

Diselenggarakan oleh:



Didukung oleh:



WEBINAR

**GEMPA FLORES 2026:
DAMPAK SERTA PEMBELAJARAN
UNTUK PENGUATAN MITIGASI BENCANA**

Karakteristik Deformasi dari Gempa Flores 2026 Mw 7,7 dan Implikasinya Pada Seismic Hazard

Irwan Meilano, Ongky Anggara*, Suchi Rahmadani dan Rio Raharja

Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumihan (FITB), Institut Teknologi Bandung dan ITERA*

Terima kasih pada Badan Informasi Geospasial (BIG) untuk data GNSS

11 September
2026



REFLEKSI

Gempa Terus Berulang, Mengapa Bangunan Tetap Runtuh?

2018 · Mw 6,9

Lombok

± 560 jiwa

± 226.000 rumah rusak

Termasuk ribuan sekolah dan fasilitas kesehatan; korban tertimpa rumah bata tanpa tulangan.

2018 · Mw 7,5

Palu, Donggala

> 4.000 jiwa

± 68.000 rumah rusak

Likuefaksi menelan permukiman Petobo dan Balaroa, kawasan yang telah dipetakan rawan.

2022 · M 5,6

Cianjur

334 jiwa

12.641 rumah rusak berat

Ditambah 2.071 rusak sedang dan 6.570 rusak ringan, pada sesar yang belum terpetakan.

2026 · Mw 7,7

Flores

135 jiwa

102.384 rumah rusak

Ditambah 3.266 fasilitas umum, pada segmen sesar yang justru sudah lama teridentifikasi.

APAKAH SELAMA INI KITA SUDAH BEKERJA DENGAN BAIK?

Korban jatuh bukan karena guncangan, melainkan karena tertimpa bangunan yang tidak dirancang tahan gempa. Peta bahaya sudah ada, SNI 1726 sudah ada, tetapi rumah rakyat umumnya dibangun di luar jangkauan keduanya. Sebagian sesar pemicu bahkan belum terpetakan saat gempa terjadi.

APAKAH KITA BISA LEBIH BAIK?

Bisa, bila analisis bahaya gempa probabilistik (PSHA) tidak berhenti sebagai peta nasional. Data GNSS dan seismik kini memungkinkan PSHA spesifik lokasi untuk infrastruktur strategis, pelabuhan, jembatan, rumah sakit, sekolah, dan jaringan energi, sehingga spektra desain yang dipakai benar-benar mencerminkan sumber gempa terdekat.



Kerangka Tektonik Sesar Naik Busur Belakang Flores



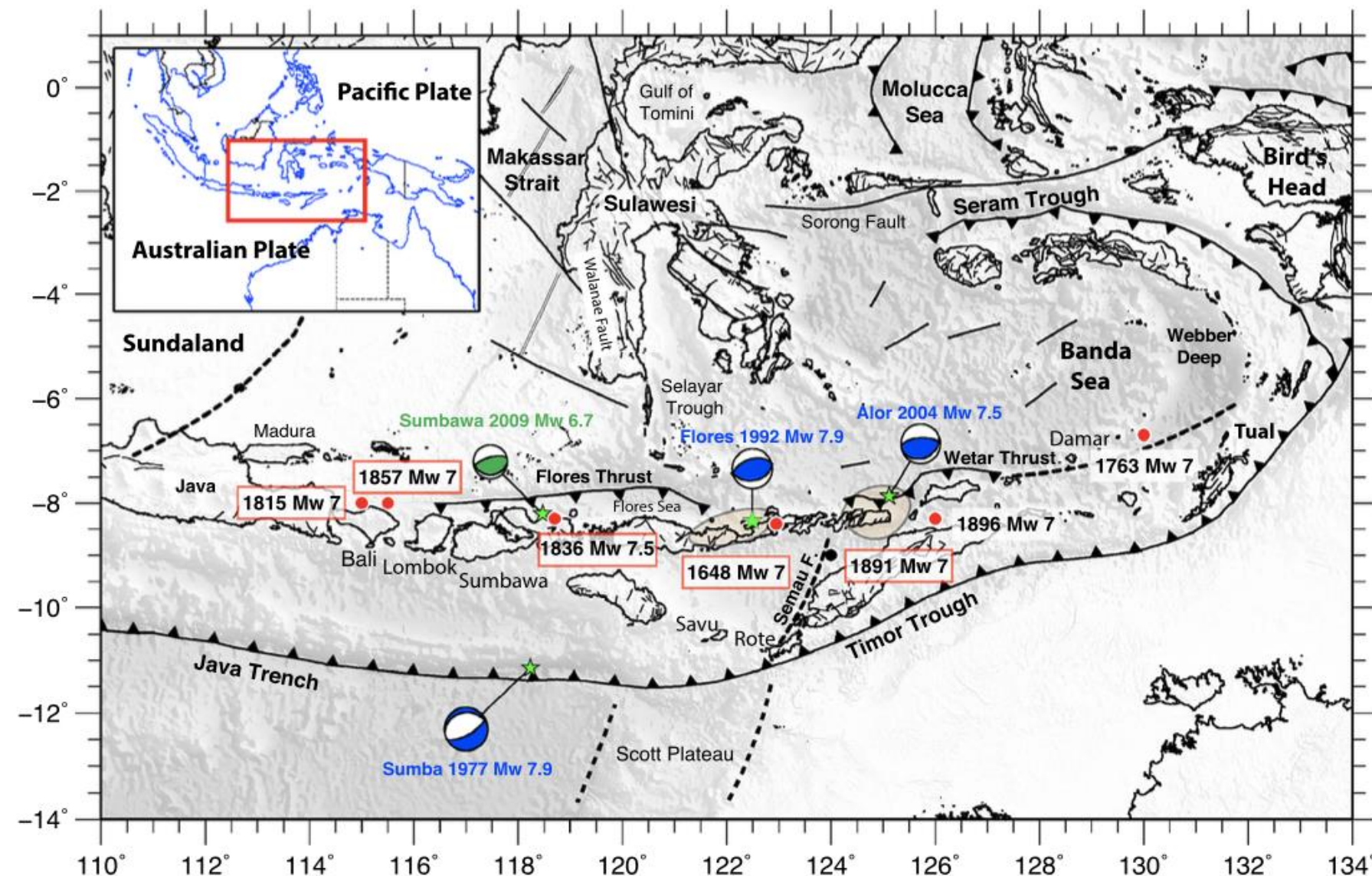
SISTEM SESAR NAIK BUSUR BELAKANG

Membentang lebih dari 2.000 km dari Jawa Timur hingga utara Timor, mencakup Sesar Naik Flores dan Sesar Naik Wetar. Mekanisme fokal biru menandai gempa besar historis $M_w > 7$, termasuk Flores 1992 ($M_w 7,9$) dan Alor 2004 ($M_w 7,5$), sementara titik merah menandai lokasi gempa merusak sejak abad ke-17 (Koulali dkk., 2016).

ANALISIS

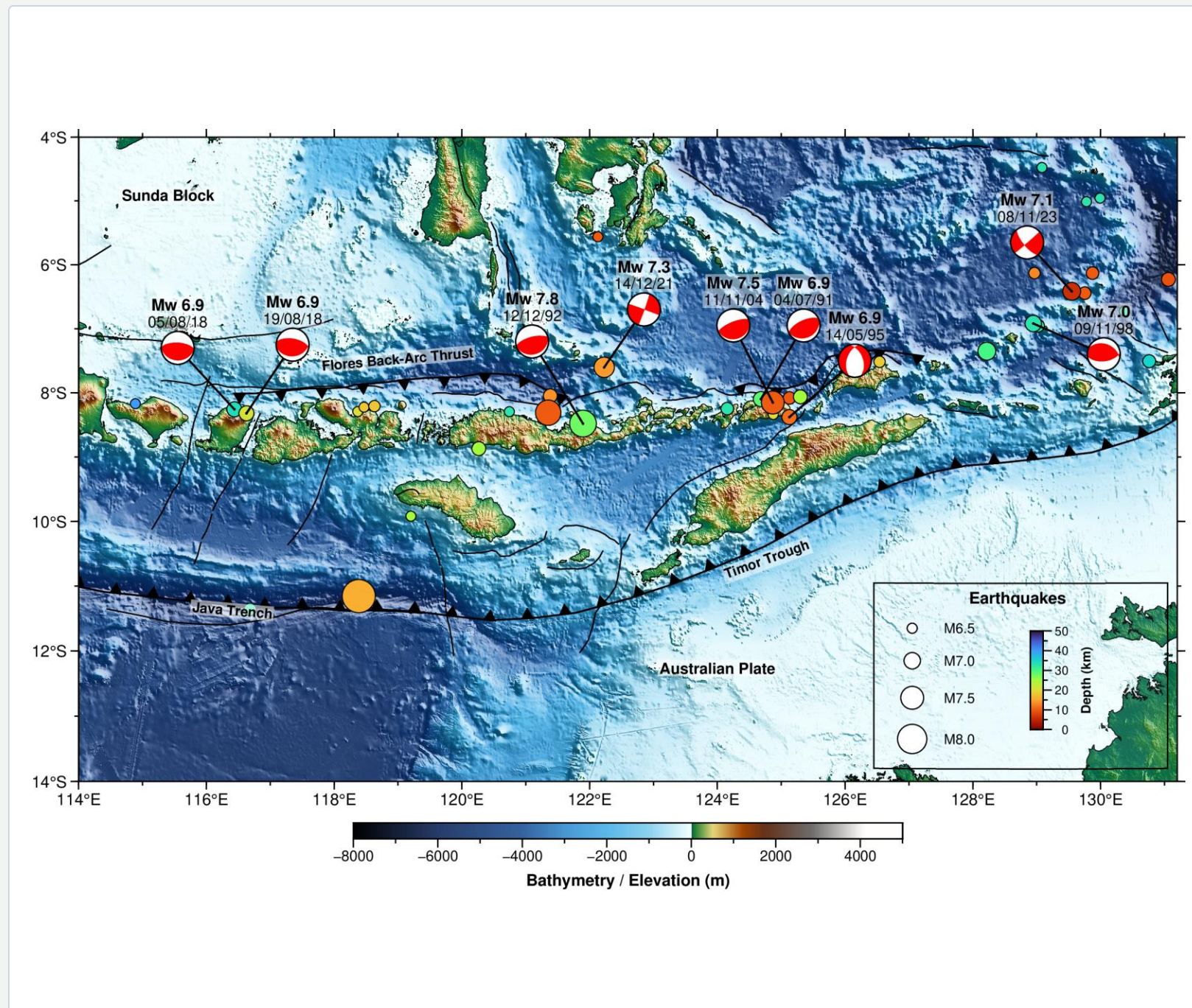
Episenter Gempa Flores 2026 berada tepat pada segmen Sesar Naik Flores yang telah lama diidentifikasi sebagai zona akumulasi regangan aktif. Rekurensi gempa besar $M7-M8$ pada segmen ini (1815, 1836, 1892) menunjukkan siklus seismik yang berulang selama beberapa abad.

