

KATALOG TSUNAMI INDONESIA TAHUN 416 - 2021



KEMENTERIAN ENERGI DAN SUMBERDAYA MINERAL
BADAN GEOLOGI
PUSAT VULKANOLOGI DAN MITIGASI BENCANA GEOLOGI

KATALOG TSUNAMI INDONESIA TAHUN 416 - 2021

KEMENTERIAN ENERGI DAN SUMBERDAYA MINERAL
BADAN GEOLOGI
PUSAT VULKANOLOGI DAN MITIGASI BENCANA GEOLOGI

Jl. Diponegoro No. 57 Bandung 40122
Telepon: +62-22 7272606, 7272604 Faksimili: +62-22 7202761
Homepage: www.vsi.esdm.go.id
E-mail: pvmgbg@esdm.go.id
Portal: <https://vsi.esdm.go.id/portalmgbg/>
Magma: <https://magma.esdm.go.id>



KATALOG TSUNAMI INDONESIA TAHUN 416 – 2021

PENYUSUN:

Dr. Yudhicara, S.T., M.Si.
Dr. Athanasius Cipta, S.T., M.Sc.
Imun Maemunah, S.T., M.Si.
Arianne Pingkan Lewu, S.T.
Fadlyanto Nurfalah, A,Md.

PENYUNTING:

Agus Budiarto, Ir. DEA.
Dr. Ir. Sri Hidayati, M.Sc.
Dr. Supartoyo, S.T., M.T.



KEMENTERIAN ENERGI DAN SUMBERDAYA MINERAL
BADAN GEOLOGI
PUSAT VULKANOLOGI DAN MITIGASI BENCANA GEOLOGI

Jl. Diponegoro No. 57 Bandung 40122
Telepon: (022) 7272606 Facsimilie: (022) 7202761
Homepage:<http://www.vsi.esdm.go.id>

2023

ISBN 978-602-9105-96-4



9

786029

105964

KATA PENGANTAR

Segala puji dan Syukur, kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Kuasa, yang atas rahmat dan karuniaNya, Katalog Tsunami Indonesia ini dapat dihadirkan.

Sebagian besar isi dari Katalog Tsunami Indonesia ini, mengacu pada Katalog Tsunami yang ditulis oleh Soloviev, S. L. dan Go, Ch. N., 1974, yang berjudul: "*A Catalogue of Tsunamis on the Western Shore of the Pacific Ocean*". Diterbitkan oleh Moscow, "Nauka" Publishing House, 308h, dan diterjemahkan ke dalam Bahasa Inggris oleh *Canada Institute for Scientific and Technical Information, National Research Council, Ottawa, Canada KIA OS2*.

Pemutakhiran data tsunami setelah tahun 1974, diperoleh dari literatur, hasil kajian dan hasil penelitian yang dilakukan baik oleh peneliti nasional maupun internasional, terutama hasil penelitian yang pernah dilakukan oleh Badan Geologi, dalam hal ini Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, yang memiliki tugas melaksanakan penelitian, penyelidikan, perekayasa dan pelayanan di bidang vulkanologi dan mitigasi bencana geologi.

Keberadaan Katalog Tsunami Indonesia ini, diharapkan dapat memperkaya data dan informasi tentang kebencanaan, khususnya tsunami, sehingga sedikit banyak menjadi pembelajaran bagi kita semua, untuk lebih waspada, dan bersiap atas segala kemungkinan yang bisa terjadi di masa yang akan datang.

Bentuk upaya pengurangan resiko bencana dan peringatan dini, diharapkan dapat terus dilakukan, agar kita bisa selamat dan hidup berdampingan dengan bencana, karena bencana tidak dapat dicegah, namun kita bisa mempersiapkan diri sebaik mungkin.

Akhirul kata, penyusun mengucapkan terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada semua pihak yang telah berkontribusi aktif dalam penyusunan Katalog Tsunami Indonesia ini.

Bandung, 16 November 2023

Penyusun

SAMBUTAN

KEPALA BADAN GEOLOGI, KEMENTERIAN ESDM

Saya menyambut gembira atas terbitnya buku Katalog Tsunami di Indonesia dari tahun 416 hingga 2021. Sebagaimana yang kita ketahui bahwa Indonesia merupakan negara kepulauan dengan jumlah sekitar 17.504 dan sebagian besar merupakan wilayah pantai. Menurut data Pushidrosal, wilayah laut Indonesia memiliki luas sekitar 6.400.000 km² dan garis pantai sepanjang 108.000 km. Secara tektonik wilayah Kepulauan Indonesia terletak pada pertemuan empat lempeng aktif dunia, yaitu lempeng Eurasia, Indo-Australia, Laut Filipina dan Pasifik. Pertemuan antar lempeng tersebut mengakibatkan terbentuknya zona subduksi sebagai sumber gempa bumi dan juga sebagai sumber pembangkit tsunami (tsunamigenik).

Selain itu terdapat sumber pembangkit lainnya di wilayah Indonesia, yaitu erupsi gunung api dan gerakan tanah atau longsor di dasar laut atau longsor di tepi pantai dengan material menuju ke laut. Sebagian besar kejadian tsunami di wilayah Indonesia dipicu oleh kejadian gempa bumi, antara lain : kejadian tsunami Aceh (2004), Pangandaran (2006), Mentawai (2010), dan lain-lain. Kejadian tsunami dipicu erupsi gunung api terjadi pada tahun 1833 dan 2018 akibat erupsi gunung api Krakatau. Selain itu wilayah Indonesia juga memiliki sejarah kejadian tsunami akibat gerakan tanah/ longsor yaitu : tsunami Lembata (1979), Teluk Palu (2018) dan Pulau Seram (1899, 2006 dan 2021). Padatnya permukiman dan aktivitas manusia (seperti pelabuhan, tempat pariwisata) pada wilayah pantai mengakibatkan tingginya potensi risiko terlanda bencana tsunami.

Penyusunan buku katalog tsunami sangatlah penting karena dengan adanya data kejadian tsunami di seluruh wilayah Indonesia akan membantu dalam mengidentifikasi dan menyusun Peta Kawasan Rawan Bencana (KRB) tsunami yang dilakukan oleh Badan Geologi sebagai wali data. Hal ini sesuai dengan peraturan yang berkaitan dengan mitigasi bencana tsunami seperti Peraturan Menteri ESDM nomor 15 tahun 2011 tentang Pedoman Mitigasi Bencana Gunung api, Gerakan Tanah, Gempa bumi dan Tsunami. Data kejadian tsunami sangat mendukung untuk melakukan upaya mitigasi bencana tsunami. Sejarah kejadian tsunami mencatat bahwa beberapa wilayah pantai di Indonesia terletak sangat dekat dengan sumber pembangkit tsunami, sehingga waktu untuk menyelamatkan diri sangat sedikit. Hal itu harus menjadi perhatian untuk kita semua.

Selain itu akan mendukung dalam perencanaan penataan ruang di wilayah pantai. Dengan mempelajari kejadian tsunami sebelumnya yang pernah terjadi banyak pelajaran yang didapatkan, antara lain: mengidentifikasi wilayah rawan tsunami, mempelajari dampak kejadian tsunami (tinggi tsunami, tinggi rendaman, landaan), dan yang penting adalah adanya kearifan lokal yang dapat meminimalisir dampak kejadian tsunami. Kearifan lokal “smong” di Pulau Simelue terbukti bisa mengurangi korban jiwa akibat kejadian tsunami dan hingga kini menjadi pembelajaran penting dalam mitigasi tsunami.

Harapan kami dengan kehadiran buku ini akan dapat membantu dalam upaya peningkatan kegiatan mitigasi tsunami yang bertujuan untuk mengurangi risiko yang mungkin akan terulang di kemudian hari.

Bandung, 15 November 2023

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Muhammad Wafid', with a large, sweeping flourish on the left side.

Dr. Ir. Muhammad Wafid A.N., M.Sc.

SAMBUTAN

KEPALA PUSAT VULKANOLOGI DAN MITIGASI BENCANA GEOLOGI

Sebagai negara kepulauan dengan panjang garis pantai 99.083 km, menjadi hal yang logis wilayah Indonesia rawan terhadap bencana tsunami. Hampir di sepanjang pantai Pulau Sumatra, Jawa, Bali, Nusa Tenggara, Kalimantan, Sulawesi, Maluku dan Papua pernah mengalami kejadian tsunami ini. Disamping itu, sekitar 65% penduduk Indonesia bermukim dan beraktivitas di wilayah pesisir, maka jika terjadi tsunami akan merupakan salah satu bencana alam yang memiliki dampak sangat besar.

Sebagaimana kita ketahui ada tiga sumber utama pembangkit tsunami yaitu gempa bumi, letusan gunung api, dan longsoran. Tsunami yang dibangkitkan oleh gempa bumi umumnya berasosiasi dengan patahan yang bergerak vertikal dan menyebabkan pergerakan dasar laut secara vertikal yang cukup besar. Tsunami besar dan memiliki dampak luas berkaitan dengan panjang patahan, salah satunya adalah tsunami Aceh 2004, yang memiliki panjang patahan hingga sekitar 1200 km dengan lebar sekitar 200 km. Tsunami yang dibangkitkan oleh letusan gunung api, umumnya terjadi pada gunung api yang berbentuk pulau gunung api seperti erupsi Gunung Krakatau 1883, Gunung Gamalama, Gunung Gamkonora, Gunung Awu, Gunung Ruang, Gunung Banua Wuhu dan runtuhannya kaldera, seperti erupsi Gunung Tambora 1815. Tsunami yang dibangkitkan oleh longsoran bisa berupa longsoran di darat yang menerpa badan air atau longsoran di bawah laut, yang dapat membangkitkan tsunami jika massa yang berpindah cukup besar dan cepat. Masih segar dalam ingatan kita kejadian longsoran yang dipicu gempa bumi di Palu dan longsoran sebagian tubuh gunung api di Selat Sunda tahun 2018 yang menimbulkan tsunami.

Upaya mitigasi bencana tsunami telah dilakukan oleh Badan Geologi, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral melalui Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi dengan menerbitkan peta Kawasan Rawan Bencana Tsunami di seluruh wilayah Pantai yang rawan tsunami dan sosialisasi ke masyarakat, sekolah dan stakeholder di sekitar pesisir yang pernah mempunyai sejarah kejadian tsunami ataupun yang mempunyai potensi terlanda tsunami di masa datang. Luasnya wilayah Indonesia yang rawan bencana tsunami dan padatnya penduduk di kawasan pesisir menjadi tantangan tersendiri untuk program meminimalkan korban akibat bencana tsunami.

Penyusunan Katalog Tsunami ini adalah bagian dari upaya mitigasi bencana tsunami. Karena dengan menghimpun kejadian tsunami yang pernah terjadi di berbagai wilayah Indonesia pada

masa lalu, ada pembelajaran yang didapatkan, ada kearifan lokal bagaimana orang dulu bisa *survive* menghadapi tsunami, di kala teknologi belum se-modern sekarang. Selain itu dari Katalog Tsunami ini kita bisa mendapatkan gambaran mengenai sejarah kejadian tsunami yang disebabkan oleh fenomena geologi di Indonesia, yang berguna untuk mengidentifikasi wilayah rawan tsunami dan mempelajari karakteristik tsunami yang melanda suatu wilayah. Dengan memahami karakteristik tsunami ini diharapkan kita bisa mengantisipasi kejadian tsunami yang akan datang, dengan kesiapsiagaan yang matang, sehingga korban jiwa bisa ditekan seminimal mungkin.

