

Pengantar Geologi Rekayasa

Bencana Alam Geologis Dan Teknik Mitigasi

Sherly Meiwa , ST., MT



Department of Civil Engineering
Universitas Komputer Indonesia
Bandung, 2020

Referensi

1. Dr Surono, Handout Kuliah Pengantar Rekayasa Geoteknik, Universitas Parahyangan, 2011
2. Prof Masyur Irsyam, Handout Kuliah Pengantar Dinamika Tanah dan Rekayasa Gempa, Institut Teknologi Bandung, 2012



Rencana Materi Pembelajaran

UTS

Pengantar Geoteknik (1x)

Material Geologi (1x)

Proses Pembentukan Batuan (1x)

Proses Pembentukan Tanah (1x)

Air Tanah (1x)

UAS

Bencana Alam Geologis dan Teknik Mitigasi (3x)

Peta Geologi dan Peta Topografi (1x)

Penyelidikan Tanah (3x)

Penilaian

UTS	: 30%
UAS	: 30%
TUGAS & Kuis	: 40%

Ketua Kelas : Habib 08231 6666 901

OUTLINE

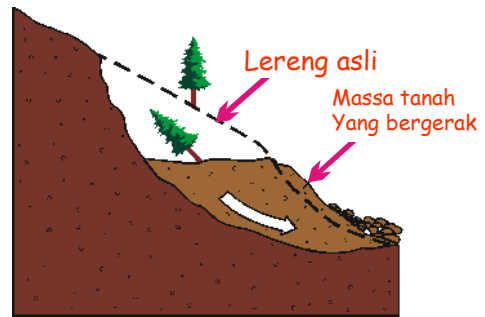
1. *Gerakan Tanah*
2. *Bencana Gerakan Tanah*
3. *Gempa*
4. *Mitigasi Bencana*

1. GERAKAN TANAH

Gerakan Tanah

GERAKAN TANAH adalah perpindahan bahan pembentuk lereng (tanah, batuan, bahan timbunan, atau campuran diantaranya) bergerak ke bawah dan keluar lereng. Umumnya sering terjadi pada musim hujan

Gerakan tanah Rotasi



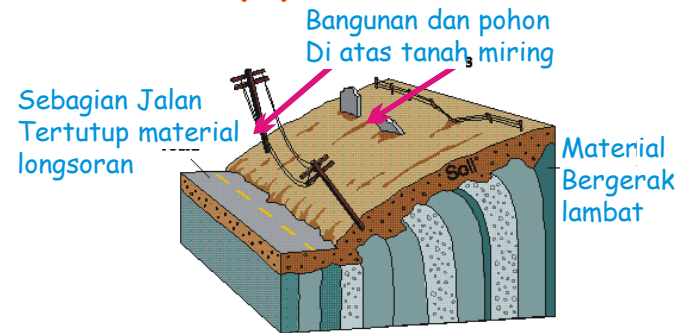
Aliran Bahan Rombakan



Gerakan tanah Translasi



Rayapan



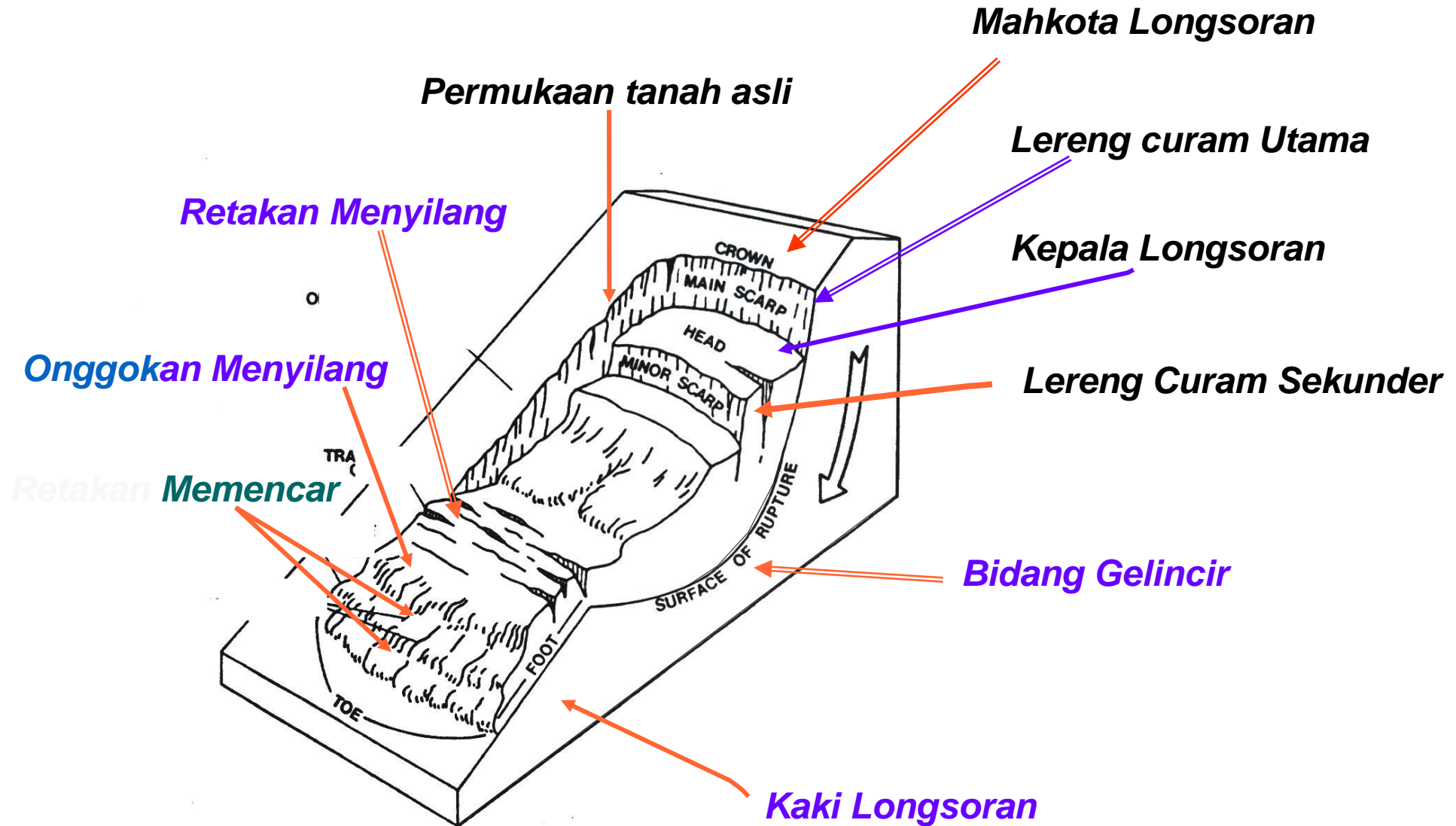
Runtuhan batu



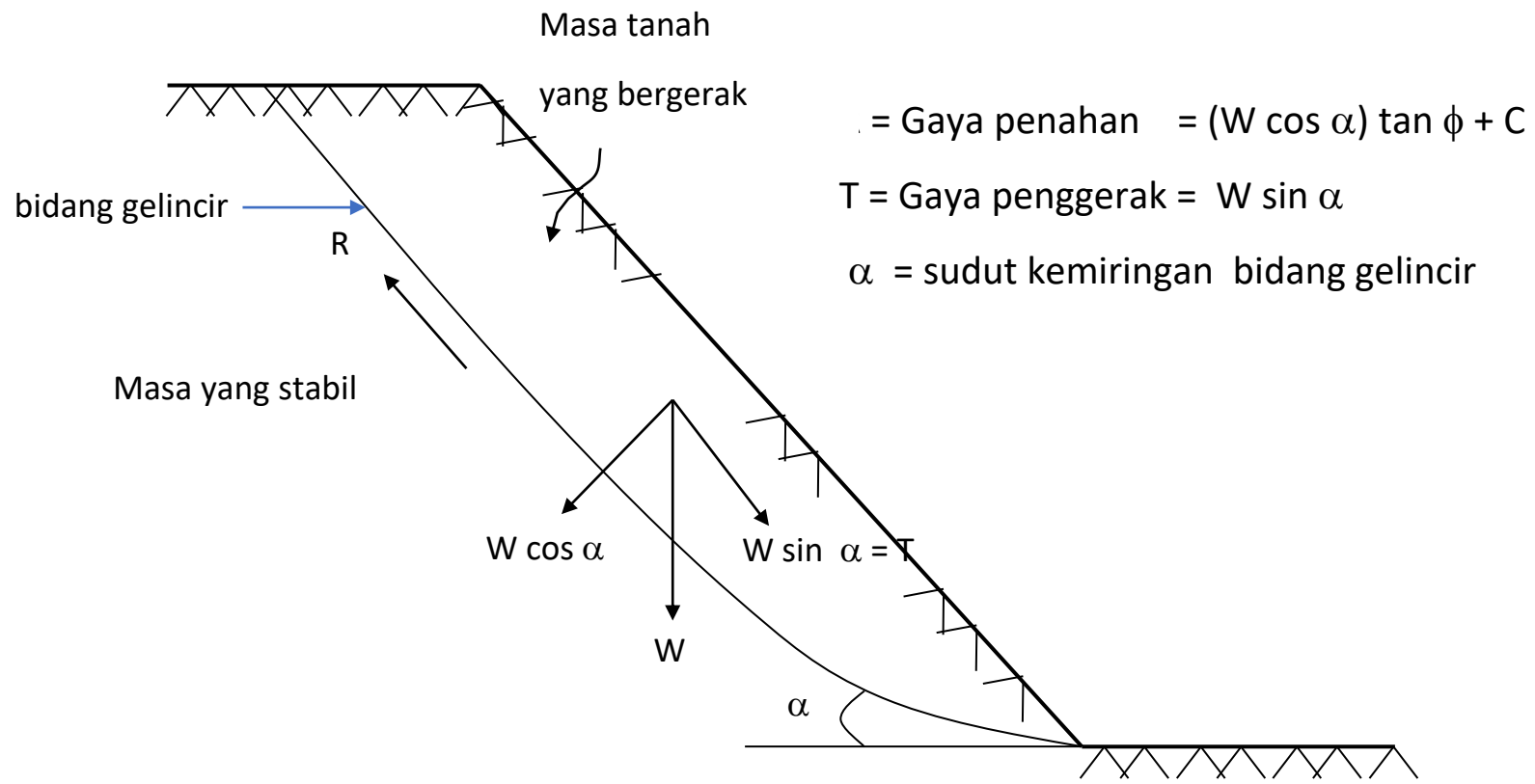
Longsoran batu



Bagian-Bagian Tanah Longsor



$$F_s = \frac{\text{Gaya penahan gerakan}}{\text{Gaya penggerak/peluncur}}$$



Kesalahan umum yang sering terjadi dalam analisis kestabilan lereng adalah :

- Kondisi lapisan tanah/ batuan lereng tidak terekam/terlalu banyak penyederhanaan
- Kondisi struktur geologi atau bidang-bidang lemah pada batuan tidak/ kurang teramati dan teranalisis
- Kondisi hidrologi lereng, khususnya kedudukan muka air tanah tidak tepat
- Bidang gelincir hasil analisis secara matematis tidak sesuai kondisi alam yang sebenarnya :
 - a. kontak antara batuan/ tanah yang lebih kompak dan kedap dengan tanah hasil lapukannya yang bersifat lebih lepas-lepas dan lolos air.
 - b. Bidang-bidang lemah pada lereng, misalnya bidang kekar dan bidang perlapisan batuan.
- Penyederhanaan test laboratorium untuk mendapatkan parameter kohesi (c) dan sudut gesekan dalam (ϕ).
- Banyak gangguan selama pembawaan contoh/sampel dari lapangan ke laboratorium (sifat fisis telah mengalami perubahan)



Doc : Dr. SURONO

Bencana Tanah Longsor Jalan Tol
Cipularang KM 114.8



Doc : Dr. SURONO

Gerakan Tanah Jenis: Rayapan

2. BENCANA GERAKAN TANAH

Pemicu Longsor

- GEMPA BUMI;
- SALURAN AIR BOCOR DAN TUMPAH;
- HUJAN DERAS DAN LAMA;
- HUJAN BERTURUT-TURUT (1-4 HARI);
- PEMOTONGAN LERENG DI BAGIAN BAWAH;
- PERUBAHAN LAHAN MENJADI LAHAN BASAH;
- PENIMBUNAN TANAH DI LERENG TERJAL.

Ciri-Ciri Daerah Berpotensi Longsor

- Adanya Retakan;
- Daerah Dengan Curah Hujan Tinggi;
- Tanah Yang Lembek – Tebal Diatas Batuan Yang Relatif Kedap Air;
- Daerah Permukiman Dekat Bibir Lereng Terjal
- Daerah Lahan Basah /Sawah Di Lereng Yang Terjal
- Pemotongan Lereng Untuk Pembuatan Bangunan
- Adanya Batu Lempung Yang Bersifat Kedap Air Dan Miring Ke Arah Lereng Yang Relatif Terjal.



JALAN TOL CIPULARANG KM 96.600 YG AMBLAS, DIBAGIAN BAWAH BADAN JALAN DIBANGUN OLEH BATU LEMPUNG

Doc : Dr. SURONO

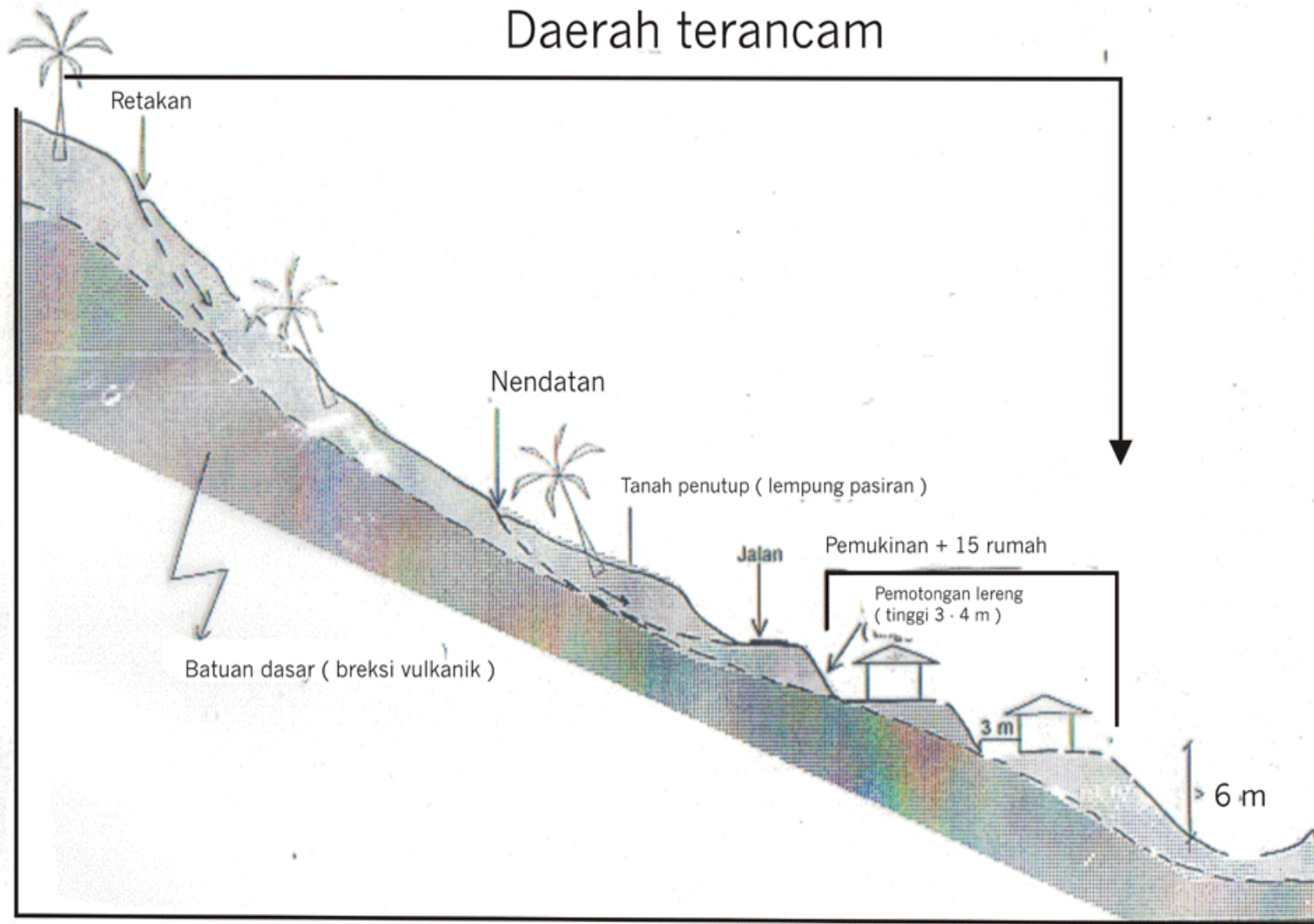
**DIBAGIAN BAWAH BADAN JALAN DIBANGUN OLEH BATU LEMPUNG
YG BERSIFAT KEDAP AIR (Cipularang)**



Doc : Dr. SURONO

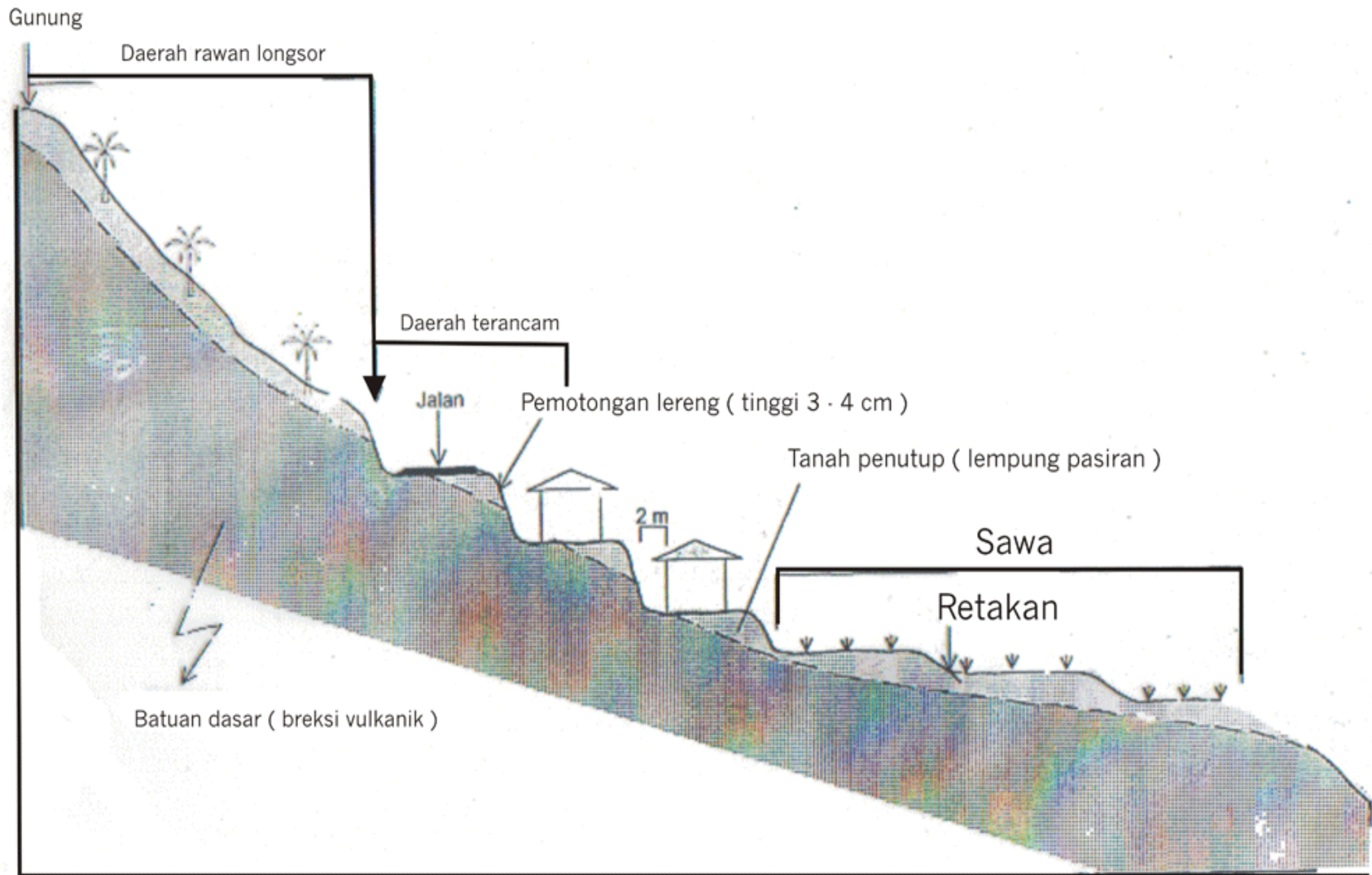
Batulempung yang bersifat kedap air dan dapat berfungsi sebagai Bidang gelincir

Daerah terancam



SKETSA PENAMPANG TANAH LONGSOR

Doc : Dr. SURONO



SKETSA PENAMPANG TANAH LONGSOR

MENGHINDARI TANAH LONGSOR / BENCANA BANJIR BANDANG

- a. Jangan bermukim di tepi tebing yang terjal
- b. Jangan bermukim dibawah tebing yang terjal
- c. Jangan bermukim di bantaran dan mulut lembah sungai
- d. Jangan mencetak sawah di tebing yang terjal
- e. Jangan melakukan pemotongan lereng di bagian bawah
- f. Jangan melakukan penggundulan lahan