(Koulali dkk., 2016)

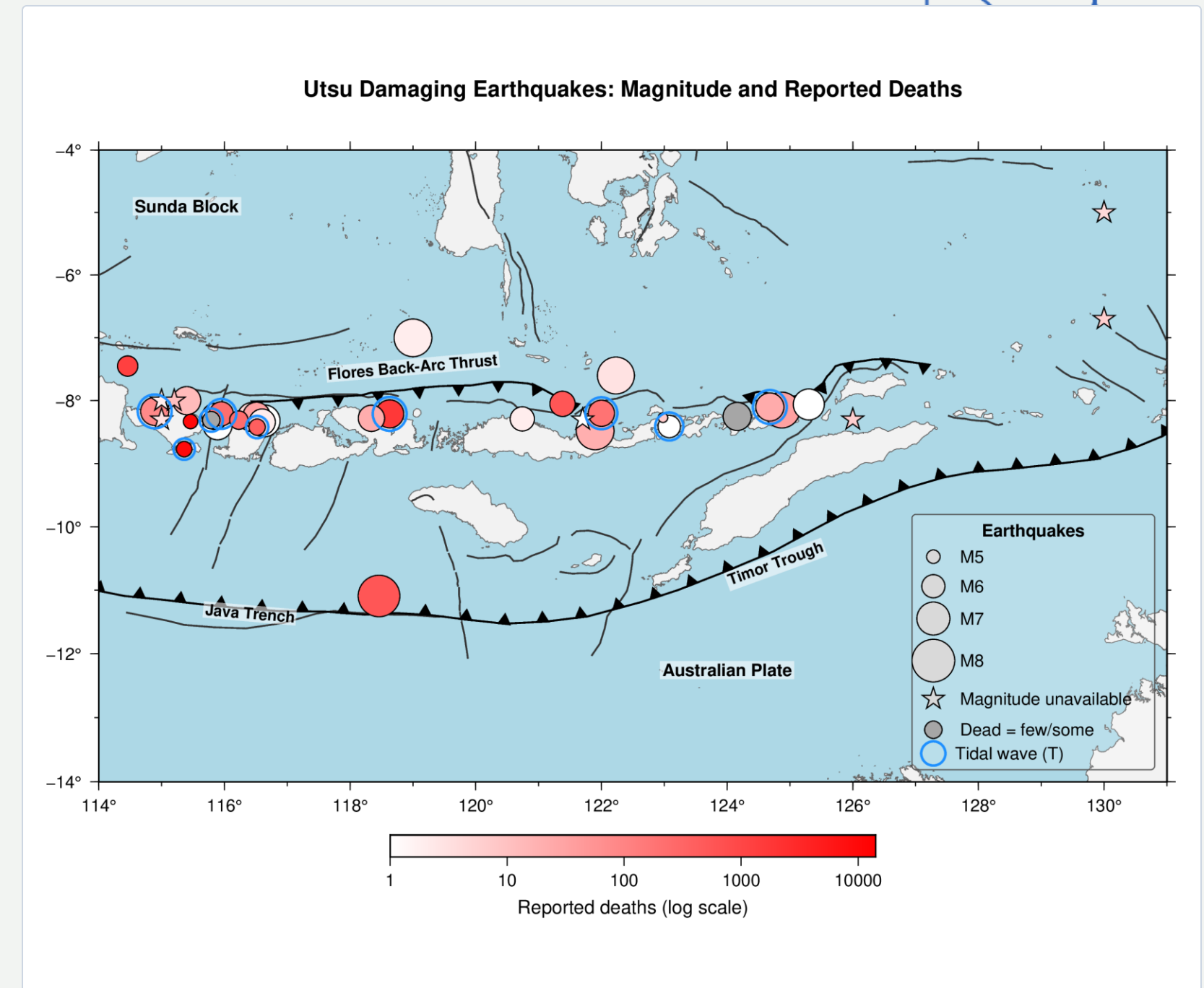




Katalog Kegempaan Instrumental dan Historis



Katalog USGS, 1958 – sebelum 15 Agustus 2026, magnitudo $\geq 6,5$.



Katalog Utsu, 1700 – Desember 2021.



Medan Kecepatan GNSS Regional terhadap Blok Sunda

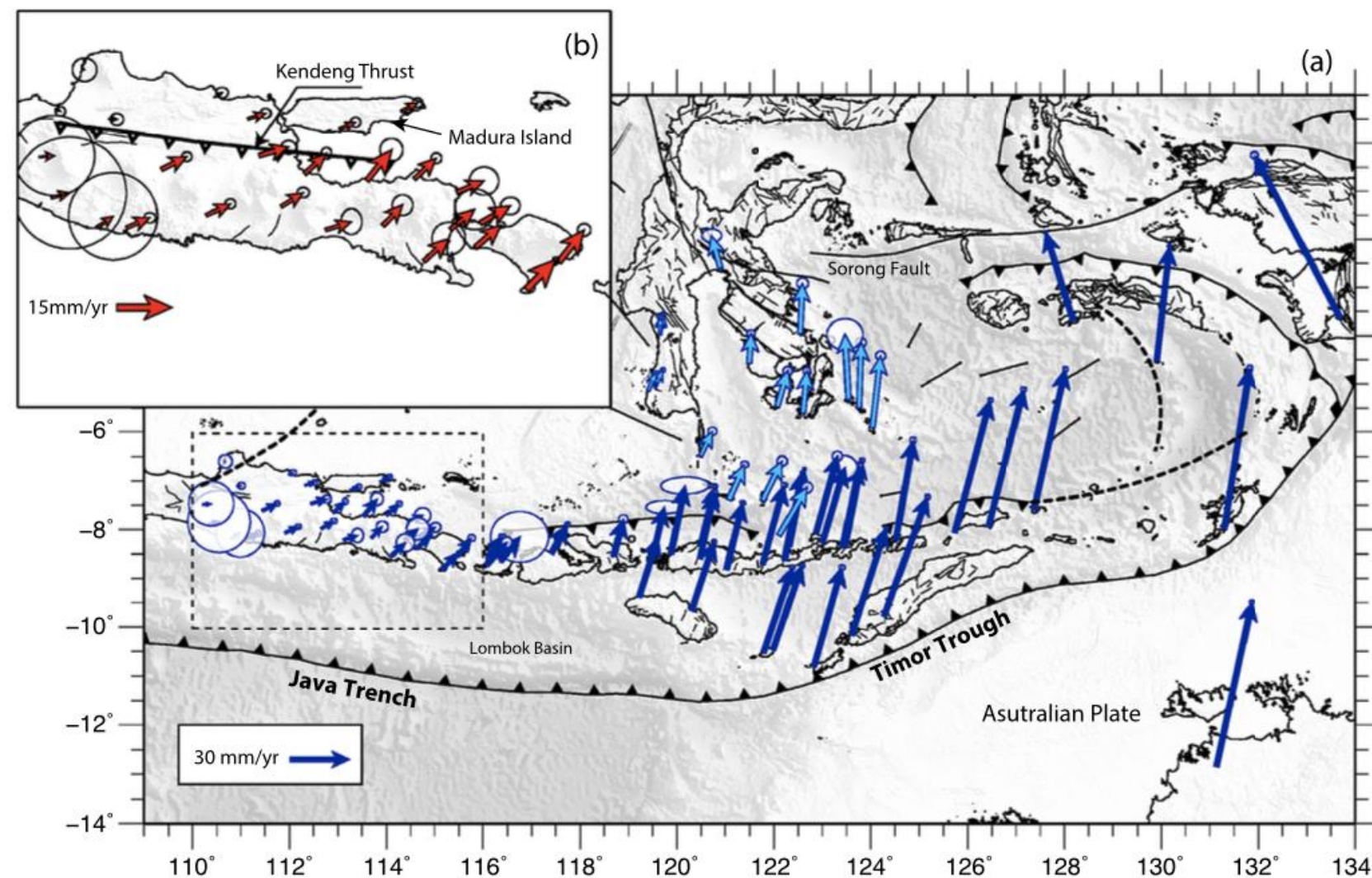


VEKTOR KECEPATAN GPS

Relatif terhadap Blok Sunda memperlihatkan konvergensi Lempeng Australia yang terpartisi antara megathrust Palung Jawa–Timor dan sistem sesar naik busur belakang. Elips pada ujung setiap vektor merepresentasikan tingkat kepercayaan 95%; panah biru muda menandai Blok Makassar Barat dan Timur (Koulali dkk., 2016).