Bandung, 14 November 2023



Dr. Ir. Hendra Gunawan

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	iii
SAMBUTAN KEPALA BADAN GEOLOGI	iv
SAMBUTAN KEPALA PUSAT VULKANOLOGI DAN MITIGASI BENCANA GEOLOGI	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Maksud dan Tujuan	4
1.3 Metodologi	5
BAB 2. SUMBER PEMBANGKIT TSUNAMI DI INDONESIA	7
2.1 Tsunami Akibat Gempa Bumi	7
2.2 Tsunami Akibat Aktivitas Gunung Api	10
2.3 Tsunami Akibat Longsoran	13
BAB 3. PARAMETER TSUNAMI	17
3.1 Ketinggian Tsunami	17
3.2 Genangan Tsunami (<i>Tsunami Inundation</i>)	17
3.3 Arah Aliran Gelombang Tsunami	17
3.4 Waktu Tiba Tsunami	18
3.5 Panjang Gelombang Tsunami	18
3.6 Magnitudo Tsunami	19
3.7 Intensitas Tsunami	19
BAB IV SEJARAH TSUNAMI DI WILAYAH INDONESIA	21
4.1 Aceh	23
4.2 Sumatera Utara	29
4.3 Sumatera Barat	36
4.4 Bengkulu	42
4.5 Bangka-Belitung	46

4.6 Lampung	47
4.7 Banten	51
4.8 DKI Jakarta	53
4.9 Jawa Barat	55
4.10 Jawa Tengah	60
4.11 Jawa Timur	62
4.12 Bali	65
4.13 Nusa Tenggara Barat	67
4.14 Nusa Tenggara Timur	71
4.15 Kalimantan	75
4.16 Maluku	77
4.17 Maluku Utara	99
4.18 Sulawesi Utara	104
4.19 Gorontalo	114
4.20 Sulawesi Barat	116
4.21 Sulawesi Tengah	118
4.22 Sulawesi Selatan	127
4.23 Papua	130
DAFTAR PUSTAKA	135

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Indonesia Berada pada Pertemuan Empat Lempeng Dunia (Arrowsmith, 2013)	1
Gambar 2. Kegempaan di Indonesia di Sepanjang Batas Lempeng Tektonik Kedalaman Pusat Gempa semakin dalam menjauhi batas lempeng, bulatan merah menandakan gempa dangkal, hijau gempa menengah dan biru gempa dalam (Hall, 2009).....	2
Gambar 3. Kondisi Kegempaan di Indonesia Bagian Barat (Hall, 2009)	2
Gambar 4. Peta Tektonik Wilayah Indonesia Timur dan sebaran episenter; SLW: Pulau Sulawesi; ML: Pulau Maluku; PA: Pulau Papua; HLM: Pulau Halmahera; SNA: lengan utara Sulawesi; SS: lempengan Sulawesi; PS: Lempengan Filipina; HT dan ST : Palung Halmahand Sangihe; HA dan SA: Busur gunung api Halmahera dan Sangihe; CS: Laut Sulawesi; MP: Semenanjung Minahasa; GB: Cekungan Gorontalo; MS: Laut Maluku; MTR: Punggung Bukit Mayu-Talud; BSF, MSF, dan SSF: Sesar Bacan, Molucca, dan Sula Sorong (Rachman <i>et al.</i> , 2022)	3
Gambar 5. Rangkaian Gunung Api Sebagai Konsekuensi Pergerakan Lempeng (Hall, 2009)	3
Gambar 6. Tsunami Akibat Gempa Bumi karena Adanya Deformasi Lantai Samudera (Tribun Jabar, 2023)	7
Gambar 7. Model Segmentasi Megathrust di Indonesia (Irsyam <i>et al.</i> , 2010)	9
Gambar 8. Estimasi Magnitudo Maksimum dan Laju Sesar di Indonesia (Irsyam, <i>et. al.</i> , 2010)	9
Gambar 9. Ilustrasi Tsunami Akibat Erupsi Gunung Api Bawah Laut (Tribun Jabar, 2023)	10
Gambar 10. Gumpalan abu membubung saat Anak Krakatau meletus di Indonesia, 23 Desember 2018 (Gambar diambil oleh Susi Air/REUTERS)	11
Gambar 11. Ilustrasi Tsunami Akibat Longsoran Bawah Laut (Tribun Jabar, 2023)	14
Gambar 12. Kejadian Gempa di Maluku 16 Juni 2021 Memicu Longsoran Bawah Laut di Seram dan Tsunami setinggi 0,5 m di Tehoru (Tribun Ambon, 2021)	14
Gambar 13. Longsoran di Pulau Lembata yang Memicu Tsunami Setinggi 7-9 m (Iryanto, 1979)	15

Gambar 14. Sisa Longsoran di Pulau Lembata yang Memicu Tsunami Tahun 1979 (Yudhicara, 2015)	15
Gambar 15. Parameter Tsunami (modifikasi dari Abe, 1989)	18
Gambar 16. Peta Sebaran Kejadian Tsunami di Indonesia	22
Gambar 17. Peta Sejarah Kejadian Tsunami di Provinsi Aceh	23
Gambar 18. <i>Run up</i> tsunami maksimum di Lhoknga (34 m); Inundasi maksimum di Kota Banda Aceh (6,5 km) dari garis pantai hingga ke Mesjid Baiturrahman. (ITST, 2005)	27
Gambar 19. Lokasi yang mengalami penurunan kerak bumi di Lho Ulee, NAD, setelah tsunami 26 Desember 2004 (ITST, 2005)	27
Gambar 20. Pemetaan Genangan Tsunami, setelah tsunami NAD tahun 2004 (ITST, 2005)	28
Gambar 21. Ketinggian genangan tsunami di dinding rumah penduduk (kiri) dan di perbukitan di Lhoknga, NAD (kanan), setelah 26 Desember 2004 (ITST, 2005)	28
Gambar 22. Endapan tsunami di Krueng Cut, NAD setelah tsunami 26 Desember 2004 (ITST, 2005)	28
Gambar 23. Peta Sejarah Kejadian Tsunami di Wilayah Provinsi Sumatera Utara	29
Gambar 24. Peta Sejarah Kejadian Tsunami di Wilayah Provinsi Sumatera Barat	36
Gambar 25. Efek Tsunami 25 Oktober 2010 di Desa Bosua (kiri) dan Desa Tumalei (kanan), Mentawai (GITST, 2010)	40
Gambar 26. Efek tsunami di Pulau Sibigou (kiri), dan tanaman yang rebah ke arah tertentu sebagai indikasi arah aliran tsunami (kanan) (GITST, 2010)	40
Gambar 27. Jejak endapan tsunami Mentawai 2010 di Malakopa (kiri, Limosua (Tengah) dan Silabu-labu (kanan) (GITST, 2010)	41
Gambar 28. Jejak endapan tsunami Mentawai 2010 di Pulau Sibaru-baru (kiri), Betumonga (tengah) dan Sabegungung (kanan) (GITST, 2010)	41
Gambar 29. Jejak endapan tsunami di Pulau Bitojat (kiri) dan bongkah koral yang Terseret dan terendapkan dalam posisi terbalik di Pulau Kasi (GITST, 2010)	41
Gambar 30. Fosil moluska mikro (gastropoda) dan foraminifera bentonik penunjuk lingkungan pengendapan laut dangkal hingga laut marginal, terdiri dari: 1) <i>Hyperammia indicate</i> ; 2) <i>Tubinella sp.</i> ; 3) <i>Alphidium crispum</i> ; 4) <i>Peneropolis pertusus</i> ; 5) <i>Discorbis sp.</i> ; 6) <i>Loxostomum sp.</i> ; 7) <i>Rotalia sp.</i> ; dan 8) <i>Rotalia beccarii</i> (laut marginal)	42

Gambar 31. Peta Sejarah Kejadian Tsunami di Wilayah Provinsi Bengkulu	42
Gambar 32. Kejadian Tsunami akibat Longsor di Wilayah Bangka-Belitung	46
Gambar 33. Peta Sejarah Kejadian Tsunami di Wilayah Lampung dan Selat Sunda	48
Gambar 34. Jejak endapan paleotsunami akibat letusan Gunung Krakatau 1883 di Dusun Gubuk Garam, Desa Tarahan, Kecamatan Katibung, Kabupaten Lampung Selatan (Yulianto <i>et al.</i> , 2007)	51
Gambar 35. Bongkah koral ditemukan di pinggir jalan utama Anyer, Banten, yang Terangkut oleh tsunami akibat letusan Gunung Krakatau 1883	51
Gambar 36. Peta Sejarah Tsunami di Wilayah Banten	52
Gambar 37. Kerusakan pada bangunan hotel di Tanjung Lesung Resort oleh Tsunami 22 Desember 2018 (Yudhicara <i>et al.</i> , 2019)	53
Gambar 38. Kerusakan pada bangunan di Pantai Paradise, belakang Hotel Mutiara, Desa Banjarmasin, Carita Banten (Yudhicara <i>et al.</i> , 2020).....	53
Gambar 39. Peta Sejarah Kejadian Tsunami di Wilayah Provinsi DKI Jakarta	54
Gambar 40. Peta Sejarah Kejadian Tsunami di Wilayah Jawa Barat	56
Gambar 41. Tinggi genangan tsunami di Karapyak, Pasca Tsunami Pangandaran 27 Juli 2006 (kiri) dan Ketinggian genangan tsunami berdasarkan sampah yang ditinggalkannya di atap rumah (kanan) (Yudhicara <i>et al.</i> , 2007)	59
Gambar 42. Jejak tsunami dengan struktur pembebanan dan buah nipah pada endapan paleotsunami di Sungai Cikembulan (Yulianto <i>et al.</i> , 2007)	60
Gambar 43. Perulangan jejak paleotsunami (tanda panah biru), tanda panah berwarna merah menunjukkan jejak tsunami modern tahun 2006 ditemukan di dinding Sungai Cikembulan (kiri) (Yulianto <i>et al.</i> , 2007) dan dua endapan paleotsunami di Desa Karapyak, Pangandaran, Jawa Barat (kanan) (Yudhicara, <i>et al.</i> , 2014)	60
Gambar 44. Peta Sejarah Kejadian Tsunami di Jawa Tengah dan Provinsi D.I. Yogyakarta	61
Gambar 45. Peta Sejarah Kejadian Tsunami di Wilayah Provinsi Jawa Timur	63
Gambar 46. Jejak Tsunami 3 Juni 1994 berupa batu (Moro Seneng) di Pulau Merah, Dusun Pancer, Desa Sumber Agung, Kecamatan Pesanggrahan, Banyuwangi yang diduga terpindahkan sejauh ~150 m oleh gelombang tsunami (Rinowati, 2019)	65
Gambar 47. Monumen peringatan tsunami di Dusun Pancer, Desa Pasanggrahan	

Kabupaten Banyuwangi (Hariyanto, 2022)	65
Gambar 48. Peta Sejarah Kejadian Tsunami di Wilayah Bali	66
Gambar 49. Peta Sejarah Kejadian Tsunami di Wilayah Provinsi Nusa Tenggara Barat	68
Gambar 50. Peta Sejarah Kejadian Tsunami di Wilayah Provinsi Nusa Tenggara Timur	72
Gambar 51. Sebuah perahu boat terlempar ke darat akibat gelombang pasang raksasa (tsunami) yang melanda Pulau Flores, Sabtu, 12 Desember 1992) (Kompas/Tanuredjo, 2019)	75
Gambar 52. Peta Sejarah Kejadian Tsunami di Wilayah Kalimantan	76
Gambar 53. Peta Sejarah Kejadian Tsunami di Wilayah Maluku	78
Gambar 54. Pasca Gempa bumi 14 Maret 2006: Rekahan tanah dijumpai di Desa Pela (kiri) dan di sepanjang jalan pantai ke arah Batujungku (kanan), (Yudhicara <i>et al.</i> , 2007)	95
Gambar 55. Indikasi pelulukan tanah (likuefaksi) di Desa Pela. Pasir yang menyembur ke permukaan tanah (kiri), dan air sumur kering dan tertutup pasir (kanan) (Yudhicara <i>et al.</i> , 2007)	95
Gambar 56. Jejak air pada dinding rumah penduduk (kiri) dan akibat genangan gelombang tsunami yang memporakporandakan bangunan yang hancur akibat gempa (kanan), (Yudhicara <i>et al.</i> , 2007)	96
Gambar 57. Efek Guncangan gempa bumi di Desa Pela (Yudhicara <i>et al.</i> , 2006)	96
Gambar 58. Struktur tapal kuda di sepanjang pantai selatan Pulau Seram, merupakan indikasi longsoran bawah laut (Yudhicara, 2008)	97
Gambar 59. Perilaku pepohonan tua yang miring ke arah laut, mengindikasikan adanya tarikan dari arah laut dalam periode waktu tertentu (Yudhicara, 2008)	97
Gambar 60. Amblesan sebagian daratan pantai sejauh 25-40 m di Dusun Paulohi, panah menunjukkan garis pantai lama (kiri) dan akar pohon pada pantai lama (kanan) (Yudhicara, 2008)	98
Gambar 61. Gelombang tsunami setinggi 50 cm teramati di Desa Mahu, Tehoru (kiri) Pohon kelapa berada di laut, menandakan sebagian dataran pantai jatuh ke laut (kanan) (Tribun Ambon, 2021)	98
Gambar 62. Indikasi Adanya Daratan yang jatuh ke dalam Laut (Tempo, 2021)	99
Gambar 63. Peta Sejarah Kejadian Tsunami di Wilayah Maluku Utara	100
Gambar 64. Keterdapatn endapan Paleotsunami di Ternate di bawah produk letusan Gunung Gamalama 1907 (kiri) dan lima lapisan paleotsunami menunjukkan	