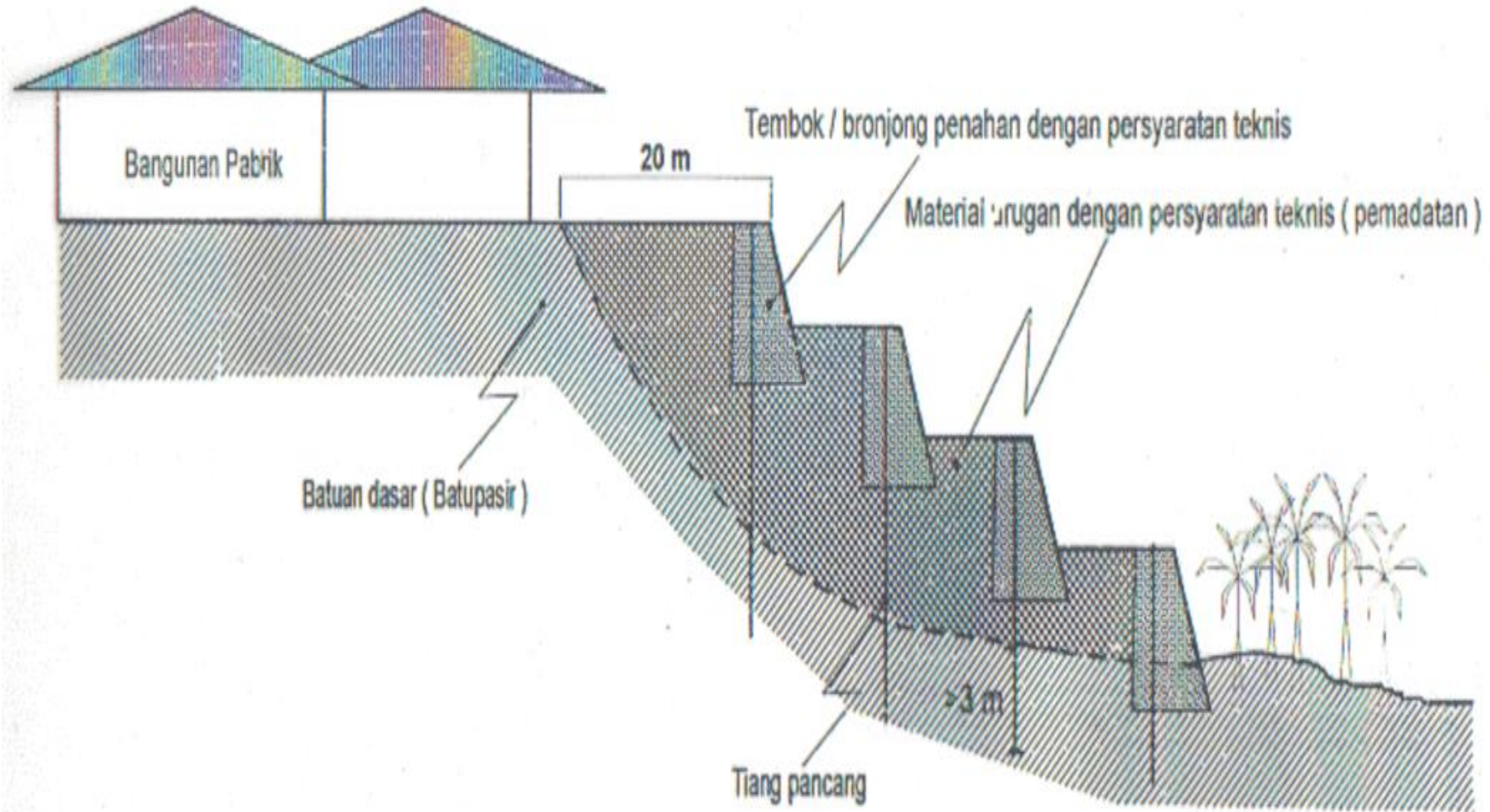
Material aliran bahan rombakan terutama terdiri dari kerikil hingga bongkah batuan beku serta batang pohon

Doc : Dr. SURONO

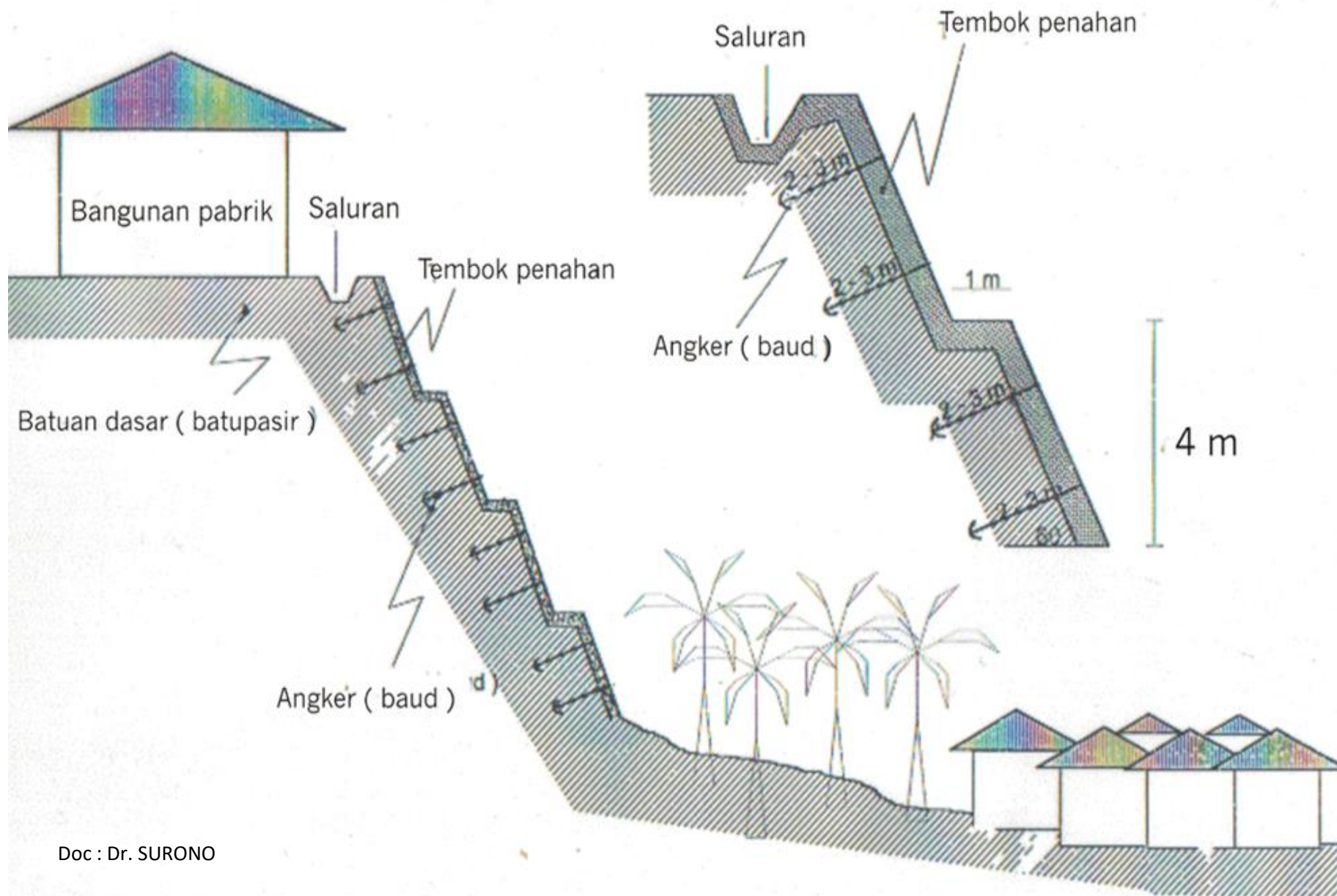


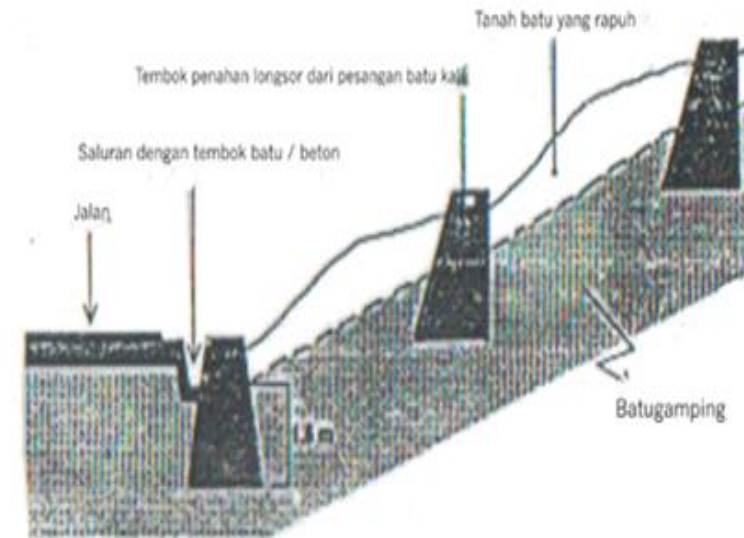
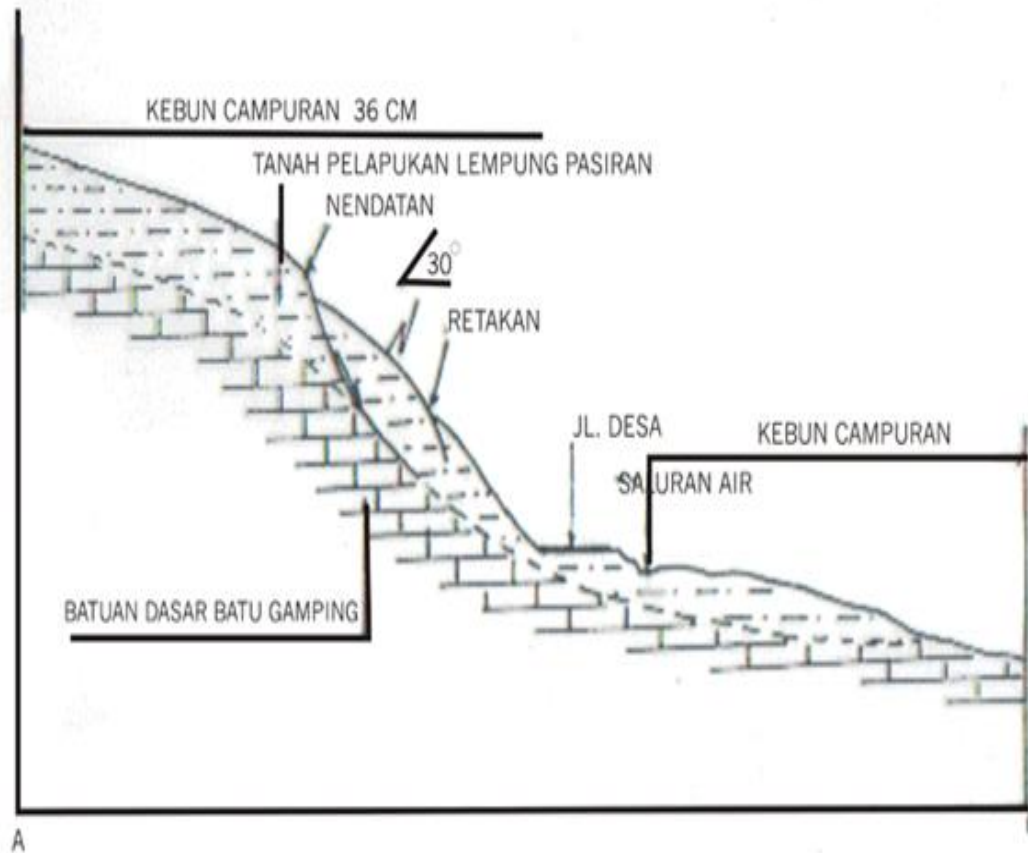
Beberapa rumah di Kp. Palinggihan Ds. Panyindangan, Kec. Sukatani yang hancur terlanda aliran bahan rombakan

SKETSA PENAMPANG TANAH LONGSOR

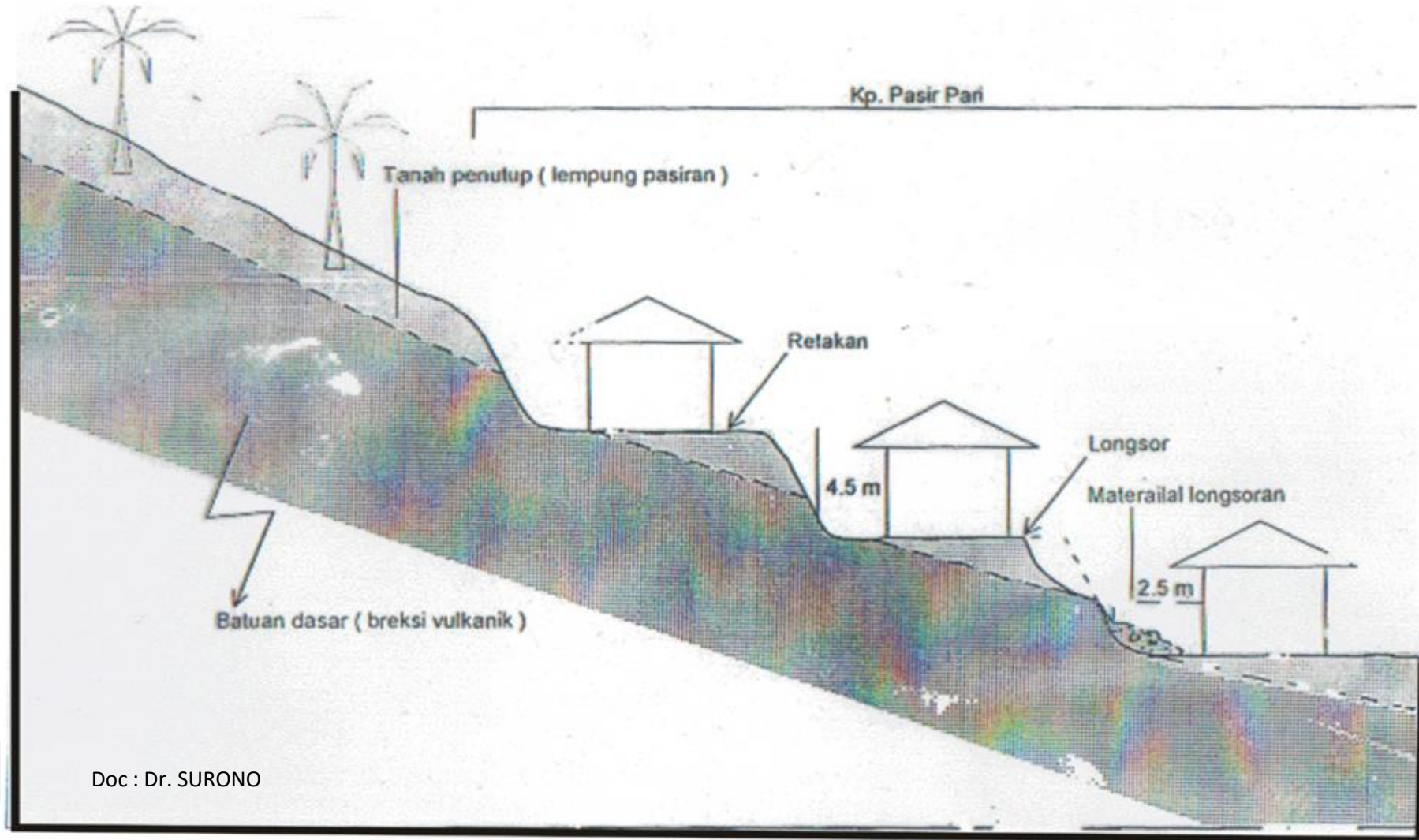


Doc : Dr. SURONO





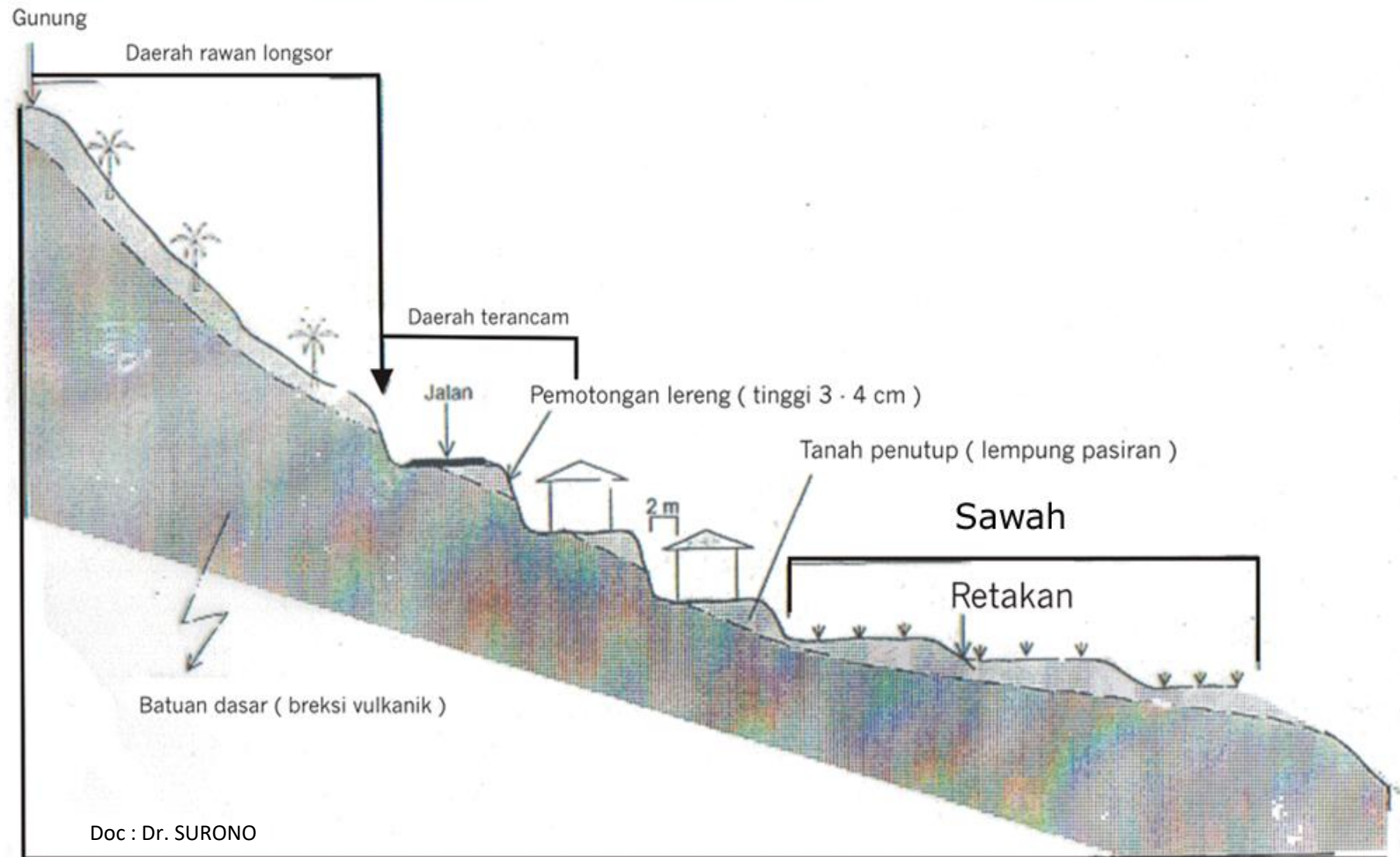
SKETSA PENAMPANG TANAH LONGSOR DI KAMPUNG PASIR PARI, DESA CILAME, KECAMATAN SOREANG, KABUPATEN BANDUNG, JAWA BARAT

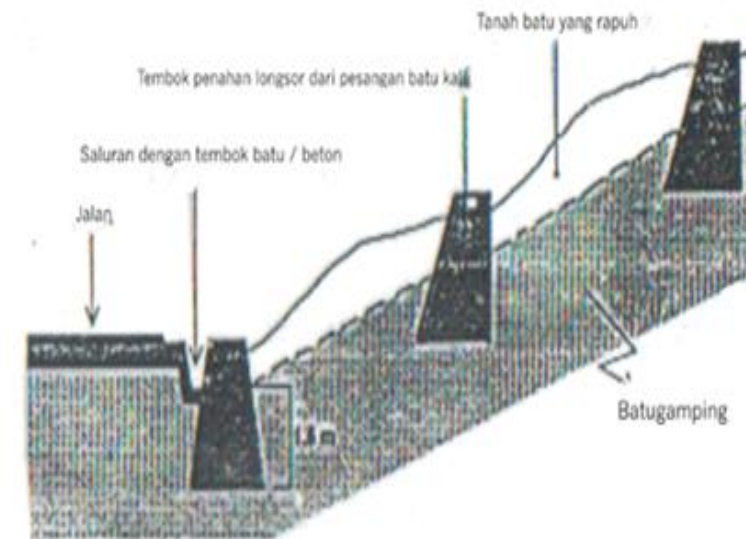
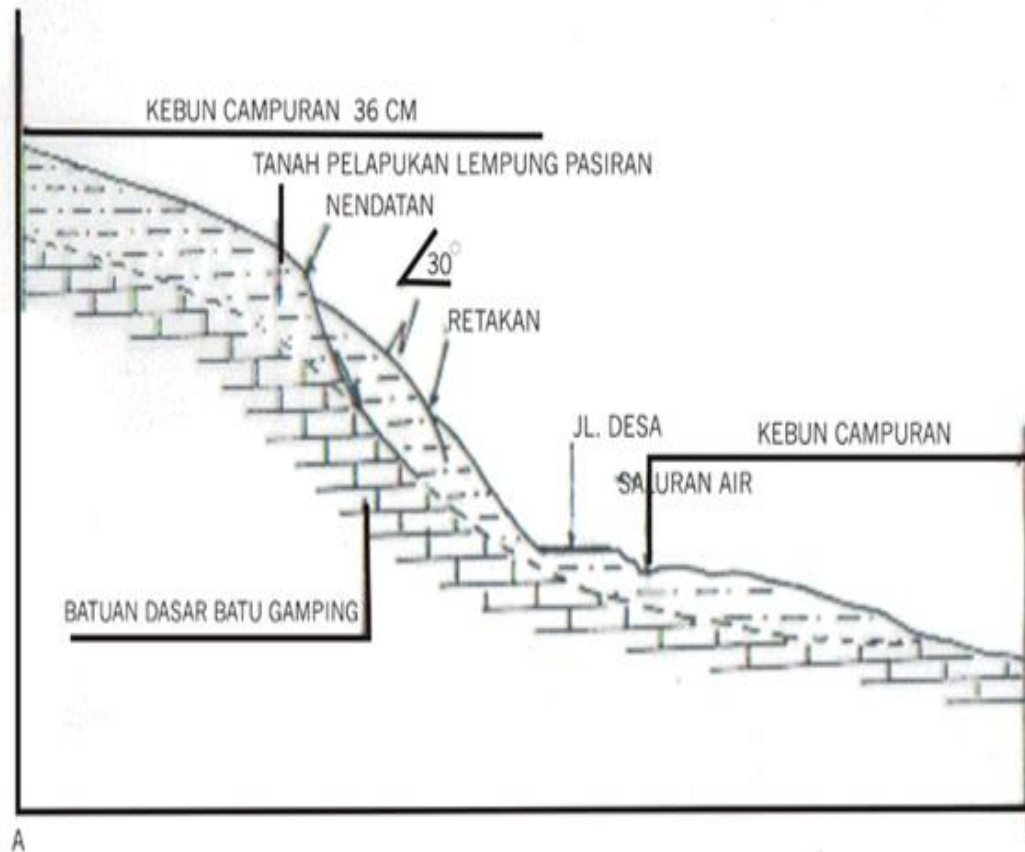


