

## SIKLUS MEGA-TSUNAMI DI WILAYAH ACEH-ANDAMAN DALAM KONTEKS SEJARAH

### *Mega-tsunami cycles Aceh Andaman region in historical context*

**Danny Hilman Natawidjaja**

Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI

**ABSTRAK** Mega tsunami di wilayah Aceh-Andaman pada tahun 2004 merubah masyarakat menjadi melek terhadap ancaman bencana gempa dan tsunami. Bencana tahun 2004 merubah pemerintahan dan tatanan masyarakat di Aceh, dari masa teror ke pemerintahan NAD yang baru. Penelitian paleoseismologi menguak peristiwa bencana gempa-tsunami di masa sebelumnya, yaitu sekitar tahun 1390 M dan 1450 Masehi. Fakta ini ditunjang oleh data tektonik geodesi (GPS) bahwa siklus perulangan gempa 2004 (Mw9.15) dapat terjadi sekitar 600 tahunan sekali. Pada tahun 1236, berdirinya Kerajaan Islam Samudra Pasai yang cukup dikenal menandai era baru di Aceh. Setelah tahun 1450 Masehi, Kerajaan Samudra Pasai seperti meredup dan menghilang. Kemudian pada tahun 1496 Masehi berdiri Kerajaan Baru Islam, Aceh Darussalam yang tidak ada hubungannya dengan Samudra Pasai. Diduga peralihan masa Samudra Pasai ke masa Aceh Darussalam berkaitan erat dengan kejadian tsunami tahun 1390 dan 1440 Masehi tersebut. Memahami kejadian bencana katastrofik purba dan masyarakat yang terkena dampaknya adalah aspek yang sangat penting dalam pendidikan kebencanaan, khususnya dalam mengembangkan kesiapsiagaan dan kearifan lokal.

**Kata kunci:** *megathrust* Sunda, paleotsunami, paleoseismologi, paleogeodesi, mikroatol, sejarah Aceh, tsunami Aceh, mitigasi bahaya gempa dan tsunami, pengurangan risiko bencana, kearifan lokal.

---

Naskah masuk : 09 Januari 2015  
Naskah direvisi : 01 April 2015  
Naskah diterima : 04 Juni 2015

---

Danny Hilman Natawidjaja  
Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI  
Komplek LIPI, Jl. Sangkuriang, Bandung 40135  
E-mail : danny.hilman@gmail.com

**ABSTRACT** *Mega-tsunami Aceh-Andaman 2004 revolutionary changed people awareness of earthquakes and tsunami threats. The event also caused major changes in politics and social infrastructures, from a period of terror to a new government of NAD. Paleoseismological studies indicate two penultimate tsunami events prior to 2004 around 1390 AD and 1440 AD. These are confirmed by the GPS study suggesting the 2004-like event (Mw9.15) can be repeated every six hundred years. In 1236 AD, the well known Islamic state, Samudra Pasai, was arising, marking a new era in Aceh. After 1450 AD, Samudra Pasai seems to be slowly dissapeared. Later in 1496 AD, a new Islamic Kingdom, Aceh Darussalam, appeared and dominated the Aceh region. It is strongly suspected that the change of power from Samudra Pasai to Aceh Darussalam was linked to the mega-tsunami events in 1390 and 1440 AD. Understanding ancient natural catastrophic and the affected society is crucial in developing awareness and in natural-dissaster mitigations, including to rejuvinate a true local wisdom*

**Keywords:** *Sunda megathrust, paleotsunami, paleoseismology, paleogeodesy, microatoll, Aceh history, Aceh tsunami, seismic-tsunami hazards, dissaster risk reduction, local wisdom.*

## PENDAHULUAN

### Siklus Bencana Alam dan Peradaban

Sejarah dan fakta geologi memberikan pelajaran tentang bagaimana kejadian bencana alam di masa lalu dapat memusnahkan peradaban manusia. Boleh jadi, para leluhur nusantara juga meninggalkan berbagai catatan-catatan yang belum tersentuh tentang pengalaman berharga,

nasihat-nasihat atau bahkan teknik-teknik jitu dalam bersiap siaga menghadapi berbagai bencana alam yang pernah terjadi di zaman mereka. Adalah tugas kita untuk menggalinya. Konsep siklus alam mengajarkan bahwa yang pernah terjadi di masa lampau akan terjadi lagi di masa datang.

Dalam ilmu kebumihantropologi dikenal konsep *the present is the key to the past* dan ini juga berarti *the past is the key to the present/future*. Untuk mitigasi bencana alam hal ini diterjemahkan sebagai berikut: untuk memahami ancaman bencana di masa datang kita harus belajar dari bencana alam yang sudah pernah terjadi di masa lampau. Bencana alam adalah interaksi dari kejadian siklus alam, seperti siklus gempabumi, siklus letusan gunung api, siklus gerakan tanah dan siklus banjir, dari skala kecil sampai dengan skala sangat besar atau katastrofi. Sejarah peradaban manusia mencatat bahwa baik di wilayah nusantara ataupun dunia banyak sekali peradaban kuno yang runtuh bahkan seperti lenyap dari muka bumi karena peristiwa bencana alam katastrofik; Misalnya kejadian letusan gunung api Vesuvius tahun 79 Masehi yang menenggelamkan dan mengubur Kota Pompeii (Sigurdsson *et al.*, 1982; Zanella *et al.*, 2007). Contoh lain adalah kejadian letusan purba gunung api Santorini atau dikenal juga sebagai Theraa yang memusnahkan masyarakat Minoan pada sekitar tahun 1600-an sebelum Masehi (Höflmayer, 2012; Wiener & Earle, 2014). Kota purba Minoan ini tidak hanya hancur karena letusan gunung tapi juga terjangan tsunami besar yang dibangkitkan oleh runtuhnya badan gunung Santorini ke dalam laut (McCoy *et al.*, 2000). Tanpa ada manusia yang terkena dampak, maka peristiwa alam yang berbahaya tidaklah menjadi bencana. Oleh karena itu penelitian 'bencana' alam tidak terlepas dari mempelajari sejarah manusia yang terkena dampaknya.

Dalam 15 tahun terakhir ini Indonesia dilanda oleh berbagai macam bencana alam yang mengakibatkan korban jiwa mencapai ratusan ribu dan kerugian material yang sangat banyak. Tragedi besar dari mega-tsunami di Aceh-Andaman tahun 2004 adalah contoh konkrit masa kini tentang bagaimana bencana alam dapat menghancurkan (sebagian besar) peradaban di Banda Aceh hanya dalam waktu singkat. Sebelumnya masyarakat hampir tidak mengenal kata tsunami sehingga tidak siap menghadapi

bencana tsunami. Padahal dalam perbendaharaan di Aceh ada kata Ieu Beuna yang artinya air bah besar (=tsunami). Sebelum 2004, orang mungkin mengartikan Ieu Beuna tersebut sebagai bencana banjir bandang biasa. Sebaliknya di Pulau Simelue, masyarakat masih tahu bencana tsunami di masa lalu yang dikenal dengan istilah SMONG karena kejadiannya belum begitu lama, yaitu tahun 1907 (Newcomb & McCann, 1987), sehingga menjadi lebih siap dan banyak yang selamat ketika peristiwa tsunami Aceh tahun 2004 tersebut.

Penelitian yang dilakukan oleh Tim peneliti gempa dan tsunami dari Earth Observatory of Singapore (EOS), LIPI dan Tim Katastropik Purba mengungkap fakta bahwa ternyata banyak sisa-sisa bangunan kota kuno beberapa meter di dasar laut di lepas pantai Banda Aceh. Data geologi dari stratigrafi pantai dan penelitian koral mikroatol mengindikasikan bahwa kota kuno tersebut kemungkinan besar musnah diterjang tsunami besar pada abad 14 atau mungkin juga yang di masa yang lebih kuno lagi. Pembelajaran mengenai sejarah bencana alam di masa lalu dan upaya untuk mengurangi dampaknya menjadi penting untuk meningkatkan kesadaran dan kesiapsiagaan masyarakat untuk menghadapi bencana pada masa yang akan datang. Jadi seharusnya kita belajar dari sejarah bencana alam di masa lalu sehingga bisa bersiap diri. Kurangnya data baik fakta geologi dan sejarah bencana alam di masa lalu dan juga dampaknya terhadap masyarakat yang hidup waktu itu menyebabkan masyarakat kehilangan memori akan pengalaman dan kearifan dari masa lalu.