<i>multi event</i> tsunami (kanan) (Yudhicara, 2022)	104
Gambar 65. Peta Sejarah Kejadian Tsunami di Wilayah Sulawesi Utara	105
Gambar 66. Peta Sejarah Kejadian Tsunami di Wilayah Gorontalo	115
Gambar 67. Peta Sejarah Kejadian Tsunami di Wilayah Sulawesi Barat	117
Gambar 68. Peta Sejarah Kejadian Tsunami di Wilayah Sulawesi Tengah	119
Gambar 69. Indikasi penurunan dataran pantai (<i>subsidence</i>) berupa posisi kanopi pohon yang muncul di permukaan laut dan pohon kelapa yang semula di darat, kini terendam air laut di Labuan Beru (Yudhicara, <i>et al.</i> , 2018)	123
Gambar 70. Indikasi undak pantai akibat penurunan (<i>subsidence</i>) setinggi 0,62 m (Yudhicara, <i>et al.</i> , 2018)	123
Gambar 71. Indikasi penurunan dataran pantai (<i>subsidence</i>) dan mundurnya garis pantai di Lero Tatari, Kecamatan Sindue (Yudhicara <i>et al.</i> , 2018)	124
Gambar 72. Indikasi pantai yang amblas ke dalam laut, diperlihatkan oleh posisi pohon yang seharusnya di daratan, menjadi lautan (Yudhicara <i>et al.</i> , 2018).	124
Gambar 73. Indikasi penurunan yang terdapat di darat setinggi 1 m (Yudhicara <i>et al.</i> , 2018)	125
Gambar 74. Efek genangan tsunami pada dinding pagar bangunan (Yudhicara <i>et al.</i> , 2018)	125
Gambar 75. Jejak cipratan (<i>splash</i>) gelombang tsunami di langit-langit (Yudhicara <i>et al.</i> , 2018)	126
Gambar 76. Endapan tsunami di bagian tengah genangan lebih tebal dibandingkan dengan di tepi pantai Lasehan. Urutan huruf menunjukkan urutan pengendapan, A adalah permukaan tanah awal, B,C,D,E,F adalah endapan tsunami modern (Yudhicara <i>et al.</i> , 2018)	127
Gambar 77. Endapan Tsunami 2018 di Pantoloan (kiri) dan Rinda Permai (kanan) (Yudhicara <i>et al.</i> , 2018)	127
Gambar 78. Peta Sejarah Kejadian Tsunami di Wilayah Sulawesi Selatan	128
Gambar 79. Peta Sejarah Kejadian Tsunami di Wilayah Papua	131
Gambar 80. Sisa bangunan yang diterpa tsunami Biak 1996 (kiri), endapan tsunami di Korem, Biak, 1996 (kanan) (Yudhicara, 2012)	134
Gambar 81. Fosil foraminifera planktonik dalam kondisi <i>reworks</i> dan warna keruh yang mengindikasikan terpindahkan oleh gelombang tsunami Biak, tahun 1996 (Yudhicara, 2012)	135
Gambar 82. Fosil foraminifera bentonik yang menjadi penunjuk lingkungan pengendapan	

tempat sedimen terbawa oleh gelombang tsunami yaitu dari laut dangkal (Yudhicara, 2012)	135
---	-----

DAFTAR TABEL

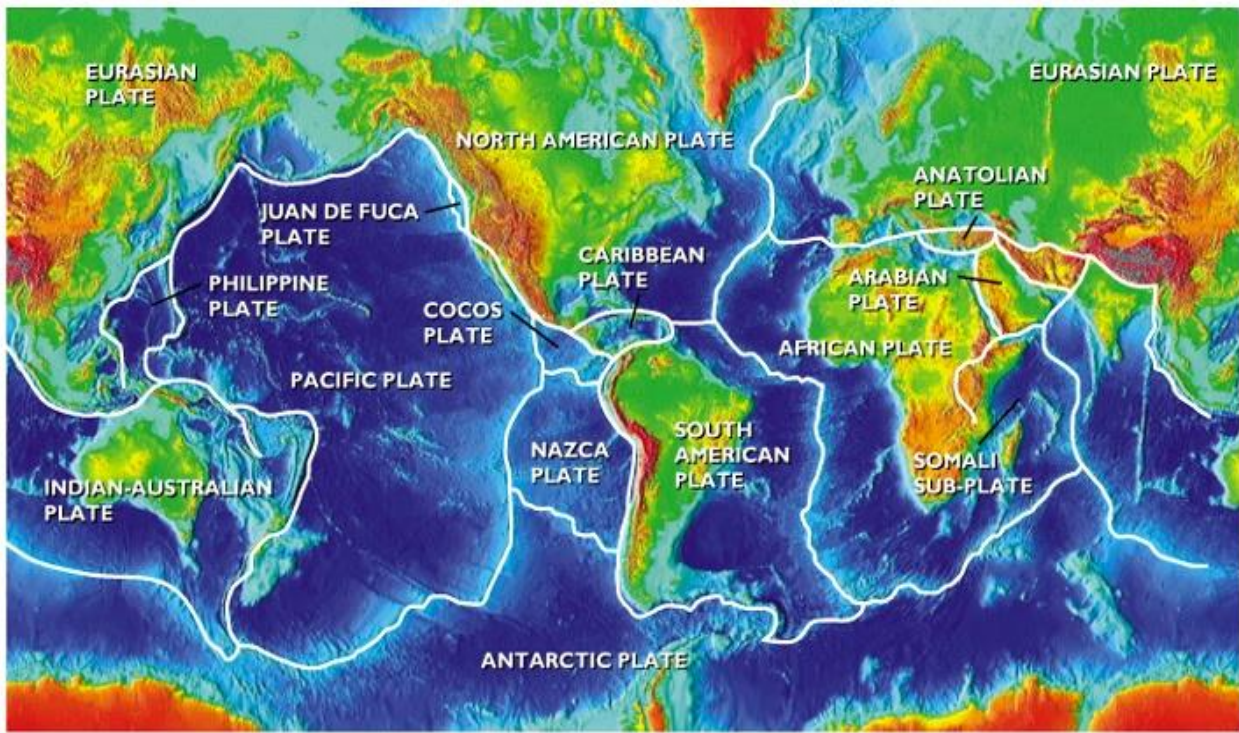
Tabel 1. Daftar Sejarah Tsunami Akibat Erupsi Gunung Api (Soloviev & Ch, N.Go.,1974; Rynn, 2022)	12
Tabel 2. Daftar Gunung Api yang berpotensi menimbulkan tsunami (Rynn, 20002)	13
Tabel 3. Skala Intensitas Tsunami (Papadopoulos & Imamura, 2001)	20
Tabel 4. Daftar Kejadian Tsunami di Wilayah Aceh	24
Tabel 5. Daftar Kejadian Tsunami di Wilayah Sumatera Utara	30
Tabel 6. Daftar Kejadian Tsunami di Wilayah Sumatera Barat	37
Tabel 7. Daftar Kejadian Tsunami di Wilayah Bengkulu	44
Tabel 8. Daftar Kejadian Tsunami di Wilayah Bangka-Belitung	47
Tabel 9. Daftar Kejadian Tsunami di Wilayah Lampung dan Selat Sunda	49
Tabel 10. Daftar Kejadian Tsunami di Wilayah Banten	53
Tabel 11. Daftar Kejadian Tsunami di Wilayah DKI Jakarta	55
Tabel 12. Daftar Kejadian Tsunami di Wilayah Jawa Barat	57
Tabel 13. Daftar Kejadian Tsunami di Wilayah JawaTengah dan D.I. Yogyakarta	62
Tabel 14. Daftar Kejadian Tsunami di Wilayah Jawa Timur	64
Tabel 15. Daftar Kejadian Tsunami di Wilayah Bali	67
Tabel 16. Daftar Kejadian Tsunami di Wilayah Nusa Tenggara Barat	69
Tabel 17. Daftar Kejadian Tsunami di Wilayah Nusa Tenggara Timur	73
Tabel 18. Daftar Kejadian Tsunami di Tsunami di Wilayah Kalimantan	77
Tabel 19. Daftar Kejadian Tsunami di Wilayah Maluku	79
Tabel 20. Daftar Kejadian Tsunami di Tsunami di Wilayah Maluku Utara	101
Tabel 21. Daftar Kejadian Tsunami di Tsunami di Wilayah Sulawesi Utara	106
Tabel 22. Daftar Kejadian Tsunami di Tsunami di Wilayah Gorontalo	116
Tabel 23. Daftar Kejadian Tsunami di Tsunami di Wilayah Sulawesi Barat	118
Tabel 24. Daftar Kejadian Tsunami di Tsunami di Wilayah Sulawesi Tengah	120
Tabel 25. Daftar Kejadian Tsunami di Tsunami di Wilayah Sulawesi Selatan	129
Tabel 26. Daftar Kejadian Tsunami di Tsunami di Wilayah Sulawesi Selatan	132

BAB I

PENDAHULUAN

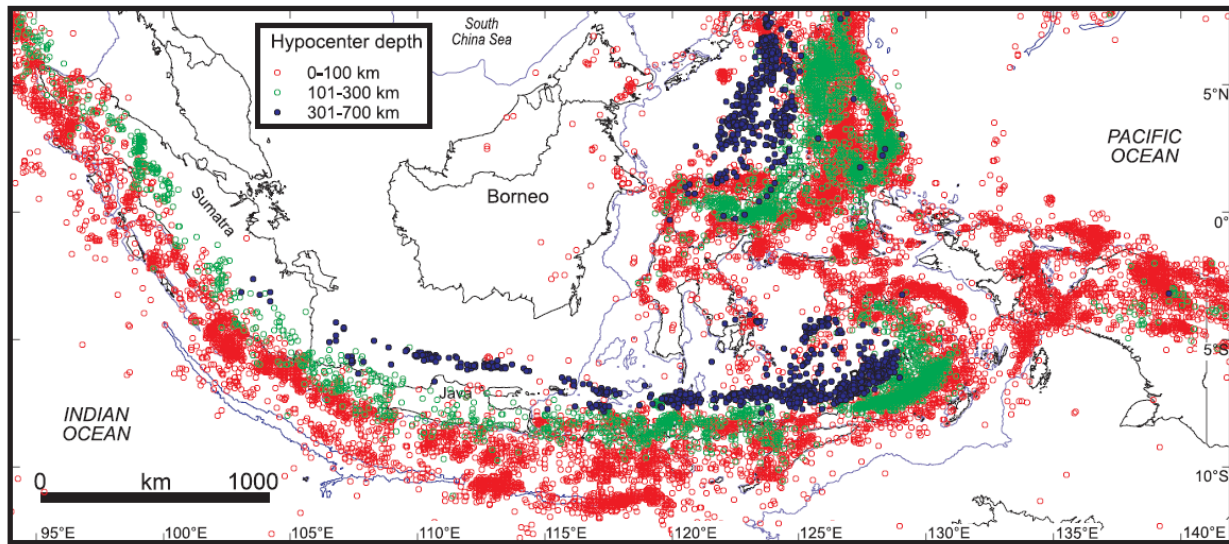
1.1 Latar Belakang

Indonesia berada pada pertemuan empat lempeng tektonik aktif dunia, yaitu Indo-Australia, Eurasia, Pasifik dan Filipina (Gambar 1). Batas pertemuan lempeng ditandai dengan kegempaan, dan konsekuensi pergerakan lempeng, menghasilkan struktur geologi berupa sesar dan terbentuknya rangkaian gunung api.