Geologi daerah Cirebon dan sekitarnya

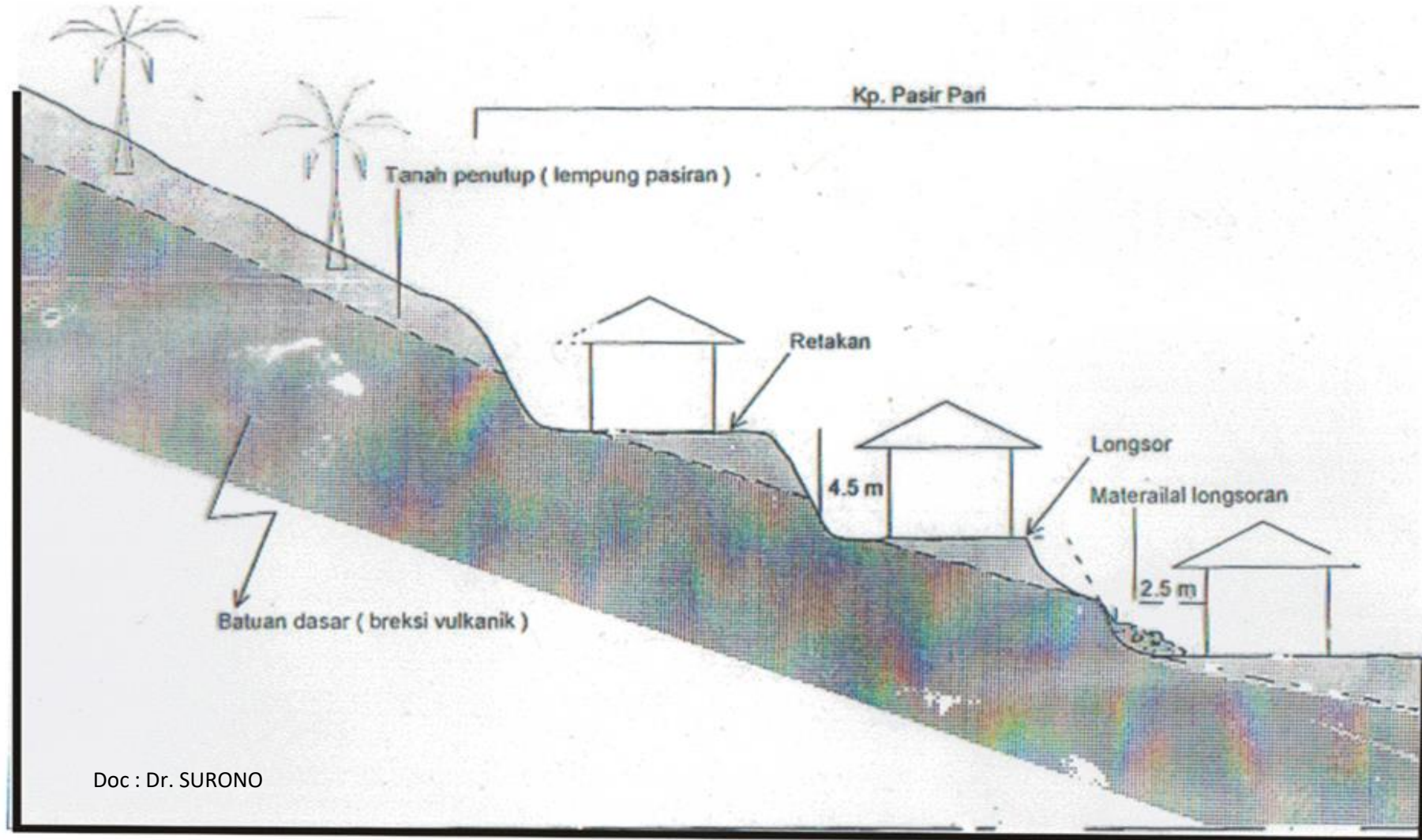
1. Batulempung - napal:
Batupasir, dan lempung tufaan
2. Batuan gunungapi Cermay yang terdiri dari:
Lava , andesit, breksi dan tufa

SKETSA PENAMPANG TANAH LONGSOR





SKETSA PENAMPANG TANAH LONGSOR DI KAMPUNG PASIR PARI, DESA CILAME, KECAMATAN SOREANG, KABUPATEN BANDUNG, JAWA BARAT



Doc : Dr. SURONO

BEBERAPA HAL YANG PERLU DIPERHATIKAN UNTUK MENGURANGI ATAU MENIADAKAN KORBAN BENCANA TANAH LONGSOR

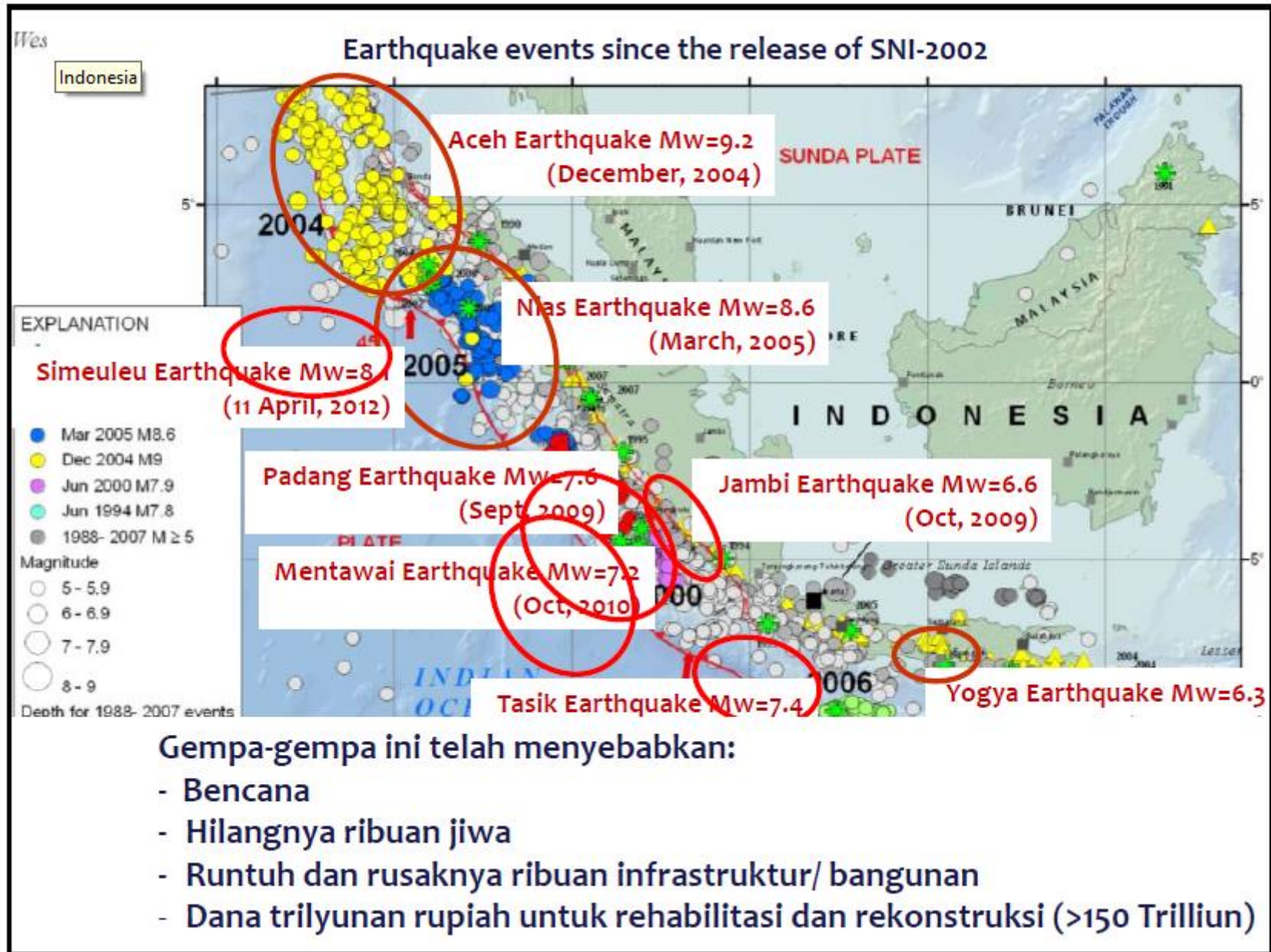
1. Bangunan menjauhi/tidak di bawah tebing.
2. Pemukiman tidak di sepanjang/di mulut lembah.
3. Bangunan tidak di dekat tebing di daerah tikungan sungai.
4. Tidak melakukan pemotongan lereng di daerah terjal.
5. Tidak mencetak sawah di lereng terjal.
6. Meningkatkan kewaspadaan terhadap gejala longsoran (retakan, penurunan tanah di lereng terjal)
7. Meningkatkan kewaspadaan di musim hujan.
8. Meningkatkan koordinasi antar instansi yang terkait dengan penanggulangan bencana.
9. Memanfaatkan peta – peta hasil pemantauan dan kajian tanah longsor.

BEBERAPA KENDALA YANG DIHADAPI UNTUK MENGURANGI ATAU MENIADAKAN KORBAN BENCANA TANAH LONGSOR

1. Pendidikan dini masalah bencana geologi (tanah longsor) masih kurang, sehingga kesadaran masyarakat masih rendah. Perlu mengadakan penyuluhan di wilayah rawan bencana geologi di Indonesia
2. Penanggulangan bencana bersifat reaktif (bereaksi setelah terjadi), tidak bersifat preventif (memperhitungkan resiko yang akan terjadi)
3. Pola penyebaran penduduk bersifat horizontal serta kurang terkendali, sehingga banyak pemukiman terlanjur berada di kawasan rawan bencana geologi
4. Belum optimalnya pemanfaatan peta - peta hasil pemantauan dan kajian tanah longsor

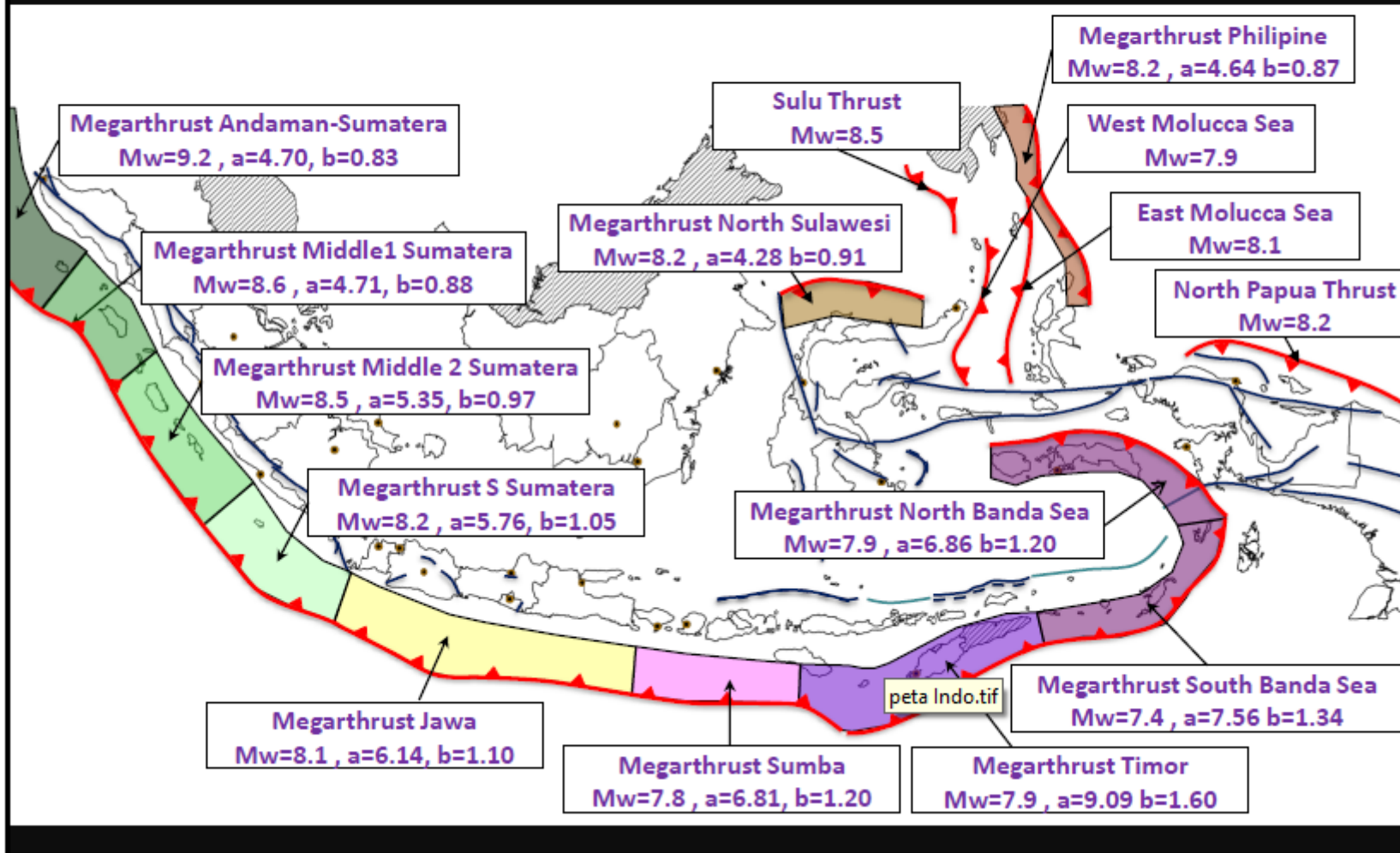
3. GEMPA

A. Kondisi yang ada di Indonesia



Tektonik Utama Indonesia

Sumber Gempa Subduksi Megathrust



TATANAN GEOLOGI INDONESIA

- Indonesia dilalui oleh dua rangkaian pegunungan besar dunia. Yaitu rangkain sirkum mediterania dan sirkum pasifik.
- Indonesia berada di titik pertemuan tiga lempeng litosfer, yaitu lempeng Indo-Australia, lempeng Eurasia dan Lempeng Pasifik.
- Indonesia terletak pada tiga daerah dangkalan, yaitu dangkalan sunda, dangkalan sahur dan daerah laut pertengahan Australia Asiatis.

Sehingga apa dampaknya?

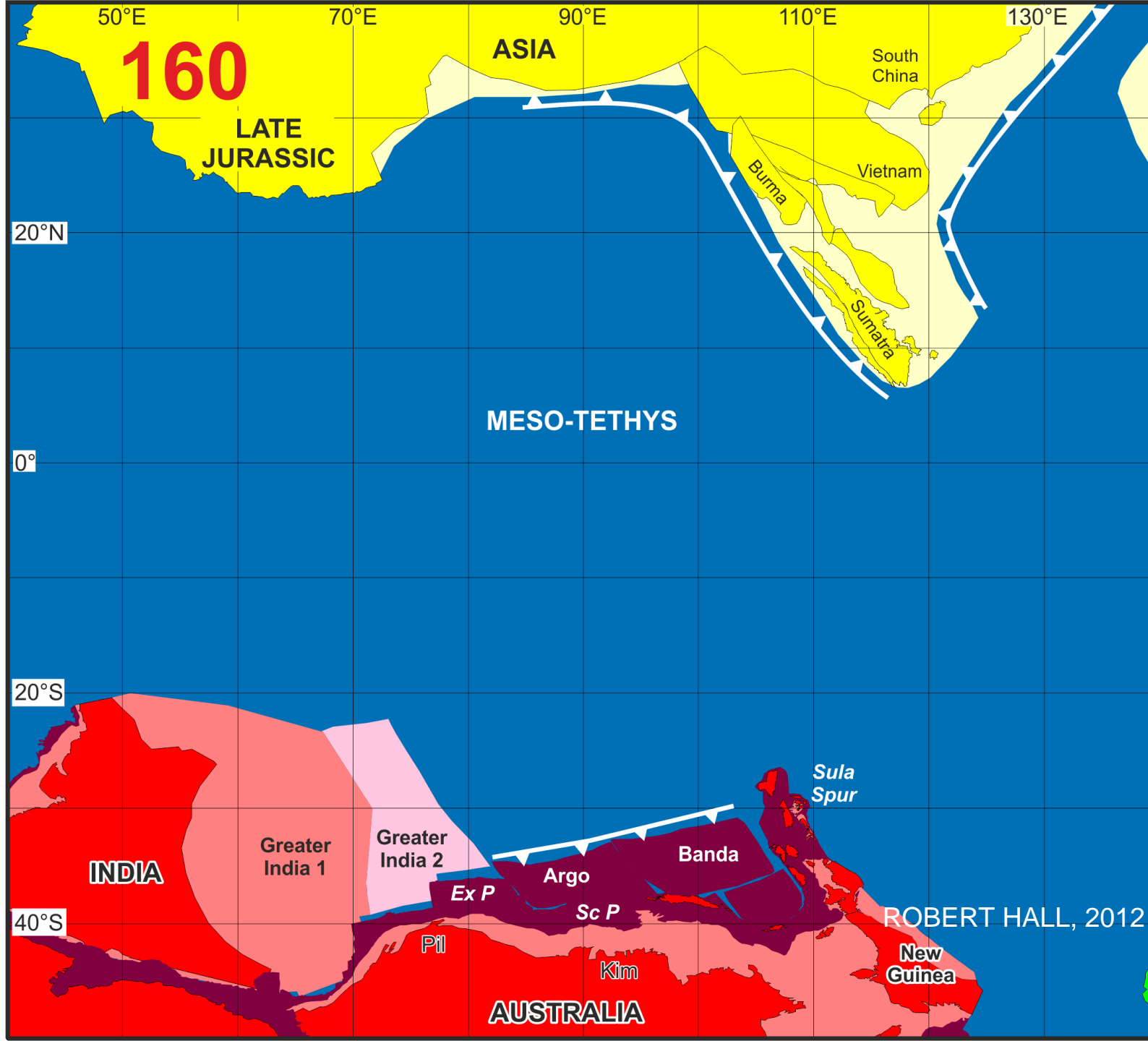
Dampak Negatif : sering terjadi bencana alam :
Gempa Bumi, Letusan Gunung api, Tsunami

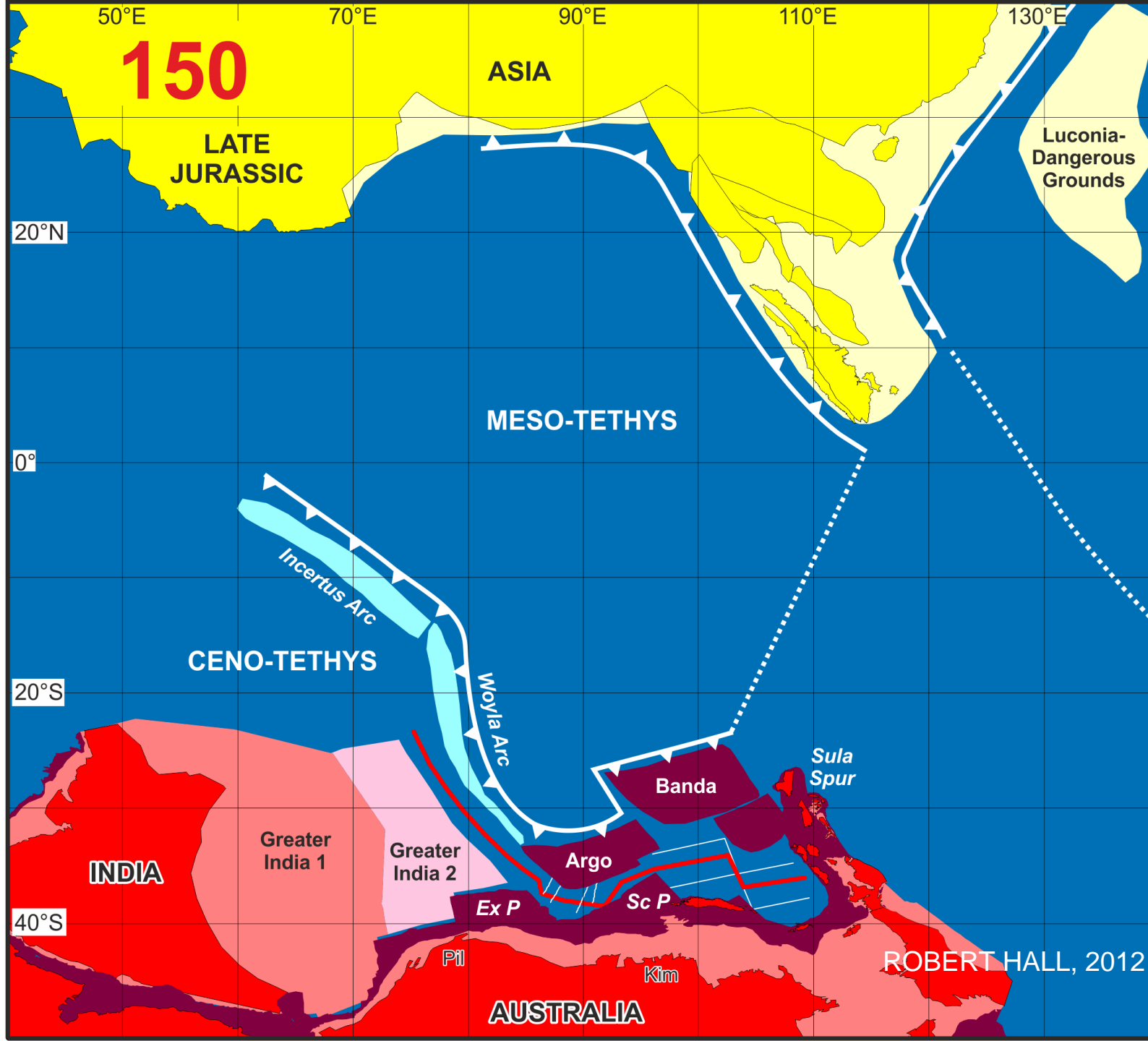
Daerah pertemuan lempeng ini sering terjadi gempa bumi dan tsunami. Hal ini disebabkan akumulasi energi yang tak tertahan sehingga lepas menjadi bencana alama