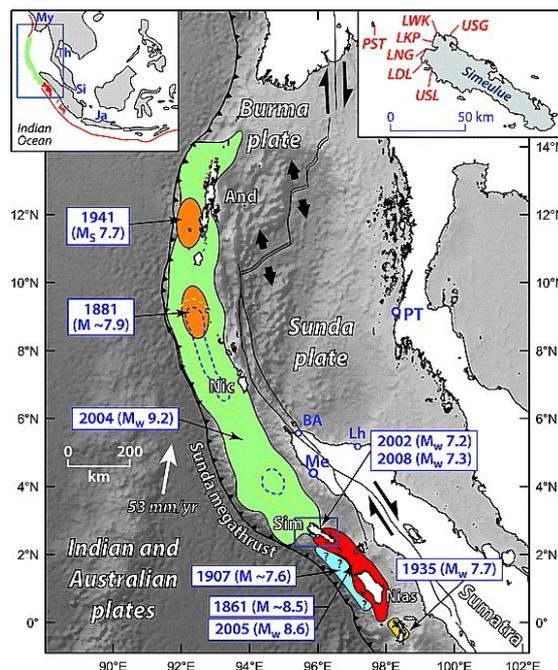
### **Sejarah Kegempaan dan Tsunami di Wilayah Aceh-Andaman**

Mega-tsunami yang dibangkitkan oleh gempa *megathrust* di zona subduksi Aceh-Andaman Mw 9,2) tahun 2004 merupakan bencana tsunami yang terbesar sepanjang Abad 20 yang menelan korban lebih dari 200.000 jiwa. Bencana tsunami yang tidak kalah dahsyatnya juga menimpa wilayah Tohoku, Jepang pada awal tahun 2011 yang menelan korban puluhan ribu jiwa dan kerugian infrastruktur dan dampak lingkungan yang luar biasa. Peristiwa bencana tsunami tahun 2004 sudah menjadi tonggak kesadaran baru dalam mitigasi bencana alam. Sebelum 2004, banyak orang yang bahkan tidak mengenal istilah tsunami, namun setelah tragedi besar tersebut,

boleh dibbilang tidak ada lagi orang yang tidak tahu apa tsunami. Setelah 2004, banyak usaha diberbagai bidang mitigasi bencana alam, khususnya tsunami dan gempabumi yang dilakukan, termasuk pemasangan berbagai jaringan pemantau gempa dan tsunami yang meliputi peralatan pemantau seismik, pemantau gerakan kerak bumi – GPS, alat pasang surut, dan berbagai pemantau naik-turunnya muka airlaut. Demikian juga penelitian dibidang gempa dan tsunami menjadi meningkat dengan pesat. Gempa Tohoku tahun 2011 yang sekali lagi menyentak komunitas dunia menjadi semakin menumbuhkan kesadaran baru tentang betapa pentingnya memahami proses alam yang dapat sangat destruktif ini untuk dapat mengantisipasi ancaman bahayanya bagi peradaban manusia.

Setelah gempa tahun 2004, wilayah Sumatra, khususnya Aceh, bagaikan terus diberondong oleh ribuan gempa-gempa dengan skala magnitudo 5, ratusan gempa dengan skala magnitudo 6 dan puluhan gempa dengan skala magnitudo 7 atau lebih. Salah satunya yang terbesar adalah Gempa Nias-Simelue berkekuatan Mw 8,6 yang terjadi pada bulan Maret tahun 2005 (Briggs *et al.*, 2006; Sieh *et al.*, 2008), hanya 3 bulan setelah Gempa Aceh bulan Desember 2004. Gempa tahun 2005 ini merontokan banyak rumah-rumah di wilayah Nias dan juga selatan Pulau Simelue. Gempa selanjutnya yang cukup besar terjadi tahun 2008 di Pulau Simelue (Mw 7,3) dan tahun 2010 di wilayah Pulau Banyak –Singkil (Mw 7,7).

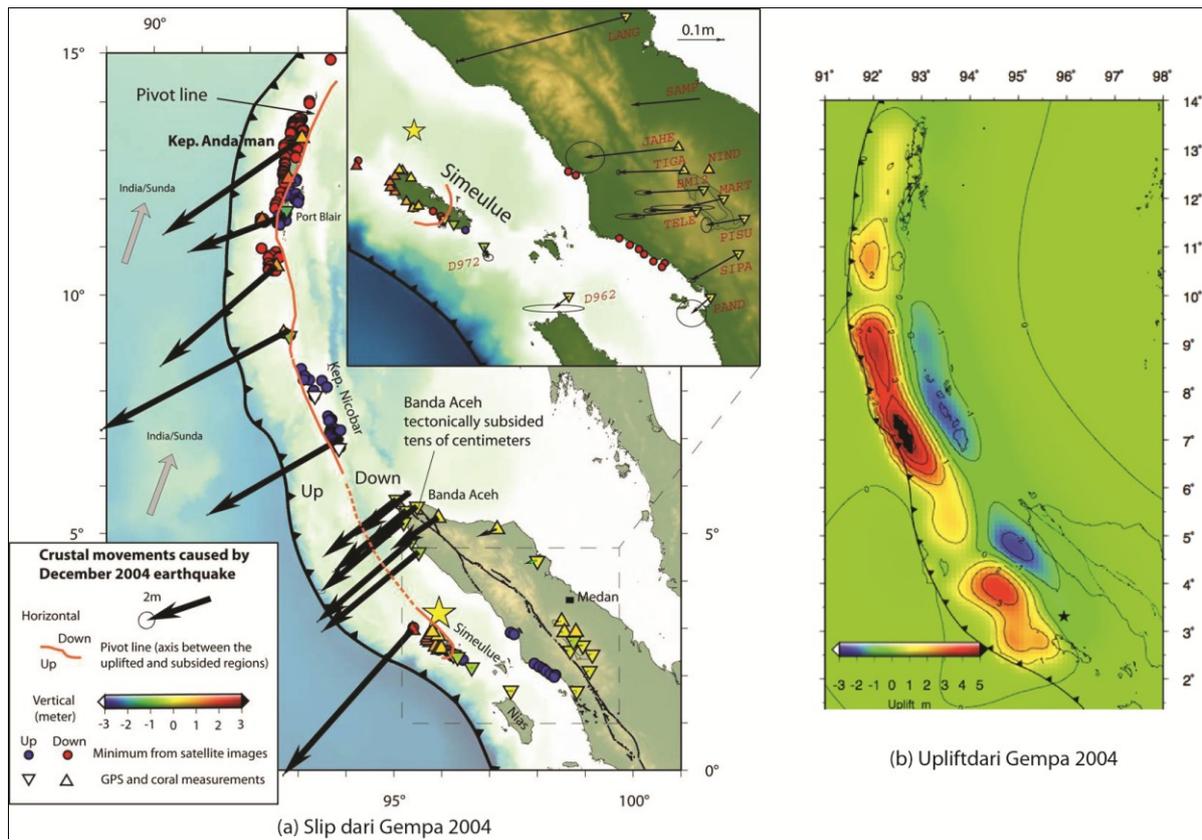
Peristiwa seperti gempa tahun 2004 sebenarnya bukan satu hal baru yang terjadi tiba-tiba. Bahkan diduga gempa tahun 2002 di Simelue (Mw 7,2) adalah merupakan “foreshock” atau gempa pembuka dari mega-gempa tahun 2004 tersebut. Di masa lalu, sudah cukup banyak gempa-gempa besar yang terjadi di wilayah Aceh-Andaman ini. Di wilayah zona subduksi di Laut Andaman yang pecah ketika gempa tahun 2004 dulu pernah terjadi gempa besar tahun 1881 (M~7,9) dan tahun 1941 (Ms 7,7) (Gambar 1). Kemudian di zona subduksi yang pecah tahun 2005 tersebut dulu pernah terjadi gempa yang serupa tahun 1861 (M~8,5). Di wilayah Pulau Simelue, tahun 1907 pernah diterjang oleh tsunami yang bahkan mempunyai tinggi gelombang yang dua kali lebih besar dari yang terjadi tahun 2004 walaupun sebenarnya sumber gempa penyebabnya jauh lebih kecil (M~7,6).



Gambar 1. Peta kegempaan di wilayah Sumatra bagian utara dan Laut Andaman. Elips dengan warna adalah wilayah sesar megathrust yang pecah ketika gempa dengan keterangan tahun kejadian dan kekuatan magnitudo gempa ( Meltzner *et al.*, 2010).

Gempa tahun 1907 di Simelue ini mempunyai mekanisme yang serupa dengan yang terjadi di Pulau Pagai, Mentawai pada bulan September 2010 (Hill *et al.*, 2011), yaitu walaupun magnitudonya tidak terlalu besar tapi sebenarnya pergerakan patahan yang terjadi sangat besar sehingga membangkitkan tsunami yang jauh diatas perkiraan. Gempa jenis ini sering disebut sebagai “tsunami earthquake” atau juga “silent earthquake” (Hill *et al.*, 2011).

Memang benar bahwa dalam catatan sejarah dan rekaman jaringan pemantau gempa – seismik tidak ada gempa dengan kekuatan setara dengan mega-gempa tahun 2004 (Mw 9,2) di wilayah Aceh-Andaman ini. Namun, ketiadaan catatan sejarah bukan berarti tidak pernah ada gempa sebesar itu karena bisa saja gempa sebelumnya terjadi pada masa pra-sejarah. Peristiwa gempa adalah proses alam yang merupakan siklus. Siklus gempa besar ini terjadi karena di sepanjang zona subduksi proses akumulasi tekanan bumi karena pergerakan lempeng terus berlangsung, tidak pernah berhenti, sehingga akumulasi energi ini sewaktu-waktu akan dilepaskan berupa (energi) gempa tersebut.