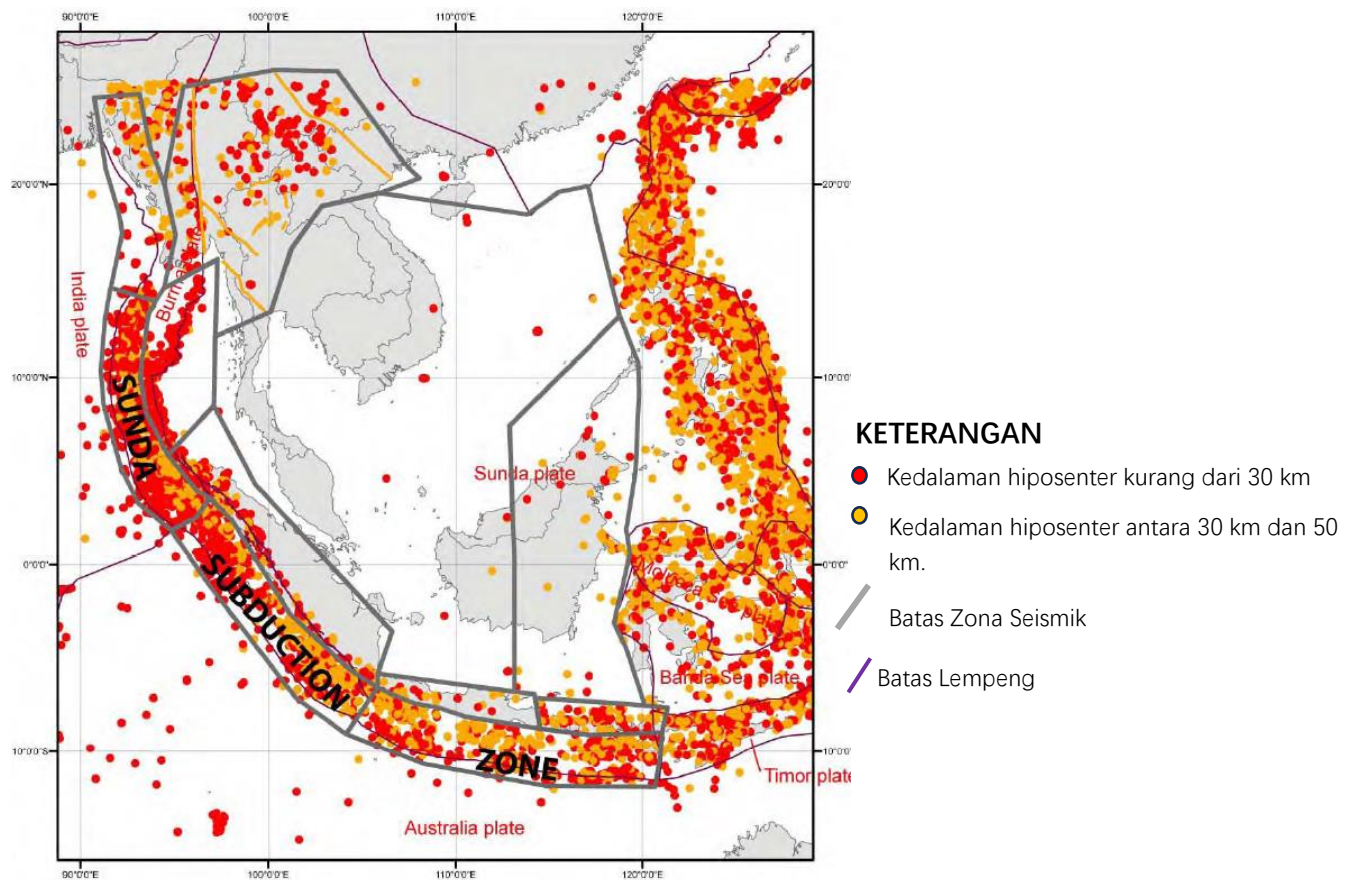


Gambar 1. Indonesia Berada pada Pertemuan Empat Lempeng Dunia (Arrowsmith, 2013)

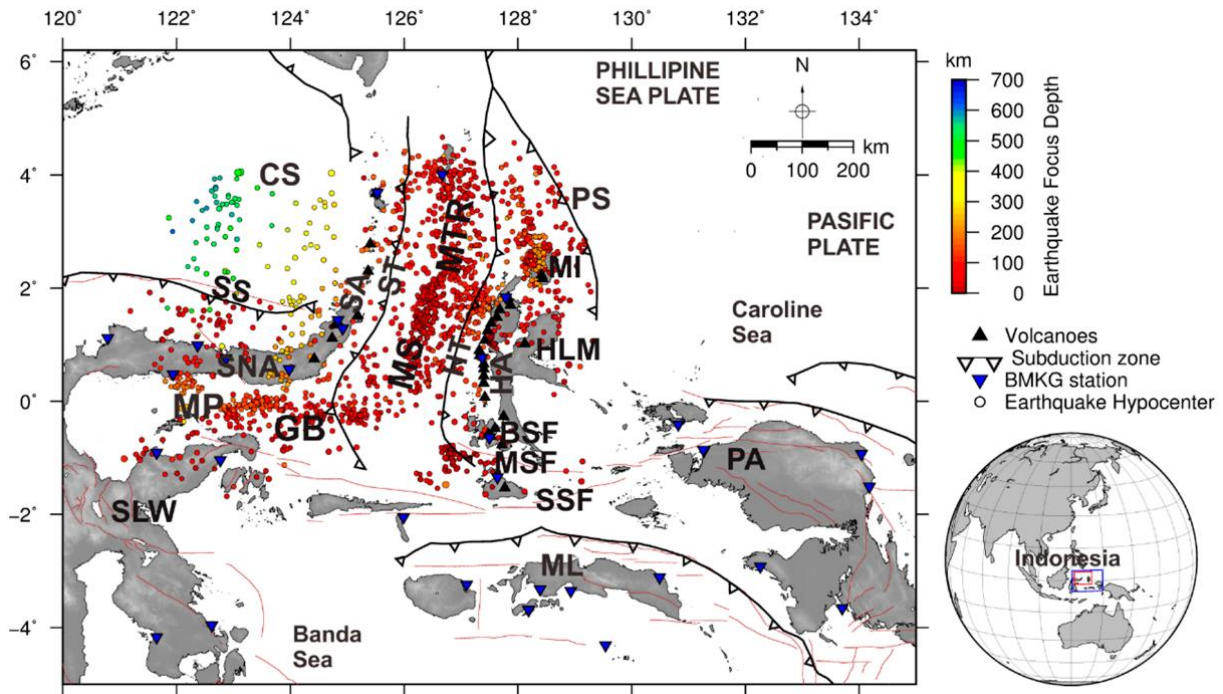
Kegempaan Indonesia dan daerah sekitarnya memberikan bukti penting bagi proses tektonik aktif di wilayah ini. Pergerakan antar lempeng menghasilkan gempa bumi di sepanjang batas pertemuannya (Gambar 2). Di Indonesia bagian barat lempeng Indo-Australia bergerak ke arah timurlaut dan menunjam ke bawah lempeng Eurasia (Gambar 3). Di Indonesia bagian timur terjadi konvergensi lempeng dipartisi di antara beberapa lempeng mikro yang membentuk zona deformasi yang ditandai dengan tumbukan busur-benua, subduksi, sesar mendatar, sesar naik, dan sesar ekstensional (Gambar 4). Aktivitas seismik yang meningkat, khususnya dalam dua dekade terakhir, yang telah menghasilkan lima peristiwa berkekuatan besar, yang terbesar adalah 26 Desember 2004 Mw 9.3.



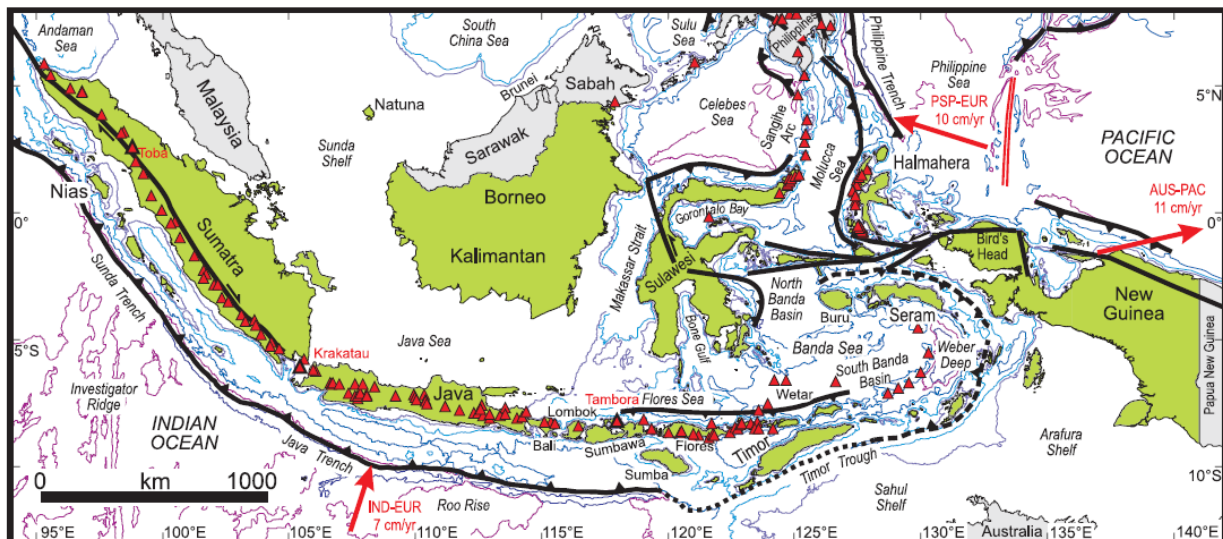
Gambar 2. Kegempaan di Indonesia di Sepanjang Batas Lempeng Tektonik Kedalaman Pusat Gempa semakin dalam menjauhi batas lempeng, bulatan merah menandakan gempa dangkal, hijau gempa menengah dan biru gempa dalam (Hall, 2009).



Gambar 3. Kondisi Kegempaan di Indonesia Bagian Barat (Hall, 2009)



Gambar 4. Peta Tektonik Wilayah Indonesia Timur dan sebaran episenter; SLW: Pulau Sulawesi; ML: Pulau Maluku; PA: Pulau Papua; HLM: Pulau Halmahera; SNA: lengan utara Sulawesi; SS: lempengan Sulawesi; PS: Lempengan Filipina; HT dan ST : Palung Halmahand Sangihe; HA dan SA: Busur gunung api Halmahera dan Sangihe; CS: Laut Sulawesi; MP: Semenanjung Minahasa; GB: Cekungan Gorontalo; MS: Laut Maluku; MTR: Punggung Bukit Mayu-Talau; BSF, MSF, dan SSF: Sesar Bacan, Molucca, dan Sula Sorong (Rachman *et al.*, 2022).



