar		
1998/04/24	10:59:40.30	3.3200S	119.6200E	33.0	2.3	Mandar		
1998/05/02	17:01:41.90	3.5300S	119.6900E	33.0	2.1	Mandar		
1998/05/02	18:36:39.70	3.8800S	120.2700E	49.0	1.0	T. Bone		
1998/05/03	05:18:09.50	3.5300S	119.7200E	33.0	2.1	Mandar		
1998/05/03	11:44:02.80	3.5400S	119.1400E	29.0	3.2	Mandar		
1998/05/06	06:51:28.30	3.0700S	118.4400E	12.0	2.2	S.Makasar		
1998/05/09	05:47:25.70	3.3400S	119.6900E	33.0	3.2	Mandar		
1998/05/11	01:30:42.40	3.5400S	119.6900E	33.0	2.8	Mandar		
1998/05/16	03:05:02.60	3.3100S	119.5100E	33.0	2.6	T. Bone		
1998/05/23	06:16:47.90	3.2500S	119.5900E	33.0	2.0	T. Bone		
1998/05/26	05:01:32.80	3.2300S	119.3500E	33.0	2.5	T. Bone		
1998/05/27	02:18:09.40	3.6900S	119.2800E	41.0	1.4	T. Bone		
1998/06/02	04:06:01.00	3.5400S	119.6800E	33.0	2.3	T. Bone		
1998/06/04	13:44:42.30	3.5100S	119.7100E	33.0	2.0	T. Bone		
1998/06/05	05:55:24.10	3.6000S	119.3400E	12.0	1.7	T. Bone		
1998/06/06	14:06:55.90	3.5800S	119.6400E	33.0	3.2	Mandar		
1998/06/07	19:51:55.70	2.9600S	119.5900E	33.0	2.0	Mamuju		
1998/06/08	02:20:06.70	3.4000S	119.4100E	33.0	1.8	Mandar		

Th /Tg /Bl	Waktu			Pusat Gempa		Ked. (KM)	Mag.	Daerah
	J	M	D	Lintang	Bujur			
1998/06/08	04:11:39.90			3.5400S	119.6700E	33.0	2.6	Mandar
1998/06/08	13:57:19.30			3.8000S	119.5600E	33.0	3.5	Mandar
1998/06/13	01:01:03.00			3.6300S	118.8300E	12.0	2.3	S.Makasar
1998/06/13	22:04:01.60			3.6900S	119.2800E	53.0	1.9	Mandar
1998/06/14	18:41:40.40			3.9000S	120.0300E	15.0	1.2	T. Bone
1998/06/14	19:12:59.50			3.8300S	120.0500E	49.0	1.9	T. Bone
1998/06/18	04:31:45.40			3.5100S	119.4800E	33.0	1.1	Mandar
1998/06/18	17:31:22.50			3.5000S	119.4900E	33.0	1.0	Mandar
1998/06/25	09:02:22.40			3.6200S	119.1400E	33.0	1.9	Mandar
1998/06/29	08:25:57.50			3.5400S	119.6800E	33.0	2.6	Mandar
1998/06/29	15:59:07.20			3.2300S	119.4400E	13.0	0.8	Mandar
1998/06/29	18:42:23.90			2.9100S	119.4300E	33.0	1.9	Mamuju
1998/06/30	16:30:48.20			2.9800S	118.5200E	12.0	2.5	S.Makasar
1998/07/06	04:47:39.60			4.0400S	120.2900E	22.0	0.8	T. Bone
1998/07/09	22:37:31.40			2.4300S	119.1500E	88.0	0.9	Mamuju
1998/07/16	10:55:24.60			3.9300S	118.7400E	12.0	0.9	S.Makasar
1998/07/18	10:23:45.70			2.9000S	119.2700E	27.0	1.8	Mamuju
1998/07/22	21:04:09.10			3.8200S	118.9200E	12.0	2.1	S.Makasar
1998/07/26	16:37:13.20			3.5400S	119.7300E	33.0	1.3	Mandar
1998/07/31	08:09:02.90			3.7500S	119.1600E	49.0	2.3	Mandar
