

STANDARD OPERATIONAL PROCEDURES (SOP)
NOMOR : SOP/014/DGT/V/2026
TENTANG
PENENTUAN MEKANISME SUMBER GEMPABUMI
DI LINGKUNGAN DIREKTORAT GEMPABUMI DAN TSUNAMI

BAB I
PENDAHULUAN

1. Umum

Dalam rangka menjalankan operasional tugas pokok dan fungsi (tupoksi) Pusat Gempabumi Nasional sebagai penyedia informasi gempa bumi dan tsunami dapat berjalan setiap hari selama 24 (dua puluh empat) jam secara optimal, serta demi terciptanya tertib administrasi dalam proses penyediaan informasi gempabumi dan peringatan dini tsunami, maka perlu disusun Standar Operasional Prosedur (SOP) tentang Penentuan Mekanisme Sumber Gempabumi di Lingkungan Direktorat Gempabumi dan Tsunami.

2. Maksud dan Tujuan

- a. Maksud disusunnya SOP ini adalah sebagai acuan Penentuan Mekanisme Sumber Gempabumi di Lingkungan Direktorat Gempabumi dan Tsunami.
- b. Tujuan disusunnya SOP ini adalah untuk terwujudnya keseragaman dan tertib administrasi tentang Penentuan Mekanisme Sumber Gempabumi di Lingkungan Direktorat Gempabumi dan Tsunami.

3. Ruang Lingkup

Ruang lingkup SOP ini menguraikan tata cara pelaksanaan Penentuan Mekanisme Sumber Gempabumi di Lingkungan Direktorat Gempabumi dan Tsunami.

4. Dasar Hukum

- a. Undang-Undang Nomor 31 Tahun 2009 tentang Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 505);
- b. Peraturan Presiden Nomor 12 Tahun 2024 tentang Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2024 Nomor 25);
- c. Peraturan Kepala Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika Nomor KEP.06 tahun 2012 tentang Pedoman Penyusunan *Standard Operating Procedures* (SOP) di Lingkungan Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika sebagaimana telah diubah dengan Peraturan Kepala Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika Nomor 2 Tahun 2013 (Berita Negara Republik Indonesia Tahun 2012 Nomor 916);
- d. Peraturan Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika Nomor 3 Tahun 2021 Tentang Rincian Tugas Unit Kerja di Lingkungan Kantor Pusat Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika;
- e. Peraturan Badan Meteorologi, Klimatologi, Dan Geofisika Republik Indonesia Nomor 4 Tahun 2023 Tentang Perubahan Kedua Atas Peraturan Badan Meteorologi, Klimatologi, Dan Geofisika Nomor 6 Tahun 2020 Tentang Organisasi Dan Tata Kerja Balai Besar Meteorologi, Klimatologi, Dan Geofisika, Stasiun Meteorologi, Stasiun Klimatologi, Dan Stasiun Geofisika (Berita Negara Republik Indonesia Tahun 2023 Nomor 857);
- f. Peraturan Kepala Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika Nomor 1 Tahun 2024 tentang Penetapan Standar Kompetensi Kerja Khusus Bidang Geofisika;

- g. Peraturan Kepala Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika Nomor 2 Tahun 2024 tentang Organisasi dan Tata Kerja Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (Berita Negara Republik Indonesia Tahun 2024 Nomor 365).

BAB II

PROSEDUR

1. Penentuan mekanisme sumber gempa bumi dilaksanakan untuk kejadian gempa bumi dengan magnitudo ≥ 5 .
2. Mekanisme sumber gempa bumi, adalah simbol grafis yang menunjukkan jenis pergeseran yang terjadi selama gempa bumi dan menunjukkan jenis sesar naik, turun, atau mendatar.
3. Parameter utama dari mekanisme sumber gempa bumi adalah *strike* (arah jurus bidang sesar), *dip* (sudut kemiringan bidang sesar), *rake* (sudut arah pergerakan patahan).
4. JF yang bertugas adalah pejabat fungsional tertentu yang bertugas melakukan penentuan mekanisme sumber gempa bumi di lingkungan Pusat Gempabumi Nasional setiap hari selama 24 jam.
5. *First location* adalah hasil penentuan awal lokasi gempa bumi secara otomatis yang dihasilkan segera setelah sistem mendeteksi sinyal-sinyal gelombang P dari beberapa stasiun seismik.
6. Magnitudo gempa adalah ukuran kuantitatif yang menunjukkan besarnya energi yang dilepaskan oleh suatu gempa bumi di sumbernya.
7. *Waveform* adalah rekaman getaran gelombang seismik yang dihasilkan oleh peristiwa gempa bumi dan terekam oleh seismograf dalam bentuk sinyal waktu, yang menggambarkan amplitudo dan frekuensi getaran tanah dari sumber gempa hingga ke stasiun pengamatan.
8. SeisComP adalah sistem perangkat lunak terintegrasi untuk pemantauan, analisis, dan penyebaran informasi gempa bumi secara real-time yang dikembangkan oleh GEOFON Program di GFZ German Research Centre for Geosciences dan selanjutnya dikembangkan oleh gempa GmbH.