Gambar 5. Rangkaian Gunung Api Sebagai Konsekuensi Pergerakan Lempeng (Hall, 2009)

Pada kedalaman tertentu (~150 km), lempeng akan berinteraksi dengan mantel bumi dan terjadi pelelehan sebagian (*partial melting*) yang menyebabkan magma naik ke permukaan bumi dan membentuk gunung api, sehingga posisi rangkaian gunung api sejajar dengan batas lempeng tersebut. (Gambar 5).

Indonesia adalah negara kepulauan yang memiliki kurang lebih 17.000 pulau dengan panjang pantai mencapai 95.181 km yang merupakan terpanjang kedua di dunia setelah Kanada. Berdasarkan data dari Kementerian Kelautan dan Perikanan, 65 % penduduk Indonesia bermukim di wilayah pesisir. Pantai memang memiliki peran ekonomi, sosial dan ekologi, menyebabkan keberadaannya menjadi strategis, sehingga banyak perkotaan bahkan ibukota provinsi berada di daerah pesisir.

Indonesia yang dikelilingi oleh laut, menjadikannya rentan terhadap tsunami. Hampir di sepanjang pantai di Indonesia, dari Pulau Sumatra, Jawa, Bali, Nusa Tenggara, Kalimantan, Sulawesi, Maluku dan Papua, tidak luput dari potensi terjadinya fenomena alam yang satu ini.

Tsunami adalah gelombang gravitasi yang dihasilkan akibat deformasi di dasar laut yang disebabkan oleh gempa bumi akibat pergerakan lempeng yang menunjam ke bawah lempeng lainnya. Terganggunya kolom air laut tidak hanya dihasilkan oleh gempa bumi, namun oleh aktivitas gunung api dan pergerakan/jatuhnya massa ke dalam laut.

Sejarah kejadian tsunami yang dihimpun sejak jaman Belanda hingga saat ini, menunjukkan adanya potensi kebolehdjian tsunami untuk terjadi lagi di masa yang akan datang. Katalog tsunami merupakan dokumentasi yang menceritakan tentang sumber pembangkit tsunami, kedahsyatan, dan dampak yang dihasilkannya di masa lampau. Karakteristik sumber pembangkit tsunami dan daerah terdampak yang ditulis di dalam katalog tersebut, menjadi bahan yang bisa dipelajari dalam upaya mitigasi dan menjadi dasar dalam merencanakan pola tata ruang kehidupan saat ini dan masa yang akan datang.

Salah satu tugas dan fungsi Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi adalah mitigasi bencana tsunami, oleh karena itu katalog tsunami ini dihadirkan, baik dalam bentuk hardcopy maupun digital, agar bisa memberikan informasi bagi siapapun yang memerlukannya, sebagai bentuk kontribusi bagi pengurangan resiko bencana tsunami.

1.2 Maksud dan Tujuan

Maksud dari penyusunan katalog tsunami ini adalah untuk menghimpun kembali sejarah tsunami yang pernah terjadi di wilayah Indonesia, yang merujuk dari berbagai sumber. Tujuan dari penyusunan katalog tsunami ini adalah untuk memberikan gambaran mengenai sejarah kejadian tsunami yang disebabkan oleh

fenomena geologi di Indonesia, yang berguna untuk mengidentifikasi wilayah rawan tsunami dan mempelajari karakteristik tsunami yang melanda suatu wilayah.

Sesuai dengan Amanah Undang-undang nomor 24 tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana, dan Undang-undang Nomor 26 tahun 2007 tentang Penataan Ruang, maka buku ini diharapkan dapat menyediakan data dan informasi mengenai kejadian tsunami, daya rusak gelombang tsunami terhadap wilayah yang pernah terdampak. Sehingga hal ini dapat dijadikan sebagai peringatan dini dan acuan untuk penataan ruang di wilayah rawan bencana tsunami khususnya, serta mempersiapkan upaya-upaya mitigasi yang tepat, efektif dan efisien, dengan tetap memberdayakan masyarakat dan mengutamakan keselamatan serta kenyamanan dalam hidup berdampingan dengan potensi bahaya.

1.3 Metodologi

Metodologi penyusunan katalog tsunami ini adalah, dengan menghimpun data dan informasi tentang kejadian tsunami yang pernah terjadi di wilayah Indonesia, yang berasal dari literatur, hasil penelitian terdahulu, hasil kegiatan penyelidikan yang dilaksanakan oleh Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG), dan media massa baik cetak maupun elektronik. Data dan informasi yang dihimpun, dikelompokkan berdasarkan satu wilayah provinsi maupun gabungan beberapa wilayah provinsi, yang dituangkan dalam bentuk tabel, dengan format tertentu, dan kemudian diplot ke dalam peta per wilayah provinsi atau gabungan beberapa provinsi.

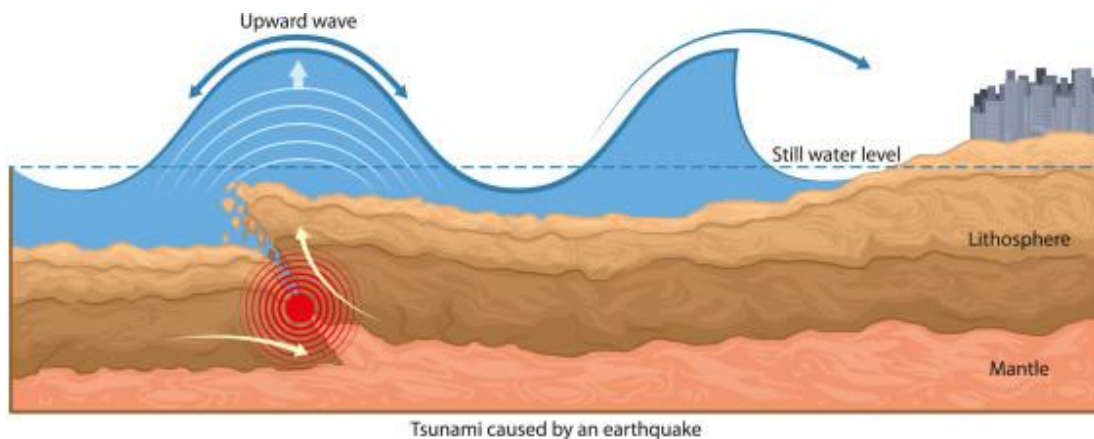
Adapun informasi yang tercakup meliputi: waktu kejadian, posisi sumber pembangkit tsunami, penyebab tsunami (tsunamigenik), deskripsi kejadian dan dampak yang dihasilkan. Beberapa kejadian, dilengkapi dengan dokumentasi hasil penyelidikan yang meliputi hasil pengukuran di lapangan, disertai gambaran dampak yang dihasilkan.

BAB II

SUMBER PEMBANGKIT TSUNAMI DI INDONESIA

2.1 Tsunami Akibat Gempa Bumi

Sumber pembangkit tsunami bisa dibagi menjadi dua kelompok, yaitu tsunami yang diakibatkan oleh gempa bumi (*tsunamigenic earthquake*), dan tsunami yang diakibatkan oleh selain gempa bumi (*Non Seismogenic*). Tsunami yang dihasilkan oleh gempa bumi tektonik, biasanya berasal dari zona subduksi (batas pertemuan lempeng), yang biasa dikenal dengan gempa bumi *Megathrust*, namun pada beberapa tsunami akibat gempa bumi, berasal dari sumber lain, diantaranya pensesaran naik busur belakang, seperti yang terdapat di utara Bali dan Nusa Tenggara, misalnya yang pernah terjadi pada tanggal 12 Desember 1992 di utara Pulau Flores.



Gambar 6. Tsunami Akibat Gempa Bumi karena Adanya Deformasi Lantai Samudera (Tribun Jabar, 2023)

Selain memicu terjadinya deformasi lantai samudera yang menghasilkan gelombang tsunami, gempa bumi juga pernah memicu retakan pada dinding danau, yang menyebabkan air danau meluap dan membanjiri wilayah di sekitar danau, dengan mekanisme yang sama dengan tsunami. Kejadian tersebut pernah terjadi di Sumatera, yaitu di Danau Kawah Gunung Api Kaba (1833) dan Danau Singkarak (1926).

Informasi yang diperoleh dari catatan Soteadi pada 1962, gelombang tsunami tahun 1926 tersebut disebabkan oleh penurunan permukaan tanah di bagian selatan Danau Singkarak. Di beberapa tempat, penurunan permukaan tanah mencapai 10 meter. Penurunan secara tiba-tiba tersebut menyebabkan gelombang tsunami, menjalar dari bagian selatan danau menuju utara danau yang ditempuh dalam waktu 10 menit. Jika diperkirakan jarak yang ditempuh tsunami dari bagian selatan danau menuju bagian utara danau adalah 20.57 kilometer, maka kecepatan tsunami di Danau Singkarak kala itu diperkirakan mencapai 122 km per jam.

Dalam surat kabar Harian Soeara Kota Gedang 7 Juli 1926 tertulis, air danau tumpah membanjiri wilayah sekitar danau dan menimbulkan korban jiwa. Tidak diketahui berapa ketinggian maksimum dan luasan wilayah terdampak yang disebabkan oleh gelombang tsunami ini. Dalam 100 tahun terakhir, setidaknya telah terdokumentasikan dua kali tsunami di Danau Singkarak. Pertama yang tercatat tanggal 28 Juni 1926, dan yang kedua pada 6 Maret 2007, yang merupakan tsunami kecil (Ubaya, 2020).

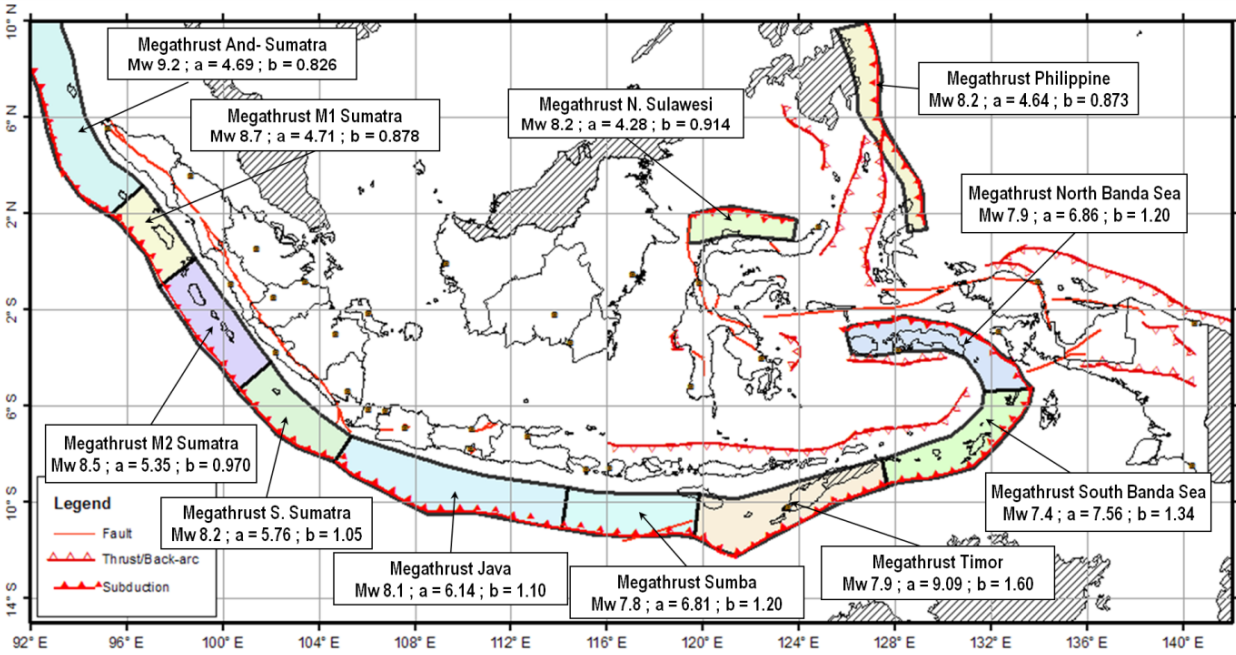
Pada umumnya tsunami akibat gempa bumi adalah yang berasosiasi dengan struktur geologi dengan mekanisme gempa vertikal, seperti sesar naik atau turun (normal), dan adanya anggapan bahwa gempa bumi dengan mekanisme sesar mendatar tidak akan menimbulkan tsunami. Faktanya adalah, terdapat kasus dimana gempa yang dipicu oleh sesar mendatar bisa memicu fenomena geologi seperti longsor atau Gerakan tanah yang mengganggu kolom air, sehingga menyebabkan kenaikan muka air laut atau tsunami. Beberapa kasus yang pernah terjadi di Indonesia, diantaranya adalah pada tahun 2006 di Pulau Buru, Maluku dan 2018 di Palu, Sulawesi Tengah.