1998/08/02	01:28:02.80			4.3000S	119.3800E	33.0	2.4	Barru
1998/08/02	07:39:17.20			3.7600S	119.4000E	44.0	0.9	Mandar
1998/08/07	14:45:01.50			2.8700S	119.6300E	97.0	2.4	Mamuju
1998/08/26	11:05:07.40			3.8200S	119.4200E	52.0	0.8	Mandar
1998/08/28	14:43:48.50			3.9800S	120.2000E	38.0	1.0	T. Bone
1998/09/01	20:47:14.10			3.4400S	118.6400E	12.0	1.2	S.Makasar
1998/09/02	17:43:31.40			3.8400S	119.1600E	65.0	1.2	Mandar
1998/09/02	17:51:42.80			3.8400S	119.2300E	56.0	1.9	Mandar
1998/09/03	21:51:59.50			3.5000S	120.4600E	33.0	2.2	T. Bone
1998/09/04	16:07:41.00			3.7900S	119.1100E	51.0	1.9	Mandar
1998/09/05	12:46:35.40			3.5800S	119.4600E	21.0	2.4	Mandar
1998/09/07	02:32:06.00			4.0200S	119.5200E	52.0	1.4	Barru
1998/09/10	09:38:28.50			4.2400S	119.5800E	12.0	1.8	Barru
1998/09/13	21:03:43.40			3.5400S	119.1800E	21.0	2.0	Mandar
1998/09/14	16:07:11.40			3.5900S	119.4900E	42.0	1.9	Mandar
1998/09/20	08:36:45.70			3.7200S	119.0500E	21.0	2.1	Mandar
1998/09/30	05:09:09.10			4.1400S	119.2700E	53.0	2.1	Barru
1998/10/02	08:14:55.90			3.6300S	118.6400E	21.0	1.2	S.Makasar
1998/10/02	17:24:44.60			3.4800S	118.7300E	12.0	2.3	S.Makasar
1998/10/29	04:12:39.50			3.4300S	119.1100E	13.0	0.9	Mandar
1998/10/29	05:58:02.70			3.9600S	119.4900E	56.0	1.0	Mandar
1998/11/02	00:41:00.80			3.7000S	119.4100E	47.0	1.6	Mandar
1998/11/05	07:45:44.30			3.6400S	119.0200E	55.0	1.4	Mandar
1998/11/08	15:10:40.90			3.6700S	119.2500E	30.0	1.7	Mandar

Th /Tg /Bl	Waktu			Pusat Gempa		Ked. (KM)	Mag.	Daerah
	J	M	D	Lintang	Bujur			
1998/11/11	12:56:16.30	4.6900S	120.8800E	21.0	1.8	T. Bone		
1998/11/14	03:12:13.20	3.5100S	120.2600E	42.0	2.4	T. Bone		
1998/11/15	08:16:57.90	3.7700S	118.7900E	12.0	2.1	S.Makasar		
1998/11/15	22:33:10.90	4.2600S	119.4700E	12.0	1.4	Baru		
1998/11/23	20:39:22.60	3.8800S	119.4000E	51.0	1.5	Mandar		
1998/11/30	22:05:06.80	3.6600S	119.3300E	59.0	1.9	Mandar		
1998/12/21	22:14:13.40	3.8900S	119.3400E	37.0	1.1	T. Bone		
1999/01/14	08:46:22.40	3.7600S	119.2500E	30.0	1.3	Mandar		
1999/01/18	21:59:19.80	3.8100S	118.8400E	33.0	1.9	S.Makasar		
1999/02/14	06:59:24.90	3.5200S	119.0400E	26.0	1.3	Mandar		
1999/02/21	10:28:18.50	3.8100S	119.2400E	30.0	1.9	Mandar		
1999/02/26	23:45:58.60	2.1800S	121.0300E	12.0	2.8	Soroako		
1999/03/02	06:11:58.50	3.5400S	119.0400E	80.0	1.4	Mandar		
1999/03/03	10:10:40.40	3.4700S	118.9900E	33.0	1.6	S.Makasar		
1999/03/06	03:56:52.40	4.2300S	119.3300E	29.0	2.9	Baru		