ANALISIS

Pola partisi konvergensi ini menjelaskan mengapa energi tektonik zona Flores–Wetar tidak seluruhnya terserap megathrust, melainkan terus terakumulasi pada sesar naik busur belakang yang jauh lebih dangkal. Struktur dangkal inilah yang secara langsung terkait dengan Gempa Flores 2026, dan secara inheren lebih berisiko bagi permukiman pesisir karena jarak sumber yang lebih dekat ke permukaan.





Vektor Slip Relatif Antarbatas Blok Tektonik

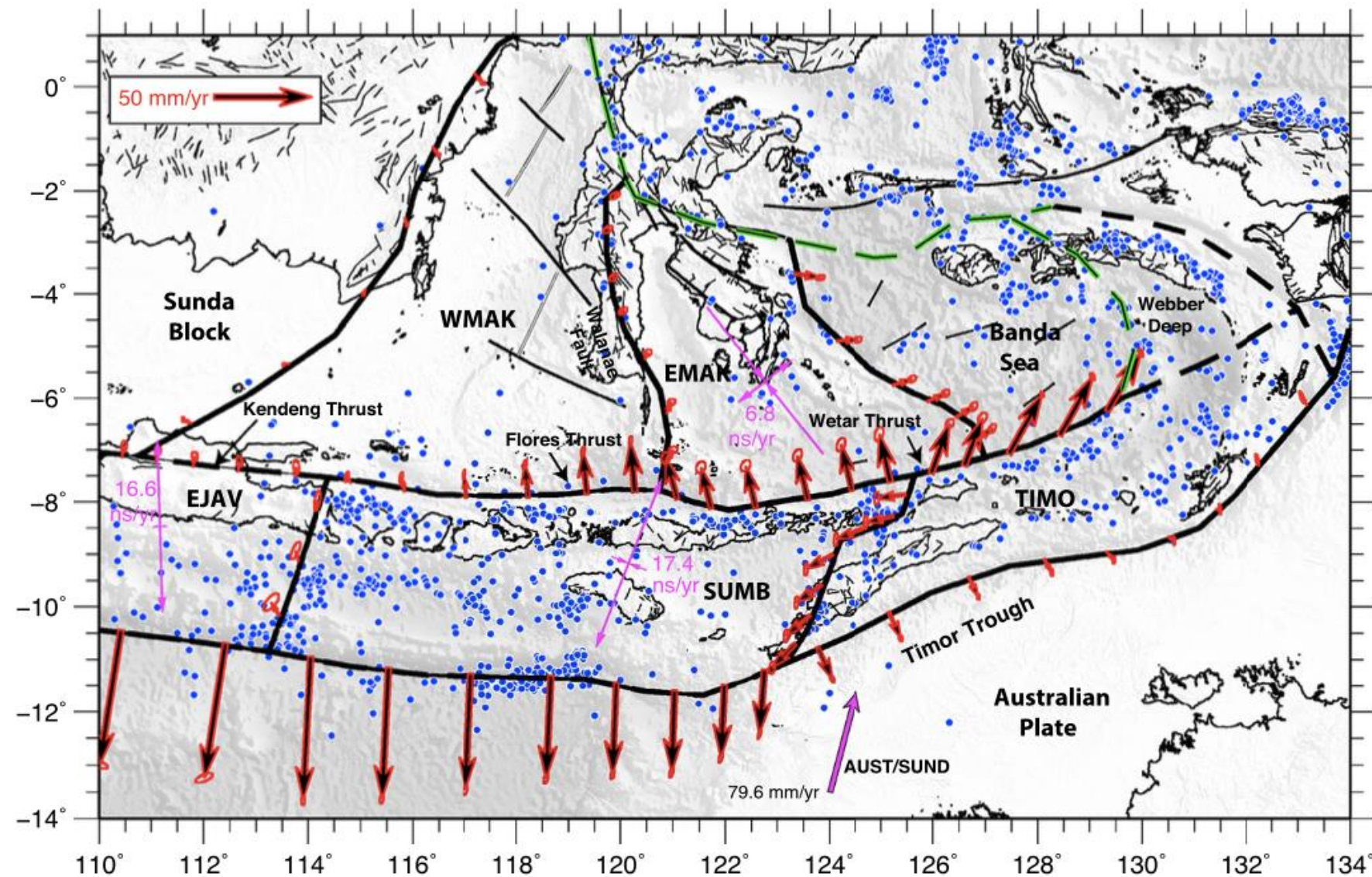


MODEL BLOK TEKTONIK

Memperlihatkan gerak relatif hanging wall terhadap footwall pada setiap batas blok, mencakup Blok Sumba (SUMB), Makassar Barat/Timur (WMAK/EMAK), Jawa Timur (EJAV), dan Blok Timor (TIMO). Panah merah muda tebal menunjukkan gerak relatif Lempeng Australia terhadap Blok Sunda (Koulali dkk., 2016).

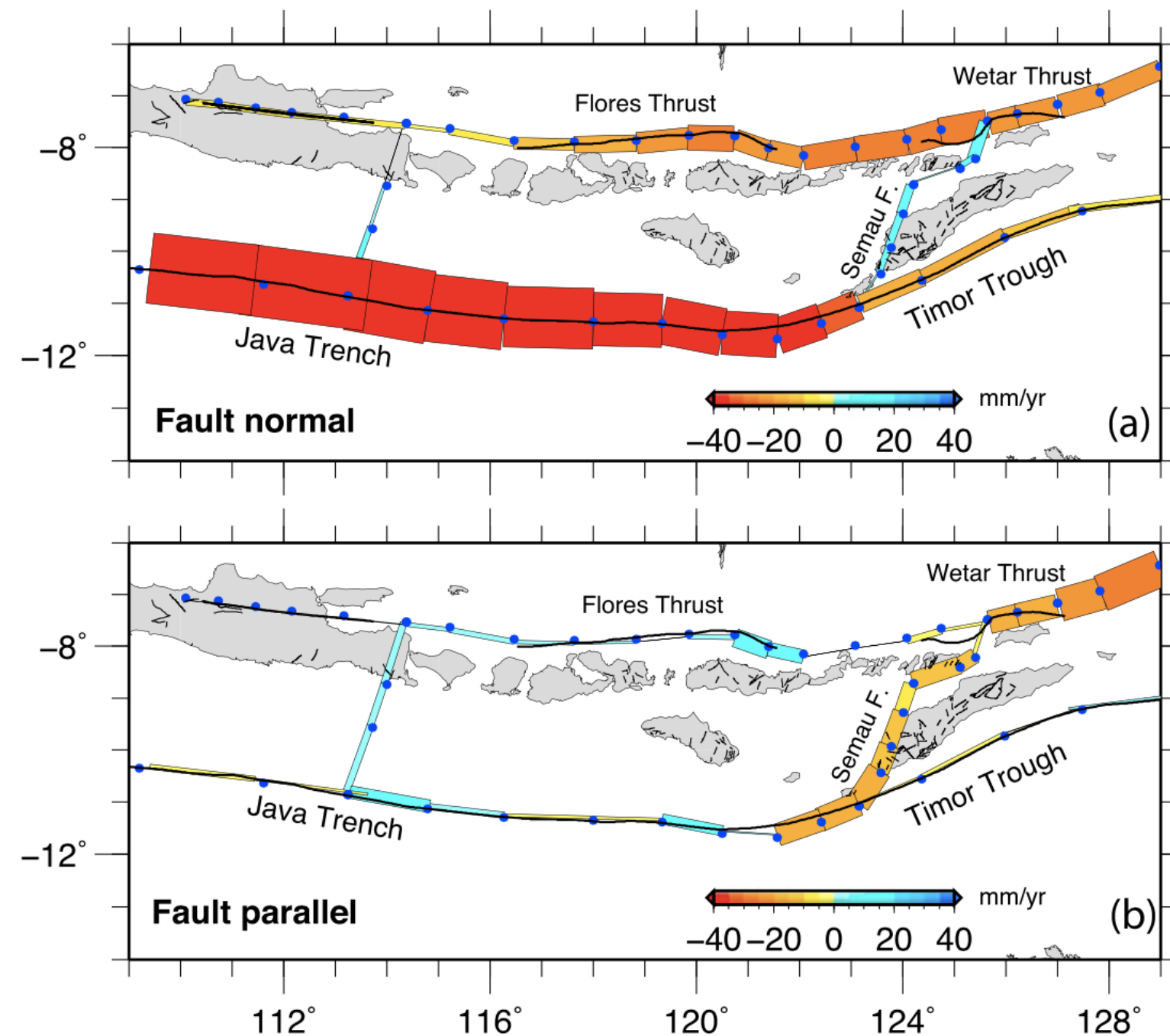
ANALISIS

Rotasi berlawanan arah jarum jam Blok Sumba dan pergerakan sesar mendatar mengiri di barat Timor menjadi dua mekanisme utama penyaluran konvergensi Australia–Sunda. Segmen Flores bukan struktur tunggal yang berdiri sendiri, melainkan satu simpul dalam sistem partisi regangan regional yang saling terkait antarblok, sehingga pelepasan energi pada satu segmen berpotensi memengaruhi status regangan segmen tetangganya.