Zona subduksi merupakan batas antar lempeng yang saling bertemu dan menunjam satu ke bawah yang lainnya, sering disebut sebagai sesar naik yang sangat besar (*megathrust*). Zona subduksi atau batas lempeng antara Indo-Australia dan Eurasia ini memanjang dari utara, melalui Samudera Hindia di sebelah barat Pulau Sumatera, menerus ke Selat Sunda, hingga ke Selatan Pulau Jawa, Bali, Nusa Tenggara Barat, Nusa Tenggara Timur, lalu berbelok ke utara ke perairan Laut Banda melengkung melalui Laut Seram. Zona subduksi juga dijumpai di utara Pulau Papua hingga ke sebelah timur Pulau Halmahera, yang menandai batas lempeng Pasifik, Carolina dan Filipina. Sedangkan di perairan Laut Maluku dijumpai zona subduksi kembar yang menunjam ke kedua arah, yaitu ke barat ke arah Kepulauan Sangihe dan ke Timur ke arah Kepulauan Halmahera. Di Laut Sulawesi dan sebelah utara Pulau Kalimantan, dijumpai zona subduksi yang menandai batas Lempeng Laut Filipina dengan Lempeng Eurasia (Gambar 7).

Zona gempa bumi yang berpotensi menimbulkan tsunami:

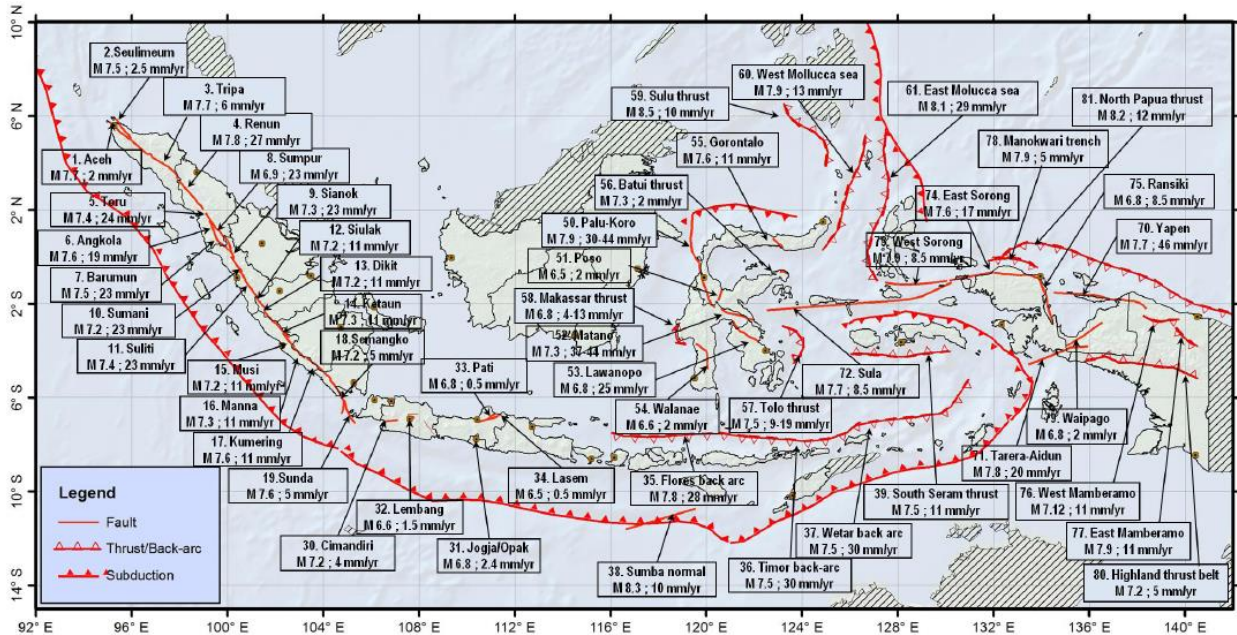
1. Zona Subduksi Sunda (*Megathrust*) di barat Sumatera,
2. Zona Subuksi Selatan Jawa,
3. Zona Subduksi Selatan Bali dan Nusa Tenggara,
4. Zona Subduksi Banda,
5. Zona Subduksi Laut Maluku,
6. Zona Subduksi Laut Sulawesi,
7. Zona Subduksi Utara Papua,

8. Zona Pensesaran Naik Busur Belakang di Laut Flores,
9. Zona Pensesaran di Selat Makassar.



Gambar 7. Model Segmentasi Megathrust di Indonesia (Irsyam *et al.*, 2010)

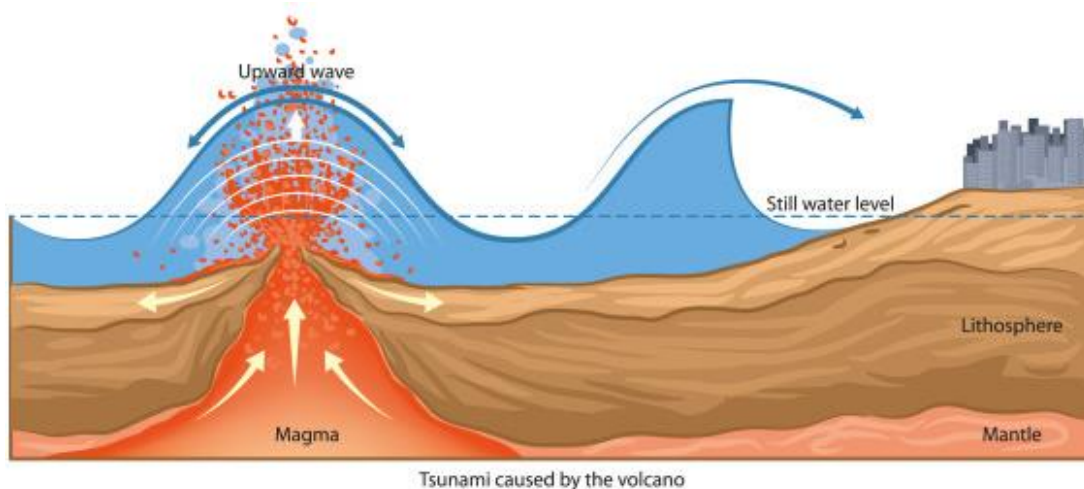
Berdasarkan sejarahnya tsunami akibat gempa bumi berasosiasi dengan zona subduksi, yang memiliki estimasi kekuatan (magnitudo) gempa bumi lebih dari M 7,0 (Gambar 8).



Gambar 8. Estimasi Magnitudo Maksimum dan Laju Sesar di Indonesia (Irsyam, *et. al.*, 2010)

2.2 Tsunami Akibat Aktivitas Gunung Api

Potensi sumber pembangkit tsunami yang berasal dari aktivitas gunung api, bisa berasal dari erupsinya, maupun jatuhnya material yang dimuntahkannya, serta runtuhnya sebagian tubuh gunung api (*flank collapse*).



Gambar 9. Ilustrasi Tsunami Akibat Erupsi Gunung Api Bawah Laut (Tribun Jabar, 2023)

Beberapa ahli seismologi dan ahli gunung api memberikan pendapat mengenai mekanisme erupsi gunung api bawah laut yang memicu tsunami, antara lain:

“Erupsi gunung api yang besar akan mendorong atmosfer di atasnya dengan cepat. Setelah itu, karena gaya gravitasi, atmosfer akan bergerak ke bawah. Hal ini menyebabkan gelombang gravitasi atmosfer merambat di sepanjang permukaan bumi. Saat gelombang gravitasi atmosfer atau gelombang tekanan merambat di atas lautan, gelombang tersebut akan mendorong laut untuk menghasilkan tsunami. Modus fundamental dari gelombang atmosfer ini disebut gelombang wedus (*Lamb wave*). Ada juga mode gelombang lainnya dengan kecepatan yang berbeda dan menghasilkan tsunami.” (Tanioka, 2023).

Pendapat lainnya mengatakan bahwa ketika magma naik dan bercampur dengan air laut secara perlahan, bahkan pada suhu sekitar 1200°C, akan terbentuk lapisan tipis uap di antara magma dan air. Hal ini memberikan lapisan isolasi untuk memungkinkan permukaan luar magma menjadi dingin. Saat magma masuk ke dalam air dengan cepat, setiap lapisan uap dengan cepat terganggu, membawa magma panas bersentuhan langsung dengan air dingin. Peneliti gunung api menyebut ini sebagai "interaksi bahan bakar-pendingin" (*fuel-coolant interaction*). Ledakan yang sangat keras merobek magma. Reaksi berantai dimulai, dengan fragmen magma baru memaparkan permukaan interior panas segar ke air, dan ledakan berulang, akhirnya menyemburkan partikel vulkanik dan menyebabkan ledakan dengan kecepatan supersonik yang menghasilkan tsunami. Tsunami dihasilkan oleh gelombang kejut atmosfer dan laut yang digabungkan selama ledakan dengan proses

di atas, tidak hanya disebabkan oleh tanah longsor bawah laut dan runtuhnya kaldera. Salah satu kasus menyebutkan bahwa akibat erupsi terus-menerus, menyebabkan keluarannya tidak sebesar masukan magma sehingga menyebabkan ketidakseimbangan pada kantong atap dapur magma, kemudian terjadi keruntuhan tubuh gunung api yang juga terjadi karena perbedaan kepadatan antara tubuh baru dan tubuh lama. Setelah keruntuhan, juga terjadi gangguan pada saluran permukaan yang mengakibatkan kontak langsung antara magma yang mengalami tekanan berlebih dengan air laut sehingga terjadi reaksi *fuel-coolant interaction*, dan menghasilkan tsunami. (Prambada, 2023).



Gambar 10. Gumpalan abu membubung saat Anak Krakatau meletus di Indonesia, 23 Desember 2018 (Gambar diambil oleh Susi Air/REUTERS).

Berikut ini adalah sejarah kejadian tsunami yang diakibatkan oleh erupsi gunung api di Indonesia, sejak tahun 416 hingga tahun 2018.