9. Modul adalah bagian atau komponen dari suatu aplikasi yang memiliki fungsi spesifik dan dapat bekerja secara mandiri maupun terintegrasi dengan modul lain untuk mendukung keseluruhan sistem aplikasi.
10. SCMTV adalah modul SeisComp yang digunakan untuk menampilkan, memvisualisasikan, dan memverifikasi hasil perhitungan mekanisme sumber gempa bumi, seperti solusi *moment tensor* dan orientasi bidang sesar.
11. Moment tensor adalah representasi matematis dari sumber gempa bumi yang menggambarkan arah dan besarnya gaya-gaya seismik yang bekerja di pusat gempa, sehingga dapat digunakan untuk menentukan tipe mekanisme sumber seperti sesar naik, sesar turun, atau sesar mendatar.
12. *Fitting waveform* adalah proses pencocokan antara bentuk gelombang hasil observasi dengan gelombang hasil sintetik (perhitungan teoretis) untuk menilai kesesuaian model sumber gempa bumi, seperti *moment tensor* atau mekanisme sesar, dengan data seismik yang sebenarnya.
13. *Moment tensor inversion* adalah proses perhitungan matematis untuk menentukan parameter sumber gempa bumi dengan mencocokkan gelombang seismik hasil observasi dengan gelombang sintetik (teoretis), sehingga diperoleh besaran dan orientasi gaya-gaya seismik yang menggambarkan tipe dan arah pergerakan sesar penyebab gempa bumi.
14. Standar Operasional Prosedur (SOP) Penentuan Mekanisme Sumber Gempabumi di Lingkungan Direktorat Gempabumi dan Tsunami. sebagaimana tercantum dalam Lampiran Standar Operasional Prosedur (SOP) ini.

A

BAB III
PENUTUP

Standard Operational Procedures (SOP) ini mulai berlaku pada tanggal ditetapkan.

Ditetapkan di Jakarta
pada tanggal, 4 Mei 2026

Plt. DIREKTUR
GEMPABUMI DAN TSUNAMI,

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Rahmat Triyono', written over the printed name below.

RAHMAT TRIYONO



**BADAN
METEOROLOGI,
KLIMATOLOGI, DAN
GEOFISIKA**

**DIREKTORAT
GEMPABUMI DAN**

Nomor SOP : SOP/014/DGT/V/2026
Tanggal Pembuatan : 4 Mei 2026
Tanggal Revisi :
Tanggal Efektif : 4 Mei 2026
Disahkan Oleh : Plt. Direktur Gempabumi dan Tsunami,

Dr. Rahmat Triyono, S.T., Dipl. Seis
NIP. 19700705 199803 1 001

**SOP PENENTUAN MEKANISME SUMBER GEMPABUMI
DI LINGKUNGAN DIREKTORAT GEMPA BUMI DAN TSUNAMI**

Dasar Hukum :

1. Undang-Undang Nomor 31 Tahun 2009 tentang Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 505);
2. Peraturan Presiden Nomor 12 Tahun 2024 tentang Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2024 Nomor 25);
3. Peraturan Kepala Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika Nomor KEP.06 tahun 2012 tentang Pedoman Penyusunan *Standard Operating Procedures* (SOP) di Lingkungan Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika sebagaimana telah diubah dengan Peraturan Kepala Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika Nomor 2 Tahun 2013 (Berita Negara Republik Indonesia Tahun 2012 Nomor 916);