1999/03/08	14:11:00.90	3.8000S	119.1700E	60.0	1.7	Mandar		
1999/03/08	20:33:09.10	3.6800S	119.5400E	33.0	2.3	Mandar		
1999/03/21	23:07:08.30	3.8500S	119.7700E	33.0	0.9	Mandar		
1999/03/23	05:22:58.30	2.9300S	118.5700E	78.0	2.2	S.Makasar		
1999/03/25	22:16:36.00	3.5600S	118.8700E	21.0	2.0	S.Makasar		
1999/03/29	08:02:39.30	3.9600S	119.2300E	33.0	1.9	Mandar		
1999/04/01	01:16:29.40	4.3400S	120.4100E	12.0	0.8	T. Bone		
1999/05/04	11:24:51.00	3.9800S	118.9100E	41.0	1.9	S.Makasar		
1999/05/06	02:13:32.10	2.2400S	121.0500E	21.0	2.8	Soroako		
1999/05/09	00:40:05.00	3.7400S	119.2900E	33.0	2.1	Mandar		
1999/05/22	05:09:27.70	3.4900S	119.0800E	21.0	1.8	Mandar		
1999/05/25	12:38:30.10	3.5500S	120.1500E	137	1.9	T. Bone		
1999/05/28	02:47:12.90	3.5700S	119.0200E	47.0	0.5	Mandar		
1999/06/08	23:51:56.30	3.8800S	119.0400E	12.0	2.2	Mandar		
1999/06/10	03:39:04.20	2.8600S	119.3500E	12.0	2.1	Mamuju		
1999/06/16	04:20:29.80	3.8800S	119.2900E	21.0	1.9	Mandar		
1999/06/23	15:39:22.80	3.5600S	119.1900E	18.0	2.0	Mandar		
1999/06/23	22:14:06.30	3.5600S	118.5400E	76.0	1.6	S.Makasar		
1999/07/01	05:56:05.50	3.2800S	119.1700E	12.0	1.1	Mandar		
1999/07/05	14:50:22.80	4.5000S	119.5500E	21.0	2.6	Baru		
1999/07/14	01:22:04.10	3.6200S	119.2600E	17.0	1.4	Mandar		
1999/07/23	23:45:08.40	4.2600S	118.7900E	26.0	2.3	S.Makasar		
1999/07/28	23:10:36.20	4.8100S	118.3200E	83.0	2.7	S.Makasar		
1999/08/01	06:31:53.50	3.1000S	120.9600E	61.0	2.7	T. Bone		
1999/08/03	13:48:43.50	3.6000S	119.1800E	21.0	2.1	Mandar		
1999/08/05	17:36:08.90	3.6000S	119.0800E	21.0	1.4	Mandar		
1999/08/07	08:34:11.30	3.5000S	119.9300E	57.0	3.0	Mandar		
1999/08/09	03:36:02.50	4.6200S	120.1400E	22.0	1.5	T. Bone		
1999/08/18	18:43:43.00	2.9700S	118.3500E	12.0	2.5	S.Makasar		

Th /Tg /Bl	Waktu			Pusat Gempa		Ked. (KM)	Mag.	Daerah
	J	M	D	Lintang	Bujur			
1999/08/21	01:39:13.80	4.5300S	118.6400E	32.0	2.1	S.Makasar		
1999/09/22	01:44:47.00	4.0400S	118.9600E	35.0	2.8	Barru		
1999/09/27	10:24:35.70	4.0800S	119.1000E	75.0	2.8	Barru		
1999/10/02	19:51:40.80	3.6100S	119.3600E	45.0	2.6	Mandar		
1999/10/11	02:57:06.80	3.9000S	119.3900E	12.0	2.4	Mandar		
1999/10/13	12:35:08.70	3.3800S	119.2400E	33.0	2.3	Mandar		
1999/10/17	00:31:07.60	4.7300S	119.5600E	33.0	1.9	Barru		
1999/10/31	15:38:18.70	2.8300S	119.4900E	12.0	2.0	Mamuju		
1999/11/02	19:09:32.90	4.5500S	119.5900E	33.0	2.2	Barru		