Tabel 1. Daftar Sejarah Tsunami Akibat Erupsi Gunung Api (Soloviev and Ch, Go.,1974; Rynn, 2022)

TAHUN	LATITUDE	LONGITUDE	NAMA GUNUNG
416	-6,10	105,45	Krakatau
1608	0,35	127,43	Makian
1673	1,37	127,52	Gamkonora
1673	0,80	127,30	Gamalama
1763	0,80	127,32	Gamalama
1771	0,80	127,30	Gamalama
1773	-3,68	116,16	Pulau Laut
1815	-8,20	118,00	Tambora
1840	0,80	127,30	Gamalama
1856	3,67	125,50	Awu
1856	3,67	125,50	Awu
1871	2,27	125,42	Ruang
1871	0,00	128,00	Gamalama
1871	2,28	125,42	Ruang
1871	2,30	125,37	Ruang
1883	-6,00	106,78	Krakatau
1883	-6,10	105,40	Krakatau
1889	3,14	125,49	Ruang
1892	3,67	125,50	Awu
1918	3,67	125,50	Banua Wuhu
1928	-6,10	105,43	Krakatau
1928	-8,60	125,70	Rokatenda
1930	-6,10	105,40	Krakatau
1973	-8,37	123,59	Hobal

Tabel 2. Daftar Gunung Api yang berpotensi menimbulkan tsunami (Rynn, 20002)

NAMA GUNUNG	LOKASI	LATITUDE	LONGITUDE
Krakatau	Selat Sunda	-6.10	105.42
Tambora	Sumbawa	-8.25	118.80
Hobal	Lembata	-8.37	123.59
Rokatenda	Flores	-8.60	125.70
Paluweh	Flores	-8.32	121.71
Yersey	Laut Banda	-7.53	123.95
Emperor of China	Laut Banda	-6.62	124.22
Niewerkerk	Laut Banda	-6.60	124.68
Teun	Laut Banda	-6.92	129.13
Banda Api	Laut Banda	-4.52	129.87
Gamalama	Ternate	0.80	127.33
Gamkonora	Halmahera	1.38	127.52
Ruang	Sangihe	2.28	125.43
Awu	Sangihe	3.66	125.51
Banua Wuhu	Sangihe	3.67	125.50
Jolo (Bau Dajo)	Filipina	5.95	121.07
Taal	Filipina	14.00	120.99

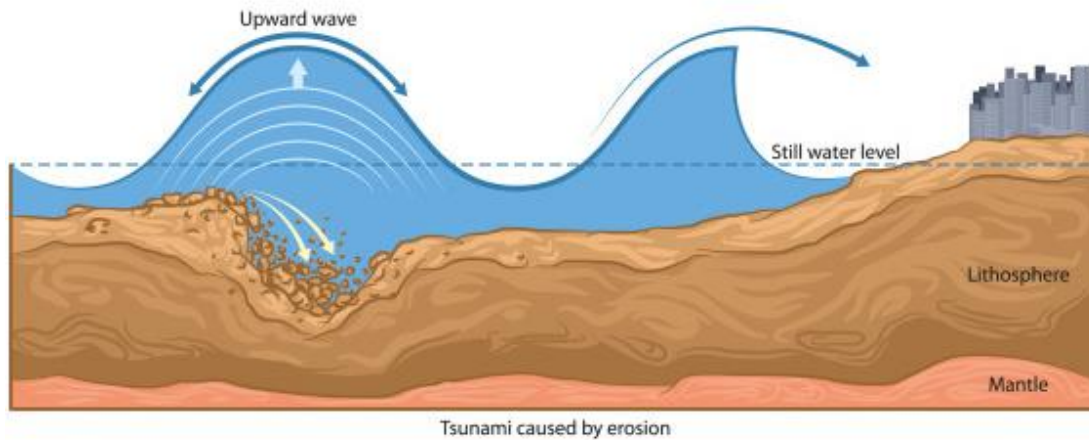
2.3 Tsunami Akibat Longsoran

Pemicu terjadinya longsor bawah laut biasanya akibat gempa bumi tektonik, kelebihan beban sedimen di pinggir pantai yang memiliki morfologi yang curam, kehadiran gelembung gas dalam sedimen dan disosiasi gas hidrat (Locat dan Lee, 2000).

Longsoran bawah laut yang dipicu oleh gempa bumi, pernah terjadi di selatan Seram, Buru, Selat Sunda, utara Pulau Timor, Aceh bagian barat, utara Pulau Ambon (Soloviev dan Ch.Go.,74), utara Flores, Kepulauan Sangihe, dan utara Pulau Bali (Rynn, 2002), terakhir di Palu dan Selat Sunda tahun 2018. Longsoran yang terjadi di Pulau Seram, secara kronologi terjadi sebanyak tiga kali dan semuanya menimbulkan tsunami, yaitu tahun 1899, 2006 dan 2021 (Yudhicara, 2006, 2010; Tribun Ambon, 2021).

Berdasarkan catatan katalog maupun hasil survei ke lapangan menunjukkan, adanya kecenderungan bahwa longsoran tepi pantai di kawasan pantai selatan Seram meliputi daerah yang luas dan dapat menimbulkan

bahaya bagi masyarakat yang berada di daerah tersebut. Peristiwa amblesan tanah yang diikuti oleh longsoran tepi pantai dari ketiga peristiwa yang terjadi baik tahun 1899, 2006 maupun 2021 dipicu oleh peristiwa gempa bumi berkekuatan menengah hingga besar dengan kedalaman gempa dangkal maupun dalam, dan kemungkinan bisa terjadi lagi di masa yang akan datang. Tsunami yang terjadi pada tahun 1899 memiliki ketinggian gelombang 9 m hingga 15 m.



Gambar 11. Ilustrasi Tsunami Akibat Longsoran Bawah Laut (Tribun Jabar, 2023)



Gambar 12. Kejadian Gempa di Maluku 16 Juni 2021 Memicu Longsoran Bawah Laut di Seram dan Tsunami setinggi 0,5 m di Tehoru (Tribun Ambon, 2021).

Berdasarkan sejarahnya, tsunami yang berasal dari longsor material di darat (longsoran bukit) pernah terjadi di Pulau Lembata, sebagai akibat dari aktivitas magmatisme yang mengubah mineral pada tanah menjadi mineral lempung dan mengakibatkan tanah menjadi rapuh dan mudah bergerak pada kemiringan lereng yang curam (Yudhicara, 2015).



Gambar 13. Longsor di Pulau Lembata yang Memicu Tsunami Setinggi 7-9 m (Iryanto, 1979)



Gambar 14. Sisa Longsor di Pulau Lembata yang Memicu Tsunami Tahun 1979 (Yudhicara, 2015)

BAB III PARAMETER TSUNAMI

3.1 Ketinggian Tsunami

Ada beberapa istilah yang menggambarkan ketinggian tsunami, diantaranya amplitudo tsunami, *run up* dan kedalaman aliran (*flow depth*) atau ketinggian genangan.

Amplitudo tsunami dapat teramati pada bentuk gelombang tsunami yang terekam pada rekaman pasang surut (mareogram). Amplitudo tsunami adalah elevasi tinggi gelombang tsunami yang diukur di setiap titik yang diukur dari permukaan air laut.

Ketinggian *run-up* adalah ketinggian maksimum gelombang tsunami di atas permukaan laut. Dalam suatu kejadian tsunami, ketinggian *run up* dapat diukur dari jejak yang ditinggalkan oleh gelombang tsunami pada dinding bangunan, pepohonan yang mati karena terendam air laut, goresan pada pepohonan, maupun sampah yang tertinggal pada pohon atau bangunan, yang kemudian diukur ketinggiannya dari atas tinggi rata-rata permukaan laut (*mean sea level*).

Ketinggian genangan, atau kedalaman aliran gelombang tsunami (*flow depth*) berkaitan dengan kedalaman air akibat tsunami, yang diukur dari permukaan tanah.

3.2 Genangan Tsunami (*Tsunami Inundation*)

Genangan tsunami (*tsunami inundation*) adalah penetrasi gelombang horizontal ke daratan dari garis pantai. Jarak genangan bisa sangat bervariasi di sepanjang garis pantai, tergantung pada intensitas gelombang tsunami, ciri-ciri bawah laut, dan ketinggian topografi daratan.

Jarak genangan adalah jarak horizontal gelombang tsunami yang merambat ke darat dari garis pantai. Jarak genangan yang diukur biasanya adalah jarak maksimum yang dapat dicapai oleh gelombang tsunami yang diukur tegak lurus dari garis pantai (USGS, 2010).

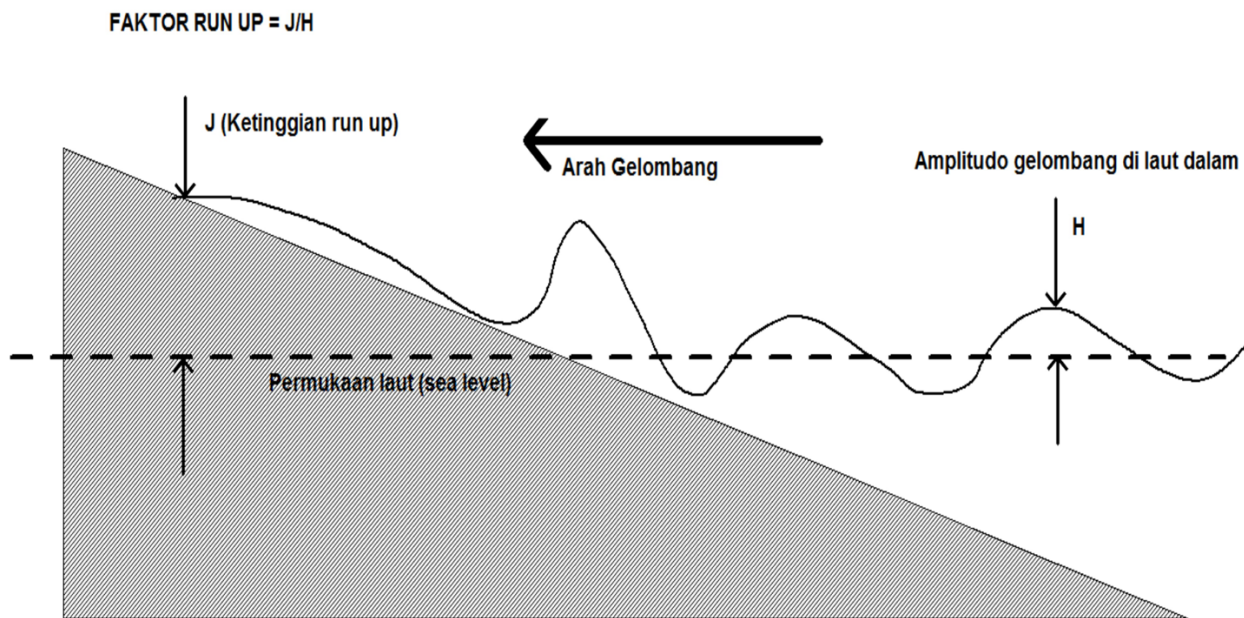
3.3 Arah Aliran Gelombang Tsunami

Gelombang tsunami akan menyebar ke segala arah dari pusat terbentuknya. Arah aliran gelombang tsunami di daratan akan menunjukkan arah datangnya gelombang tsunami dan arah kembalinya gelombang ke laut (surut). Jejak arah aliran biasanya dapat teramati di lapangan berupa pembelokan struktur bangunan, rebahnya pepohonan dan tanaman.

3.4 Waktu Tiba Tsunami

Waktu tiba tsunami adalah waktu pertama kali gelombang tsunami tiba, yang biasanya terekam oleh alat pencatat pasang surut (mareograf, rekamannya disebut mareogram), di stasiun dimana alat tersebut terpasang. Waktu tiba gelombang tsunami tersebut dapat dibedakan dengan bentuk gelombang laut biasa. Waktu tiba gelombang tsunami berbeda dengan waktu tiba gempa bumi yang terekam oleh seismograf, biasanya beberapa waktu setelah kejadian gempa bumi.

Pada suatu simulasi numerik atau pemodelan tsunami, waktu tiba gelombang tsunami disebut sebagai Perkiraan Waktu Tiba (*Estimated Time Arrival/ETA*), yaitu waktu tibanya tsunami di suatu titik lokasi yang ditentukan (posisinya diketahui), yang diperkirakan berdasarkan pemodelan kecepatan dan refraksi gelombang tsunami saat bergerak dari sumbernya. ETA diperkirakan dengan presisi yang sangat baik jika batimetri dan sumbernya diketahui dengan baik (kurang dari beberapa menit)



Gambar 15. Parameter Tsunami (modifikasi dari Abe, 1989)

3.5 Panjang Gelombang Tsunami

Jarak horisontal antara titik-titik serupa pada dua gelombang berurutan, yang diukur tegak lurus terhadap puncaknya. Panjang gelombang dan periode tsunami memberi informasi tentang sumber tsunami. Untuk tsunami yang dihasilkan oleh gempa bumi, panjang gelombangnya umumnya berkisar dari 20 sampai 300 km. Sedangkan untuk tsunami yang diakibatkan oleh tanah longsor, panjang gelombangnya jauh lebih pendek, berkisar dari beberapa ratus meter sampai berpuluh-puluh kilometer.