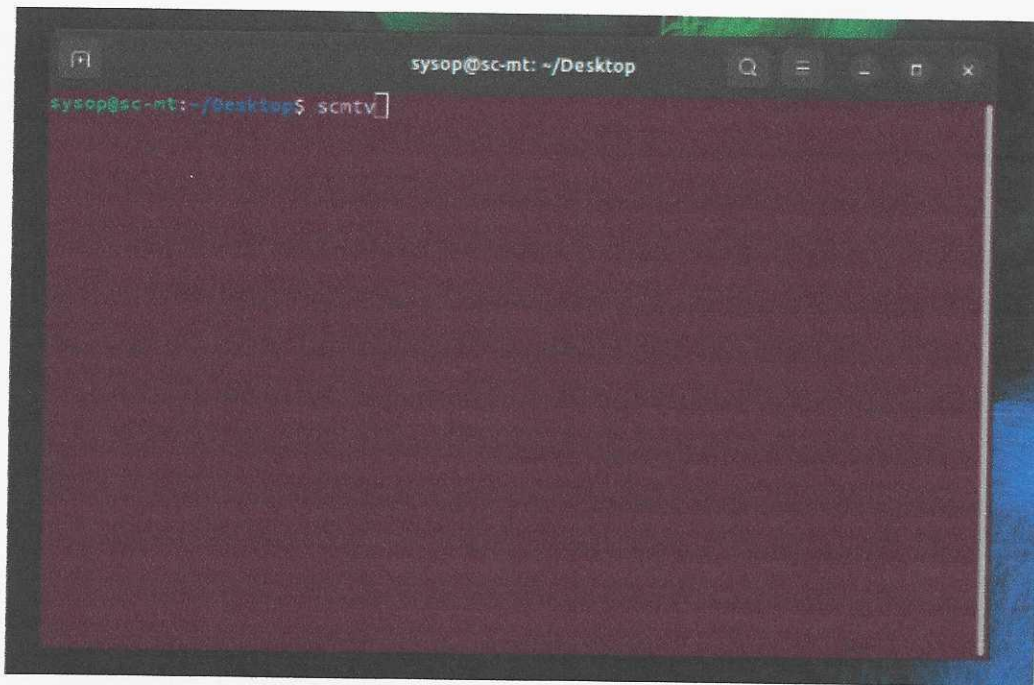
Kualifikasi Pelaksanaan :

1. Mampu menggunakan komputer;
2. Mampu mengoperasikan modul SCMTV pada SeisComp;
3. Mampu memahami konsep momen tensor dan mekanisme sumber gempabumi;
4. Mampu memahami tataan tektonik.

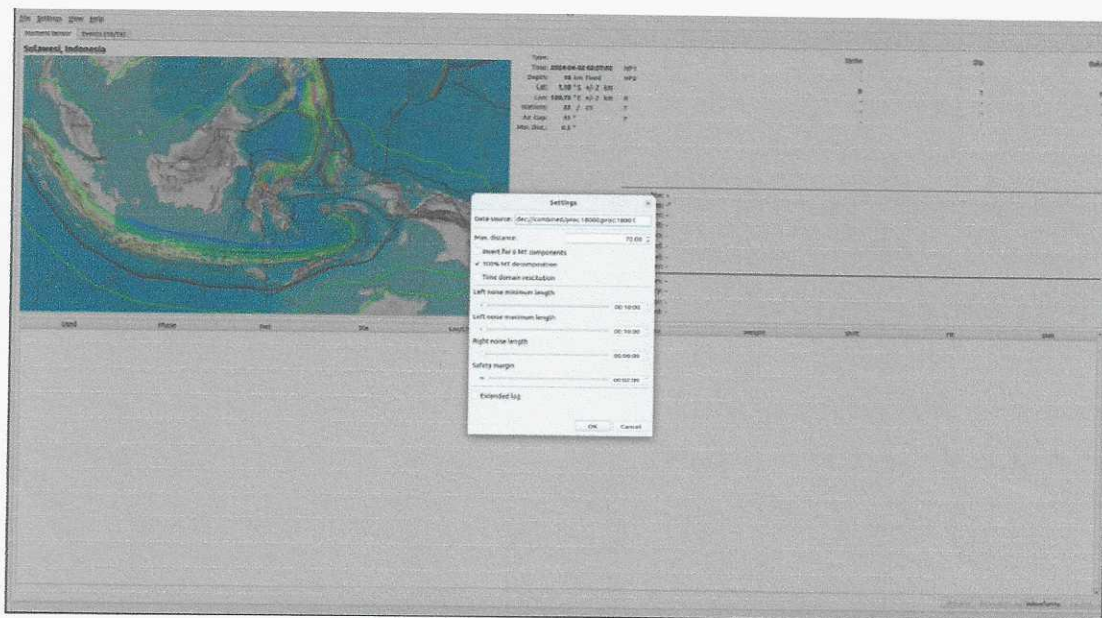
<p>4. Peraturan Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika Nomor 3 Tahun 2021 Tentang Rincian Tugas Unit Kerja di Lingkungan Kantor Pusat Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika;</p> <p>5. Peraturan Badan Meteorologi, Klimatologi, Dan Geofisika Republik Indonesia Nomor 4 Tahun 2023 Tentang Perubahan Kedua Atas Peraturan Badan Meteorologi, Klimatologi, Dan Geofisika Nomor 6 Tahun 2020 Tentang Organisasi Dan Tata Kerja Balai Besar Meteorologi, Klimatologi, Dan Geofisika, Stasiun Meteorologi, Stasiun Klimatologi, Dan Stasiun Geofisika (Berita Negara Republik Indonesia Tahun 2023 Nomor 857);</p> <p>6. Peraturan Kepala Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika Nomor 2 Tahun 2024 tentang Organisasi dan Tata Kerja Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (Berita Negara Republik Indonesia Tahun 2024 Nomor 365).</p>	
Keterkaitan :	Peralatan/Perlengkapan
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Komputer; 2. Jaringan internet / intranet; 3. Perangkat lunak penentuan mekanisme sumber.
Peringatan :	Pencatatan dan Pendataan :
<p>Apabila tidak dilaksanakan, maka akan terabaikannya satu tahapan yang ada dalam proses ini mengakibatkan tidak tersedianya informasi mekanisme sumber gempa bumi untuk mendukung kelengkapan informasi gempabumi.</p>	<p>Disimpan sebagai data elektronik</p>