Komponen Laju Slip Sesar Naik Flores dan Wetar



KETERANGAN GAMBAR

Grafik (a) menyajikan laju slip komponen tegak lurus sesar (ekstensi positif) dan (b) komponen sejajar sesar (mengiri positif) di sepanjang Sesar Naik Flores dan Wetar. Nilai positif yang tinggi pada segmen Flores mengindikasikan laju pemendekan kerak yang signifikan (Koulali dkk., 2016).

ANALISIS

Sekitar sepertiga total regangan geser lateral regional terakomodasi pada Palung Timor dan sesar naik busur belakang di utaranya. Kuantifikasi laju pemendekan pada segmen inilah yang menjadi dasar estimasi periode ulang gempa besar, sekaligus justifikasi ilmiah bagi pemutakhiran peta bahaya gempa nasional (PuSGeN) di wilayah Nusa Tenggara Timur.



Pola Regangan Kerak Sebelum Gempa Flores 2026

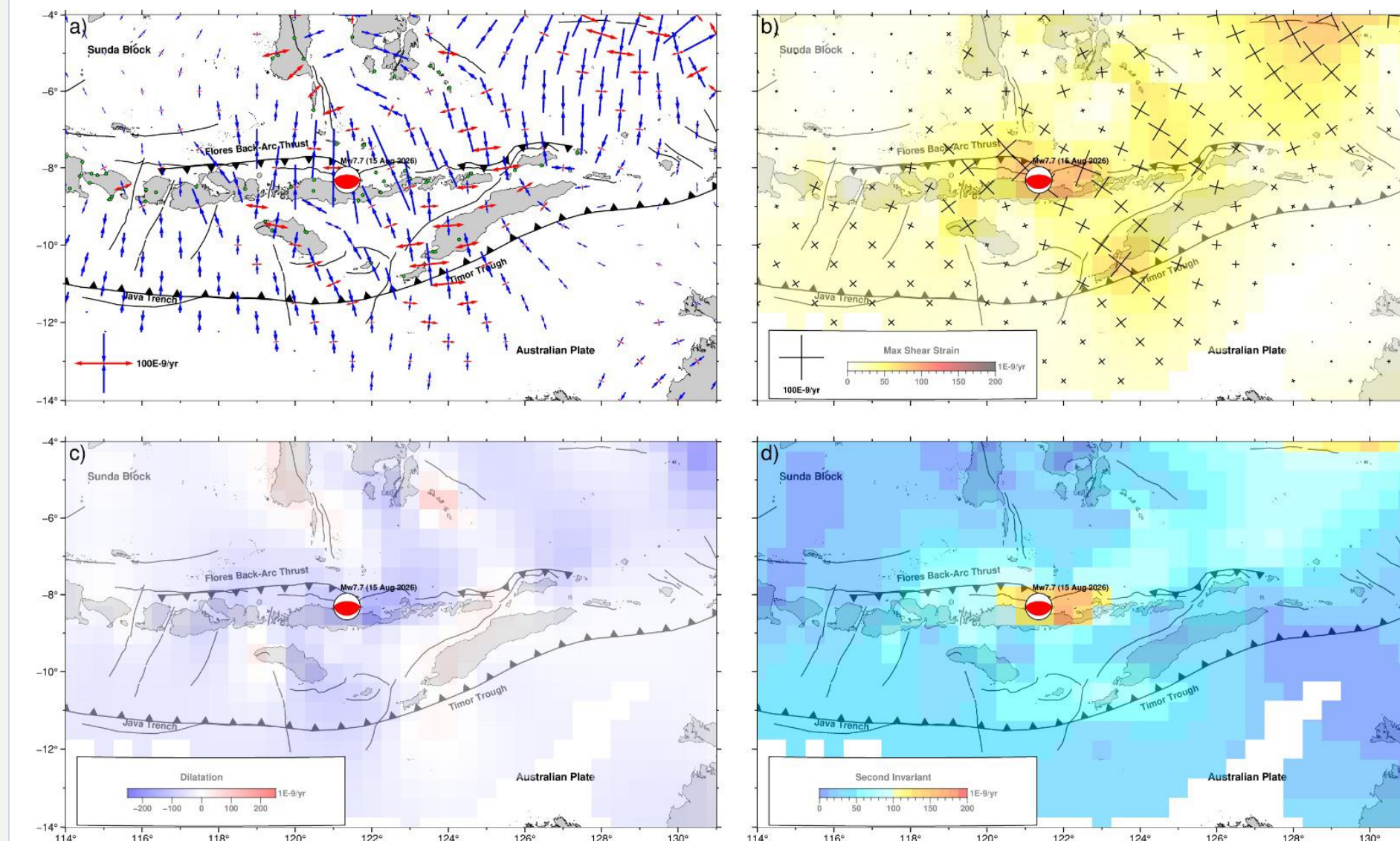


MODEL REGANGAN TEKTONIK

(a) Komponen utama, (b) regangan geser maksimum, (c) dilatasi, dan (d) invarian kedua tensor regangan pada wilayah Sesar Naik Busur Belakang Flores menjelang kejadian 15 Agustus 2026. Beachball merah menandai lokasi dan mekanisme fokal Mw 7,7 (Rahmadani dkk., 2022).

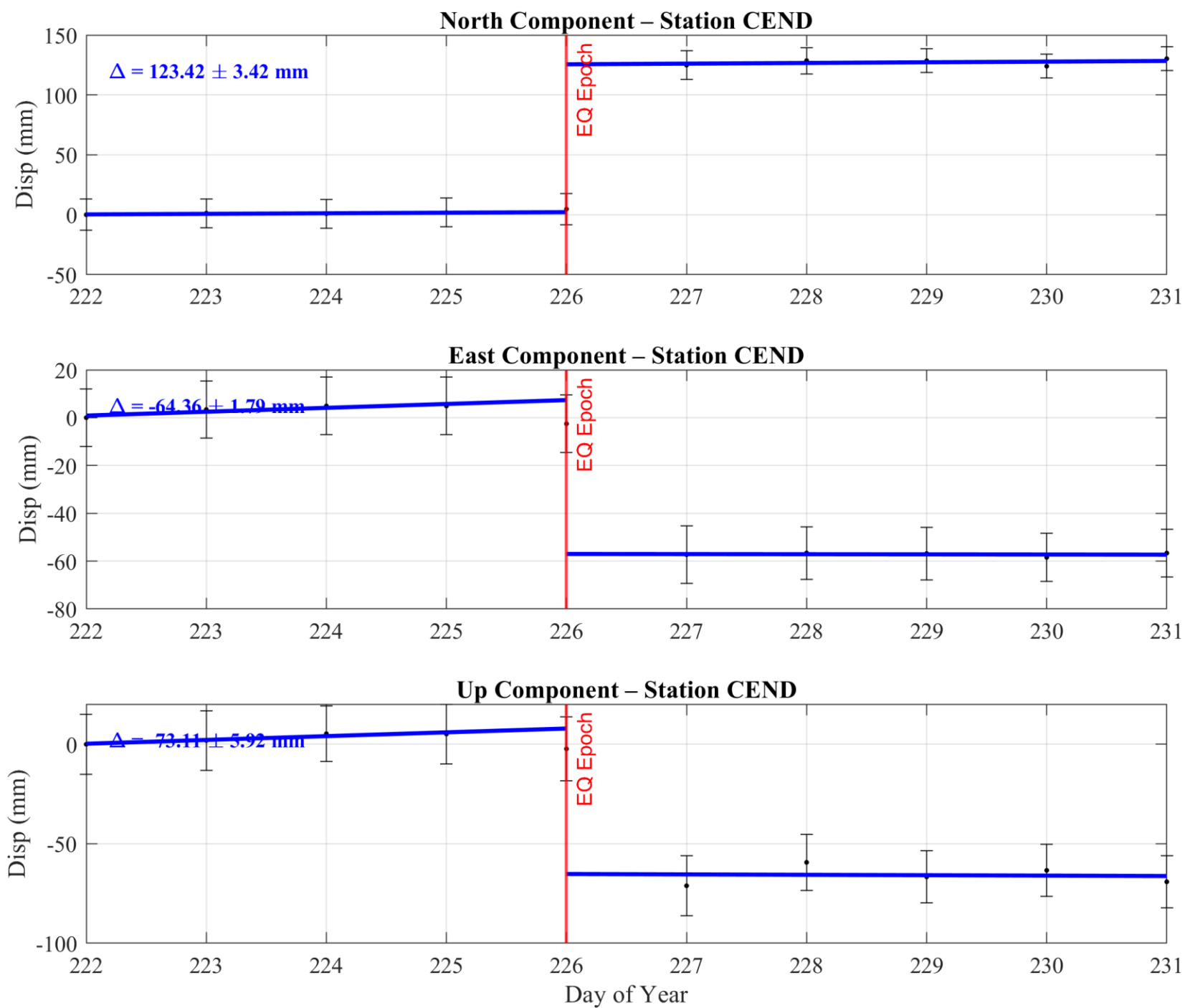
ANALISIS

Episenter gempa 2026 berimpit dengan zona regangan geser maksimum dan invarian kedua tertinggi (panel b dan d), area yang konsisten teridentifikasi sebagai titik akumulasi energi tinggi sebelum gempa terjadi. Temuan ini menegaskan nilai pemantauan regangan geodetik kontinu sebagai indikator segmen berisiko tinggi, sejalan dengan prinsip perbandingan momen geodetik-seismik yang mengindikasikan potensi defisit momen pada zona Flores–Wetar.