Gambar 2. Slip dan Uplift ketika Gempa Aceh-Andaman tahun 2004 dari data koral dan GPS (Chlieh *et al.*, 2007).

Tentu untuk memproduksi sebuah gempa besar diperlukan waktu yang sangat lama untuk mengumpulkan tenaganya secara perlahan-lahan. Rentang waktu sejarah dan rekaman alat sering terlalu pendek kalau dibandingkan dengan perioda ulang yang sangat panjang dari gempa besar tersebut.

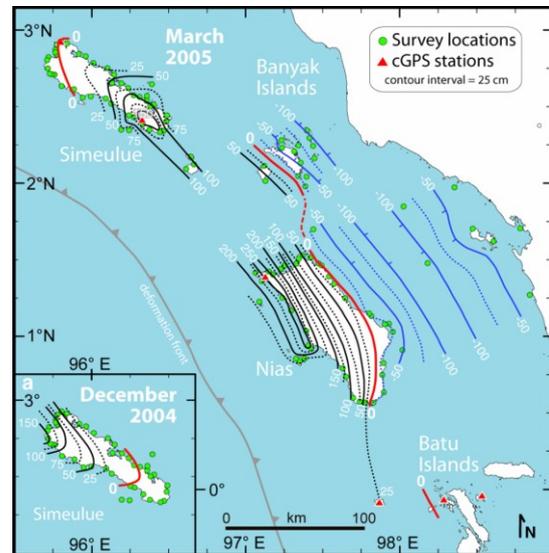
Pergerakan kerak bumi mencapai 20 meter di bidang sesar sepanjang lebih dari 1200 km dari Pulau Simelue sampai wilayah Thailand di Andaman utara (Gambar 2) (Subarya *et al.* 2006; Chlieh *et al.* 2007). Gerakan (= slip sesar) sebesar ini pada bidang zona subduksi (=megathrust) yang miring sekitar 10-20 derajat ke arah timur menyebabkan pengangkatan dasar laut mencapai 5 meter (Gambar 2b). Itulah sebabnya tsunami yang dibangkitkannya sangat

besar. Pada bidang batas lempeng di wilayah ini, dari data jaringan GPS, diketahui bahwa kecepatan relatif pergerakannya adalah sekitar 50 – 45 mm/tahun (Chlieh *et al.* 2007). Bidang batas lempengnya berupa penunjaman lempeng yang miring (*oblique*) sehingga kecepatan gerak lempeng yang efektif diakomodasi oleh *megathrust* (=yaitu komponen yang arahnya tegak lurus) hanya sebagian saja, yaitu kurang lebih sekitar 30 mm/tahun. Jadi untuk memproduksi gempa dengan magnitudo Mw 9,2 (= slip ~20 meter) maka diperlukan waktu akumulasi regangan sampai 600 tahunan. Oleh karena itu untuk melacak kejadian gempa besar di masa purba atau pra-sejarah diperlukan studi paleoseismologi dan paleotsunami, yaitu mencari bukti-bukti kejadian gempa dari rekaman alam.

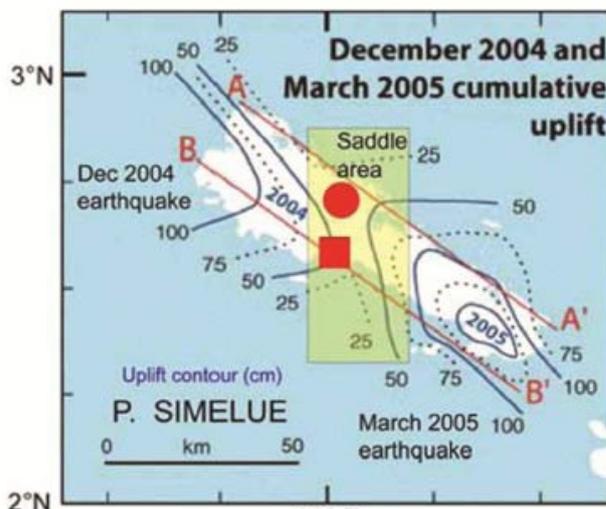
Hanya 3 bulan setelah gempa Aceh pada Desember 2004 terjadi lagi gempa besar di segmen *megathrust* sebelah selatannya, yaitu di Nias-Simelue Utara. Dari pemodelan data GPS dan pengangkatan terumbu karang, khususnya jenis koral masif “mikroatol”, Gempa tahun 2005 (Mw 8,6) ini menyebabkan *slip* pergerakan sebesar 10-12 meter pada bidang *megathrust* di bawah Pulau Nias dan Selatan Simelue (Briggs *et al.*, 2006). Hal ini menyebabkan wilayah pesisir barat Pulau Nias dan selatan Pulau Simelue terangkat hingga 2,5 meter dan 1,5 meter (Gambar 3). Uniknya Pulau Simelue ini pada waktu gempa tahun 2004 bagian utaranya juga terangkat hingga 1,5 meter (Gambar 2). Hal ini terjadi karena bidang sesar (= *fault ruptures*) dari dua gempa raksasa ini bertemu persis ditengah-tengah Pulau Simelue (Gamba r4). Diantara dua pengangkatan gempa 2004 dan 2005 ini terdapat “*gap* kekosongan *slip*” atau disebut juga sebagai *seismic gap* (Meltzner *et al.*, 2012).

*Slip gap* inilah yang kemudian ‘diisi’ oleh gempa tahun 2008 (Mw 7,3) tersebut. Ini adalah contoh yang bagus bahwa dengan melakukan penelitian dan pemetaan pergerakan gempa-gempa besar yang terjadi kita sebenarnya dapat membuat

perkiraan tentang potensi gempa besar selanjutnya di wilayah yang sama.

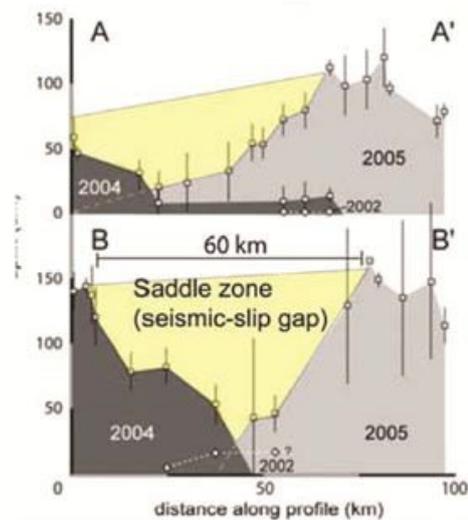


Gambar 3. Peta kontur pengangkatan dan penurunan bumi akibat gempa tahun 2005 (Mw 8,6) berdasarkan data koral mikroatol (Briggs *et al.*, 2006).



20 Feb.2008 earthquake : ● USGS epicenter (M 7.5)  
■ BMG epicenter (M 6.6)

(a). Peta kontur pengangkatan gempa 2004 dan 2005 di Simelue (dalam cm)



(b) Profil pola pengangkatan dari utara ke selatan di Simelue

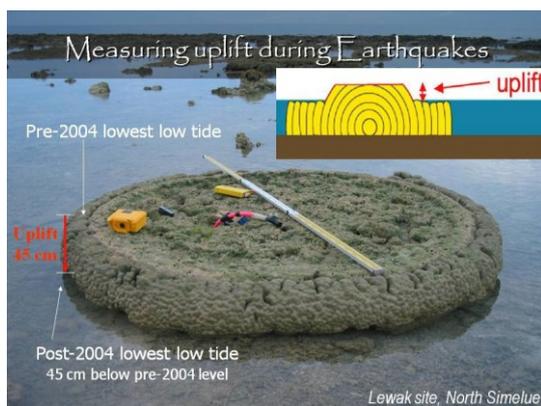
Gambar 4. (a) Peta kontur pengangkatan (dalam cm) di Pulau Simelue akibat gempa tahun 2004 (Mw 9.2) dan 2005 (Mw 8.6). (b) “*seismic-slip gap*” diantara dua pengangkatan gempa tersebut. *Slip* yang tersisa ini dilepaskan ketika gempa tahun 2008 (~Mw 7.5) (Meltzner *et al.*, 2012).

## METODE PALEOSEISMOLOGI DAN PALEOTSUNAMI

Tidak hanya gempa yang sudah terjadi, kejadian gempa *megathrust* di masa lalu juga dapat diketahui dan diukur besarnya dengan meneliti unsur-unsur alam yang terkena pengangkatan/penurunan karena gerak sesar yang terjadi ketika gempa. Korall masif mikroatol dari genus *Porites* dan *Goniastrea* sangat ideal untuk digunakan sebagai alat perekam gempa alamiah karena korall ini pertumbuhannya sangat sensitif terhadap perubahan muka air laut, dalam hal ini yang terkait proses gempa atau pergerakan pada sesar aktif (Natawidjaja *et al.*, 2004). Mikroatol yang tumbuh secara radial dari tengah kesamping dan ke atas pertumbuhan lapisan tahunannya yang mempunyai ketebalan rata 1-2 cm sangat dipengaruhi oleh tinggi muka airlaut ketika tumbuh.