Uraian Prosedur:

1. JF melakukan aktivasi Modul SCMTV anta lain;
 - a. Menjalankan modul SCMTV setelah proses *first location* selesai untuk gempa bumi dengan magnitudo (M) ≥ 5.0 (lima) yang terdeteksi oleh sistem SeisComP.



- b. Memastikan event sudah memiliki origin dan data waveform tersedia pada server (SeedLink/ArcLink).



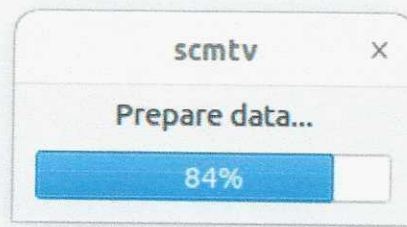
- b. Memastikan semua komponen (Z, N, E) termuat dengan benar dan memiliki kualitas sinyal yang baik.

combined://slink/lts-data:18000;arlink/lts-data:18001

Completed 10/38 stations
Pending data streams:

Net	Sta	Loc	Cha	Progress	Status
TM	CMMT	00	HH	0%	
TM	CRAI	00	HH	0%	
MY	KOM		BH	0%	
IA	PPBI	00	SH	0%	
IA	TPI	00	HH	0%	
IA	SAMKI	00	SH	0%	
IA	STKI	00	SH	0%	
IA	NKKI	00	SH	0%	
MY	SPM		BH	0%	
IA	GTJI		SH	0%	
IA	BMBNG		SH	0%	