Deformasi Koseismik pada Stasiun GPS CEND



POLA PERGESERAN

Deret waktu posisi harian komponen Utara, Timur, dan Naik pada stasiun CEND memperlihatkan lompatan (offset) tajam yang bertepatan dengan waktu gempa (EQ Epoch, hari ke-226 / 15 Agustus 2026).

Δ UTARA

+123,4 mm

Δ TIMUR

-64,4 mm

Δ NAIK

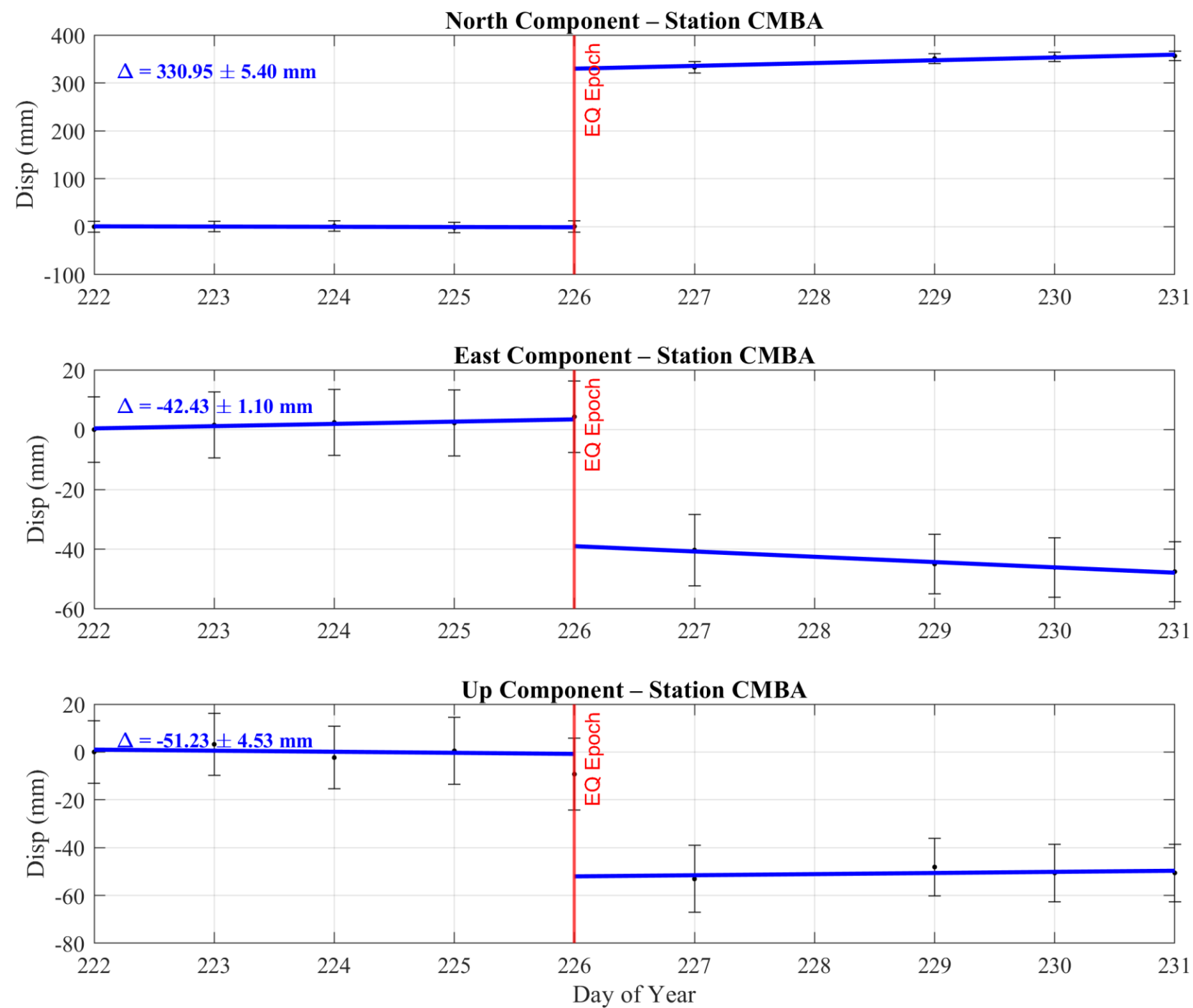
-73,1 mm

ANALISIS

Pergeseran horizontal yang dominan ke arah utara dengan komponen barat mengindikasikan mekanisme sesar naik dengan sedikit komponen oblique, sementara penurunan vertikal sekitar 73 mm konsisten dengan posisi stasiun pada sisi blok yang mengalami subsidence.



Deformasi Koseismik pada Stasiun GPS CMBA



POLA PERGESERAN

Stasiun CMBA, yang berjarak agak jauh dengan episenter, mencatat pergeseran horizontal jauh lebih besar dibanding CEND, disertai penurunan vertikal yang tetap signifikan.

Δ UTARA

+330,9 mm

Δ TIMUR

-42,4 mm

Δ NAIK

-51,2 mm

ANALISIS

Perbandingan antara stasiun CEND dan CMBA menegaskan pola atenuasi besaran pergeseran koseismik terhadap jarak dari episenter, prinsip dasar yang memungkinkan rekonstruksi geometri bidang sesar dan distribusi slip dari jaringan GPS regional, sekaligus menjadi alat validasi independen terhadap model mekanisme fokal seismologis.



Peta Pergeseran Horizontal Koseismik

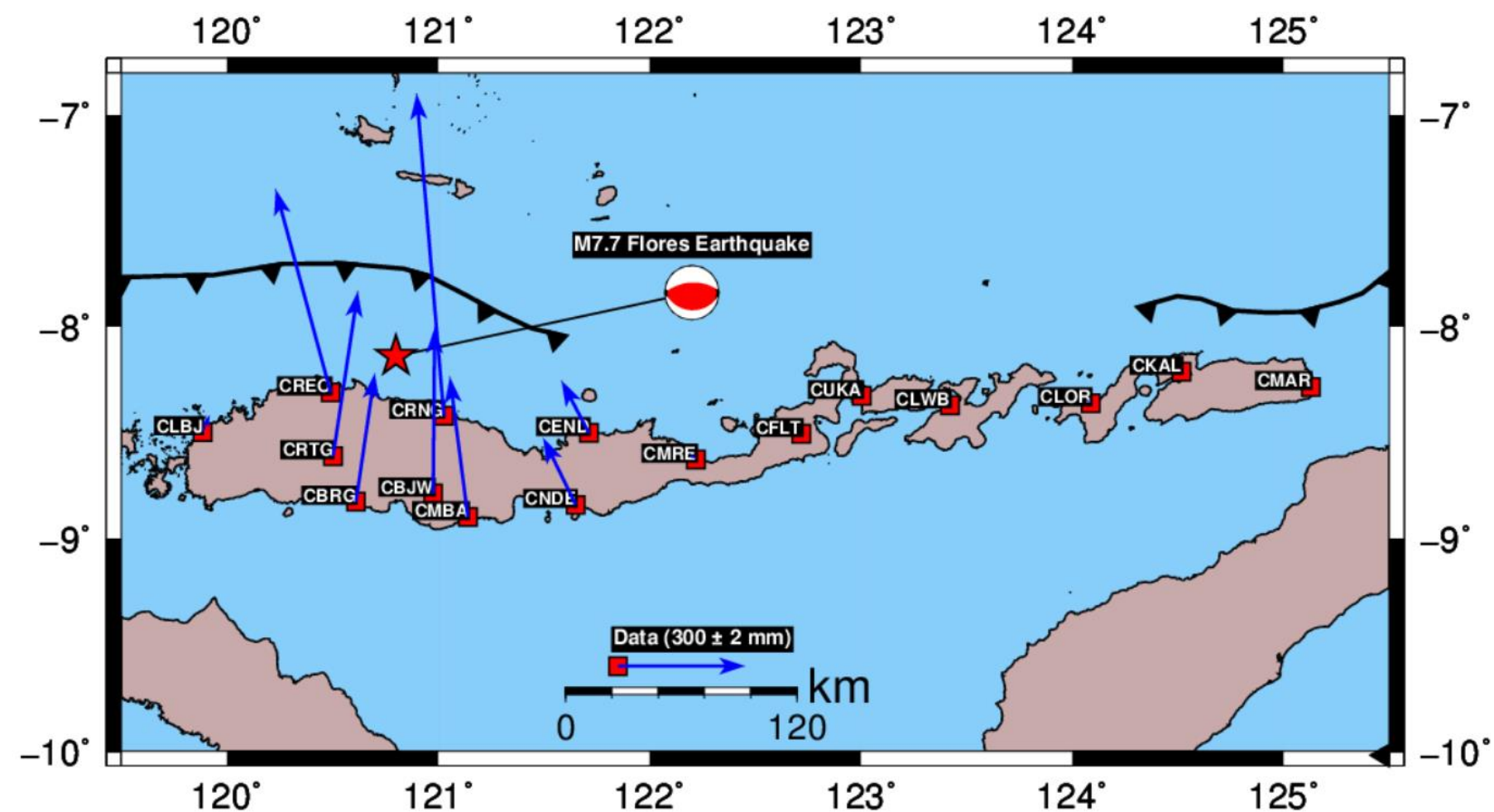


KETERANGAN GAMBAR

Vektor biru menunjukkan arah dan besar pergeseran horizontal (skala referensi 300 ± 2 mm) pada 16 stasiun GPS kontinu di sekitar episenter (bintang merah) dan mekanisme fokal Mw 7,7. Sebagian besar vektor mengarah ke utara hingga timur laut, menjauhi bidang sesar.