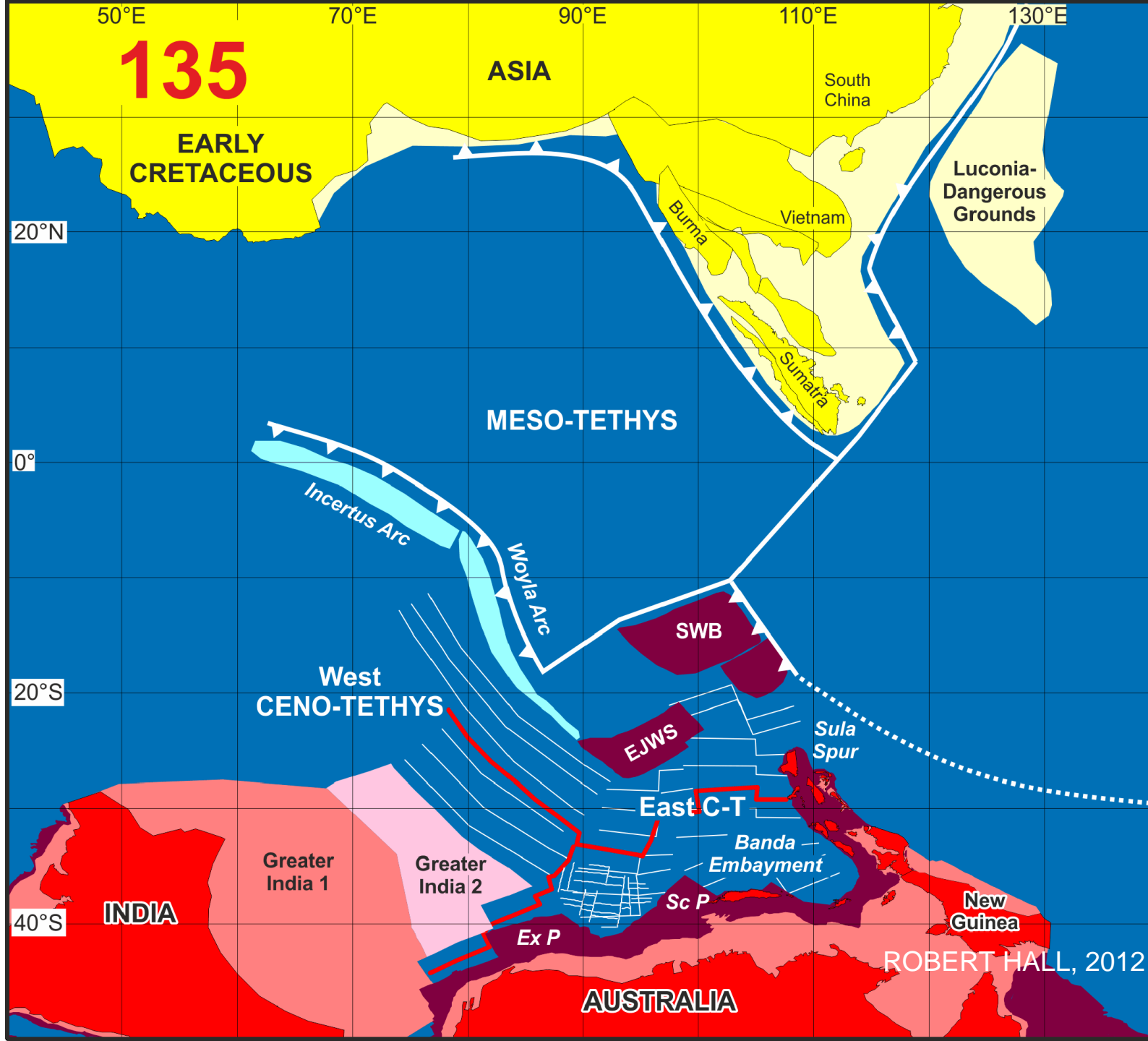
TATANAN GEOLOGI INDONESIA

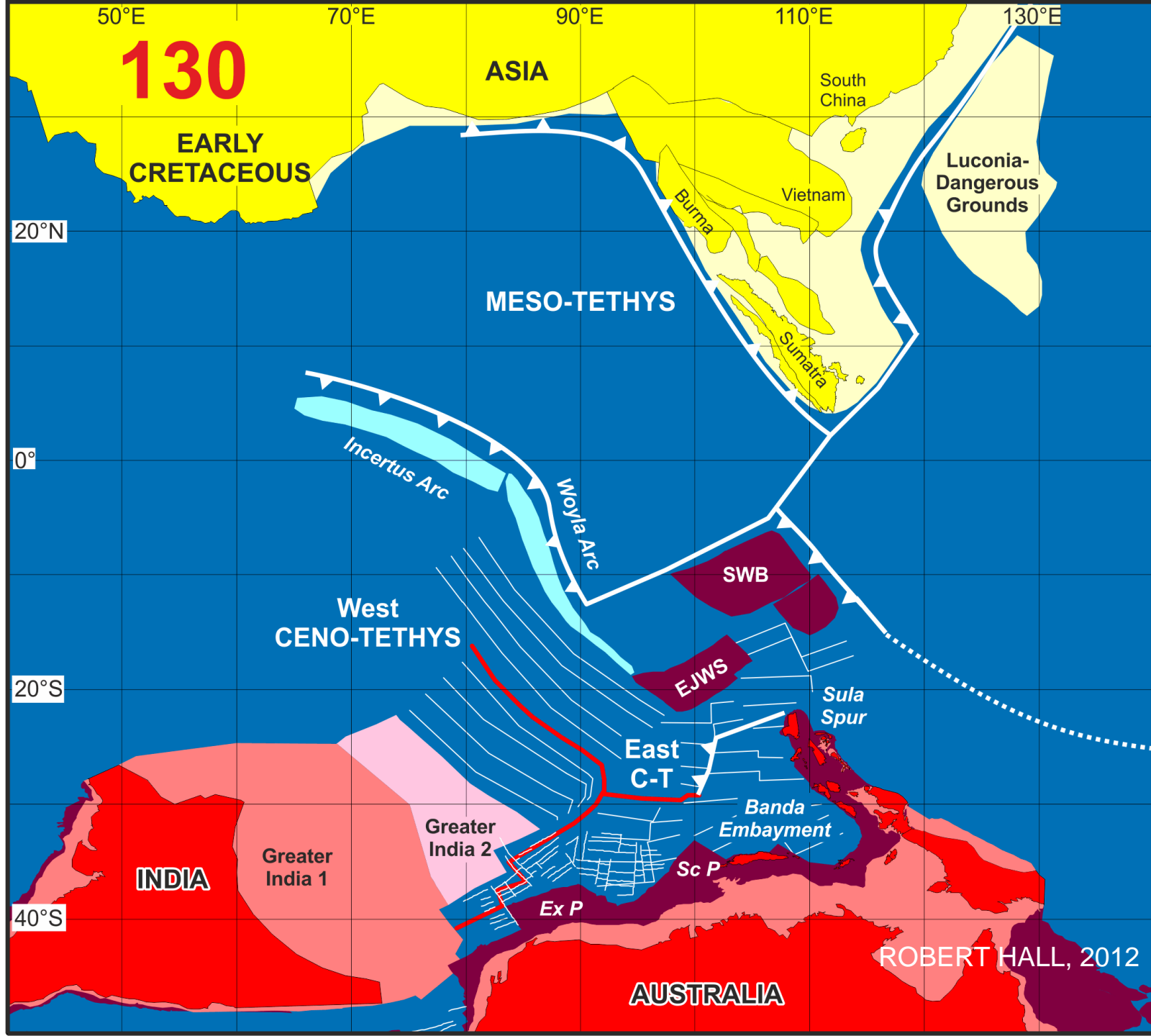
Indonesia terkait diantara 3 lempeng aktif :

- Eurasia yang relatif stabil bergerak dari utara ke selatan (terdapat pulau-pulau Sumatera, Jawa dan Kalimantan)
- Indo-Australia yang relatif untuk bergerak relatif dari selatan ke utara, menyusup kebawah lempeng Eurasia membentuk zona penunjaman di sebelah barat sumatra, selatan P.Jawa, Selatan Bali-NusaTenggara, hingga ke Barat-Daya Maluku.
- Pasifik bergerak relatif dari Timur ke arah Barat menyusup dibawah lempeng-lempeng Eurasia dan Indo-Australia, membentuk zona penunjaman di Utara Papua hingga ke perairan bagian Timur Sulawesi Tengah.