OK Cancel

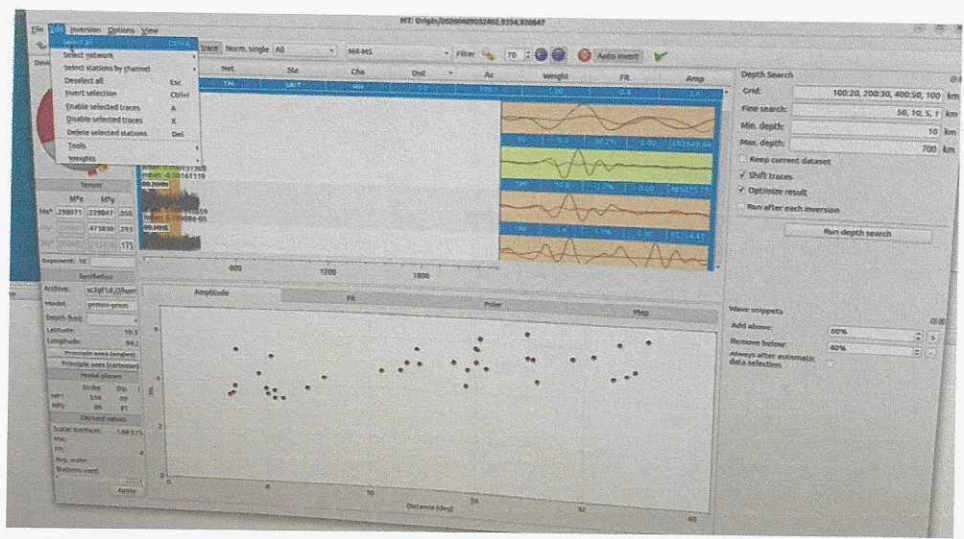


- c. Mengaplikasikan pilihan filter pada data waveform jika dibutuhkan.

M4-M5 Filter 70 Auto invert



4. JF melaksanakan Inversi Awal (Moment Tensor Inversion), antara lain:
- Memilih seluruh stasiun dengan perintah Edit kemudian Select All (Ctrl + A).



- Menekan tombol "S" (Start Inversion) untuk menjalankan proses moment tensor inversion secara otomatis.



5. JF memeriksa kedalaman sumber (Focal Depth Search), yaitu:
- Menekan tombol "Depth Search" pada jendela Waveform Editor untuk melakukan pencarian kedalaman optimal sumber gempa.



Depth Search [?] [X]

Grid: km

Fine search: km

Min. depth: km

Max. depth: km

Keep current dataset

Shift traces

Optimize result

Run after each inversion

b. Sistem akan menampilkan beberapa hasil inversi pada kedalaman berbeda.

Depth Search x

Data Plot

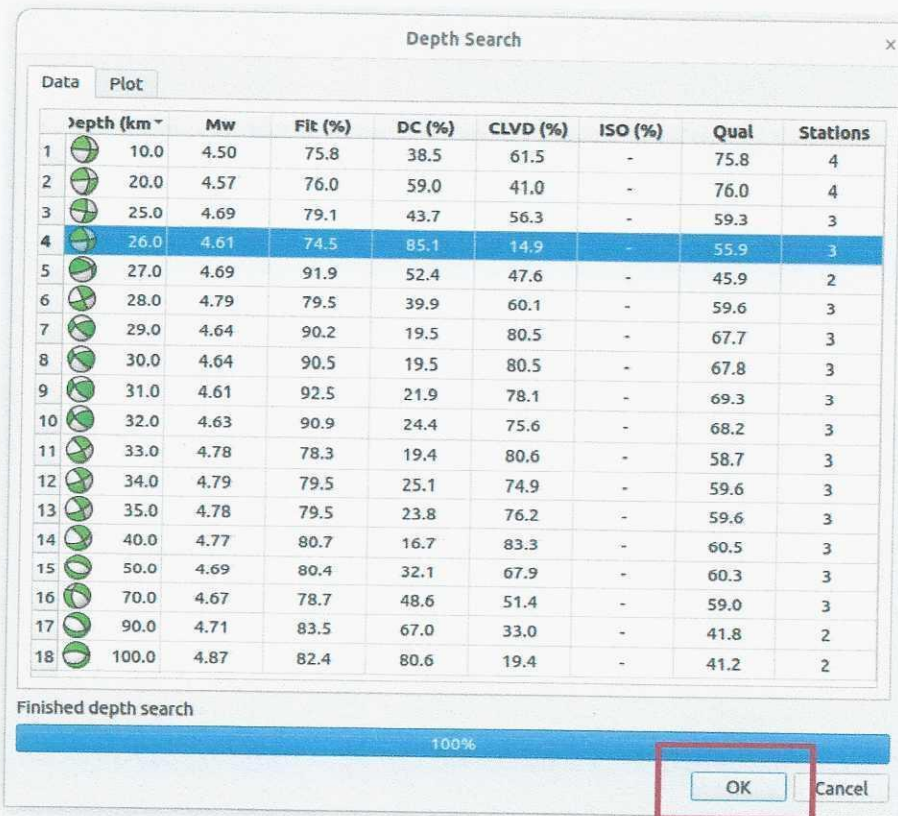
	Depth (km)	Mw	Fit (%)	DC (%)	CLVD (%)	ISO (%)	Qual	Stations
1	10.0	4.50	75.8	38.5	61.5	-	75.8	4
2	20.0	4.57	76.0	59.0	41.0	-	76.0	4
3	25.0	4.69	79.1	43.7	56.3	-	59.3	3
4	26.0	4.61	74.5	85.1	14.9	-	55.9	3
5	27.0	4.69	91.9	52.4	47.6	-	45.9	2
6	28.0	4.79	79.5	39.9	60.1	-	59.6	3
7	29.0	4.64	90.2	19.5	80.5	-	67.7	3
8	30.0	4.64	90.5	19.5	80.5	-	67.8	3
9	31.0	4.61	92.5	21.9	78.1	-	69.3	3
10	32.0	4.63	90.9	24.4	75.6	-	68.2	3
11	33.0	4.78	78.3	19.4	80.6	-	58.7	3
12	34.0	4.79	79.5	25.1	74.9	-	59.6	3
13	35.0	4.78	79.5	23.8	76.2	-	59.6	3
14	40.0	4.77	80.7	16.7	83.3	-	60.5	3
15	50.0	4.69	80.4	32.1	67.9	-	60.3	3
16	70.0	4.67	78.7	48.6	51.4	-	59.0	3
17	90.0	4.71	83.5	67.0	33.0	-	41.8	2
18	100.0	4.87	82.4	80.6	19.4	-	41.2	2