ANALISIS

Pola radial vektor pergeseran yang konsisten terhadap geometri episenter memvalidasi mekanisme sesar naik berorientasi timur–barat, sejalan dengan solusi mekanisme fokal lembaga pemantau gempa serta orientasi Sesar Naik Busur Belakang Flores pada peta tektonik regional. Konsistensi arah ini memperkuat keandalan model sumber gempa untuk keperluan pemodelan bahaya tsunami dan guncangan lanjutan.





Peta Pergeseran Vertikal Koseismik

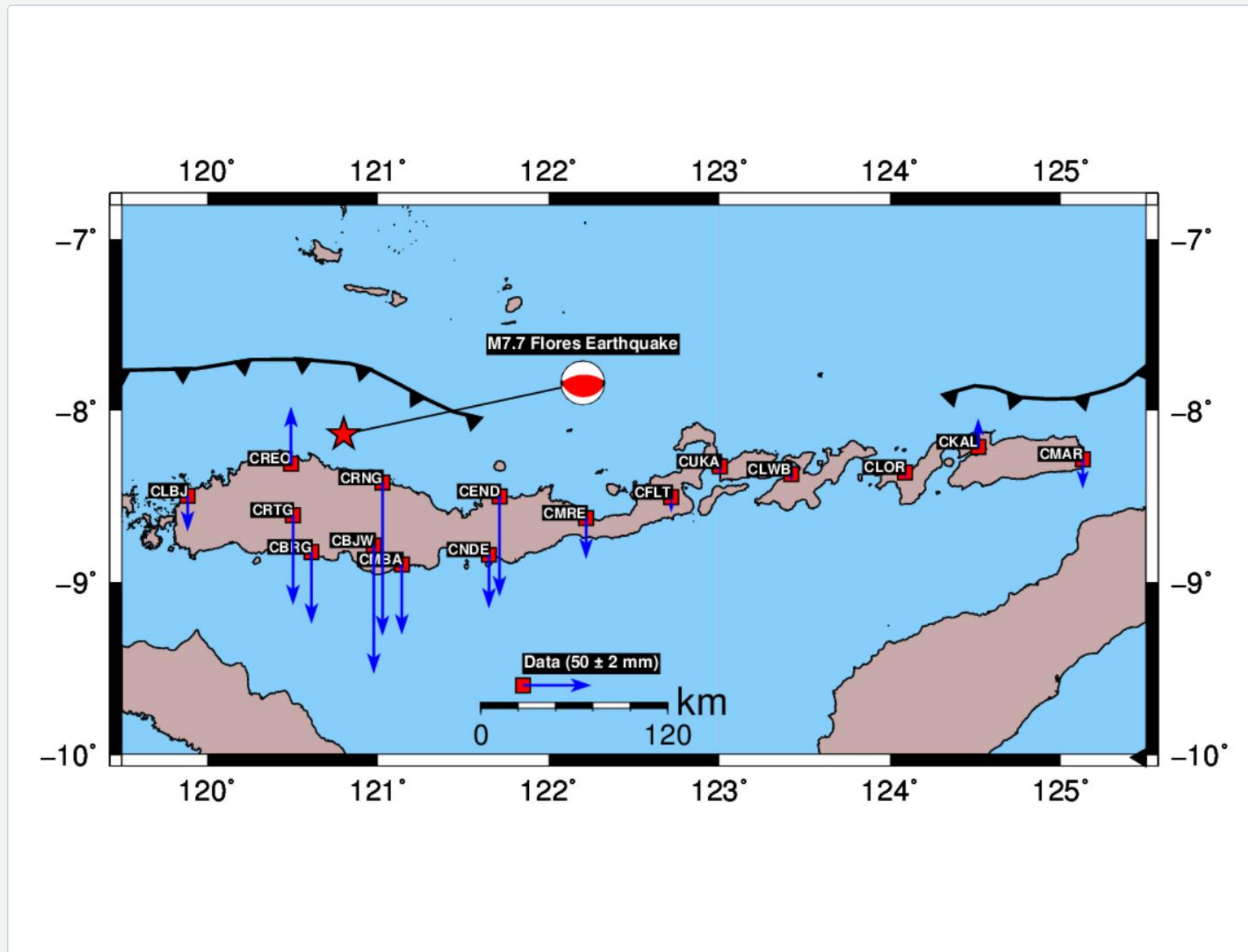


KETERANGAN GAMBAR

Vektor biru mengarah ke bawah pada hampir seluruh stasiun (skala referensi 50 ± 2 mm), menunjukkan pola subsidence yang dominan di sekitar episenter, dengan pengecualian relatif pada stasiun CKAL di ujung timur jaringan yang menunjukkan pergerakan ke atas.

ANALISIS

Dominasi subsidence pada pesisir utara Flores memiliki implikasi langsung terhadap perubahan garis pantai lokal dan peningkatan kerentanan banjir rob pascagempa. Informasi ini penting sebagai masukan bagi perencanaan rehabilitasi infrastruktur pesisir, penataan ruang, dan pembaruan peta risiko banjir rob di wilayah terdampak.





Deformasi Gempa dari Analisis GPS Kinematik



STASIUN CREO

Berada di sisi barat episenter pada jarak sekitar 100 km (estimasi dari episenter $8,41^{\circ}$ LS – $121,39^{\circ}$ BT), dengan offset koseismik tajam pada 21.58 UTC.

Δ UTARA
+42 cm

Δ TIMUR
-12 cm

AFTERSLIP
+8 cm

ANALISIS

Setelah lompatan koseismik, komponen utara tidak langsung stabil melainkan terus bertambah sekitar 8 cm dalam belasan jam berikutnya. Pola ini membuktikan adanya pergeseran pascagempa yang dominan berupa afterslip jangka pendek, proses yang tidak terpisahkan pada solusi harian dan perlu diperhitungkan saat memisahkan slip koseismik dari slip pascagempa.

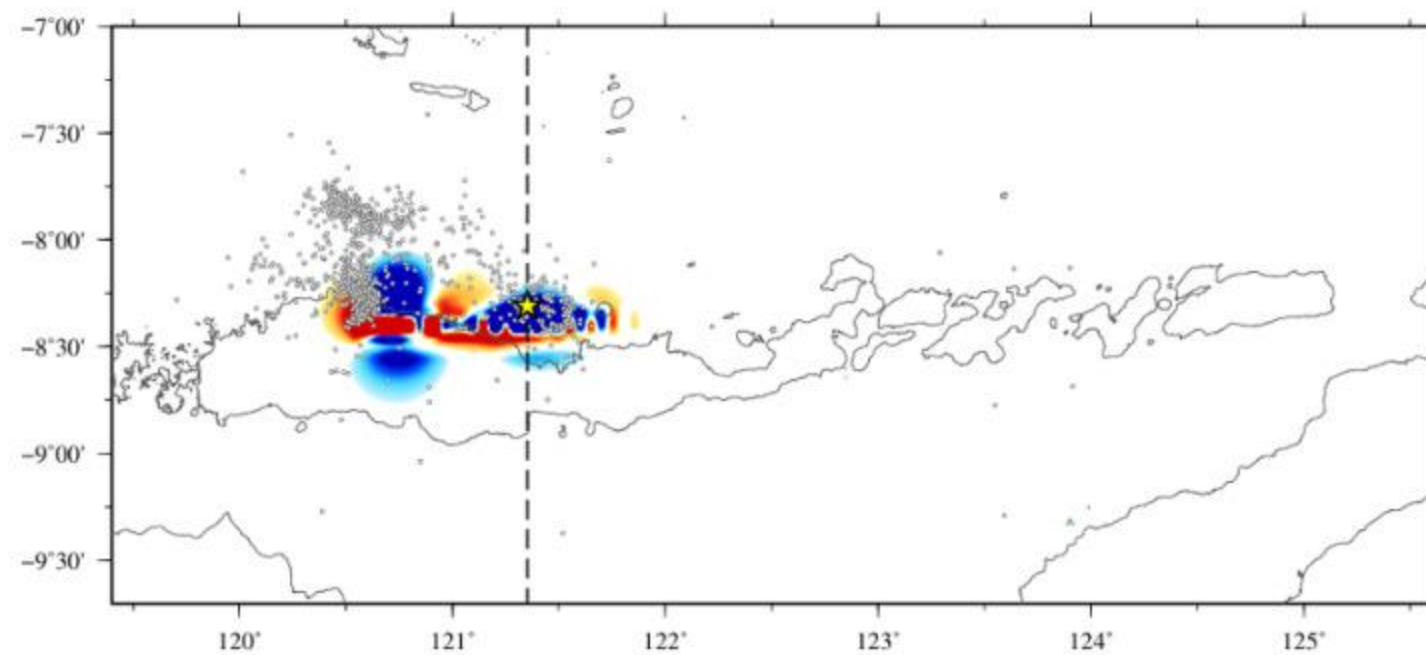
METODE PENGOLAHAN

Solusi kinematik epoch-per-epoch dengan PRIDE PPP-AR (PRIDE Lab, Universitas Wuhan): PPP tak-terdiferensi dengan ambiguity resolution memakai produk presisi WUM, orbit, phase clock/bias, dan ERP. Koordinat stasiun diestimasi sebagai derau putih per epoch, ZTD sebagai random walk, dengan koreksi antena ANTEX, pasang surut bumi dan laut, serta kombinasi bebas ionosfer.