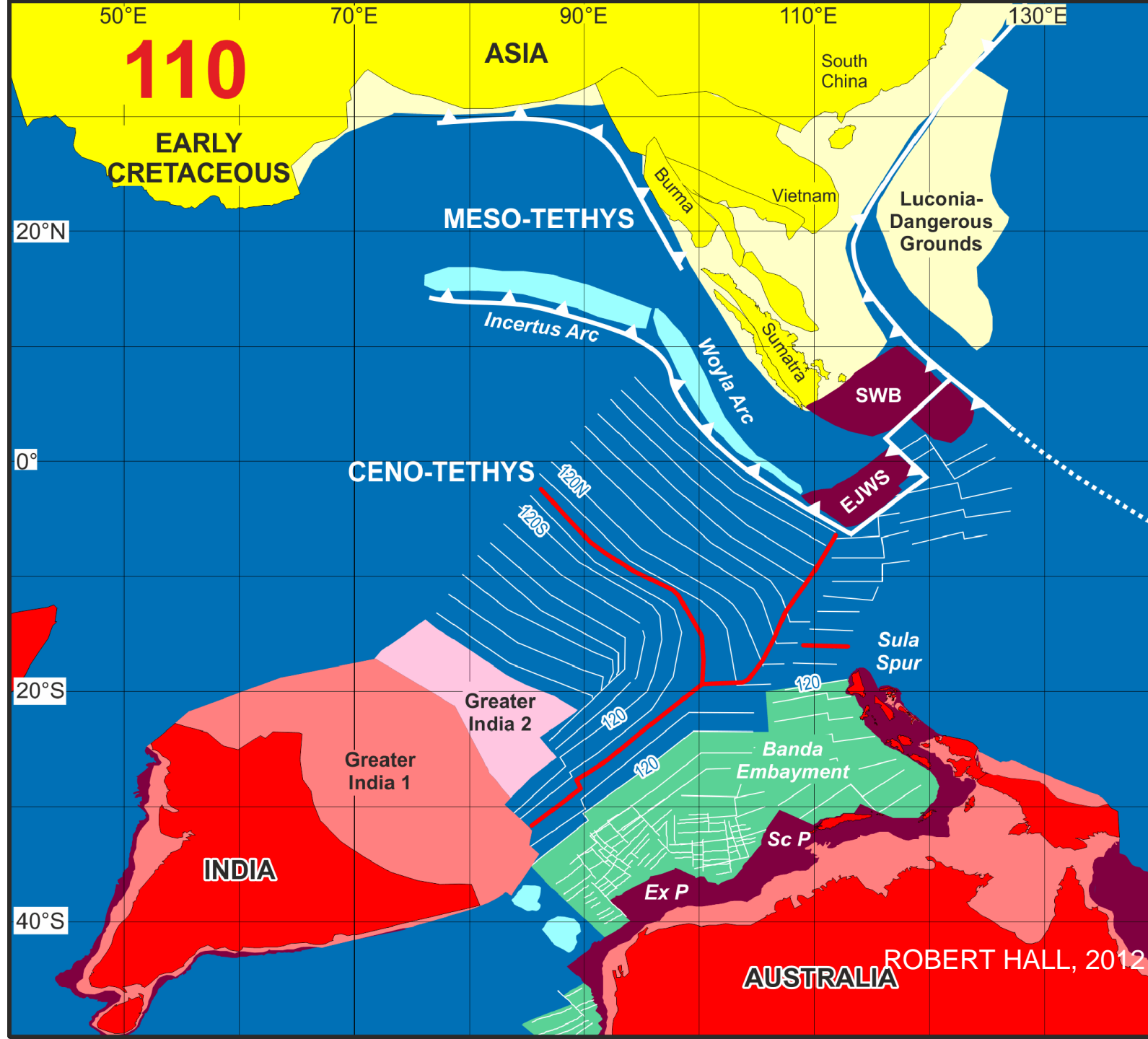


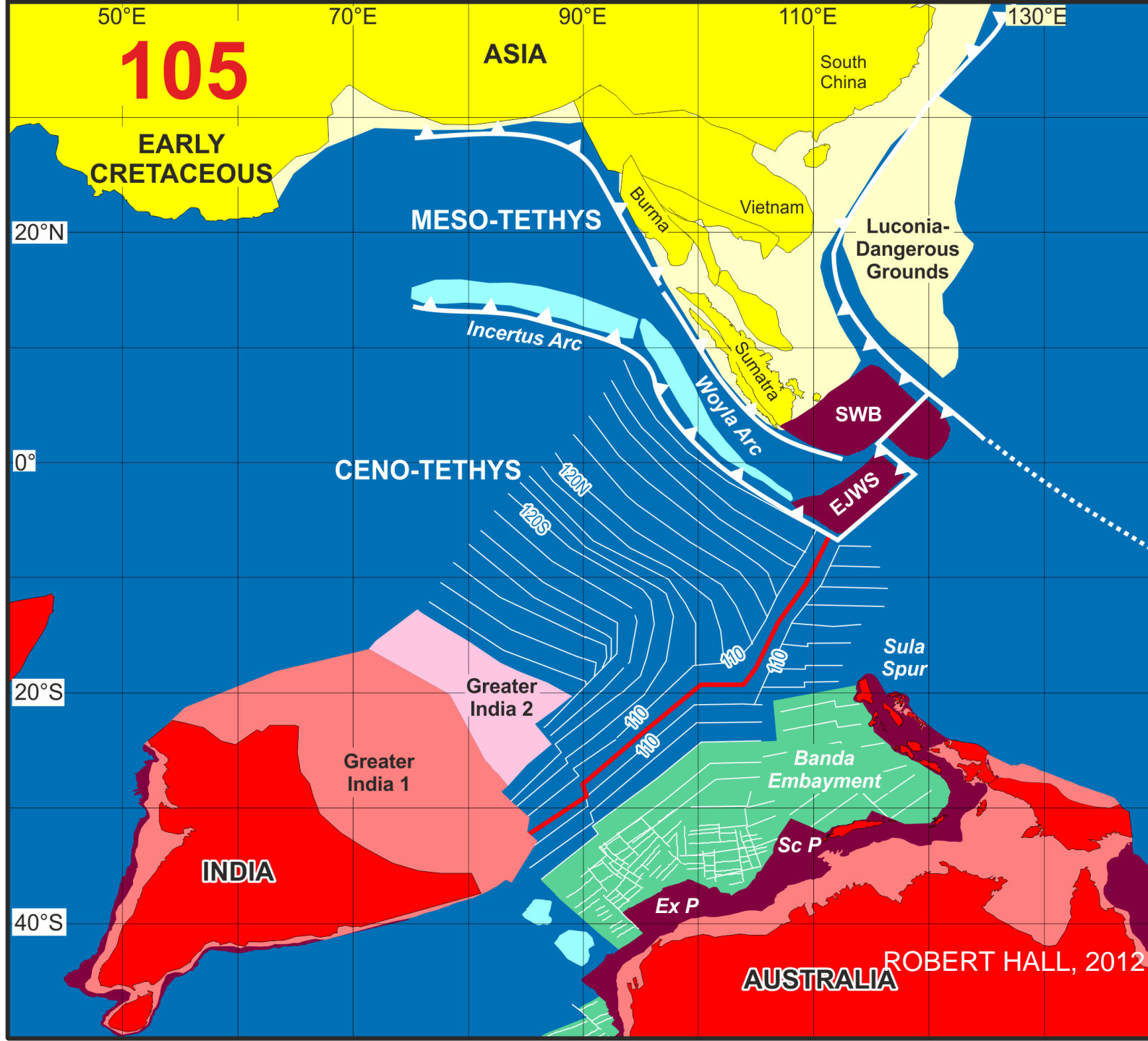




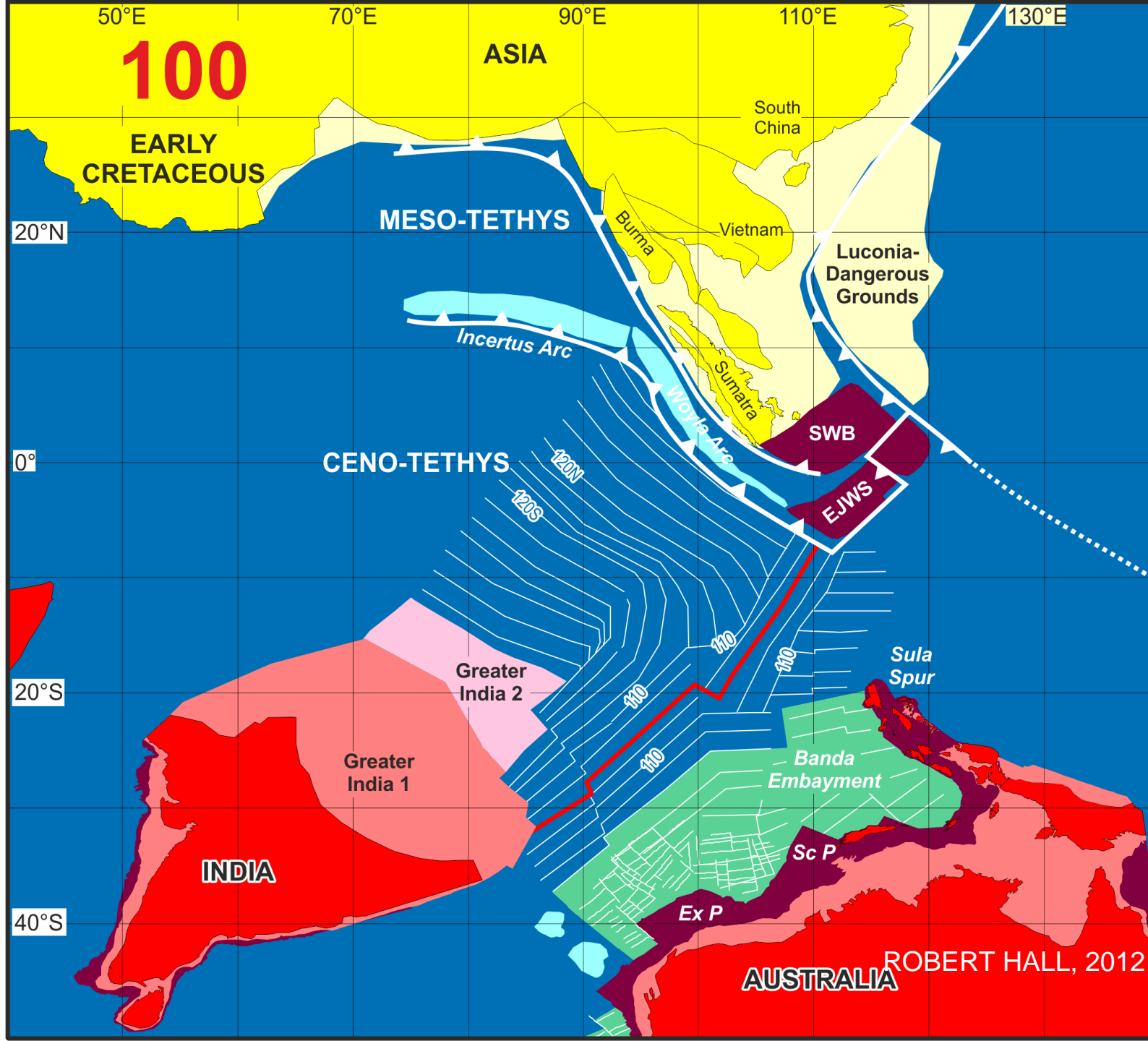


ROBERT HALL, 2012

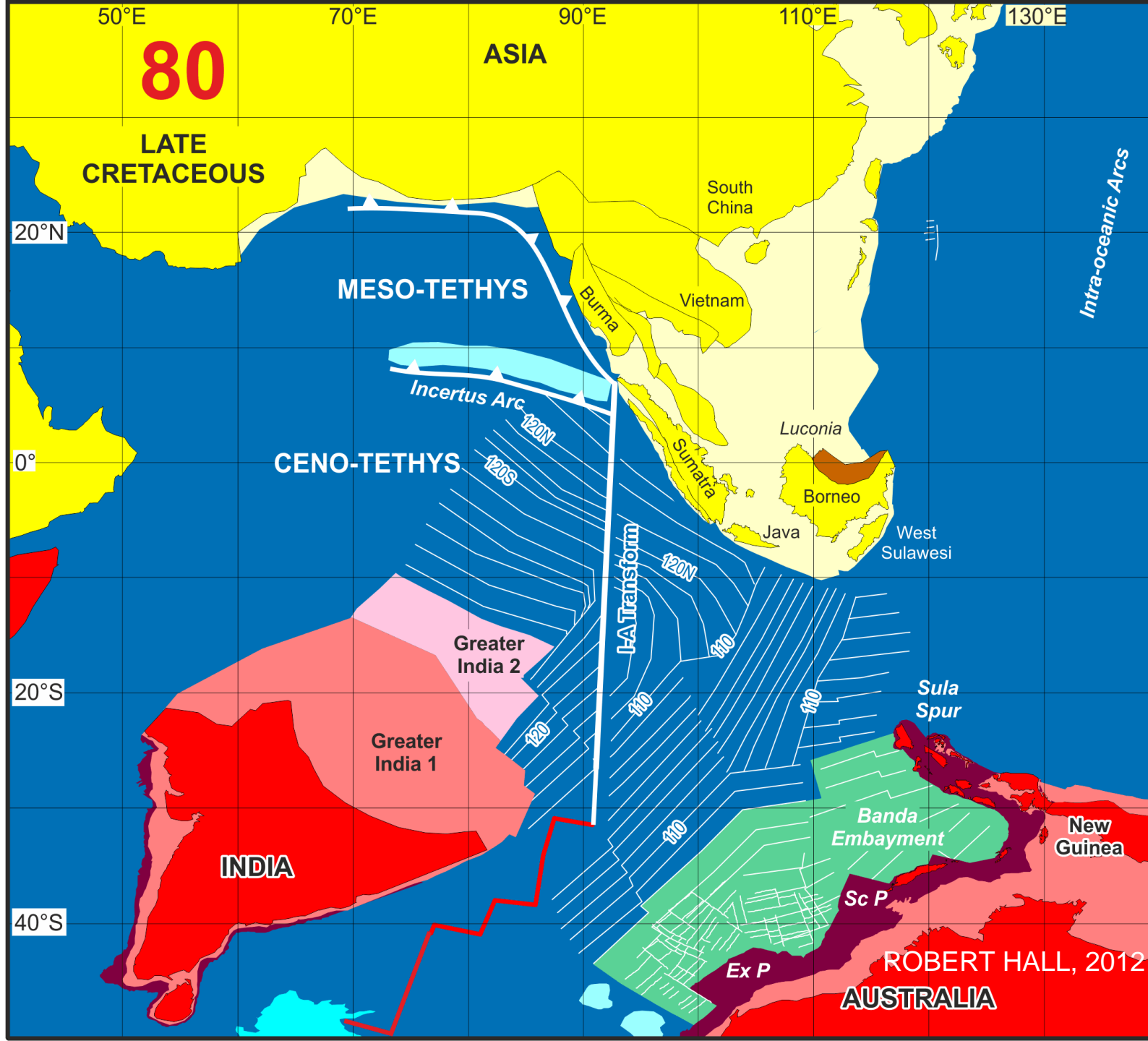


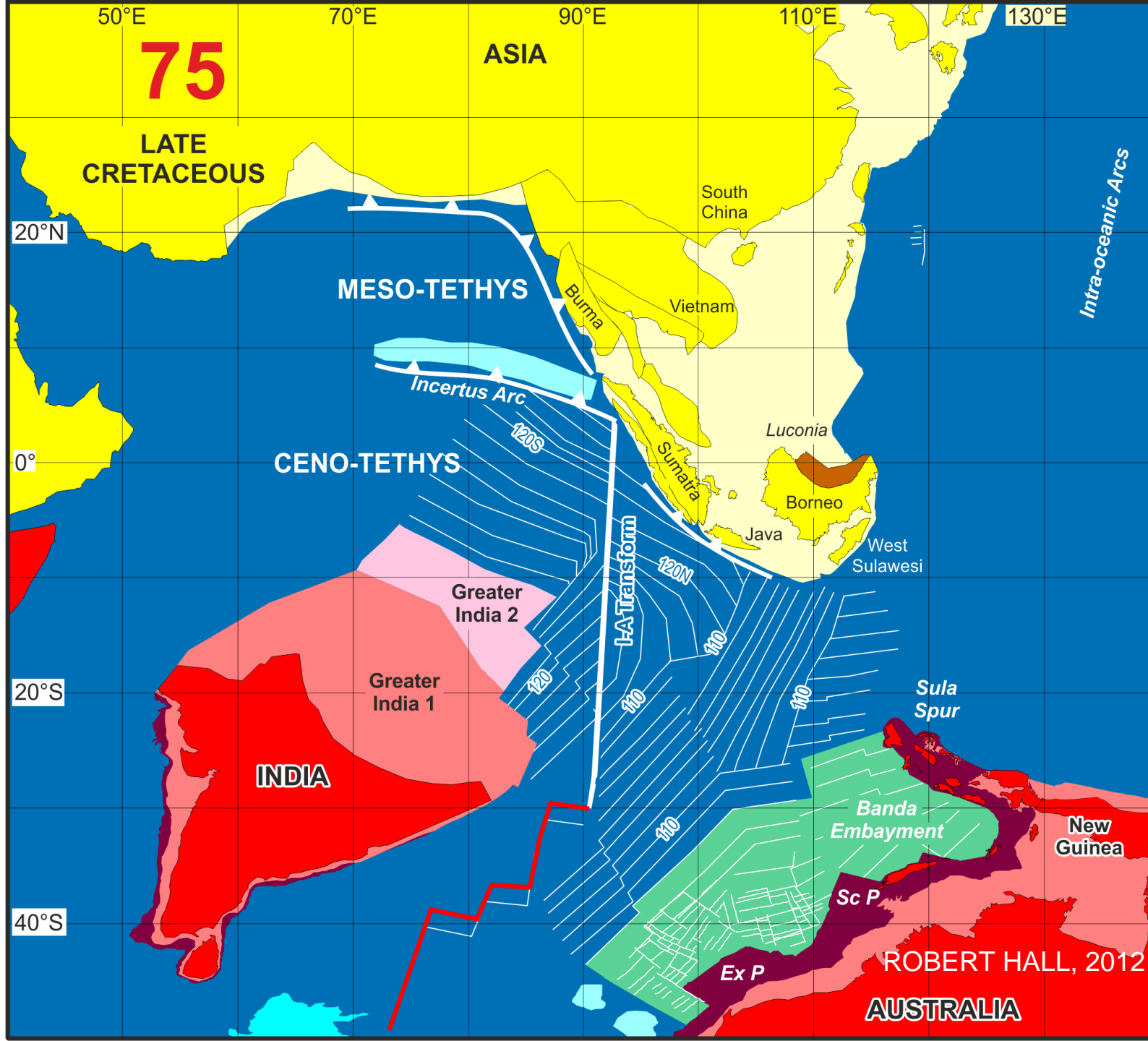


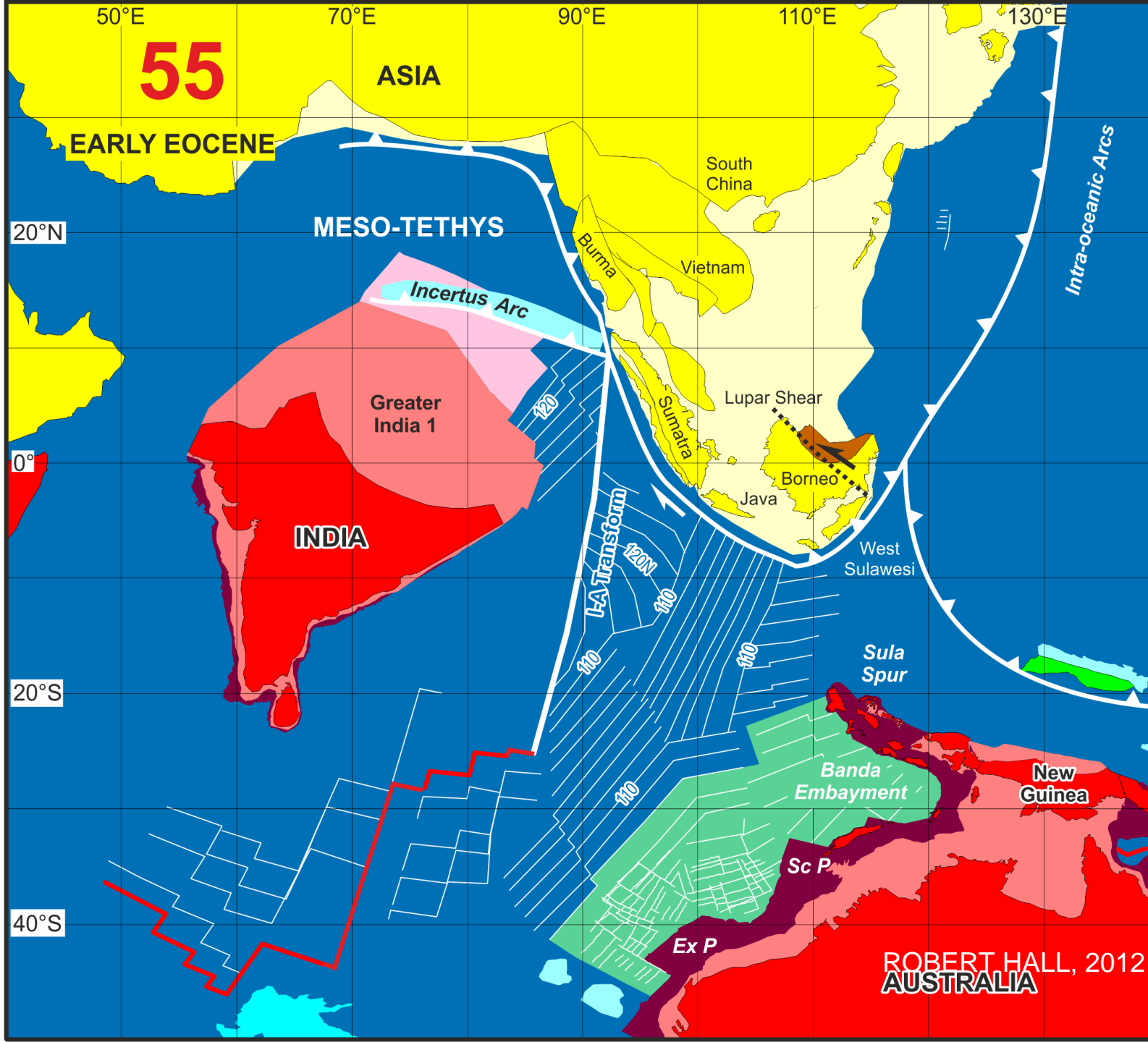
ROBERT HALL, 2012

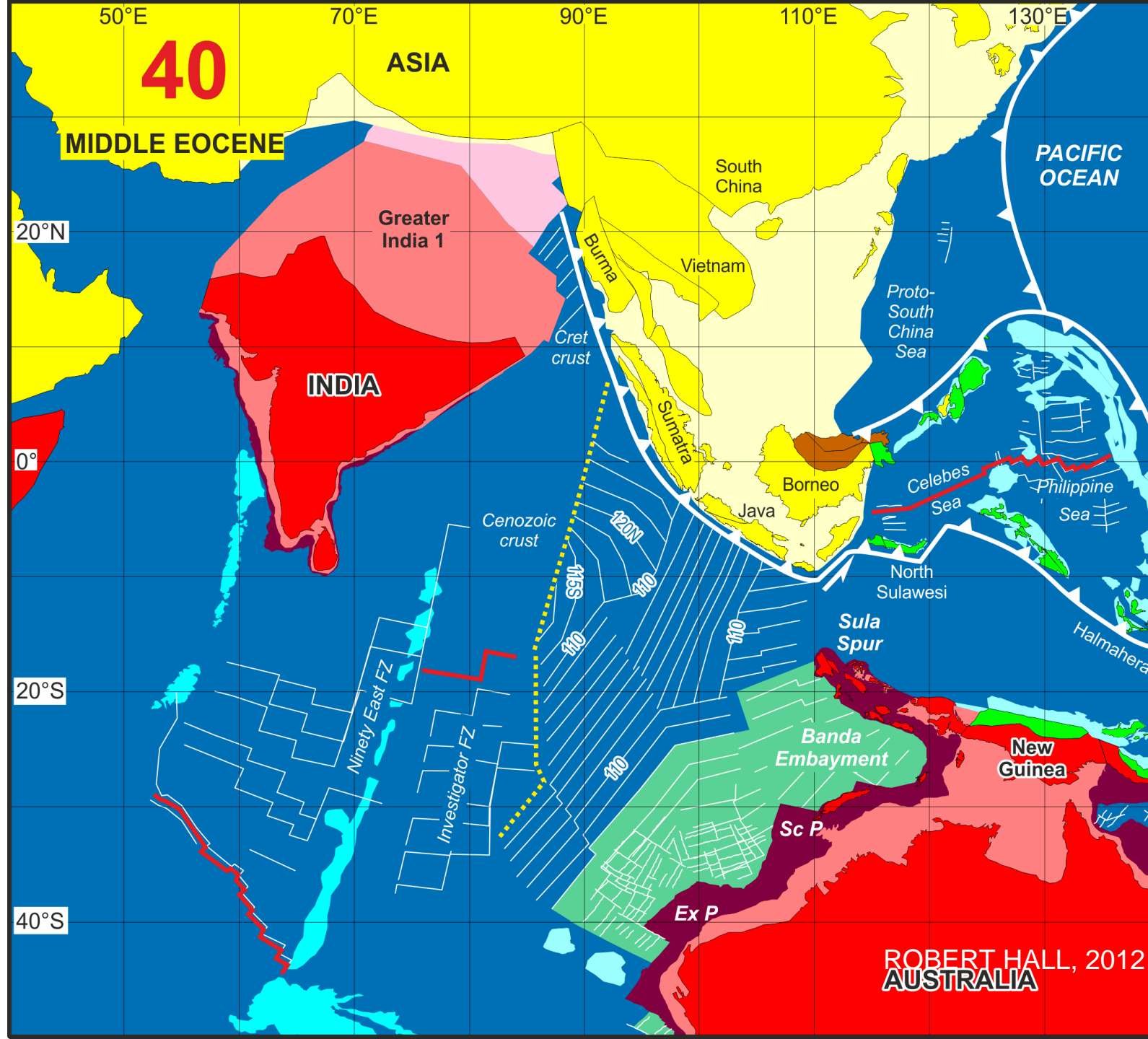


ROBERT HALL, 2012

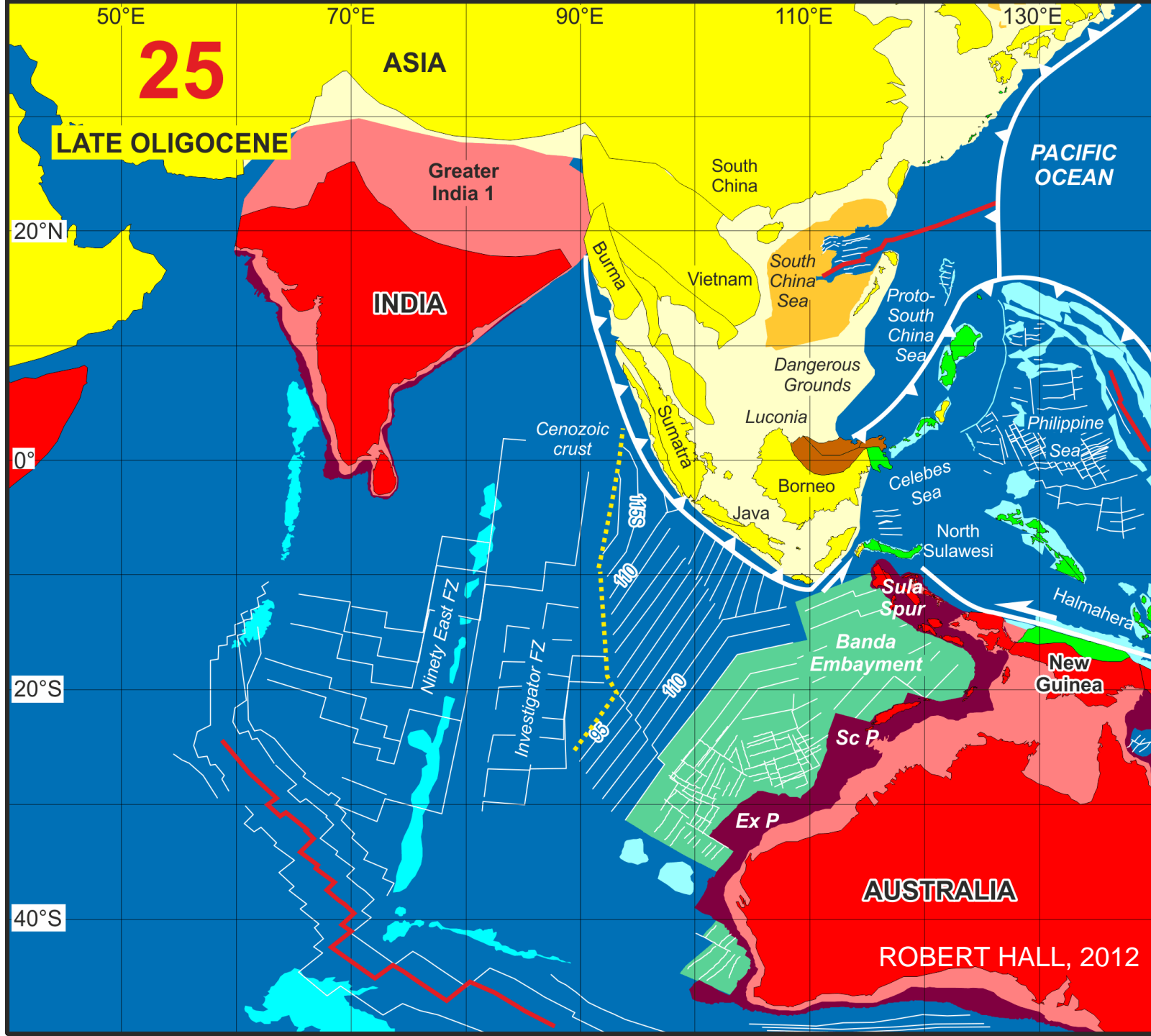




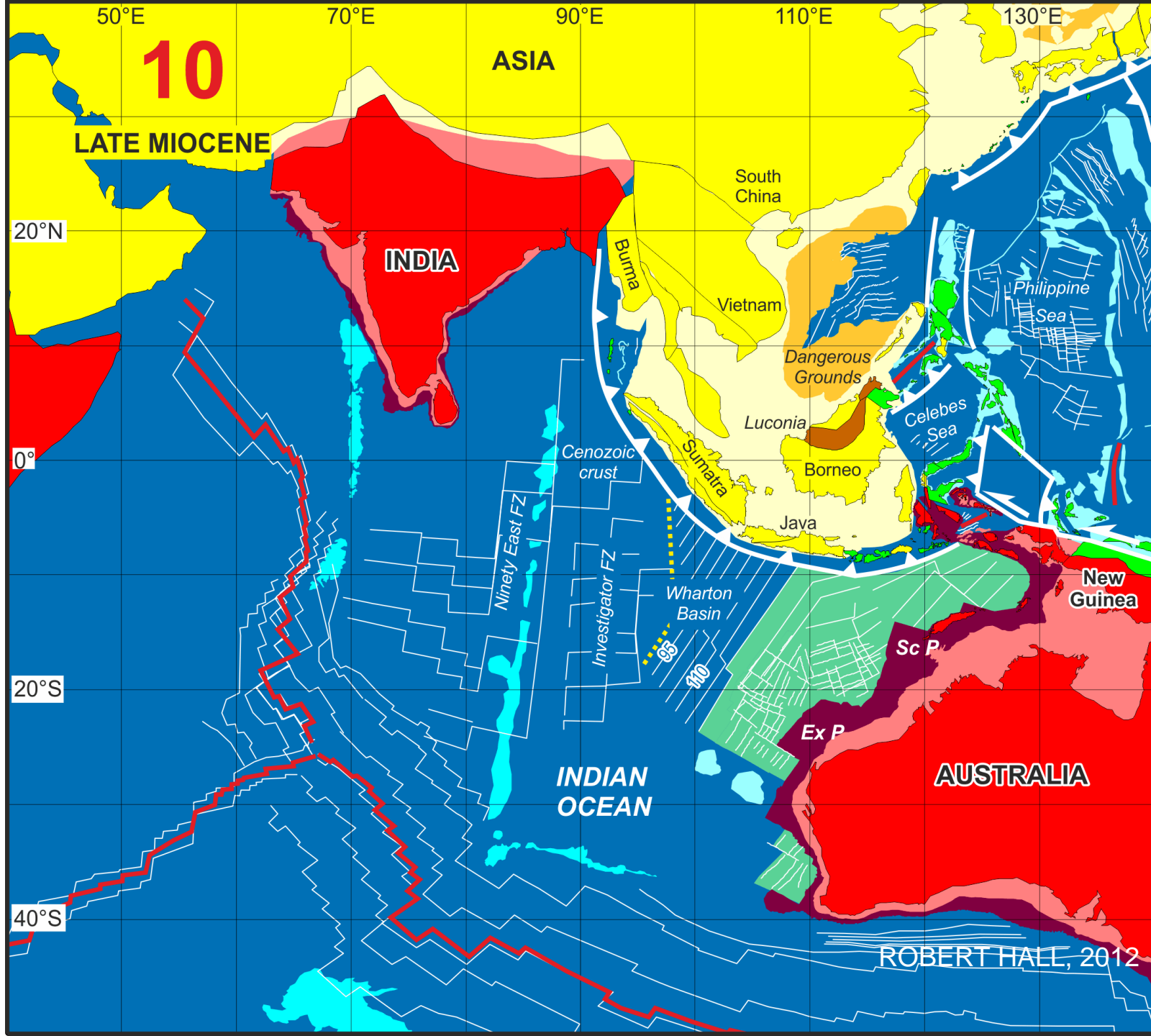


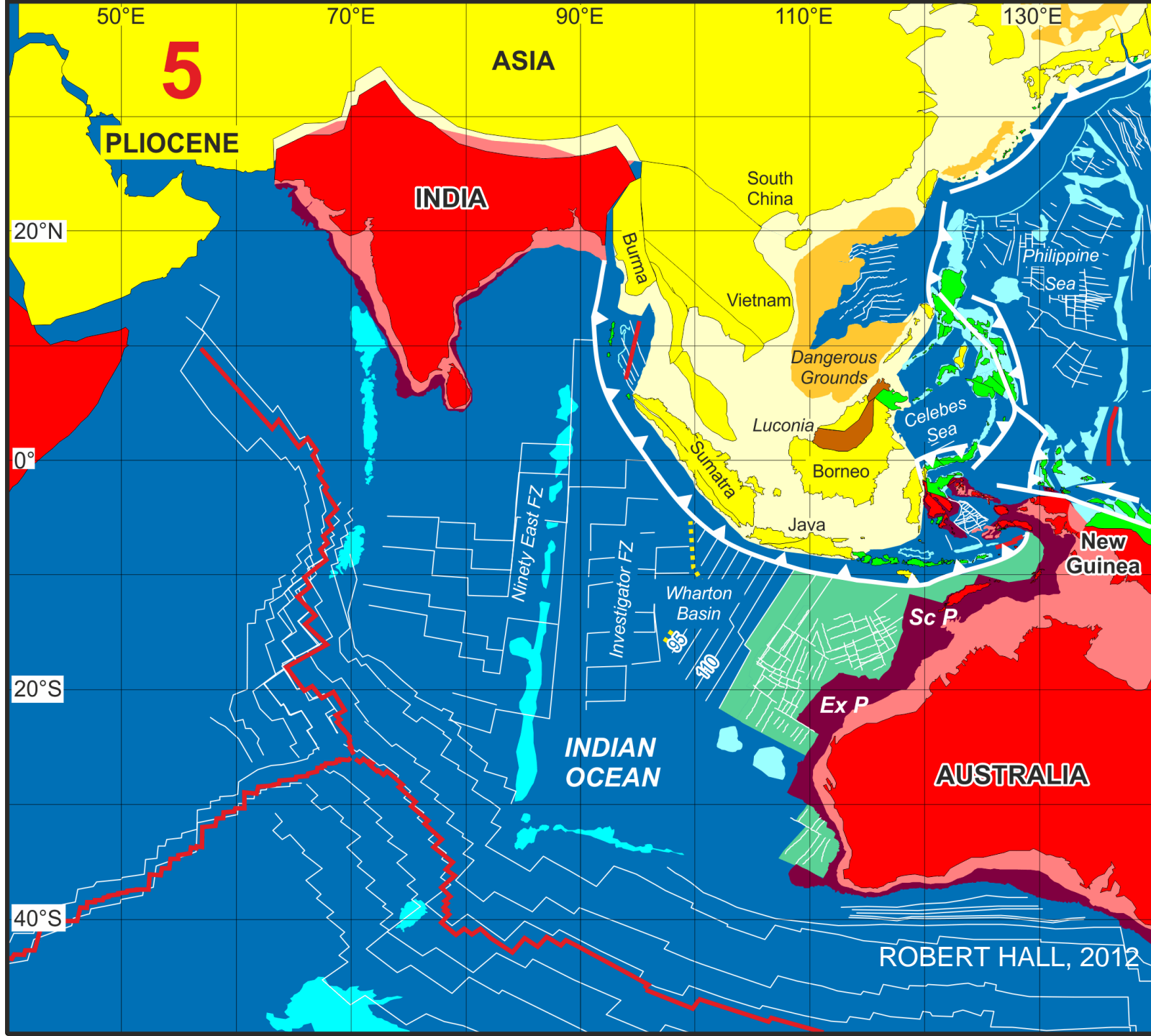


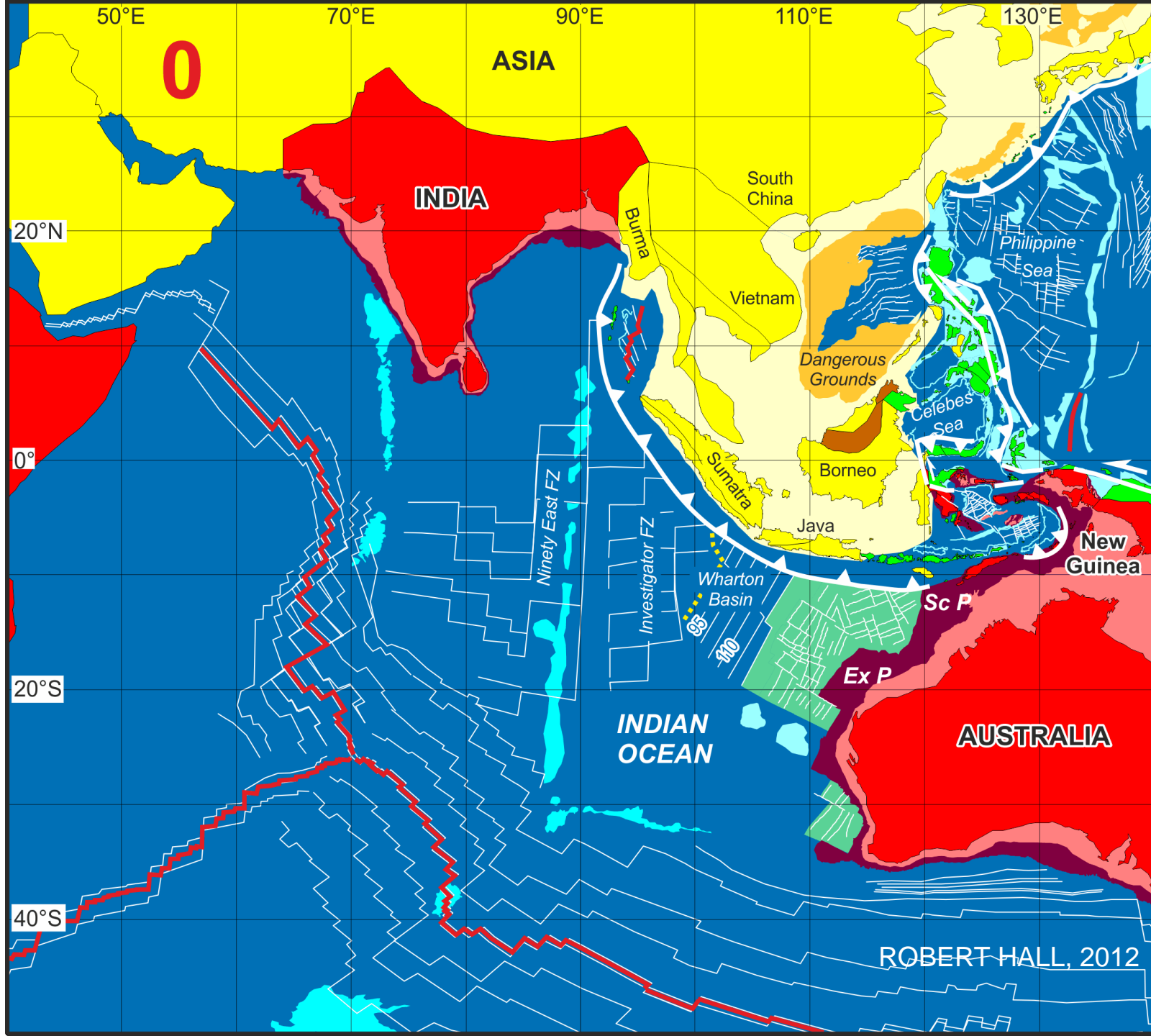
ROBERT HALL, 2012
AUSTRALIA



ROBERT HALL, 2012



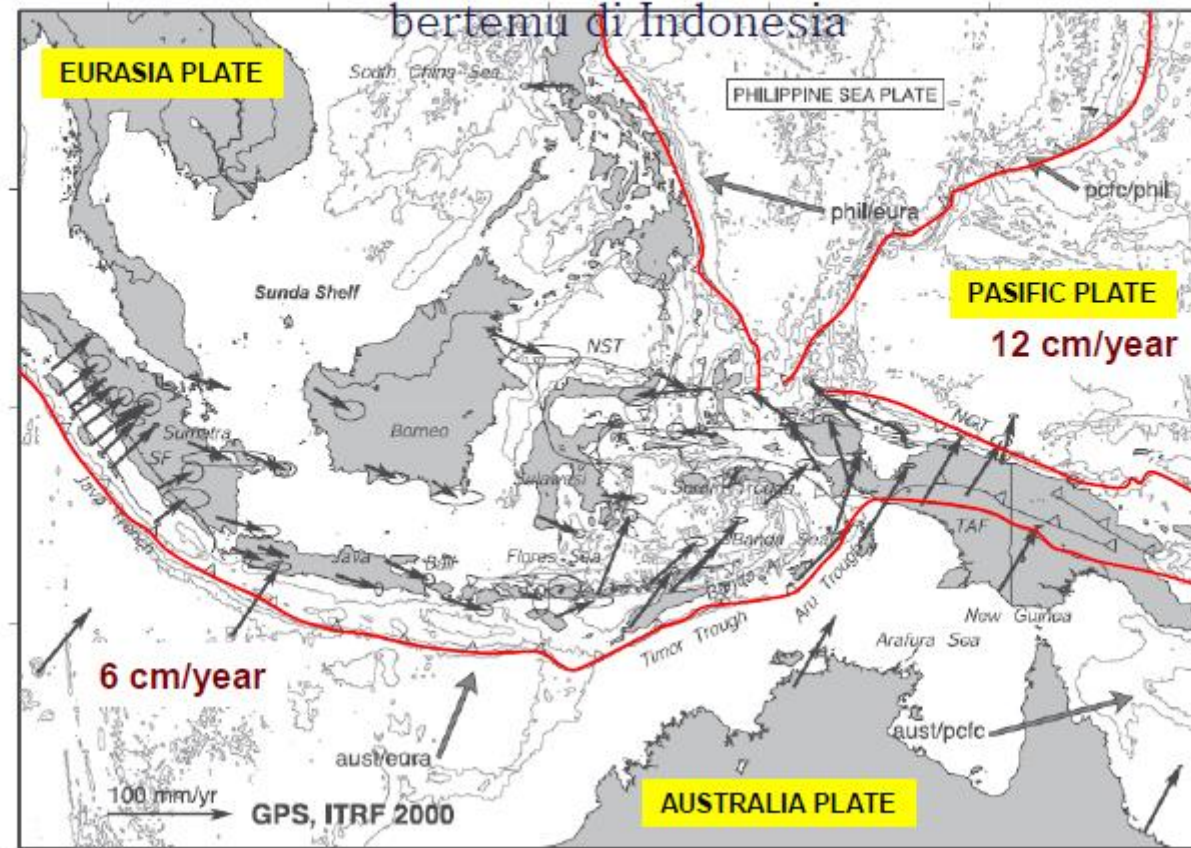




Daerah Rawan Bencana

Tektonik Utama Indonesia