Lapisan radial korall ini mirip dengan lapisan tahunan pada pohon (=tree rings) yang bisa digunakan sebagai kronometer.

Apabila muka air laut berada di atas level pertumbuhan maka korall akan terus tumbuh ke samping dan ke atas 'mengejar' muka air laut. Kemudian kalau level pertumbuhannya sudah mencapai muka air laut (surut minimum) maka korall tersebut tidak lagi dapat tumbuh ke atas karena dia harus tetap berada di bawah air laut sehingga hanya tumbuh menyamping. Apabila ada gempa besar yang mengangkat korall tersebut



Gambar 5. Metoda mengukur pengangkatan gempa dari korall mikroatol. Pertumbuhan korall sangat sensitif terhadap perubahan muka air laut. Apabila ada pengangkatan karena gempa, bagian korall yang tersembul di atas muka air akan mati. Bagian yang masih di bawah air dapat terus tumbuh (inset). (Natawidjaja *et al.*, 2005).

sehingga muka airlaut menjadi relatif turun terhadap korall maka yang terjadi semua badan korall yang diatas muka airlaut akan mati sedangkan yang masih berada di bawah air akan terus tumbuh setelah gempa (Gambar 5) (Natawidjaja *et al.*, 2005).

Namun apabila gempa tersebut mengangkat badan korall seluruhnya menjadi di atas muka air maka korall tersebut akan mati total. Dari sensitivitas pertumbuhan mikroatol ini terhadap perubahan muka laut maka akan dapat direkonstruksi sejarah turun naiknya muka air laut dari geometri permukaan korall. Sebuah korall mikroatol dapat hidup sampai puluhan bahkan ratusan tahun. Sehingga dengan meneliti banyak korall-korall yang berumur modern sampai yang purba (fosil) maka akan dapat direkonstruksi siklus gempa selama ratusan bahkan lebih dari seribu tahun. Hebatnya lagi korall ini tidak hanya merekam besar pengangkatan yang terjadi sewaktu gempa tapi juga gerakan perlahan-lahan dari pengangkatan/penurunan pada waktu perioda antar gempa (=interseismic) selama puluhan-ratusan tahun.

Dengan mengukur korall-korall modern yang terangkat ketika gempa inilah maka dapat dipetakan wilayah pengangkatan tektonik yang terjadi seperti yang diperlihatkan oleh Gambar 5 di atas. Dengan prinsip sama akan dapat dilacak gempa-gempa besar yang pernah terjadi ratusan tahun lalu dengan mencari fosil korall mikroatol yang terangkat ketika terjadi gempa-gempa masa lalu tersebut.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

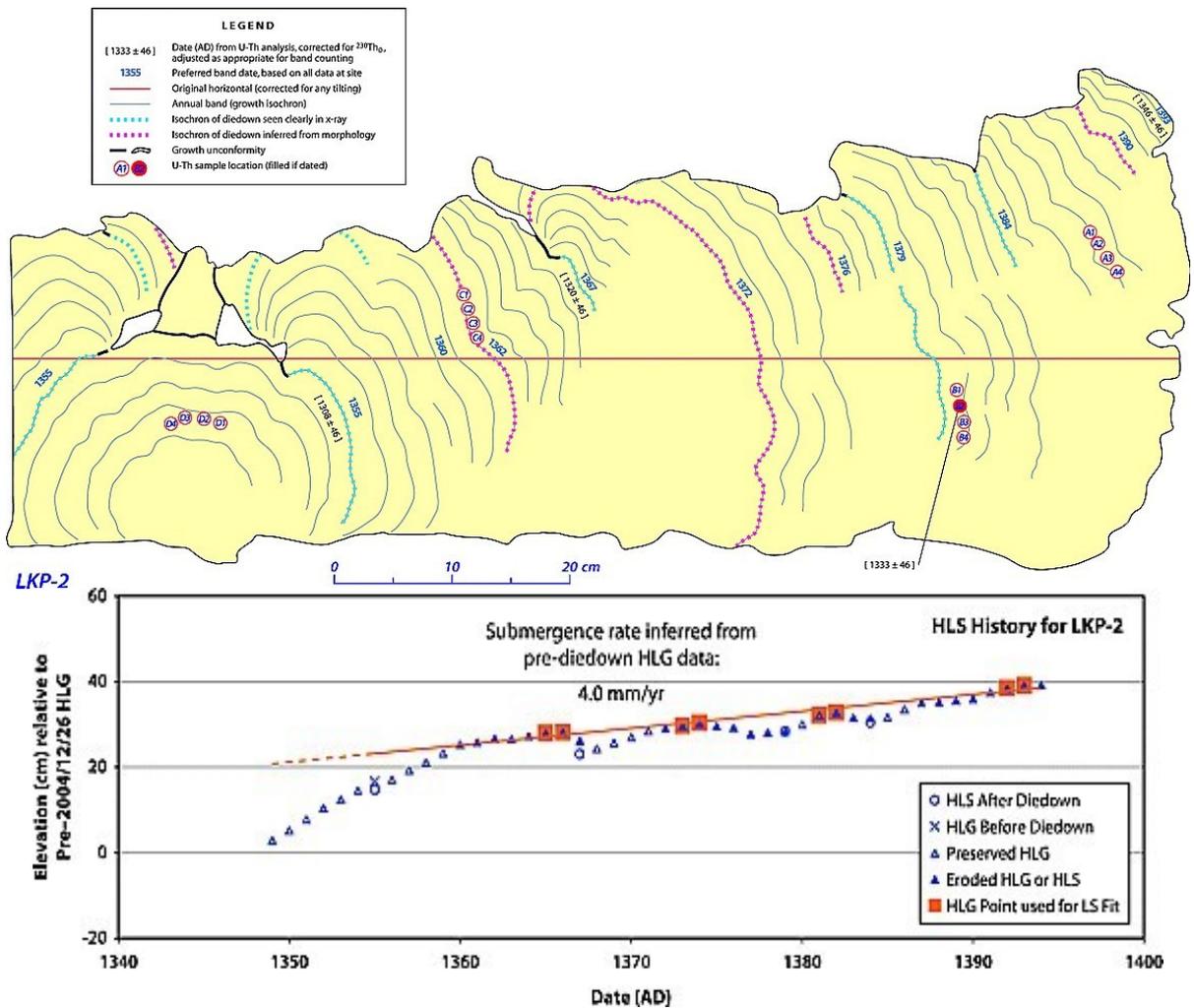
### Rekonstruksi Siklus Gempa-Tsunami dari Data Korall Mikroatol

Penelitian korall mikroatol di Pulau Simelue yang dilakukan secara intensif selama bertahun-tahun, dari tahun 2005 sampai 2010, berhasil mengungkapkan bahwa pulau ini tidak hanya terangkat pada tahun 2004 dan 2005 saja, tapi pernah juga terangkat berkali-kali ratusan tahun sebelumnya. Di bagian selatan Pulau Simelue dan juga di bagian utara Pulau Nias ditemukan banyak korall-korall tua yang sudah lama mati terangkat pada tahun 1861 oleh gempa waktu itu (Meltzner *et al.*, 2012). Kemudian di bagian utara Pulau Simelue; khususnya di lokasi Ujung Salang, Teluk Dalam, Langi, Lhok Pauh, Lewak, Lhok Nga, dan Ujung Sangiran, ditemukan

banyak sekali fosil koral mikroatol yang pernah terangkat sekitar tahun 1390-an dan 1450-an (Abad 14-15 ) Masehi, 550-600 tahun sebelum gempa 2004 (Meltzner *et al.*, 2010). Kemudian ada juga fosil mikroatol yang terangkat oleh gempa yang lebih tua lagi, yaitu berumur sekitar 960 M. Data koral terangkat ini juga ditunjang oleh data endapan tsunami dengan kisaran umur sama di pantai Banda Aceh dan juga di Thailand (Jankaew *et al.*, 2008, Monecke *et al.*, 2008).

Gambar 6 adalah contoh data penurunan dan pengangkatan tektonik dari gempa tahun 1390-an Masehi. *Slab* koral mikroatol dari Lhok Pauh (LKP-2) ini dipotong dari tengah ke samping. Hasil penanggalan radiometrik Uranium-Thorium menunjukkan bahwa koral ini tumbuh sejak puluhan tahun sebelum 1390-an Masehi, dan

kemudian mati karena terangkat oleh gempa tahun 1390-an tersebut. Kemudian Gambar 7 adalah contoh LKP-4 dari koral mikroatol di lokasi Lhok Pauh yang terangkat oleh gempa besar lain setelah gempa tahun 1390-an tersebut, yaitu sekitar tahun 1450-an Masehi. Dengan kata lain koral ini adalah koral baru yang tumbuh setelah gempa tahun 1390-an yang membunuh para pendahulunya seperti contoh LKP-2 tersebut. Pola umur dan pertumbuhan dari sampel LKP-4 jelas mengindikasikan bahwa koral ini baru berkembang setelah gempa 1390-an tersebut. Kecepatan vertikal pertumbuhan koralnya mengindikasikan bahwa kecepatan penurunan antar gempa atau *interseismic* di lokasi ini sebesar 4 mm/tahun.