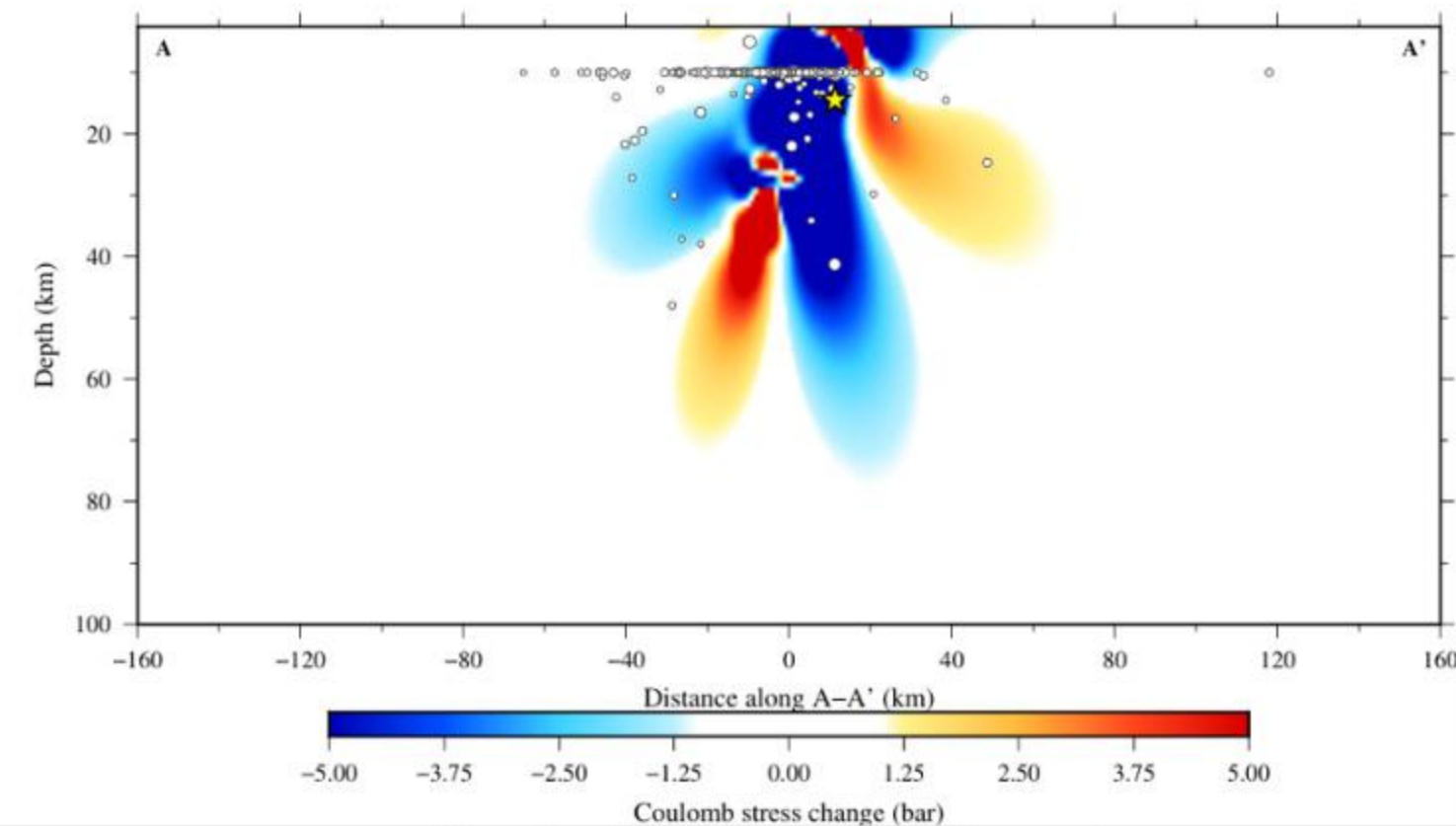


Transfer Stres Statik dari Gempa Utama (ΔCFF), Bidang Nodal np1

(a) np1 Coulomb stress and aftershock distribution



(b) np1 A-A' Coulomb section and hypocentres



KETERANGAN GAMBAR

(a) Peta ΔCFF dengan sebaran gempa susulan;
(b) sayatan A-A' beserta hiposenter. Skala warna
-5 hingga +5 bar.

LOBE POSITIF

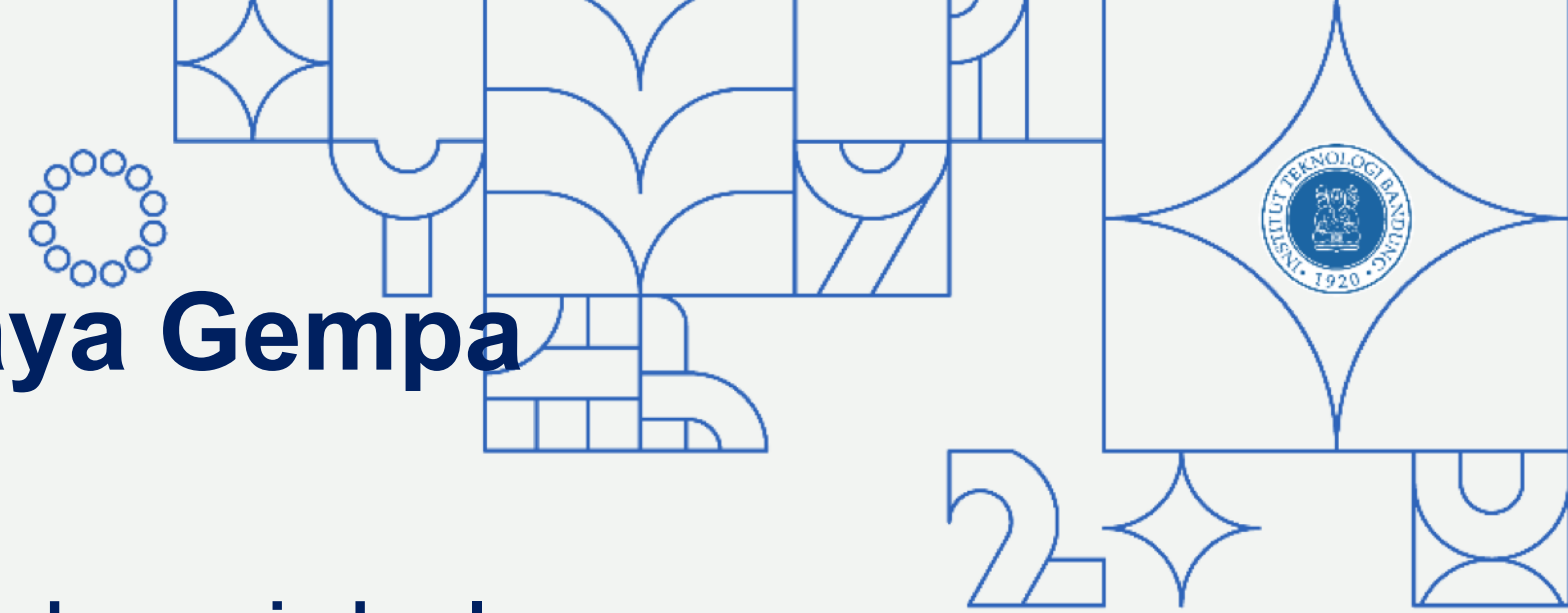
Kenaikan ΔCFF berkembang di sisi barat dan timur zona rupture, berimpit dengan konsentrasi gempa susulan.

LOBE NEGATIF

Penurunan ΔCFF menempati bidang yang telah melepaskan slip, tempat gempa susulan justru jarang terjadi.



Implikasi pada Model Sumber dan Bahaya Gempa



01

Geometri dan segmentasi sumber

Sebaran gempa susulan dan pola pergeseran koseismik memberi batasan langsung pada panjang rupture, kemiringan bidang, dan batas segmen, termasuk diskontinuitas di ujung timur yang ditandai stasiun CKAL.

03

Potensi gempa pada segmen barat dan timur

Kenaikan ΔCFF pada kedua sisi zona rupture berimpit dengan zona regangan geser maksimum yang belum melepaskan energi. Kedua segmen kini lebih dekat ke ambang keruntuhan dibanding sebelum 15 Agustus 2026.

02

Laju slip dan periode ulang

Laju pemendekan hasil inversi blok kinematik menjadi masukan laju slip zona Flores–Wetar. Pelepasan momen 2026 memungkinkan kalibrasi ulang defisit momen, dilengkapi rekurensi historis 1815, 1836, 1892, dan 1992.