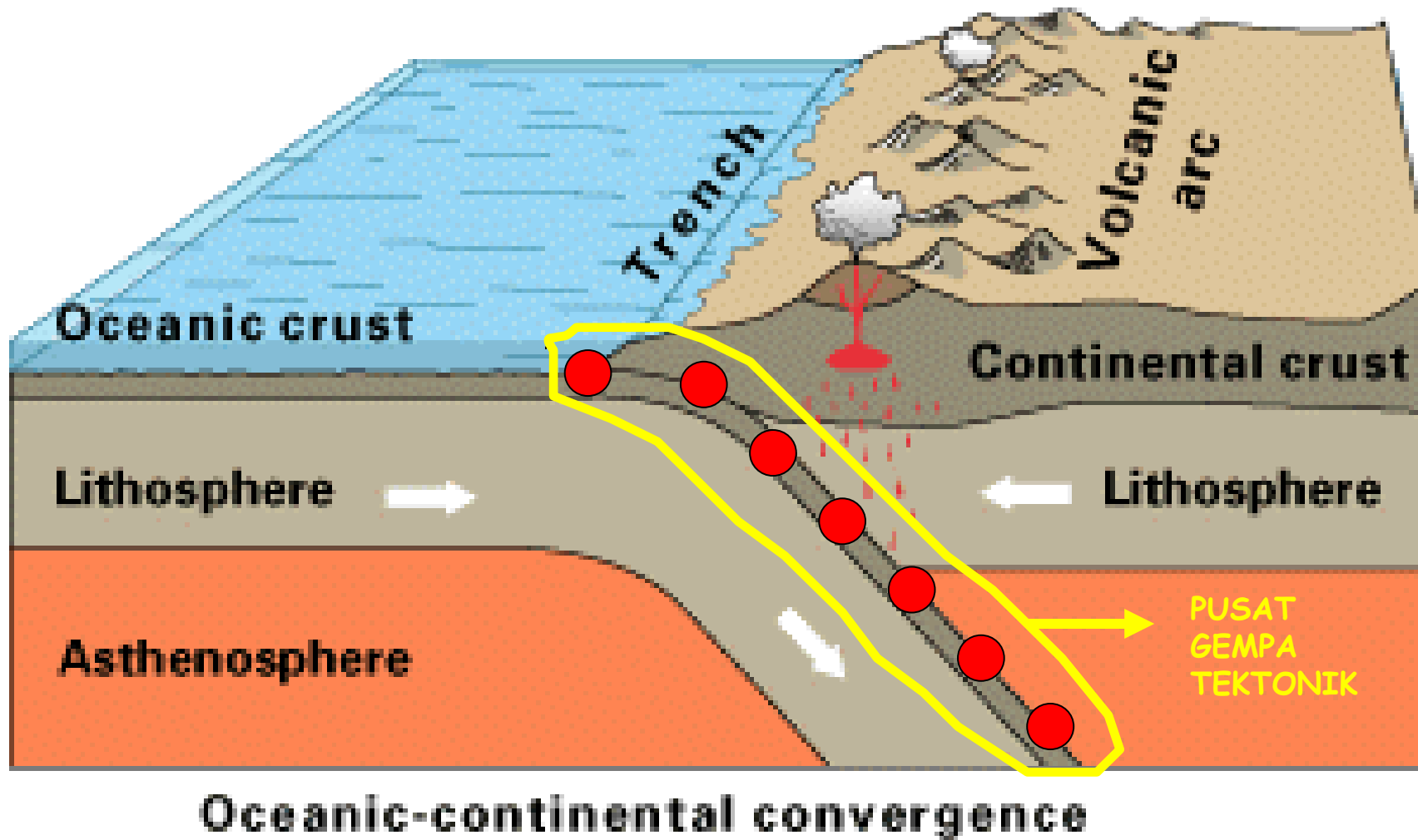
Indonesia menempati zona tektonik yang sangat aktif karena tiga lempeng besar dunia dan beberapa lempeng kecil lainnya saling bertemu di Indonesia



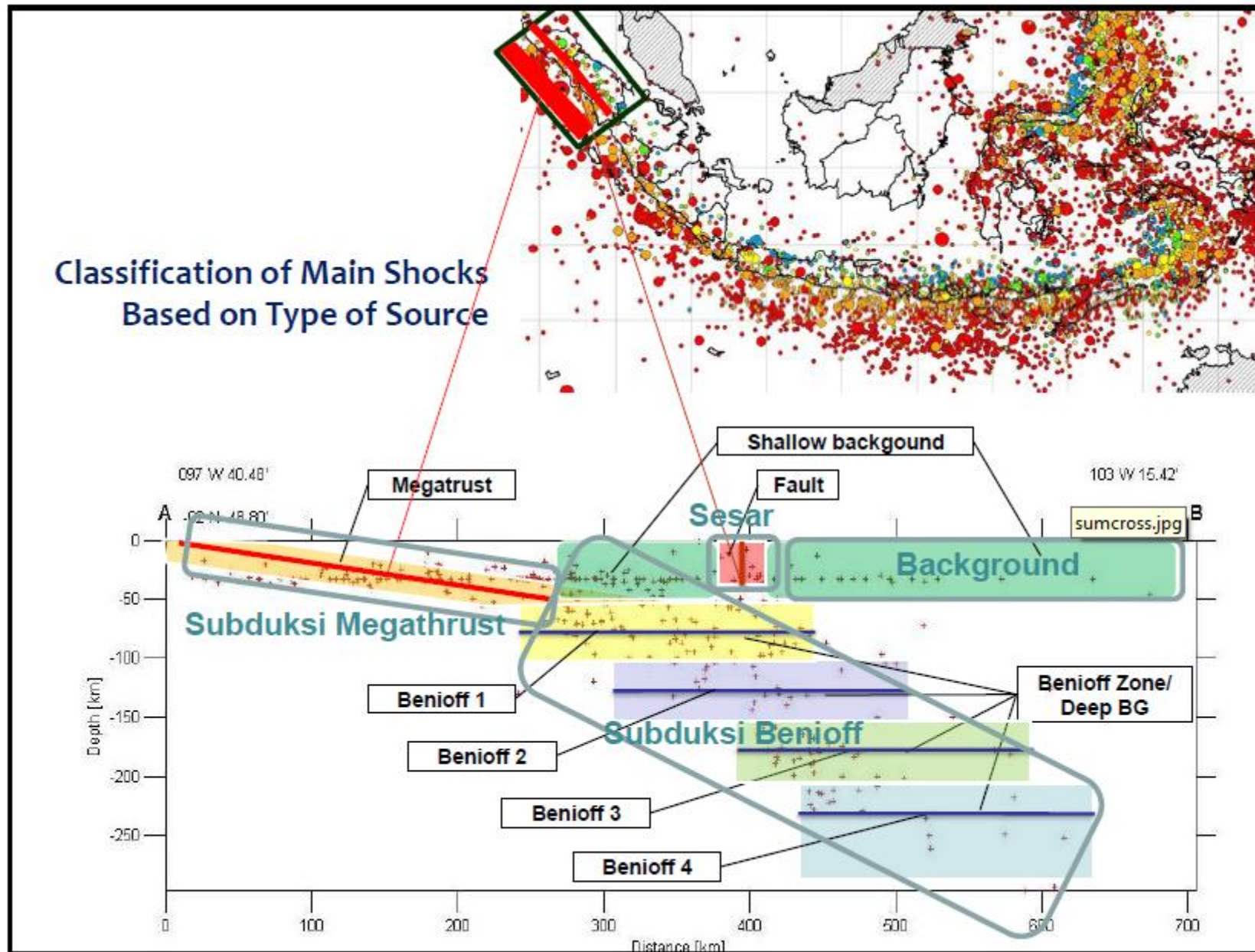
Gambar : PPT Prof Masyur, ITB

Peta tektonik kepulauan Indonesia dan sekitarnya (Bock *et al.*, 2003)

Sketsa Tumbukan Lempeng antara Samudra dan Benua

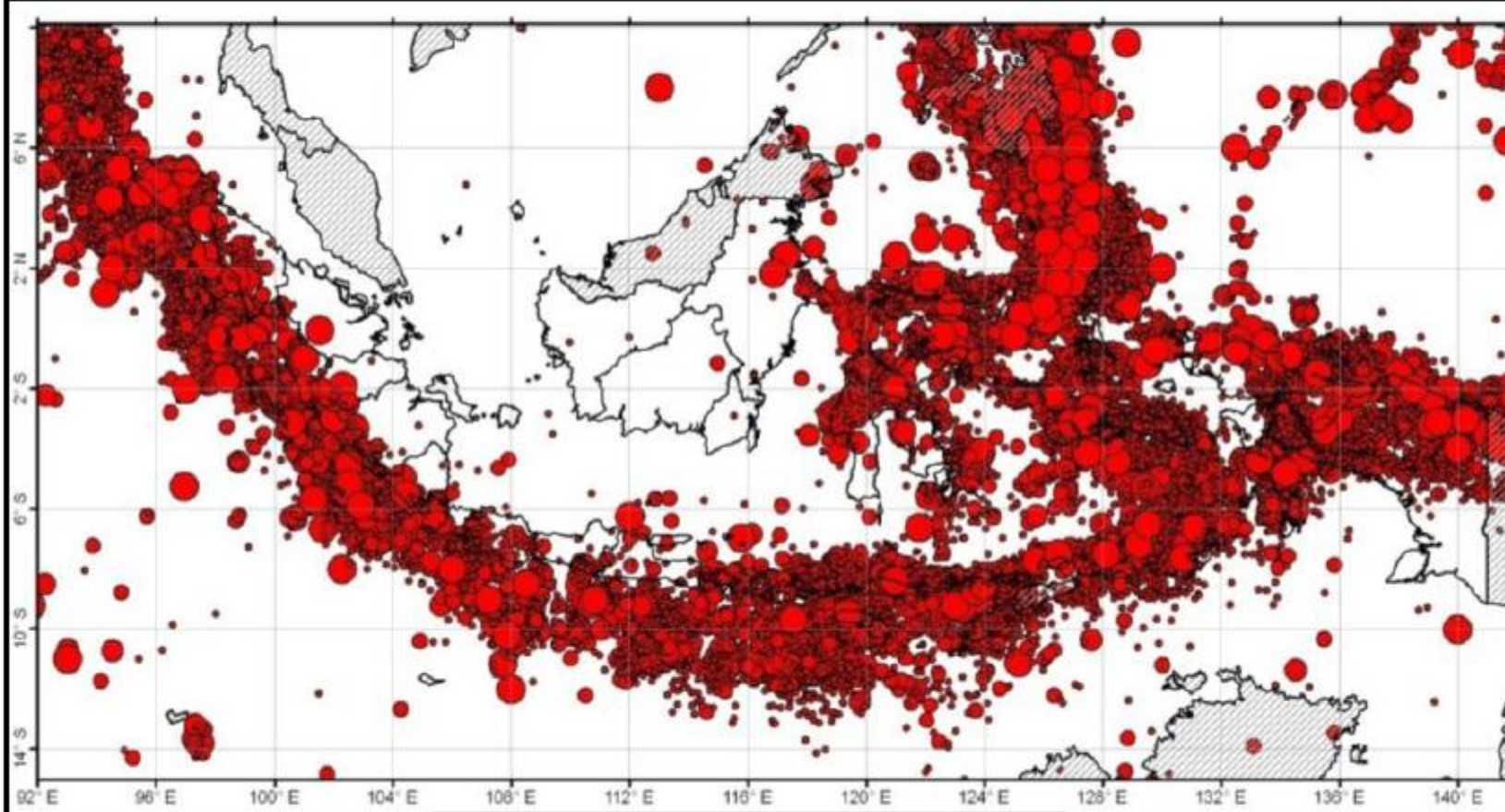


Gambar : PPT Dr Surono, UNPAR



Gambar : Prof Masyur,
PPT Rekayasa Gempa, ITB

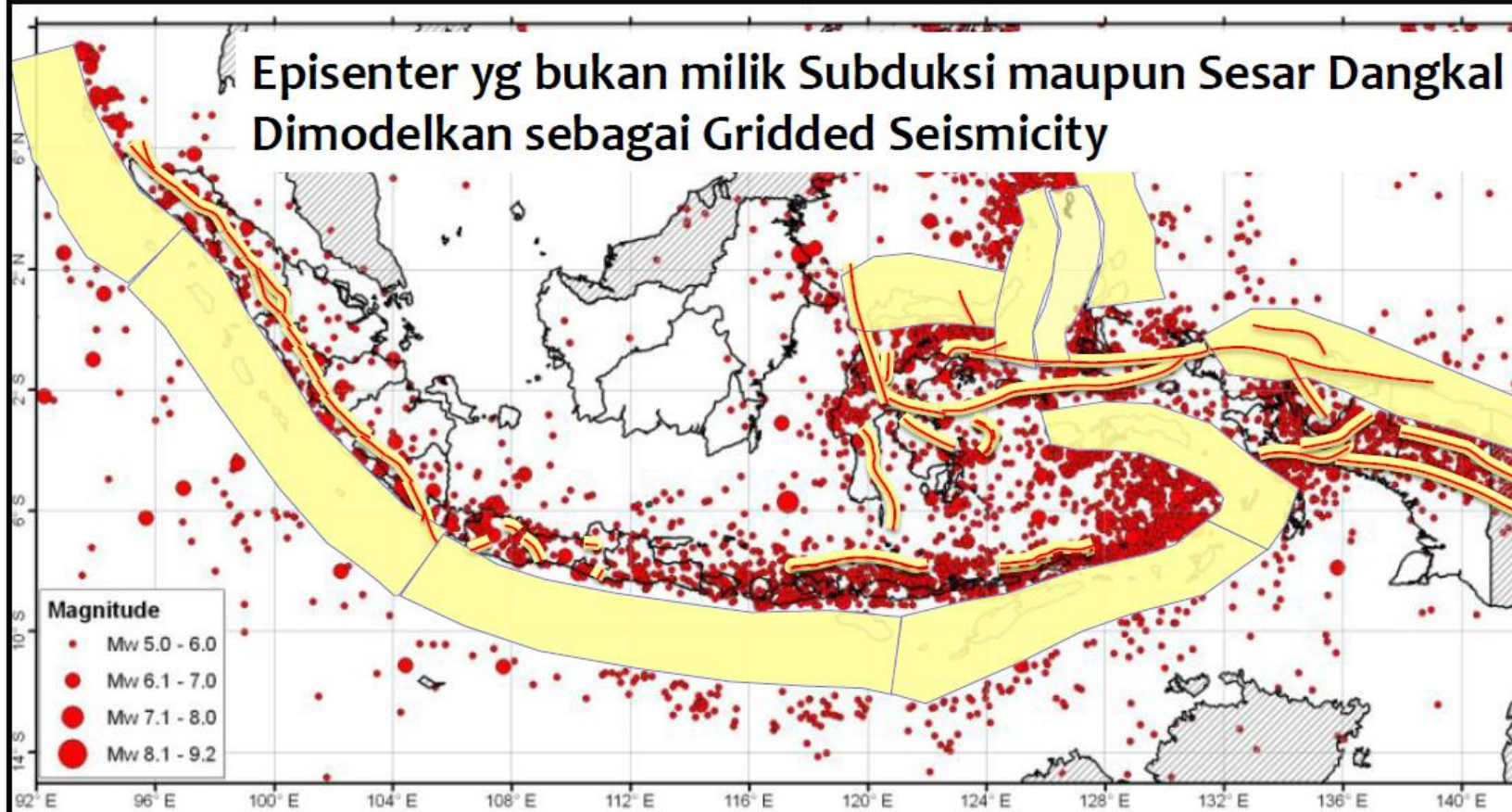
Shocks 0 – 50 km



Gambar : Prof Masyur,
PPT Rekayasa Gempa, ITB

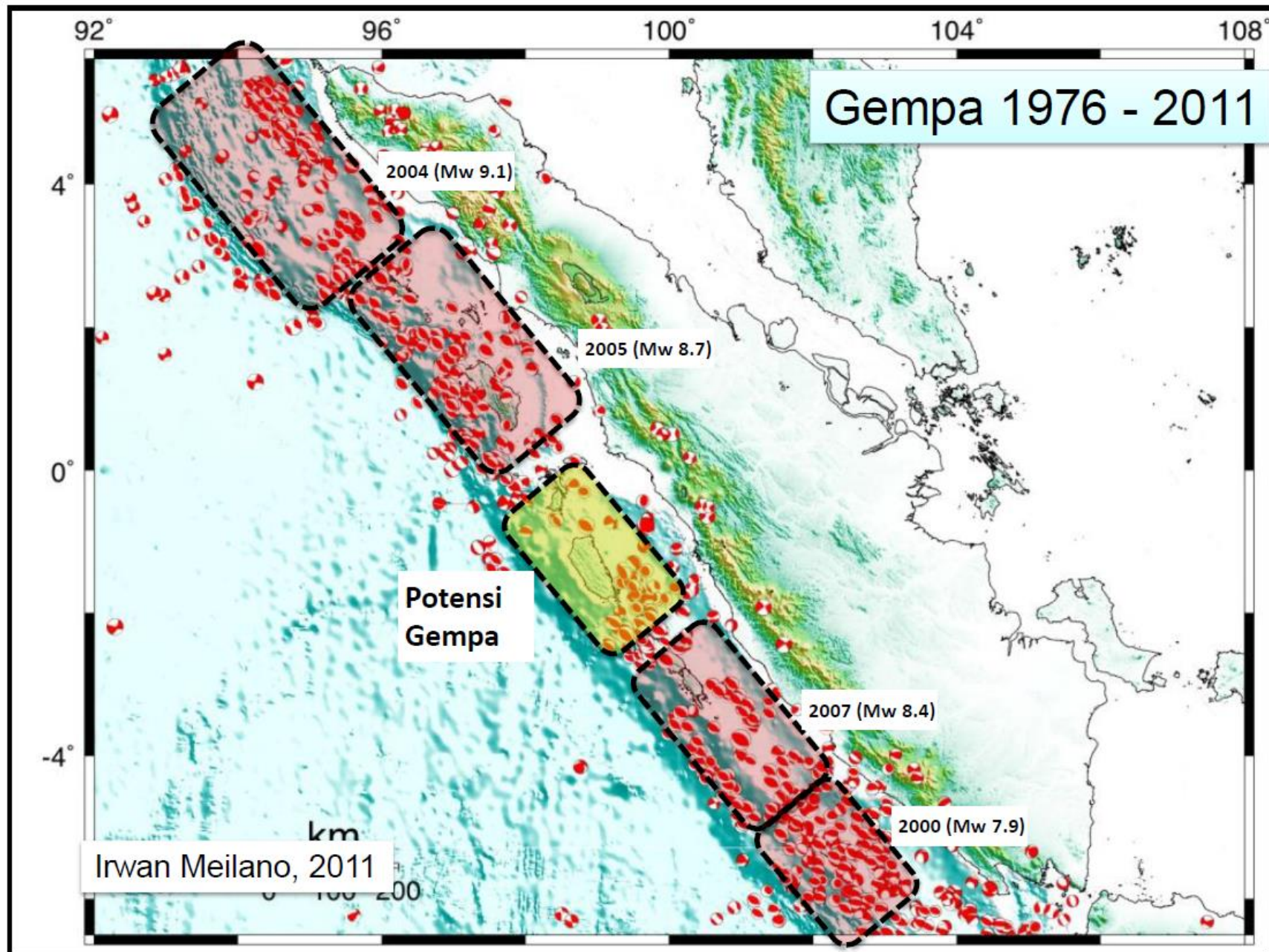
Episenter Gempa Utama (Kedalaman 0-50 km)