Finished depth search

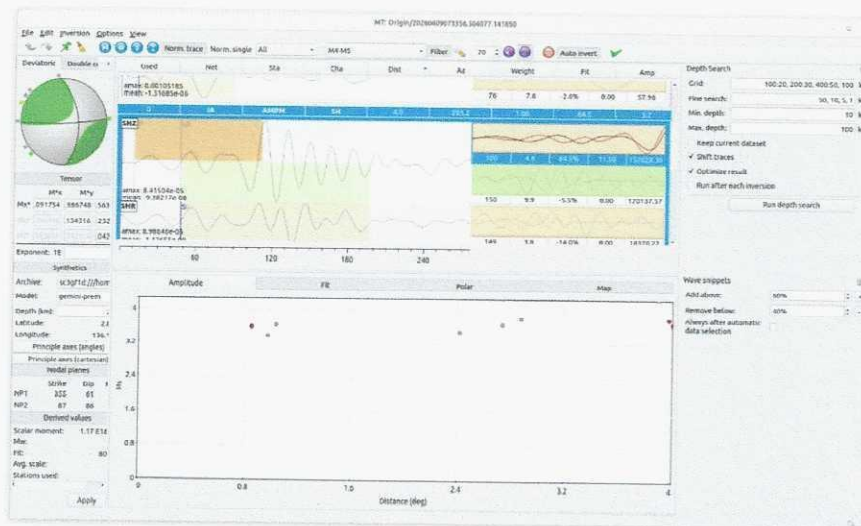
100%

6. JF memilih hasil terbaik dengan cara

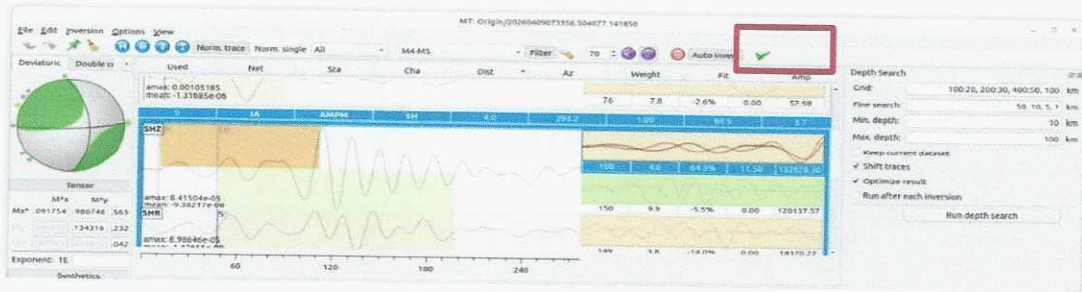
- a. Memilih hasil inversi terbaik dengan kriteria: Nilai *waveform fitting* $\geq 60\%$ (enam puluh persen) dan/atau Nilai Double Couple (DC) $\geq 50\%$ (0.50) untuk gempa bumi dangkal.