1999/11/06	18:18:39.60	3.5500S	119.7100E	33.0	2.5	Mandar		
1999/12/02	01:20:45.20	3.5300S	119.6800E	33.0	3.9	Mandar		
1999/12/02	09:37:09.90	2.7500S	119.2700E	21.0	4.1	Mamuju		
1999/12/03	00:35:37.70	3.5400S	119.6800E	33.0	3.8	Mandar		
1999/12/04	05:20:09.90	2.6200S	119.2900E	12.0	2.8	Mamuju		
1999/12/12	17:31:18.60	3.1600S	119.9000E	33.0	4.0	Mandar		
1999/12/13	10:55:41.90	1.7500S	118.4200E	21.0	4.2	S.Makasar		
1999/12/22	06:38:47.70	2.2200S	121.7500E	61.0	3.8	Soroako		
1999/12/27	07:57:28.20	2.5800S	119.5600E	200	3.7	Mamuju		
1999/12/27	12:33:09.80	2.9000S	118.8000E	12.0	3.8	S. Makasar		
1999/12/28	10:23:40.50	3.4800S	120.5200E	21.0	4.0	T. Bone		
1999/12/30	02:46:59.30	2.3400S	120.2300E	21.0	3.1	Masanba		
2000/01/03	13:25:58.40	3.5500S	118.9100E	66.0	4.4	S.Makasar		
2000/01/03	17:35:14.50	1.5400S	119.0400E	21.0	4.4	S.Makasar		
2000/01/09	11:32:36.40	2.6800S	119.6400E	12.0	2.3	Mamuju		
2000/01/11	10:44:18.70	2.9600S	119.1000E	12.0	3.9	Mamuju		
2000/01/11	17:51:50.50	2.3000S	120.1300E	157	3.9	Masanba		
2000/01/23	23:54:18.60	2.4600S	119.1900E	33.0	3.8	Mamuju		
2000/02/01	16:42:52.70	3.1900S	119.5800E	100	2.3	Mandar		
2000/02/02	17:39:06.00	4.9200S	119.4200E	30.0	2.4	Takalar		
2000/02/10	13:00:14.60	3.5800S	119.5600E	21.0	3.8	Mandar		
2000/02/10	14:26:06.90	2.7100S	119.7500E	21.0	4.1	Mamuju		
2000/02/12	13:28:56.90	2.7500S	121.3400E	12.0	3.5	Soroako		
2000/02/21	00:08:52.40	2.3400S	118.8600E	21.0	2.3	S.Makasar		
2000/02/21	13:27:38.70	1.9000S	118.6700E	42.0	3.6	S.Makasar		
2000/02/27	11:45:14.70	2.8500S	119.5100E	12.0	3.4	Mamuju		
2000/03/09	04:24:57.30	5.0200S	119.5000E	12.0	3.2	Takalar		
2000/03/09	19:19:21.50	2.4300S	119.7400E	12.0	3.9	Mamuju		
2000/03/10	09:30:55.00	2.8800S	119.3600E	21.0	3.5	Mamuju		
2000/03/10	09:41:49.40	3.6300S	119.2700E	27.0	3.4	Mandar		
2000/03/11	12:13:40.00	3.6600S	120.2200E	59.0	2.3	T. Bone		
2000/03/11	17:27:33.30	4.1700S	119.8000E	92.0	2.2	Barru		
2000/03/12	22:40:56.30	3.6700S	119.9100E	33.0	2.5	Barru		
2000/03/14	11:33:16.90	3.4600S	119.7900E	69.0	2.1	Mandar		
2000/03/15	00:48:04.00	2.6700S	121.9400E	21.0	3.5	Soroako		

Th /Tg /Bl	Waktu			Pusat Gempa		Ked. (K1)	Mag.	Daerah
	J	M	D	Lintang	Bujur			
2000/03/15	11:54:47.70			2.6100S	121.9000E	21.0	3.5	Soroako
2000/03/15	15:52:48.90			4.7000S	119.6100E	33.0	3.8	S.Makasar
2000/03/16	16:16:45.10			2.3900S	120.9200E	12.0	3.4	Masamba