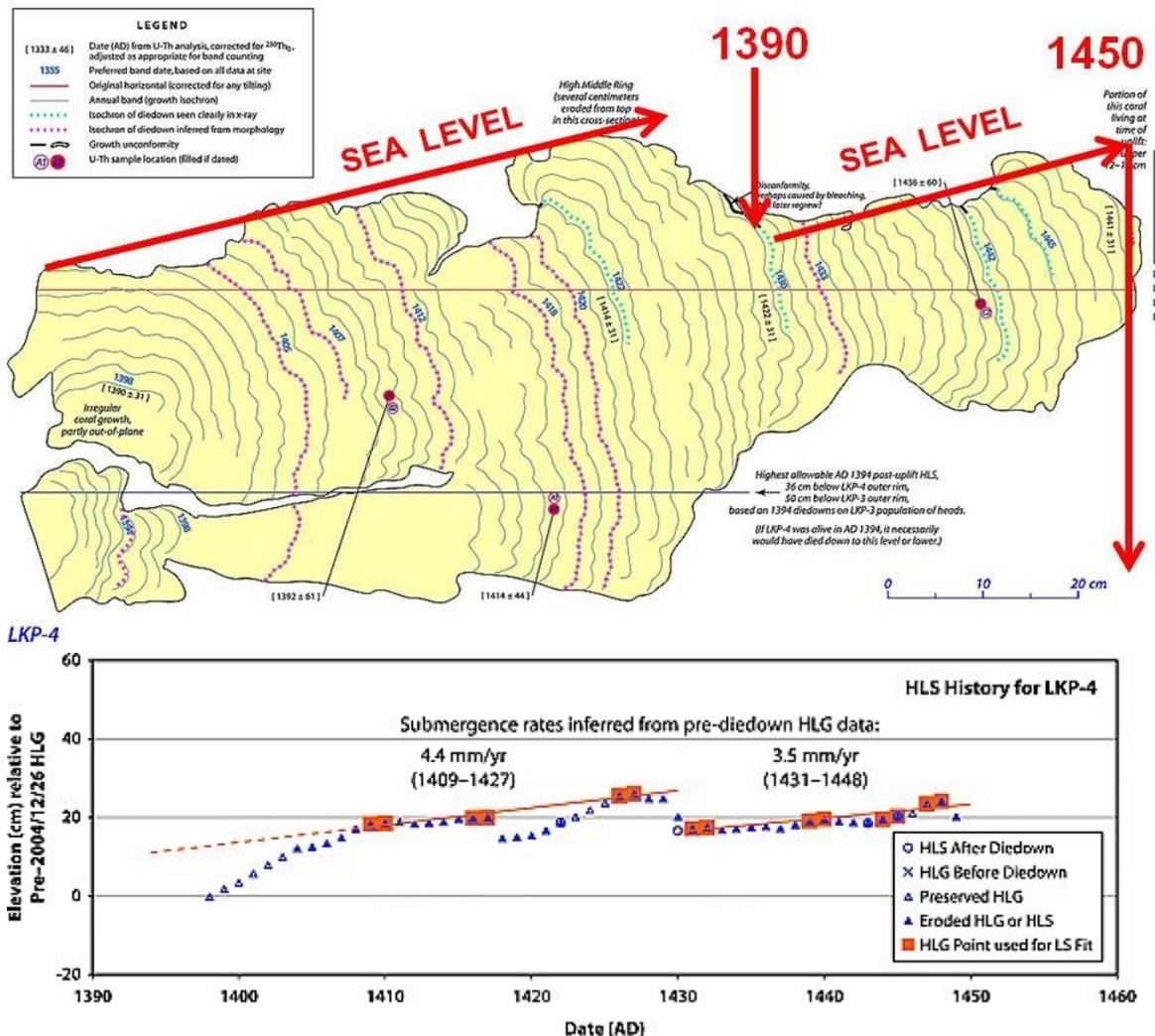


Gambar 6. Mengilustrasikan contoh sayatan *slab* vertikal dari koral mikroatol yang terangkat oleh gempa tahun 1390-an Masehi di lokasi Lhok Pauh. Koral mikroatol di lokasi LKP-2 ini hidup selama sekitar 90 tahunan dari tahun 1300-an Masehi sampai tahun 1390-an Masehi. Pola pertumbuhannya memperlihatkan bahwa lokasi ini dari 1308 M sampai 1390 M mengalami penurunan terus menerus secara perlahan-lahan dengan kecepatan rata-rata sekitar 4 mm/tahun (= *interseismic submergence rate*). Kemudian pada sekitar tahun 1390-an lokasi ini terangkat (karena gempa) lebih dari 40 cm sehingga koral ini mati total (Meltzner *et al.*, 2010).

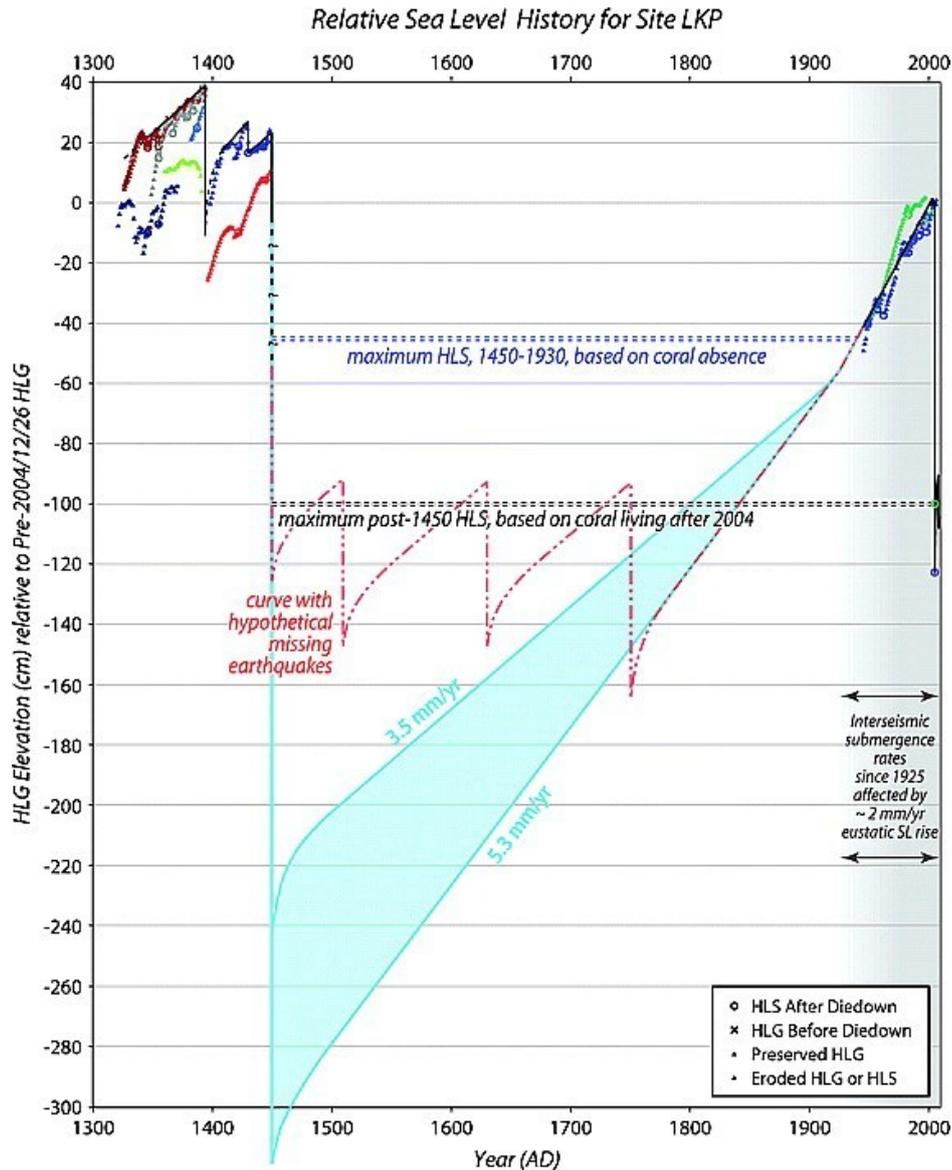
Sekitar tahun 1390-an terlihat ada pegangkatan sebesar 15 cm yang dicirikan oleh morfologi *step-down* dari permukaan koral (Gambar 7). Karena gempa ini tidak mengangkat seluruh badan koral maka bagian koral yang masih dibawah air masih hidup dan terus tumbuh sampai akhirnya seluruh badannya terangkat ke atas muka air dan mati pada sekitar tahun 1450 Masehi karena gempa.