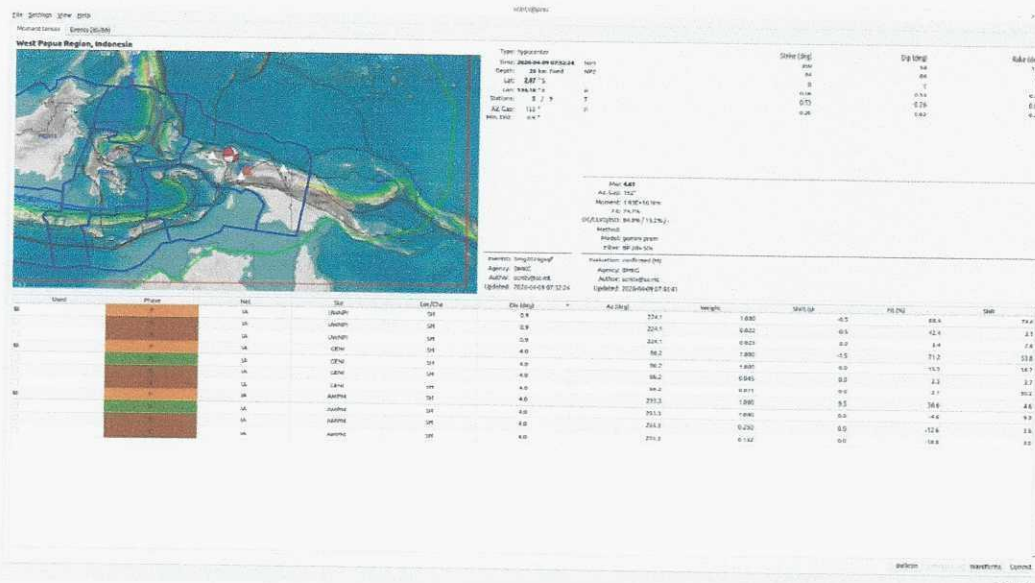
- b. Memastikan hasil tersebut memiliki kriteria yang memenuhi standar antara *waveform* observasi dan sintetik.



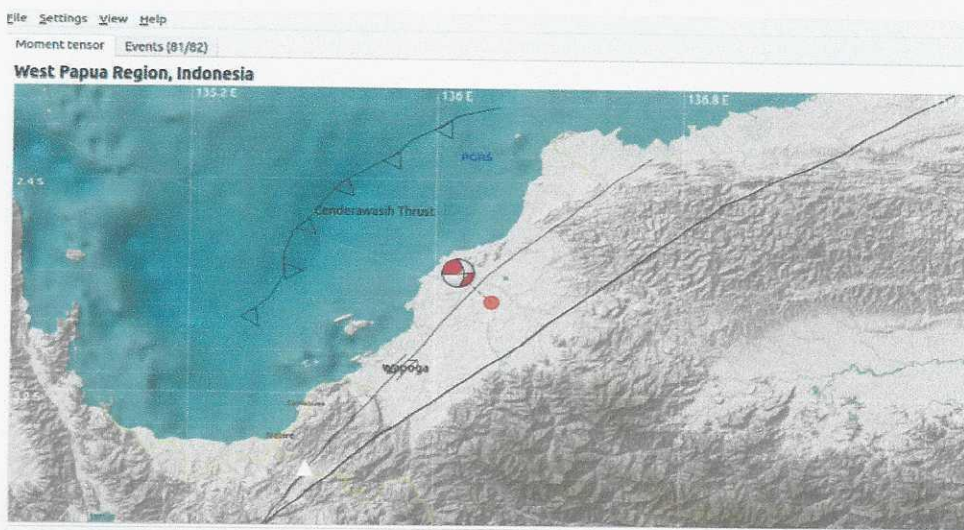
7. JF mengevaluasi dan memverifikasi mekanisme sumber dengan cara:
- Memperhatikan solusi mekanisme sumber hasil *automatic MT inversion* yang ditampilkan dalam bentuk beachball diagram, jika sudah sesuai konfirmasi dengan pilih tanda centang hijau.



- Memverifikasi hasil mekanisme sumber dengan kondisi tektonik regional di sekitar episenter.



- Memastikan tipe sesar (normal, naik, atau mendatar) sesuai dengan pola deformasi dan struktur geologi wilayah tersebut.



8. JF menetapkan solusi akhir dengan cara:
- Apabila hasil inversi telah sesuai dengan kondisi tektonik, pilih solusi terbaik sesuai hasil dari langkah 7 atau 8.
 - Menyimpan hasil sebagai solusi final (preferred solution) di sistem SeisComp dengan klik commit