Diluar Mekanisme Subduksi
Diluar Mekanisme Sesar Dangkal



Perlu melakukan kajian yang lebih mendalam
terhadap patahan-patahan aktif di seluruh Indonesia

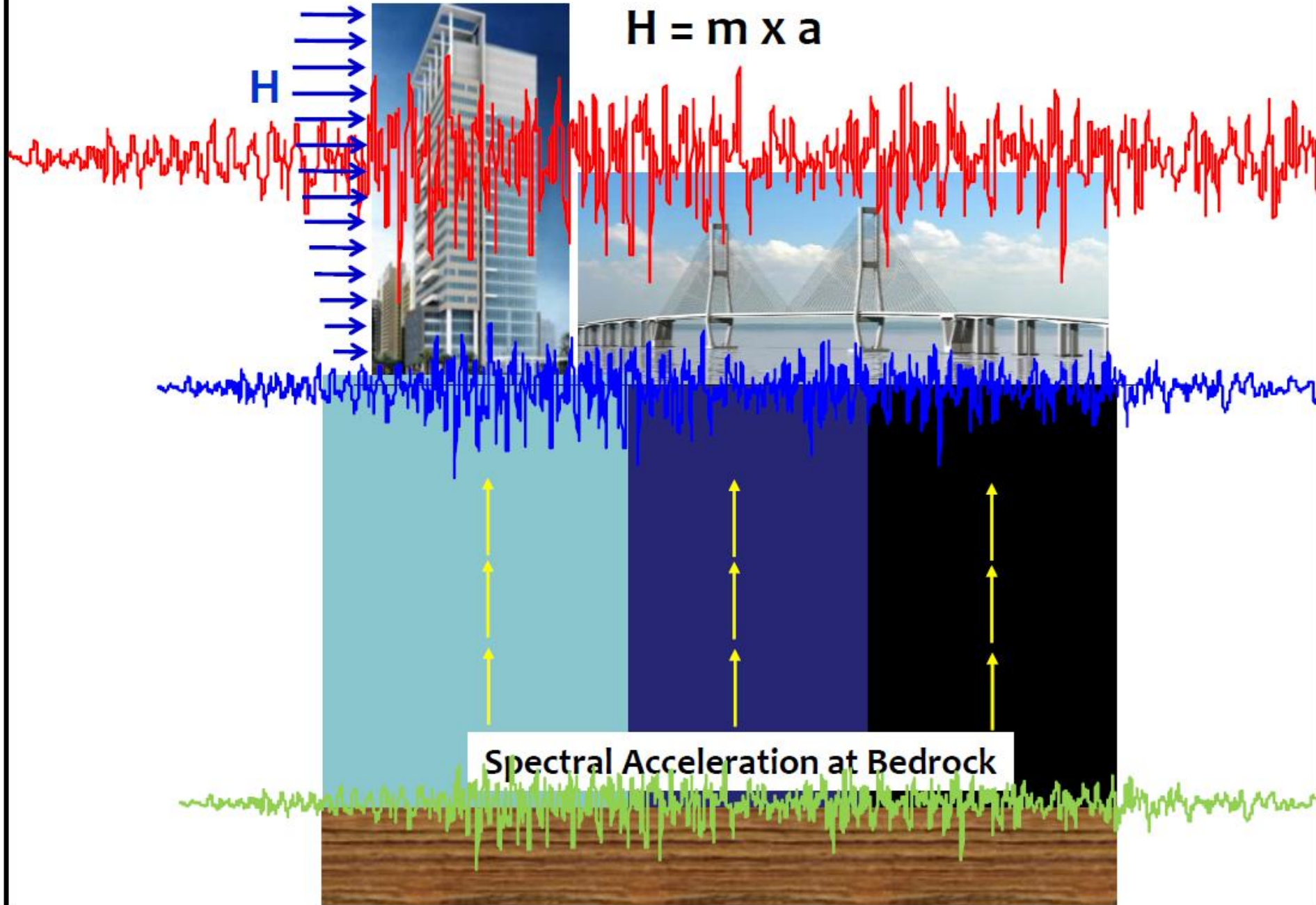
Gambar : Prof Masyur,
PPT Rekayasa Gempa, ITB



Gambar : Prof Masyur,
PPT Rekayasa Gempa, ITB

Newton's 2nd Law:

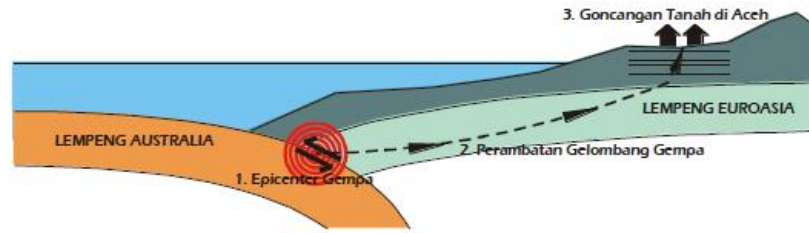
$$H = m \times a$$



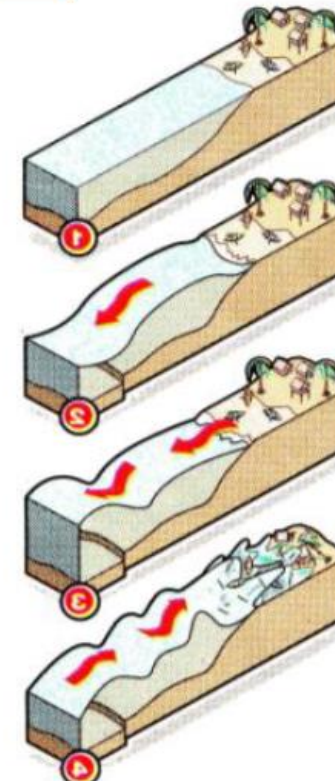
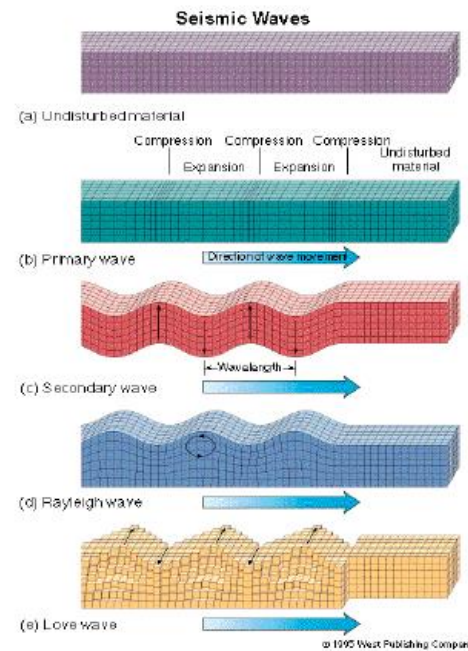
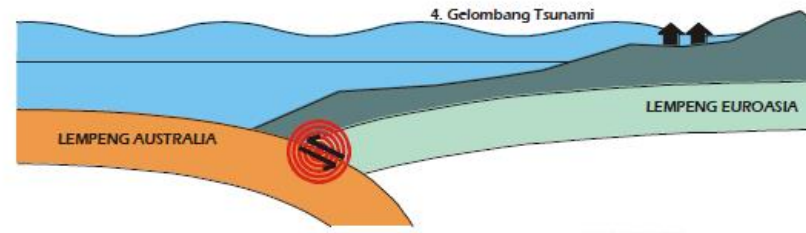
B. Apa yang terjadi bila tidak dipersiapkan

Cause of Damage of an Earthquake

Ground Shaking



Tsunami



Gambar : Prof Masyur,
PPT Rekayasa Gempa, ITB

Effect of Aceh Earthquake on the NAD

(2/1 WHO, DPRI-KU, Japan)

- **Area Affected : 14 out of 21 districts (damages)**
 - **172 sub-districts**
 - **1550 villages**
 - **21,659 destroyed**
- **People affected : 1 million people**
 - **Death : 101,199 buried**
 - **Missing : 127,749**
 - **Injured : 1,736 hospitalized**
- **Relief :**
 - **103 camps officially listed**
 - **417,124 living in spontaneous settlements**

Gambar : Prof Masyur,
PPT Rekayasa Gempa, ITB

Mall Pantee Pirak, Banda Aceh



Gambar : Prof Masyur,
PPT Rekayasa Gempa, ITB



Gambar : Prof Masyur,
PPT Rekayasa Gempa, ITB

Nias Earthquake, 28 March 2005



Gambar : Prof Masyur,
PPT Rekayasa Gempa, ITB

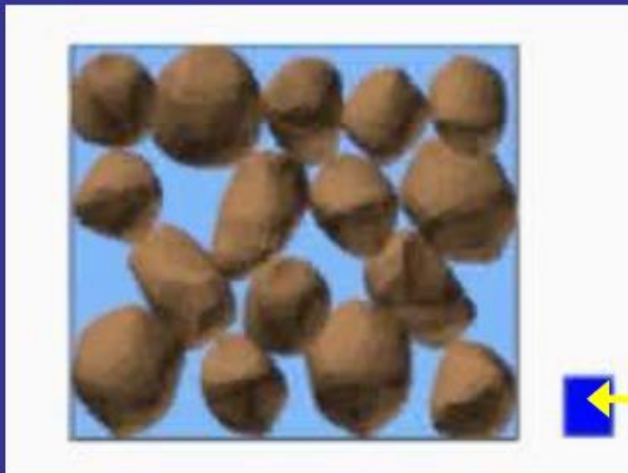


Settlement Due To Liquefaction

Gambar : Prof Masyur,
PPT Rekayasa Gempa, ITB

LIQUEFACTION

- ✓ All liquefaction is dependent on generation of excess pore pressure under undrained loading conditions
- ✓ Two types of behavior:
 - *Flow Liquefaction*
 - *Cyclic Mobility*



Liquefaction: Meulaboh



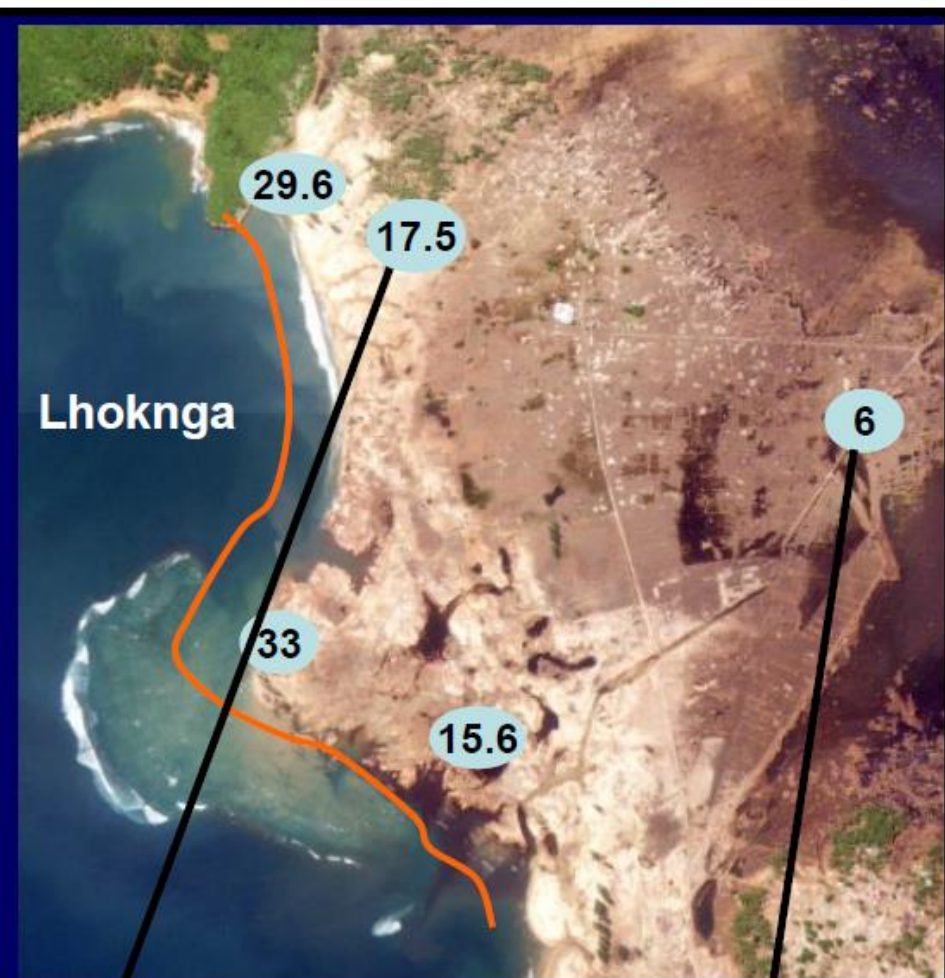
Gambar : Prof Masyur,
PPT Rekayasa Gempa, ITB

Soil Liquefaction due to Nigata Earthquake



Post Tsunami Survey (Latief, 2005 in ITST)





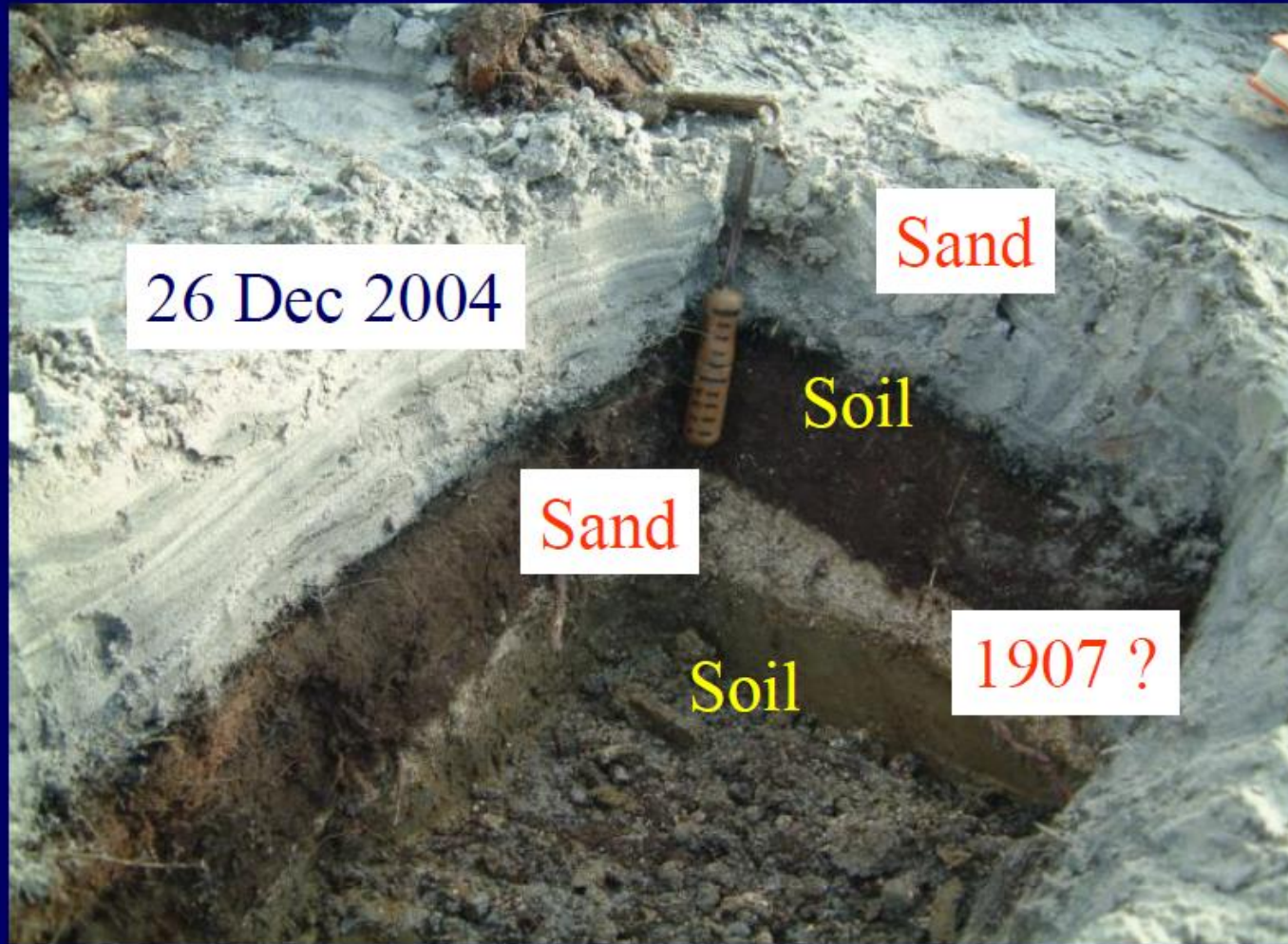
Gambar : Prof Masyur,
PPT Rekayasa Gempa, ITB



Flow Depth

Gegar-ITST

RECENT AND PALEO-TSUNAMI SEMEULUE ISLAND



(Source : ITST . Turkeys Team : Prof.Dogan and Prof. Sukru,
Russian Team: Victor Kaystrenko, N.Razygeva, Y.Korolev
Busung Bay Simeulue Island)

Gegar-ITST2 (Latief, 2005)

Gambar : Prof Masyur,
PPT Rekayasa Gempa, ITB



SDN Bendosari, Jetis, Bantul



Trimulyo Village, Jetis, Bantul



Srandakan, Bantul



C. Apa yang diperlukan?

Perlu adanya Tindakan mitigasi

3. MITIGASI

Strategy for Earthquake Mitigation

Human has to be protected



(FEMA 451b, 2007)

Earthquake
Very potential in resulting huge disaster
Cannot be predicted accurately: when, where, and the size
Cannot be avoided



Earthquake Effect	Strategy
Fault rupture	Avoid
Tsunami	Avoid
Landside (big)	Avoid
Liquefaction	Avoid/ Resist
Ground shaking	Resist



Earthquake Resistance
Buildings + Infrastructures



Buildings+Infrastructures have to be
designed to resist earthquake loads

STRATEGI MITIGASI BENCANA GERAKAN TANAH

Di Zona Kerentanan Gerakan Tanah:

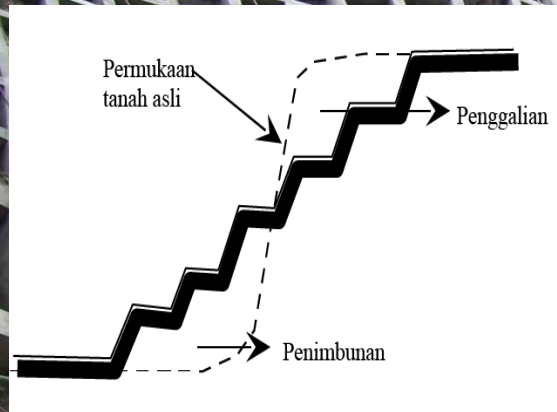
Tinggi : tidak membangun rumah atau bangunan lainnya yang mengundang konsentrasi banyak manusia

Menengah : dapat mendirikan bangun dengan memperhatikan syarat teknis stabilitas lereng dan tidak mengganggu kemiringan lereng serta memelihara vegetasi berakar kuat dan dalam

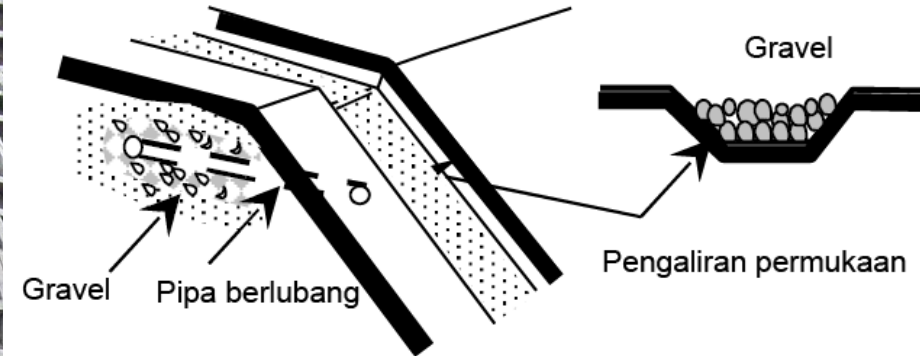
Rendah hingga sangat rendah : tidak mendirikan bangunan pada bantaran sungai dan lereng dengan kemiringan sedang hingga terjal.