Rekaman data turun naiknya muka air laut, dalam hal ini yang berkaitan dengan proses gempa, dari banyak koral slab kemudian dihippun, dikorelasikan dan diinterpretasikan secara terintegrasi untuk merekonstruksi sejarah (geologi) dari turun naiknya muka bumi di setiap lokasi dan dalam suatu wilayah seperti contoh yang diperlihatkan dalam Gambar 8 untuk Lokasi Lhok Pauh.

Kejadian gempa purba tidak hanya terekam oleh fosil mikroatol, tapi juga dapat diteliti dari jejak endapan tsunami yang dibangkitkan. Endapan tsunami purba itu ditemukan pada stratigrafi pantai di pantai utara Banda Aceh. Pada singkapan tebing pantai di lokasi terdapat dua lapisan pasir dengan ciri-ciri endapan tsunami (Gambar 9). Hasil analisis penanggalan radiometrik umur karbon (*carbon dating*) menunjukkan bahwa dua lapisan pasir itu terjadi pada sekitar tahun 1390 AD dan 1450 AD (Sieh *et al.*, 2014). Di wilayah yang sama ditemukan juga endapan tsunami dengan kisaran umur antara 1400 – 1510 (Monecke *et al.*, 2008). Endapan tsunami dengan kisaran umur 1300-1450 M juga ditemukan di Pantai Phra-Tong, Thailand (Jankaew *et al.*, 2008).



Gambar 7. Tracing dari X-Ray sayatan slab vertikal dari koral mikroatol, dipotong dari tengah ke pinggir di lokasi LKP-4, Lhok Pauh (Meltzner *et al.*, 2010).

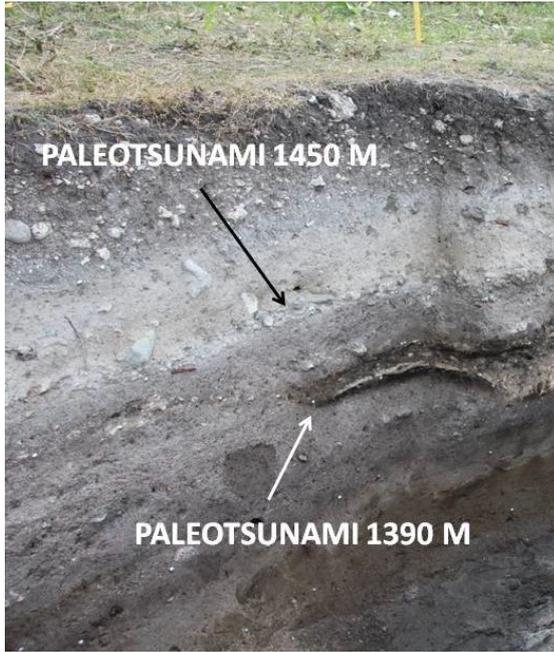


Gambar 8. Rekonstruksi siklus gempa besar di Lokasi Lhok Pauh berdasarkan data paleogeodesi dari pertumbuhan koral mikroatol ( Meltzner *et al.*, 2010)

### Latar Belakang Sejarah Aceh

Aceh sebenarnya mempunyai masa sejarah yang cukup panjang, paling tidak sampai Abad ke-7 Masehi sejak berdirinya Kerajaan Indrapuri. Tapi tidak banyak data sejarah tentang kerajaan Kuno (Hindu) Indrapuri ini. Data sejarah Aceh yang ada sekarang sangat minim. Umumnya hanya menceritakan dari masa Kerajaan terakhir, yaitu Kesultanan Aceh Darusalam yang berdiri pada akhir Abad 15. Setidaknya sampai masa Kerajaan Samudra Pasai yang didirikan pada tahun 1236 M yang sering dianggap sebagai dimulainya perioda Islam di Aceh.

Namun beberapa sumber mengatakan bahwa ratusan tahun sebelumnya sudah ada Kerajaan Islam, yaitu Kerajaan Jeumpa yang didirikan pada tahun 770 Masehi oleh seorang tokoh Islam legendaris, Syech Salman Al Parsi. Salman Al Parsi (atau Salman Al-Farisi) berasal dari Campia, Persia yang menikah dengan putri dari Meurah Purba, raja Kerajaan Hindu Purba di Aceh. Kemudian ada pula beberapa sumber yang mengatakan tentang terbentuknya Kerajaan Islam Perlak pada tahun 840 Masehi. Namun belum ada kajian yang lebih komprehensif dan rinci tentang kerajaan-kerajaan Islam sebelum



Gambar 9. Bukti endapan tsunami dari Gempa yang terjadi di sekitar tahun 1390 dan 1450 Masehi pada singkapan stratigrafi Pantai di Lamreh, Banda Aceh.

Samudra Pasai ini dan juga keterkaitan dalam sejarah perkembangannya.

Banyak tokoh-tokoh penting yang pernah berkunjung ke Aceh pada masa Samudra Pasai. Armada Marcopolo pernah mampir ke Kerajaan Pasai pada tahun 1292 M. Ibnu Battutah, musafir Islam terkenal asal Maroko, pernah menjadi tamu Kerajaan Pasai pada tahun 1345 Masehi. Dalam buku catatan perjalanannya disebutkan bahwa dia sangat terkesan saat mengunjungi sebuah kerajaan di pesisir pantai timur Sumatera (i.e. Samudra Pasai) setelah berlayar selama 25 hari dari Barhnakar (sekarang masuk wilayah Myanmar). Battutah mengilustrasikan bahwa tempat itu sangat subur.

Perdagangan di daerah itu sangat maju, ditandai dengan penggunaan mata uang emas (Reid, 2010). Ia semakin takjub karena ketika turun ke kota ia mendapati sebuah kota besar yang sangat indah dengan dikelilingi dinding dan menara kayu. Kemudian, Laksamana Cheng-Ho berkunjung ke Pasai, Aceh sebanyak tiga kali yaitu pada tahun 1405, 1408, 1412 (Reid, 2005).

Bukti besar dari keberadaan Kerajaan kuno Indrapuri adalah berupa bangunan dari batu di bawah Mesjid tua Indrapuri. Bangunan batu itu mempunyai bentuk dasar bujur sangkar dengan struktur ke atas menyerupai piramid tangga atau *stepped pyramid*; Panjang sisi-sisinya sekitar 100 m dan ketinggiannya dari tanah sampai dasar mesjid sekitar 10-12 meter (Gambar 10a,b). Seluruh struktur bangunan batu sudah dilapisi oleh tembok dan batubata dibagian luarnya sehingga yang terlihat sekarang seperti bangunan sebuah mesjid yang didirikan di atas benteng. Sebenarnya plester tembok itu tipis saja; di beberapa bagian sudah terkelupas sehingga bagian struktur batu aslinya kelihatan. Mesjid tua itu sendiri pertama kali dibangun di atas struktur batu piramid tangga tersebut pada Abad ke 13 ketika masa Kerajaan Samudra Pasai. Kemudian pada masa pemerintahan Raja Iskandar Muda, Kerajaan Aceh Darussalam, mesjid itu dipugar kembali. Mesjid Indrapuri sudah menjadi Situs Cagar Budaya.

Sewaktu meninjau ke lokasi Bulan Mei 2011, Tim Katastrofi Purba melakukan survey georadar pendahuluan disekeliling Mesjid Indrapuri untuk memindai struktur punden berundak purba di bawah mesjid itu. Hasil dari salah satu lintasan georadar utama yang melintas dari arah jalan raya melalui jalur masuk utama yang ke arah gerbang mesjid (Gambar 11) cukup menarik.



(a) Mesjid Indrapuri dilihat dari luar

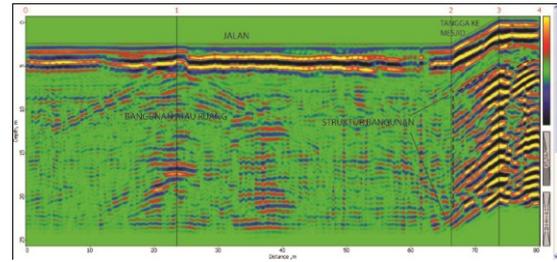


(b) Teras-teras mesjid Indrapuri yang dulu adalah "stepped pyramid"

Gambar 10. Foto Mesjid Indrapuri yang didirikan pada Abad 13 di atas bangunan tua dari Abad 7.

Terlihat bahwa dibawah pelataran mesjid sampai kedalaman sekitar 25 meter kemungkinan masih terdapat struktur bangunan bahkan mungkin ada ruangan. Jadi sebagian struktur bangunan tersebut sudah terbenam atau tertimbun di bawah permukaan tanah yang sekarang. Diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mengkaji peninggalan bangunan kuno yang cukup besar dan menarik ini.