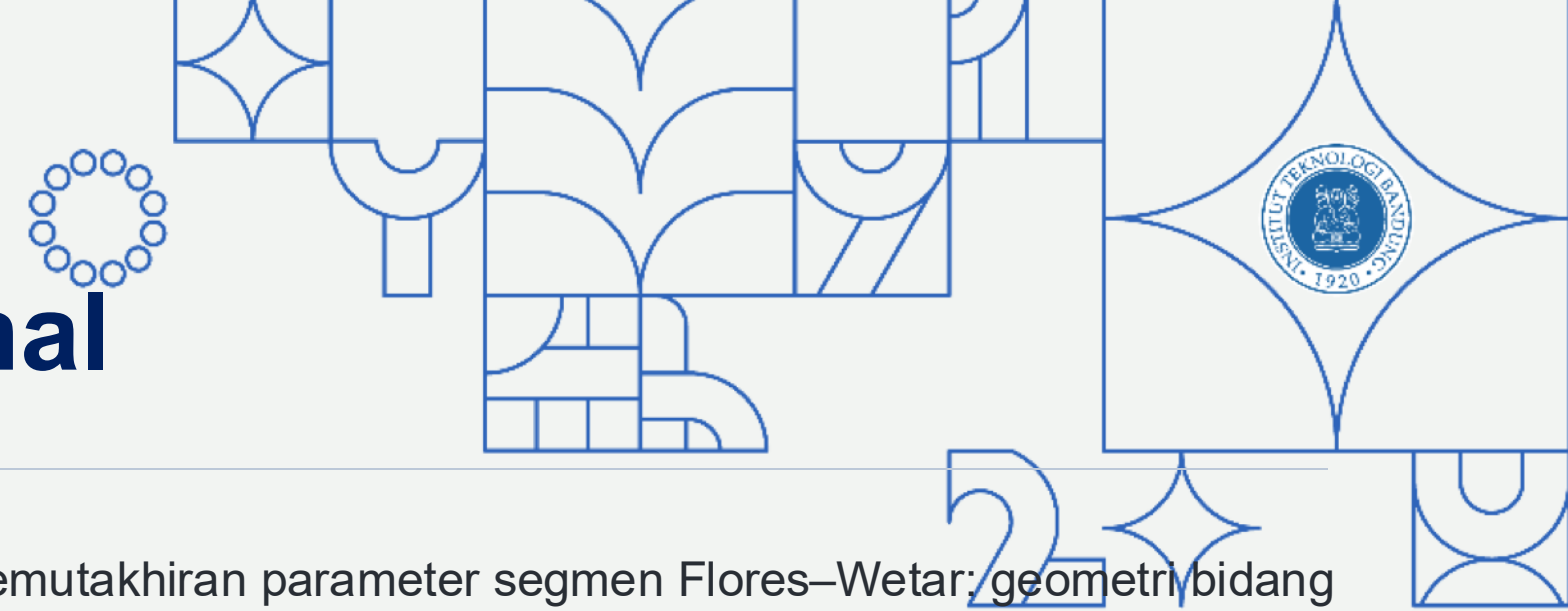
04

Kebutuhan informasi bahaya gempa yang lebih baik

Potensi ke depan itu hanya terwakili bila model sumber diperbarui: basis data segmen PuSGeN, perhitungan ulang bahaya probabilistik, lalu peta gerak tanah sebagai dasar revisi SNI 1726 di Nusa Tenggara Timur.



Jalur Pemutakhiran Peta Gempa Nasional



TAHAP 1

Basis data sumber gempa PuSGeN

Pemutakhiran parameter segmen Flores–Wetar: geometri bidang sesar, laju slip, magnitudo maksimum, dan periode ulang, berbasis data geodetik pra- dan pascagempa 2026, dengan hasil transfer stres statik (ΔCFF) sebagai penimbang prioritas antarsegmen.

TAHAP 2

Perhitungan ulang bahaya dan risiko

Analisis bahaya gempa probabilistik untuk wilayah Nusa Tenggara, mencakup peta percepatan puncak di batuan dasar, spektra desain, serta peta bahaya tsunami untuk sumber sesar naik busur belakang.

TAHAP 3

Revisi acuan desain dan tata ruang

Peta gerak tanah hasil pemutakhiran menjadi dasar revisi SNI 1726 untuk wilayah Nusa Tenggara Timur, sekaligus acuan penataan ruang dan rekonstruksi permukiman pesisir terdampak.

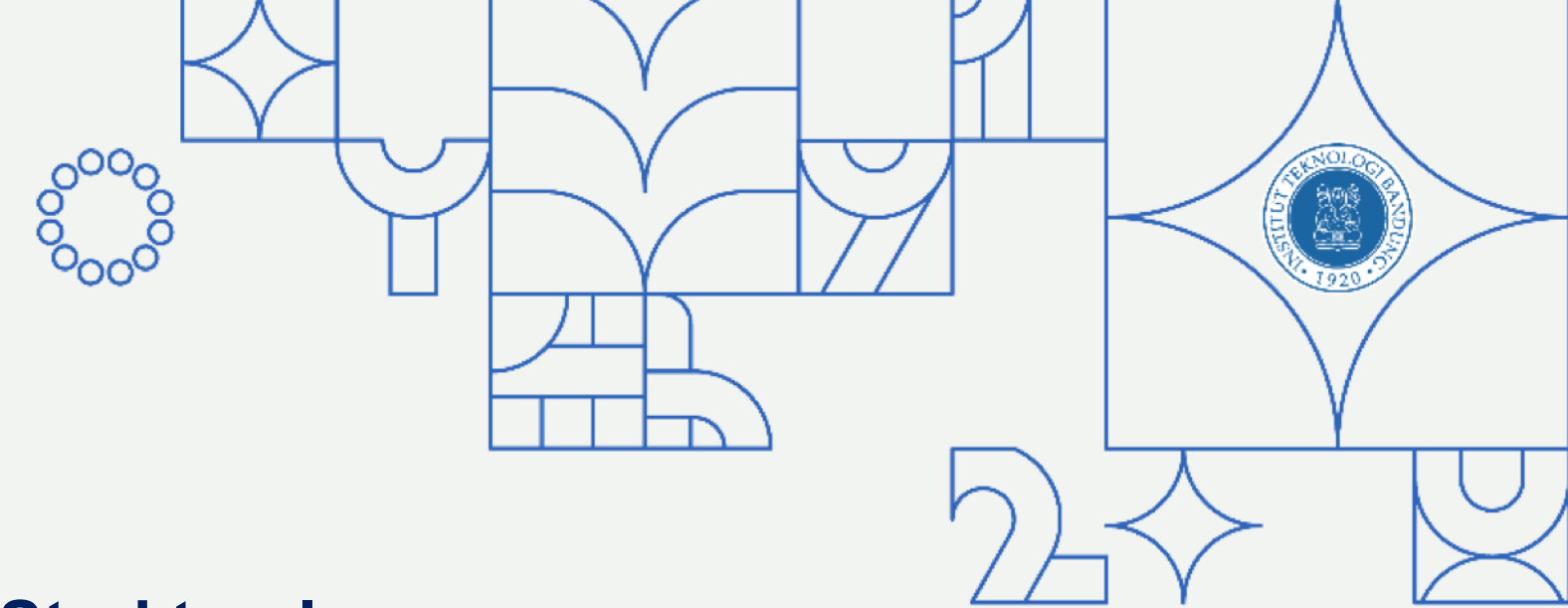


KEMBALI KE PERTANYAAN DI AWAL

Kesimpulan

Gempa terus berulang, mengapa bangunan tetap runtuh dan korban tetap jatuh?

- 1 Bukan karena bahayanya tidak diketahui.** Gempa Flores Mw 7,7 melepaskan energi pada Sesar Naik Busur Belakang Flores, segmen yang sejak lama teridentifikasi sebagai zona akumulasi regangan aktif.
- 2 Bukan karena datanya tidak ada.** Episenter berimpit dengan zona regangan geser maksimum pra-gempa, dan pergeseran koseismik 16 stasiun GPS mengonfirmasi sesar naik dangkal, disertai afterslip jangka pendek yang dominan.
- 3 Yang belum terjawab: di mana giliran berikutnya.** Transfer stres statik menaikkan ΔCFF di sisi barat dan timur zona rupture, sehingga potensi failure pada segmen tetangga kini lebih besar daripada sebelum 2026.
- 4 Karena itu pengetahuan ini harus sampai ke cara kita membangun.** Geometri, segmentasi, laju slip, dan hasil ΔCFF menjadi masukan bagi pemutakhiran Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia, penerapan PSHA pada infrastruktur strategis, dan revisi SNI 1726 di NTT.



ARAH KEBIJAKAN DAN TINDAK LANJUT

Fokus dan Rekomendasi

Agar Gempa Tidak Jadi Bencana yang Merusak

Pembaharuan Peta Gempa Indonesia

Perbarui parameter segmen Flores–Wetar pada basis data sumber gempa PuSGeN: geometri bidang sesar, laju slip, magnitudo maksimum, dan periode ulang, berbasis data geodetik pra- dan pascagempa 2026.

Jadikan hasil transfer stres statik (ΔCFF) sebagai penimbang prioritas antarsegmen, lalu lanjutkan ke perhitungan ulang bahaya probabilistik untuk wilayah Nusa Tenggara.

Pembiayaan Risiko Bencana

Optimalkan skema Pooling Fund Bencana (PFB) untuk mempercepat pemulihan infrastruktur strategis dan meringankan beban fiskal APBN pascabencana.

Susun basis data kerugian berbasis segmen sesar agar proyeksi kebutuhan pembiayaan pada segmen Flores–Wetar lainnya lebih tajam.

Mitigasi Struktural

Gunakan peta gerak tanah hasil pemutakhiran sebagai dasar revisi SNI 1726 di wilayah Nusa Tenggara Timur dan acuan penataan ruang permukiman pesisir.

Prioritaskan retrofit dan rekonstruksi tahan gempa pada aset publik strategis: sekolah, fasilitas kesehatan, dan kantor pemerintah.

Peringatan Dini dan Ketahanan Komunitas

Perkuat rantai diseminasi InaTEWS hingga tingkat komunitas pesisir; tantangan utama umumnya terletak pada penyampaian akhir (last-mile), bukan kecepatan deteksi teknis.

Integrasikan jaringan GPS kontinu regional ke sistem pemantauan deformasi, dan kuatkan gotong royong sebagai pilar mitigasi berbasis komunitas dalam tanggap darurat.