2000/03/16	23:47:53.80			4.1800S	119.1800E	32.0	2.1	Retru
2000/03/17	11:28:40.00			2.6100S	119.6900E	21.0	3.5	Mamuju
2000/03/18	01:39:01.30			3.2400S	119.3700E	76.0	3.2	Mandar
2000/03/18	16:00:15.80			2.6500S	119.3400E	12.0	3.9	Mamuju
2000/03/18	22:51:48.30			2.1900S	121.4500E	12.0	3.4	Soroako
2000/03/19	08:44:18.90			3.8800S	119.6500E	21.0	3.3	Mandar
2000/03/19	14:35:53.00			2.1100S	120.8700E	21.0	3.3	Masamba
2000/03/19	19:40:50.90			2.2300S	120.5500E	21.0	3.8	Masamba
2000/03/19	21:34:40.10			2.6400S	120.3200E	21.0	3.4	Masamba
2000/03/20	01:15:19.80			3.3000S	119.0900E	56.0	2.2	Mandar
2000/03/20	02:16:05.20			3.5700S	119.4100E	21.0	2.2	Mandar
2000/03/20	08:46:35.90			3.4100S	119.7400E	33.0	3.7	Mandar
2000/03/21	03:02:49.90			4.7700S	118.5300E	177	3.6	S.Makasar
2000/03/21	04:10:12.50			3.5300S	119.6800E	33.0	3.3	Mandar
2000/03/21	22:04:59.80			2.5600S	119.7100E	21.0	3.5	Mamuju
2000/03/21	09:13:49.20			2.5000S	121.5200E	12.0	4.0	Soroako
2000/03/22	05:40:04.70			3.4700S	119.8000E	33.0	2.1	Mandar
2000/03/23	06:39:01.10			3.6400S	119.6000E	33.0	2.1	Mandar
2000/03/23	20:40:50.90			2.5400S	120.9400E	12.0	2.2	Soroako
2000/03/23	21:05:10.30			2.3100S	120.6900E	33.0	4.5	Masamba
2000/03/23	21:12:03.10			3.4800S	120.0100E	33.0	4.1	T. Bone
2000/03/23	22:11:03.00			3.5300S	120.6800E	33.0	3.2	T. Bone
2000/03/23	02:41:14.30			2.3900S	121.0100E	12.0	3.5	Soroako
2000/03/24	03:33:09.90			2.2700S	121.0900E	12.0	3.6	Soroako
2000/03/24	05:19:26.00			2.2400S	121.0900E	12.0	3.9	Soroako
2000/03/24	06:05:19.20			2.2300S	121.1100E	12.0	3.6	Soroako
2000/03/24	07:31:29.10			2.2200S	121.1200E	12.0	3.4	Soroako
2000/03/24	10:17:08.30			3.5000S	119.9700E	33.0	2.2	Mandar
2000/03/24	14:09:02.00			2.1200S	120.9400E	12.0	3.5	Masamba
2000/03/24	21:20:14.00			3.0200S	119.8500E	15.0	2.2	Mandar
2000/03/24	23:37:27.30			3.4900S	120.1600E	33.0	2.3	T. Bone
2000/03/25	12:19:36.80			2.2600S	120.8700E	12.0	2.3	Masamba
2000/03/25	12:55:33.20			5.0100S	121.1700E	12.0	3.6	T. Bone
2000/03/25	17:31:07.20			5.8000S	119.6400E	12.0	2.2	T. Bone
2000/03/26	20:22:14.80			4.0200S	120.8500E	161	2.3	Takalar
2000/03/27	20:10:52.60			3.4900S	119.7000E	33.0	3.4	T. Bone
2000/03/27	23:03:02.60			2.1700S	120.9700E	12.0	3.4	Mandar
2000/03/28	17:22:33.80			5.9300S	120.6900E	21.0	3.4	Masamba
2000/03/31	18:06:38.20			6.5300S	120.8700E	200	3.8	Bulukumba Selayar



PETA TEKTONIK SULAWESI SELATAN DAN SEKITAR