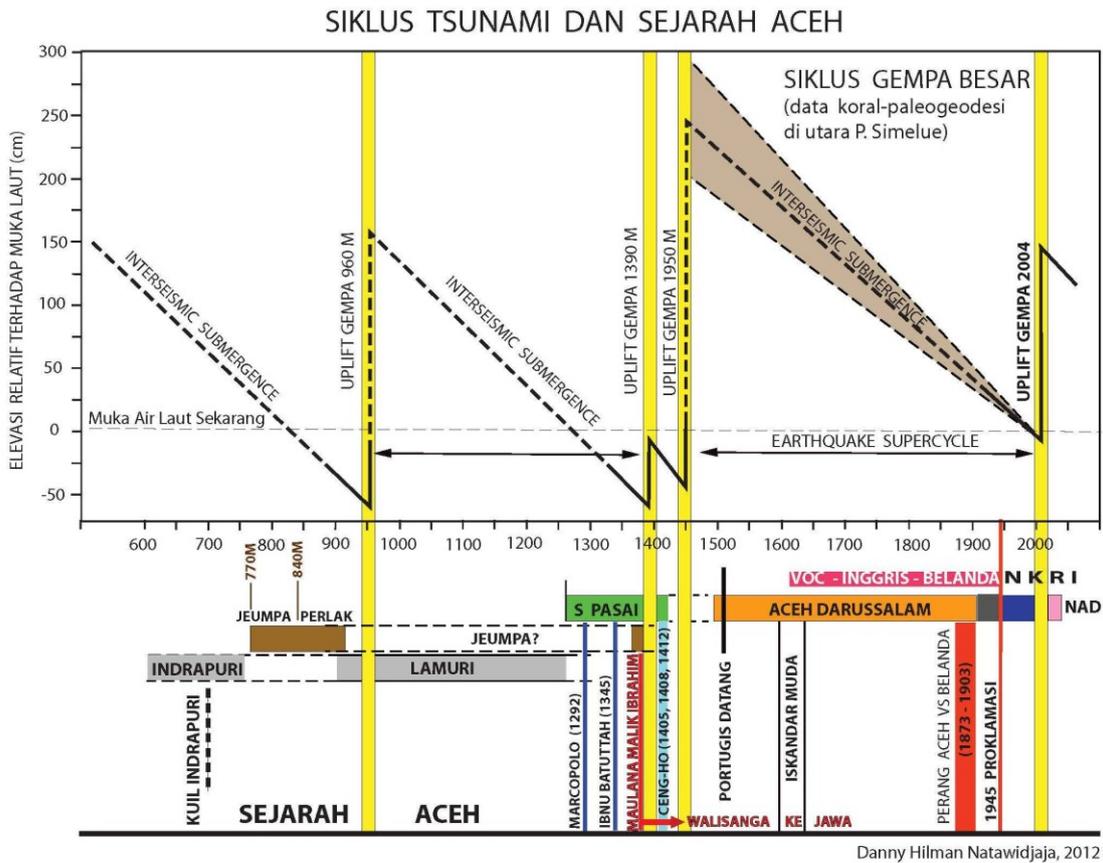
Pada tahun 1496 M lahirlah kerajaan baru, yaitu Kesultanan Aceh Darussalam (Reid 2005). Kemudian, hanya 13 tahun setelahnya, pada tahun 1509, Portugis tiba. Tahun 1511, Portugis menaklukan Malacca (=Malaysia sekarang). Tahun 1520, Aceh mulai gencar melakukan peperangan melawan Portugis. Aceh Darussalam mencapai Zaman keemasannya ketika pemerintahan Sulthan Iskandar Muda (1607-1636). Setelah itu Aceh mulai memudar seiring dengan menguatnya Belanda di Indonesia. Perang Aceh lawan Belanda (1873-1903), menandai berakhirnya masa Kesultanan Aceh.



Gambar 11. Hasil dari survei georadar dengan Zond-12 e dan antenna MLF 100 Mhz di lintasan jalan utama menuju gerbang mesjid.

### Siklus Gempa-Tsunami dan Dinamika Sejarah Aceh

Seperti diuraikan di atas, dari data pengangkatan koral-koral dapat diketahui bahwa gempa-tsunami besar yang terjadi tahun 1390 M dan 1450 M adalah sebesar gempa 2004, bahkan besar pengangkatan dari gempa 1450 M di utara Simelue lebih besar dibandingkan dengan yang terjadi tahun 2004 (Gambar 12).



Gambar 12. Siklus Mega Gempa-Tsunami dalam konteks sejarah Aceh (sumber: dikembangkan dari Meltzner et al. 2010).

Fakta geologi ini sesuai dengan perhitungan studi GPS bahwa perioda gempa setara Mw 9,2 di wilayah ini adalah sekitar 550 – 600 tahunan.

Beberapa koral mikroatol juga mengindikasikan terjadinya gempa besar sekitar tahun 960 M. Atas dasar data ini maka dapat disusun rekonstruksi siklus gempa besar sejak 500 Masehi seperti terlihat pada Gambar 12 di atas. Yang menjadi acuan siklus gempa besar ini adalah data paleogeodesi atau turun naiknya muka bumi di wilayah Simelue utara. Siklus gempa sangat besar ini disebut juga sebagai *earthquake supercycles* (Sieh *et al.*, 2008). Ada indikasi bahwa satu masa pelepasan akumulasi energi dikeluarkan oleh lebih dari satu gempa besar seperti yang terjadi pada tahun 1390 dan 1450 M. Hal yang serupa juga terjadi di segmen zona subduksi di wilayah Mentawai (Sieh *et al.*, 2008; Natawidjaja *et al.*, 2006). Setelah gempa Mw 9,2, memang telah terjadi banyak sekali gempa-gempa besar yang mengikutinya. Namun menurut perhitungan akumulasi energi gempa sejak gempa 1390 dan 1450 itu kemungkinan masih terdapat simpanan gempa yang cukup besar di wilayah Pulau Simelue ke utara, sehingga hal ini harus diwaspadai.

Yang menarik dari sejarah Aceh, Kerajaan Samudra Pasai sepertinya menghilang dari sejarah secara misterius setelah pemerintahan Sultan Abu Zaid Malik az-Zahir (1412 – 1455). Dalam beberapa sumber diceritakan bahwa masih ada beberapa sultan setelah Abu Zaid tapi sepertinya tidak ada aktifitas berarti, terutama menyangkut hubungan ke luar negeri. Lebih menarik lagi bahwa pada tahun 1496 muncul kerajaan yang sama sekali baru, bukan kelanjutan dari Kerajaan Samudra Pasai, yaitu Kesultanan Aceh Darussalam. Tidak seperti sebelumnya, di kesultanan baru ini hubungan dan pencampuran kebudayaan dengan Asia (India, Arab, Cina) kelihatannya lebih akrab. Bangsa Asing (Portugis) juga mulai masuk dan berperan setelah Samudra Pasai menghilang. Maka patut dicurigai bahwa keruntuhan Samudra Pasai mungkin terkait dengan bencana tsunami pada tahun 1450 M tersebut. Fakta bahwa pemerintahan Sultan Zain al - Abidin Malik az -Zahir (1383 – 1405) sepertinya baik-baik saja dan juga tidak diberitakan ada bencana besar sewaktu tiga kali kunjungan Laksamana Cheng-Ho pada tahun 1405, 1408, dan 1412, yaitu pada masa Sultan Shalahuddin (1405 – 1412), mengindikasikan

bahwa bencana gempa-tsunami tahun 1390-an tidak terlalu besar, dan ini memang cocok dengan data koral di utara Simelue yang memperlihatkan bahwa pengangkatan gempa 1390 jauh lebih kecil dibanding dengan gempa tahun 1450 (Gambar 12).

Apabila benar bahwa bencana gempa-tsunami memisahkan Zaman Samudra Pasai dari Aceh Darussalam maka mulai terkuak mengapa jejak-jejak sejarah sebelum Aceh Darussalam ini seolah-olah hilang ditelan bumi dan sedikit sekali yang tersisa. Ada beberapa jejak bangunan purba yang sekarang berada di bawah zona pasang surut di utara Banda Aceh, termasuk Makam Para Raja di Ujung Pancu/ Lhok Lambaro (McKinnon 1988), padahal sebuah makam para raja biasanya di tempat yang tinggi. Jadi fakta bahwa makam itu sekarang ada di bawah air menandakan bahwa lokasi ini telah mengalami penurunan akibat tektonik yang sangat cepat. Hal ini memang cocok dengan kondisi tektoniknya, karena lokasi ini berada pada zona *transtensional* besar dari Sesar Sumatra. Di zona pasang-surut di dekat makam ini pernah juga dilaporkan adanya bekas fondasi bangunan besar yang diduga bekas sebuah mesjid kuno, kemungkinan berasal dari Zaman Pasai atau sebelumnya. Dengan demikian, maka jejak-jejak peradaban Pasai dan sebelumnya kemungkinan besar banyak musnah dihancurkan oleh gelombang tsunami dan kemudian tertimbun tanah di perairan dangkal atau telah ditutupi oleh sedimen pantai yang tebal. Fakta lain yang menarik adalah adanya catatan Ibnu Batutta yang datang tahun 1345 tentang gambaran kota tua yang indah dan megah di lokasi Banda Aceh sekarang. Hal yang menarik untuk diteliti kenapa kota tua megah ini seolah-olah hilang jejaknya ditelan bumi, termasuk gambaran tentang benteng-benteng yang mengitari kota itu. Apakah karena dihancurkan leburkan oleh Belanda, atau oleh tsunami?