Peningkatan kewaspadaan masyarakat terhadap ancaman bencana tanah longsor

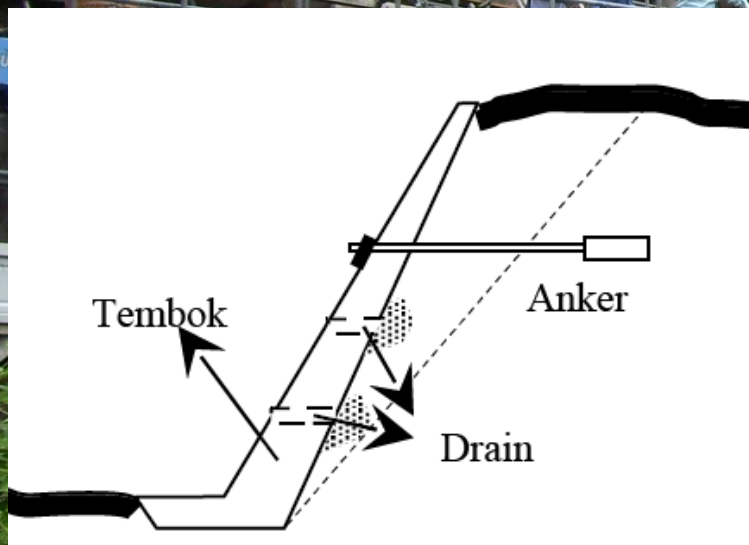
Strategi Mitigasi Struktural



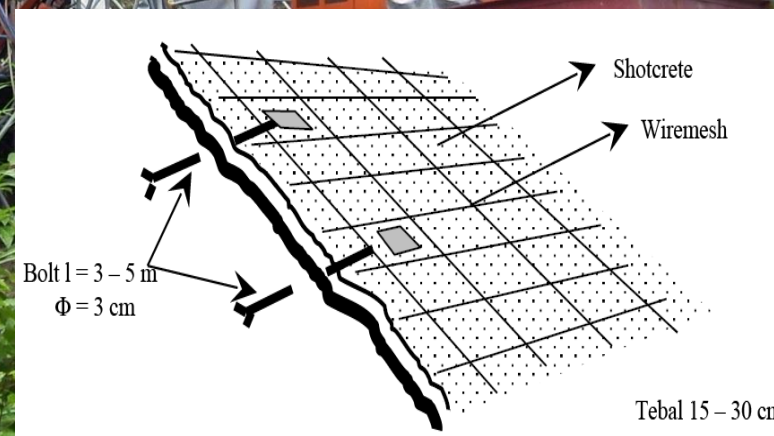
Pelandaian lereng



Pengaturan Drainase



Tembok penahan dan Anker



Grouting

Grouting

- a. Borehole grouting : dengan memasukkan semen kedalam permukaan dengan tekanan tinggi untuk menaikkan kekuatan batuan
- b. Surface grouting : penyemprotan semen ke permukaan agar air tidak masuk ke dalam tanah/batuan

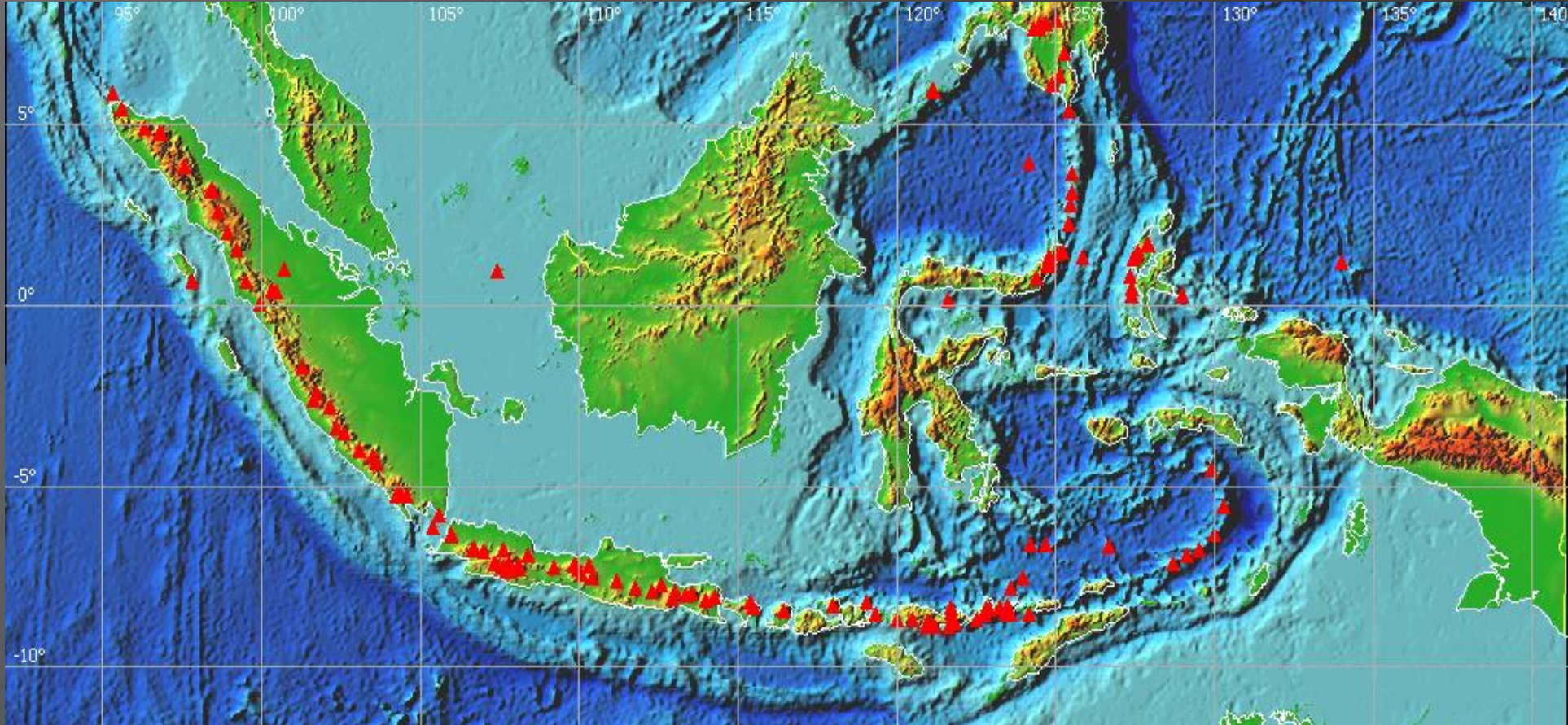


GUNUNGAPI

Tangkubanperahu crater

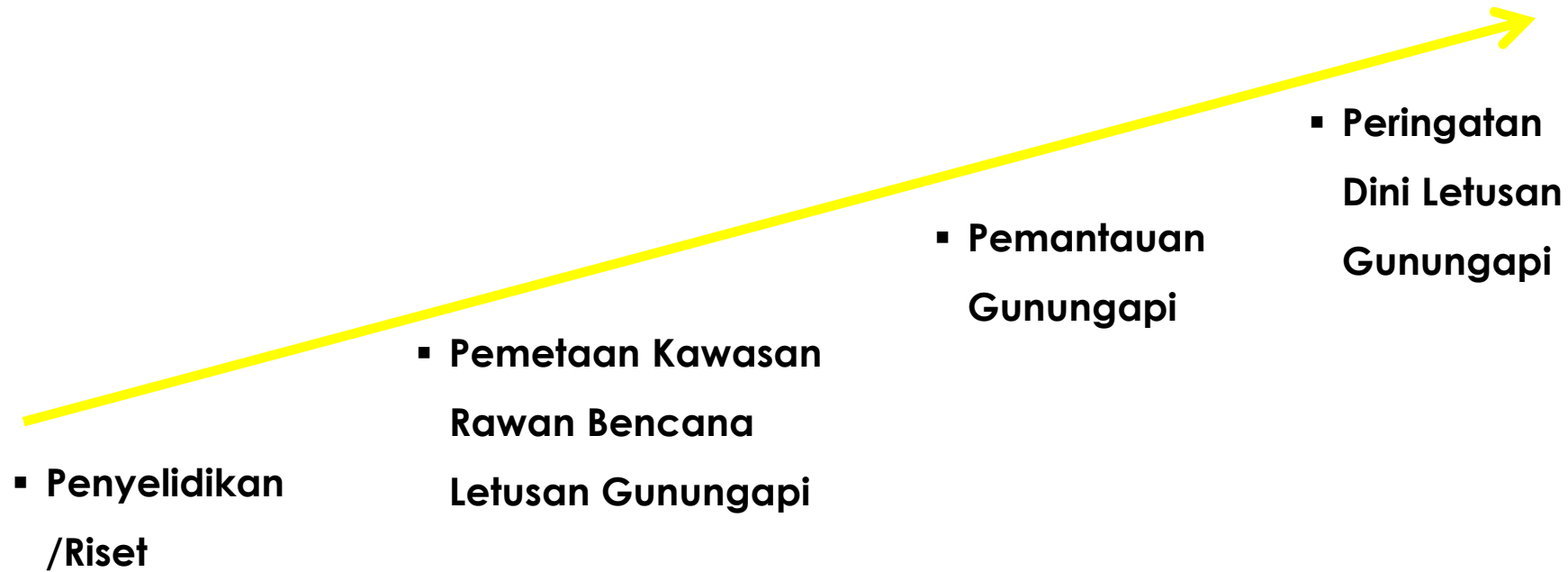
11 5 '00

SEBARAN GUNUNGAPI DI INDONESIA



- 129 Gunungapi (13 % Gunungapi di dunia ada di Indonesia)
- 80 aktif (Tipe A) → Berpotensi meletus
- 68 Gunungapi dipantau menerus melalui 74 Pos Pengamatan G.api (PPGA)

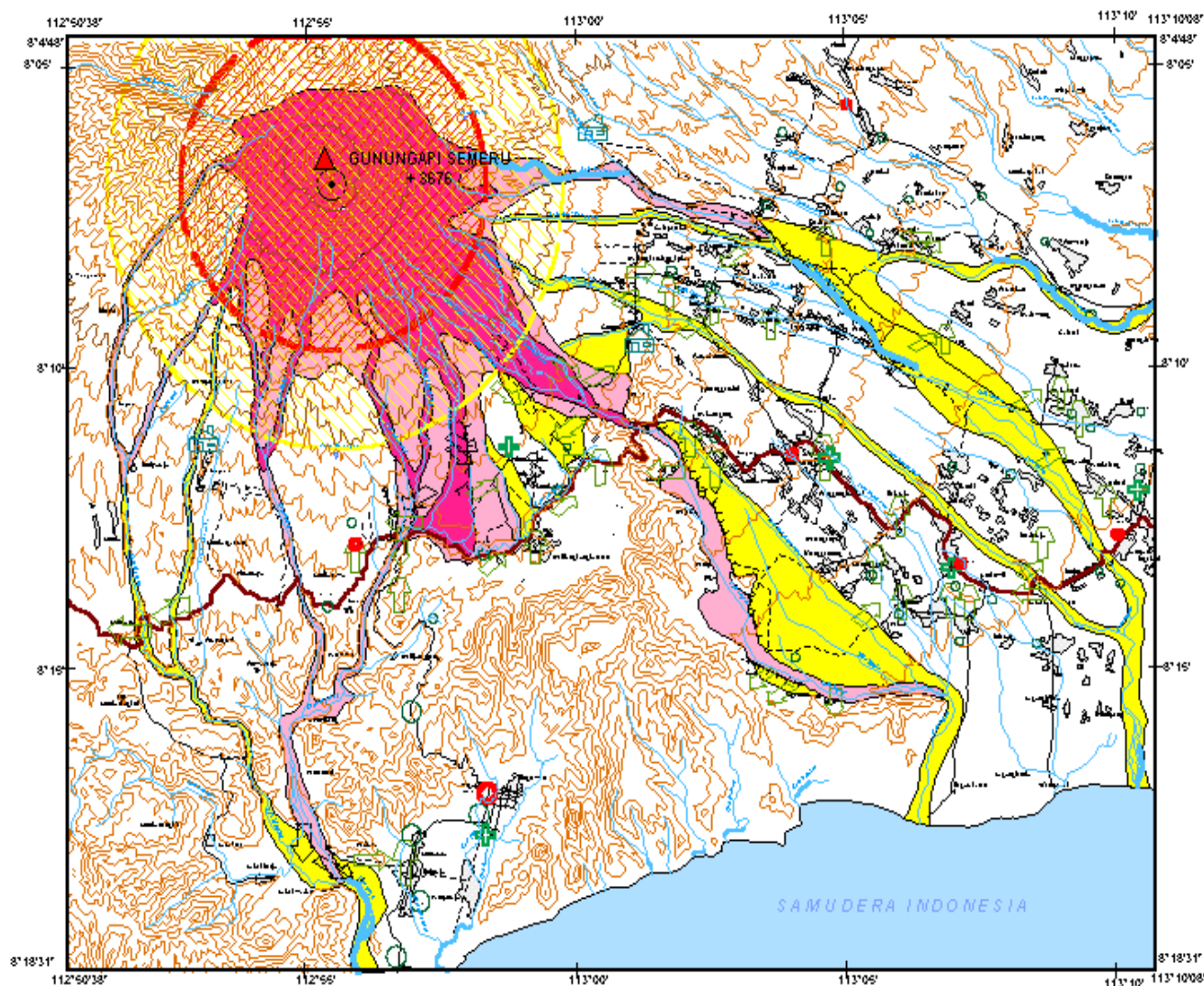
LANGKAH MITIGASI BENCANA LETUSAN GUNUNGAPI





PETA KAWASAN RAWAN BENCANA GUNUNGAPI SEMERU, JAWA TIMUR
DISASTER PRONE ZONE MAP OF SEMERU VOLCANO, EAST JAVA

Oleh : Sulitna Branta, Sumarna Hamidi & Agus Mariona



KETERANGAN/EXPLANATION

KAWASAN RAWAN I / PRONE ZONE I

- Berpotensi terlanda lahar/banjir dan kemungkinan dapat terkena perluasan awan panas dan aliran lava
- Rawan terhadap hujan abu dan kemungkinan lontaran batu (pijar)

KAWASAN RAWAN II / PRONE ZONE II

- Berpotensi terlanda awan panas aliran lava, guguran batu (pijar) dan aliran lahar
- Rawan terhadap lontaran batu (pijar) dan hujan lebat.

KAWASAN RAWAN III / PRONE ZONE III

- Sering terlanda awan panas, aliran lava, lontaran atau guguran batu (pijar)
- Puncak Gunungapi

- Lubang Letusan
- Pos Pengamatan Gunungapi
- Puskesmas
- Kantor Kecamatan
- Garis sama tinggi setiap 100 meter
- Lokasi Pengungsian
- Arah Pengungsian
- Kemungkinan Peluapan/ Penyimpangan Lahar
- Bendungn Pengendali Lahar
- Kali
- Jalan
- Kampung

PETA KAWASAN RAWAN BENCANA (KRB) LETUSAN GUNUNGAPI

- **KRB III** : Terlanda awan panas lontaran lava/batuan pijar dan hujan abu
- **KRB II** : Dapat terlanda awan panas dan lontaran material vulkanik dan hujan abu
- **KRB I** : Terlanda aliran lahar dan hujan abu

SISTEM PEMANTAUAN GUNUNGAPI



Pemeriksaan Kawah



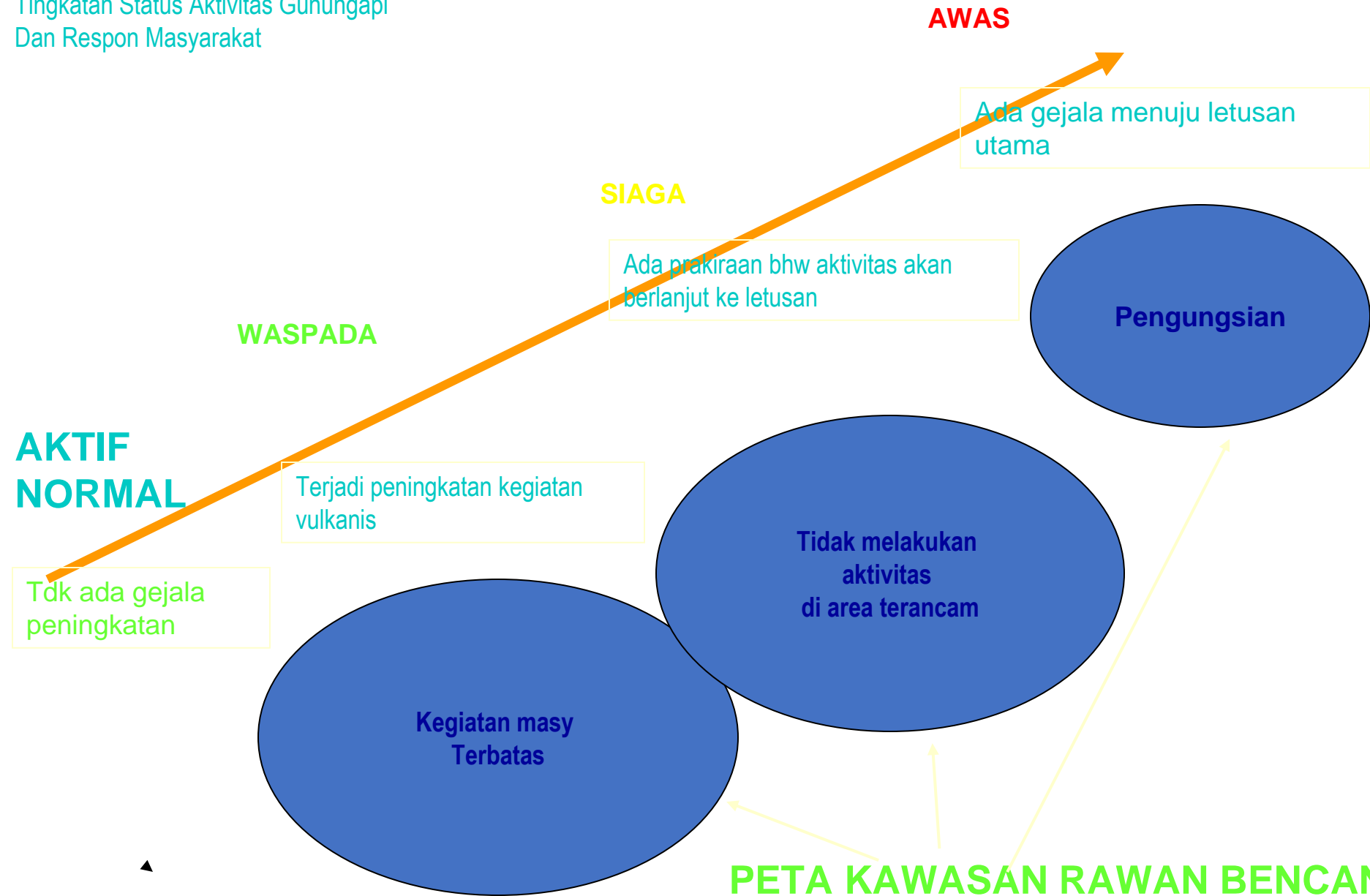
Alat Pemantau di Lapangan

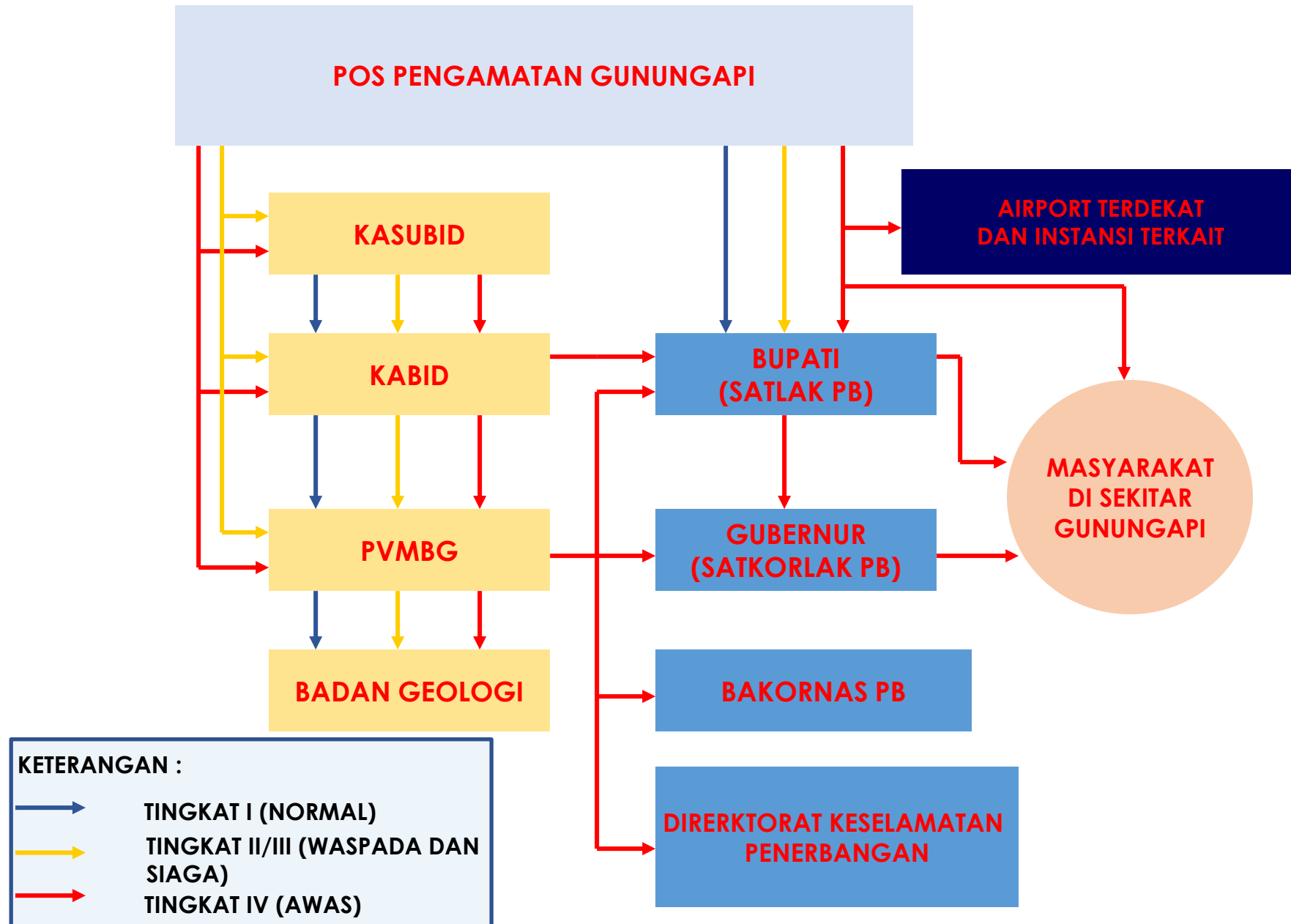
- Pemantauan Menerus
 - Visual
 - Instrumen → Seismik, tilt

- Pemantauan Periodik
 - Deformasi, Geokimia
 - Suhu, gas
 - Geologi
 - Geofisika



PERINGATAN DINI LETUSAN GUNUNGAPI
Tingkatan Status Aktivitas Gunungapi
Dan Respon Masyarakat





PERAN TIM TANGGAP DARURAT (TTD)



- **Saat terjadi letusan**

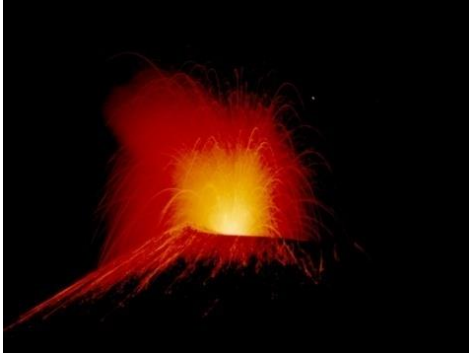
- ✓ Mengintensifkan pemantauan
- ✓ Melakukan analisis ancaman bencana dari waktu ke waktu
- ✓ Memberikan rekomendasi teknis secara reguler ke SATLAK PB, SATKORLAK PB, BAKORNAS PB



- **Setelah terjadi letusan**

- ✓ Evaluasi tingkat kegiatan guna menentukan waktu untuk pemulangan pengungsi
- ✓ Penyelidikan potensi bahaya sekunder

WASPADA



PERMASALAHAN DAN STRATEGI KE DEPAN
DALAM MITIGASI BENCANA GUNUNGAPI

	PERMASALAHAN	STRATEGI
1	Jumlah, Sebaran dan Jarak jangkau lokasi gunungapi Indonesia	<ul style="list-style-type: none">- Percepatan jumlah peralatan pemantauan- Aplikasi teknologi dan pemuthakiran pemantauan gunungapi dan komunikasi data
2	Meningkatnya permukiman dan aktivitas penduduk di kawasan bencana gunungapi	<ul style="list-style-type: none">- Intensifikasi Sosialisasi- Peningkatan Akurasi Peringatan Dini- Intensifikasi koordinasi dengan Pemda