## KESIMPULAN

Dari data paleotsunami, paleogeodesi-mikroatol dan pengukuran tektonik GPS dapat disimpulkan pernah terjadi bencana gempa-tsunami pada tahun 960-an, 1390-an dan tahun 1450-an. Bencana tahun 1450-an setara bahkan bisa lebih besar dari bencana gempa-tsunami tahun 2004 (Mw 9,2). Siklus mega-tsunami di wilayah Aceh-Andaman ini berulang setiap 500 -600 tahun.

Sejarah Aceh mengindikasikan bahwa bencana tsunami tahun 1450-an kemungkinan punya andil besar dalam pergantian kekuasaan dari masa Kerajaan Samudra Pasai ke masa Kesultanan Aceh Darussalam. Integrasi pengetahuan bencana alam dan sejarah sangat penting untuk dapat memahami dengan utuh tentang bencana dan dampaknya terhadap kehidupan manusia. Pemahaman ini sangat penting untuk membangun strategi dan kesiapsiagaan masyarakat dalam mengantisipasi bencana yang mengancam kehidupan di masa datang seperti halnya yang sudah terjadi di masa lalu.

### UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian gempa tsunami di *megathrust* Sumatra sudah dilakukan sejak awal tahun 1990 atas kerjasama Puslit Geoteknologi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia dengan Tectonic Observatory California Institute of Technology (1990 – 2008) dan dengan Earth Observatory of Singapore (2008 – sekarang). Penelitian endapan tsunami di pantai utara Aceh dan penelitian pendahuluan ke situs cagar budaya Masjid-Candi Indrapuri dilakukan pada tahun 2011 dalam rangka kegiatan penelitian Tim Katastrofi Purba yang dikoordinasi oleh Kantor Staf Khusus Presiden Bidang Sosial dan Bencana Alam. Ucapan terimakasih kepada TDMRC Universitas Syah Kuala yang membantu kegiatan lapangan di wilayah NAD.

### DAFTAR PUSTAKA

- Briggs, R.W., Sieh, K., Meltzner, A.J., Natawidjaja, D.H., Galetzka, J., Suwargadi, B., Hsu, Y.J., Simons, M., Hananto, N., Suprihanto, I., Prayudi, D., Avouac, J.P., Prawirodirdjo, L., Bock, Y., 2006. Deformation and slip along the Sunda megathrust in the great 2005 Nias-Simeulue earthquake. *Science* 311(5769): 1897-1901.
- Chlieh, M., Avouac, J.-P., Hjorleifsdottir, V., Song, T.-R. A., Ji, C., Sieh, K., Sladen, A., Herbert, H., Prawirodirdjo, L., Bock, Y., Galetzka, J., 2007. Coseismic slip and afterslip of the great Mw 9.15 Sumatran-Andaman earthquake of 2004. *Bull. of Seism. Soc. of America* 97(1A), 8152-8173.
- Hill, E. M., Borrero, J.C., Zhenhua, H., Qiang QiuBanerjee, P., Natawidjaja D.H., Elosegui, P., Fritz, H.M., Suwargadi, B.W., Pranantyo, I.R., LinLinLi, Macpherson, K.A., Skanavis, V., Costa E., Synolakis, and Sieh, K., 2012. The 2010 Mw7.8 Mentawai earthquake: Very shallow source of a rare tsunami earthquake determined from tsunami field survey and near-field GPS data. *J. Geophys. Res.* 117, B06402, doi: 10.1029/2012JB009159.
- Höflmayer, Felix., 2012. The Date of the Minoan Santorini Eruption: Quantifying the “Offset”. *Radiocarbon* 54 (3-4), doi: 10.2458/azu\_js\_rc.v54i3-4.16157.
- Jankaew, K., Atwater, B.F., Sawai, Y., Choowong, M., Charoentitirat, T., Martin, M.E., dan Prendergast A., 2008. Medieval forewarning of the 2004 Indian Ocean tsunami in Thailand. *Nature* 455, 1228-1231.
- McKinnon, E., 1988. Beyond Serandib; A note on Lambri at the Northern Tip of Aceh. *Indonesia* 46, 103-121.
- McCoy, F. W., Heiken, G., 2000. Tsunami Generated by the Late Bronze Age Eruption of Thera (Santorini), Greece. *Pure and Applied Geophysics* 157, 1235–1241.
- Meltzner, A. J., Sieh, K., Chiang, H-W., Shen, C-C., Suwargadi, B.W., Natawidjaja D.H., Philibosian, B.E., Briggs, R.W., Galetzka, J., 2010. Coral evidence for earthquake recurrence and an A.D. 1390-1455 cluster at the south end of the 2004 Aceh-Andaman rupture. *J. Geophys. Res.*, 115 (B10402), doi: 10.1029/2010JB007499.
- Meltzner, A. J., Sieh, K., Chiang, H-W., Shen, Suwargadi, B.W., Natawidjaja, D.H. Philibosian, B. and Briggs, R., 2012. Persistent termini of 2004- and 2005-like ruptures of the Sunda megathrust. *J. Geophys. Res.* 117 (B04405), doi:10.1029/2011JB008888.
- Monecke, K., Finger, W., Klarer, D., Kongko, W., McAdoo B.G., Moore, A.L., and Sudrajat, S.U., 2008. A 1,000-year sediment record of tsunami recurrence in northern Sumatra. *Nature* 455, 1232-1234.

- Natawidjaja, D. H., 2005. The past, recent, and future giant earthquakes of the Sumatran megathrust. Prosiding JASS '05 Great Earthquakes in the Plate Subduction, Nagoya, Japan, Nagoya University and the JSPS.
- Natawidjaja, D. H., Sieh, K., 2006. Source Parameters of the great Sumatran megathrust earthquakes of 1797 and 1833 inferred from coral microatolls. *J. Geophys. Res.* 111, B06403, doi:10.1029/2005JB004025
- Natawidjaja, D. H., Sieh, K., 2004. Paleogeodetic records of seismic and aseismic subduction from central Sumatran microatolls, Indonesia. *J. Geophys. Res.* 109(B4)(4306): 1-34.
- Newcomb, K. R., dan McCann, W. R., 1987. Seismic history and seismotectonics of the Sunda Arc. *Journal of Geophysical Research* 92, 421-439.
- Reid, A., 2005. An Indonesian frontier: Acehnese and other histories of Sumatra. Singapore Univ. Press., 439 pp.
- Reid, A., 2010. Sumatra Tempo Doeloe, Dari Marcopolo sampai Tan Malaka. *Komunitas Bambu*, 448 pp.
- Sigurdsson, H., Cashdollar, S., Sparks, R., Stephen J., January 1982. The Eruption of Vesuvius in A. D. 79: Reconstruction from Historical and Volcanological Evidence. *American Journal of Archaeology* (American Journal of Archaeology, 86 (1), 39–51. doi:10.2307/504292. JSTOR 50429.
- Sieh, K., Natawidjaja, D. H., Meltzner, A.J., Shen, C.C., Suwargadi, B.W., Galetzka, J., Kue-Shu L., Cheng, Edwards, R.L., 2008. Paleogeodetic Evidence for Earthquake Supercycles on the Sunda Megathrust, Mentawai, *Science* 322, 1674-1678.
- Sieh, K., Daly, P., Edward E. M., Pillarszyk, J.E., 2014. Penultimate predecessors of the 2004 Indian Ocean tsunami in Aceh, Sumatra: Stratigraphic archeological, and historical evidence *J. Geophys. Res.* 120, doi: 10.1002/2014JBO11538
- Subarya, C., Chlieh, M., Prawirodirdjo, L., Avouac, J.P., Bock, Y., Sieh, K., Meltzner, A.J., Natawidjaja, D. N., dan McCaffrey, R., 2006. Plate-boundary deformation associated with the great Sumatra–Andaman earthquake. *Nature* 440, 46-51, doi:10.1038/nature04522.
- Zanella, E., Gurioli, L., Pareschi, M.T., Lanza, R., 2007. Influences of urban fabric on pyroclastic density currents at Pompeii (Italy): Part II: temperature of the deposits and hazard implications. *J. Geophys. Res.* 112, B05214, doi:10.1029/2006JB004775.
- Wiener M.H., dan Earle, J. W., 2014. Radiocarbon dating of the Thera eruption, *Open Journal of Archaeometry*, 2 (1), doi: 10.4081/arc.2014.5265.