3.6 Magnitudo Tsunami

Ukuran tsunami berdasarkan pada ukuran gelombang tsunami dari alat pengukur tinggi permukaan laut serta alat-alat lainnya. Skala tersebut, semula bersifat deskriptif dan lebih menyerupai suatu intensitas; yaitu menjumlahkan ukuran dengan menggunakan ukuran-ukuran ketinggian gelombang atau kenaikan air tsunami.

Lida *et al.* (1972) menjabarkan magnitudo (m) sebagai variabel dependen dalam basis 2 logaritmik pada ketinggian gelombang maksimum yang terukur di lapangan, dan menyerupai bentangan magnitudo dari -1 sampai 4:

$$m = \log_2 H_{\max}$$

Hatori (1979) kemudian memperluas apa yang disebut skala Imamura-Lida ini untuk tsunami-tsunami bermedan jauh dengan memasukkan jarak dalam rumusnya. Soloviev (1970) mengatakan bahwa ketinggian tsunami rata-rata dapat menjadi indikator lain yang baik untuk ukuran tsunami, dan intensitas maksimum adalah intensitas yang diukur paling dekat ke sumber tsunami.

Sebuah variasi dari skala ini adalah Skala Intensitas I Imamura-Soloviev (Soloviev, 1972). Shuto (1993) menyarankan agar ukuran H dijadikan sebagai ketinggian tempat bentuk-bentuk spesifik dari dampak atau kerusakan terjadi; dengan demikian skala ini dapat digunakan sebagai alat prediktif yang kuantitatif untuk mengukur dampak-dampak makroskopis.

Beberapa magnitudo tsunami serupa pernah juga diusulkan untuk menghitung magnitudo gempa bumi. Termasuk di dalamnya adalah formula asal yang diusulkan oleh Abe (1979) untuk magnitudo tsunami, M_t :

$$M_t = \log H + B$$

di mana H adalah puncak atau palungan tunggal maksimum dari gelombang tsunami (dalam meter) dan B adalah konstanta, dan aplikasi medan jauh yang diusulkan oleh Hatori (1986), yang menambahkan faktor jarak ke dalam perhitungan.

3.7 Intensitas Tsunami

Ukuran dari tsunami yang didasarkan pada pengamatan makroskopis dampak tsunami terhadap manusia, benda-benda termasuk kapal laut berbagai ukuran, dan pada bangunan. Skala pertama untuk tsunami diterbitkan oleh Sieberg (1923), kemudian dimodifikasi oleh Ambraseys (1962) hingga tercipta suatu skala yang memiliki enam kategori. Papadopoulos dan Imamura (2001) mengusulkan satu skala baru dengan 12 tingkat intensitas yang tidak bergantung pada pengukuran parameter fisika seperti amplitudo gelombang, peka terhadap

perbedaan-perbedaan kecil dalam efek-efek tsunami, dan setiap tingkatannya cukup rinci untuk mencakup banyak jenis dampak tsunami yang mungkin terjadi pada manusia dan lingkungan alam. Skala tersebut memiliki 12 kategori, serupa dengan Skala Intensitas gempa bumi.

Tabel 3. Skala Intensitas Tsunami (Papadopoulos & Imamura, 2001)

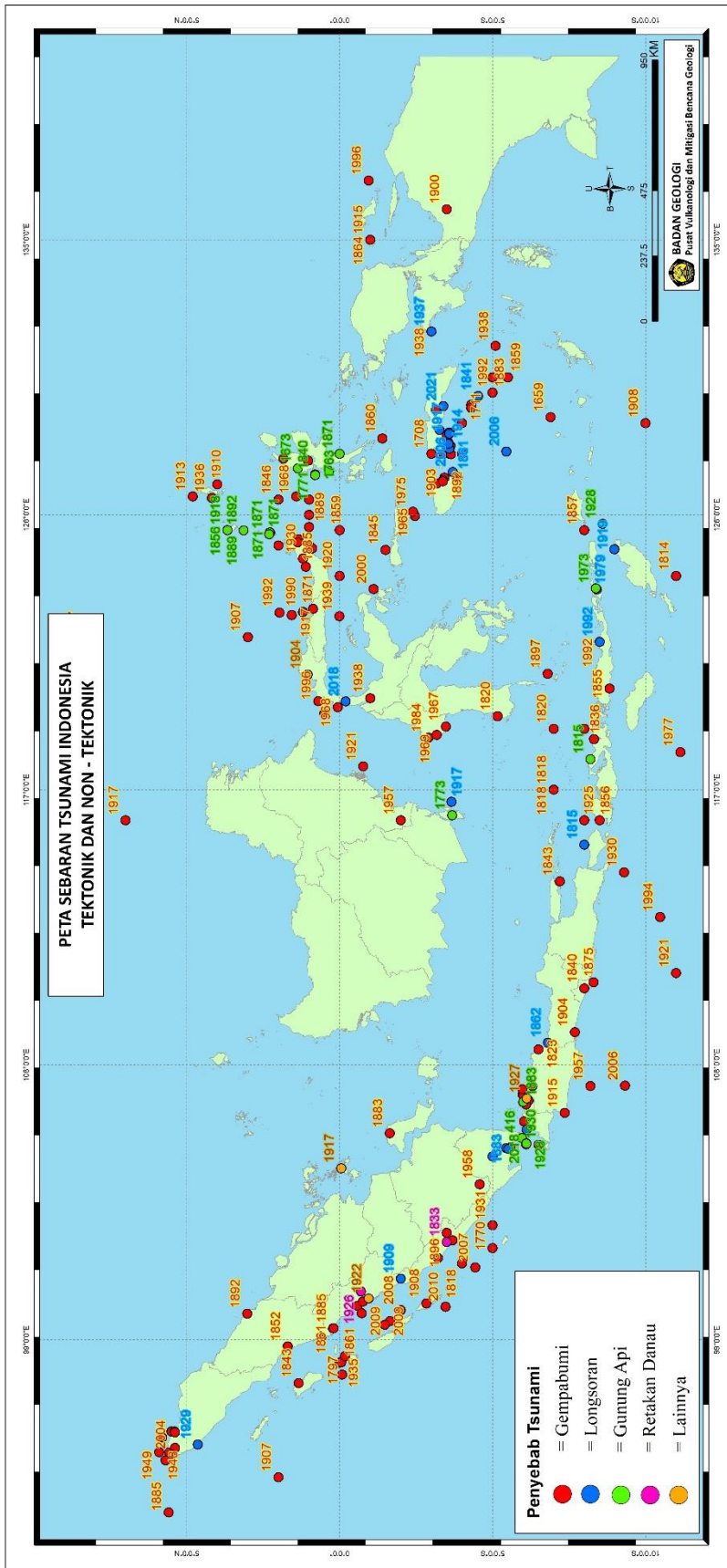
Skala Intensitas	Tinggi Gelombang	Keterangan landaan tsunami
I	-	Tidak teramati.
II	-	Hampir tidak terasa oleh semua orang di kapal kecil. Tidak teramati di pantai. Tidak ada dampak dan tidak membahayakan.
III	-	Terasakan oleh sebagian orang di kapal kecil. Teramati oleh sebagian kecil orang di pantai. Tidak ada dampak dan tidak membahayakan.
IV	-	Terasa oleh semua orang di kapal kecil & sedikit orang di kapal besar. Teramati oleh sebagian orang di pantai. Kapal kecil bergerak sedikit ke arah darat. Tidak membahayakan.
V	1 m	Terasa oleh semua orang di kapal besar dan teramati di pantai. Sebagian kecil orang ketakutan dan lari ke tempat yang lebih tinggi. Kapal-kapal kecil bergerak cepat ke darat, beberapa diantaranya bertabrakan dengan yang lainnya dan terbalik. Pasir terendapkan pada tempat tertentu. Terjadi banjir pada tanah kosong dekat pantai.
VI	2 m	Banyak orang ketakutan dan lari ke tempat yang lebih tinggi. Sebagian besar kapal kecil terhempas ke darat, saling bertabrakan dan terbalik. Kerusakan dan banjir pada sebagian bangunan kayu. Sebagian besar bangunan masih bertahan.
VII	4 m	Sebagian besar orang ketakutan dan lari ke tempat yang lebih tinggi. Kapal-kapal kecil rusak. Sebagian kecil kapal besar terhempas ke darat. Benda-benda berbagai ukuran terhempas dan terapung. Meninggalkan lapisan pasir dan bongkahan. Sebagian kecil rakit hanyut. Banyak bangunan kayu rusak, sebagian kecil rusak dan hanyut.
VIII	4 m	Semua orang ketakutan dan lari ke tempat yang lebih tinggi, sebagian kecil hanyut. Sebagian besar kapal kecil rusak dan hanyut. Sebagian kecil kapal besar terhempas ke darat dan bertabrakan satu dengan lainnya. Benda-benda besar terapung. Erosi mengotori daerah pantai. Terjadi banjir yang luas. Kerusakan akibat tsunami dapat diperkecil oleh jalur hijau/ hutan dan tanggul penahan. Sebagian besar rakit hanyut, sebagian kecil lainnya rusak. Sebagian besar bangunan kayu hanyut & hancur. Banyak bangunan beton rusak & banjir teramati.
IX	8 m	Banyak orang hanyut. Sebagian besar kapal kecil hancur dan hanyut. Banyak kapal besar terhempas ke darat, sebagian kecil diantaranya hancur. Erosi luas mengotori pantai. Terjadi amblesan tanah setempat. Kerusakan akibat tsunami dapat diperkecil oleh jalur hijau/ hutan dan tanggul penahan. Sebagian besar rakit hanyut & rusak.
X	8 m	Umumnya panik, sebagian besar orang hanyut. Sebagian besar kapal besar terhempas ke darat. Bongkah kecil dasar laut terbawa ke darat. Mobil hanyut, terjadi amblesan di banyak tempat. Bangunan permanen rusak, tembok penahan gelombang di pantai hancur.
XI	16 m	Sarana kehidupan lumpuh. Gelombang balik menyeret mobil & benda-benda lainnya ke laut. Bongkah-bongkah besar dasar laut terbawa ke darat.
XII	32 m	Semua bangunan permanen rusak. Beberapa bangunan dengan konstruksi sangat baik masih dapat bertahan.

BAB IV

SEJARAH TSUNAMI DI WILAYAH INDONESIA

Katalog tsunami ini dihimpun dari katalog-katalog tsunami yang telah ada sebelumnya, yang kemudian ditambahkan dengan kejadian tsunami baru yang belum tercatat di dalam katalog tersebut. Adapun data dan informasi serta dokumentasi yang ditampilkan berasal dari hasil penyelidikan langsung ke lapangan, hasil penelitian orang lain maupun media massa yang dicantumkan sebagai acuan.

Pembagian kejadian tsunami disusun berdasarkan wilayah administratif. Sedangkan penyebab tsunami dicantumkan sesuai dengan informasi yang tercatat dalam katalog tsunami yang diacu, maupun data yang disampaikan oleh masing-masing referensi. Daftar kejadian tsunami ini disusun dengan urutan kejadian dari waktu yang paling lama hingga yang terakhir terjadi. Dimulai dengan tsunami yang pernah terjadi di Aceh, menerus ke arah timur hingga ke Papua (Gambar 16).



Gambar 6. Peta Sebaran Kejadian Tsunami di Indonesia

4.1 ACEH

Tercatat sekitar 13 kejadian tsunami pernah terjadi di wilayah Aceh dan sekitarnya. Berdasarkan data yang diperoleh dari katalog tsunami terdahulu dari Soloviev dan Ch.N.Go (1974), dan rekaman kejadian dari hasil penelitian, memperlihatkan kejadian tsunami akibat gempa bumi terkonsentrasi di bagian utara Aceh, sedangkan kejadian tsunami akibat longsor pernah terjadi di Pantai Calang, di Kabupaten Aceh Jaya di bagian barat wilayah Provinsi Aceh (Gambar 17).



Gambar 17. Peta Sejarah Kejadian Tsunami di Provinsi Aceh

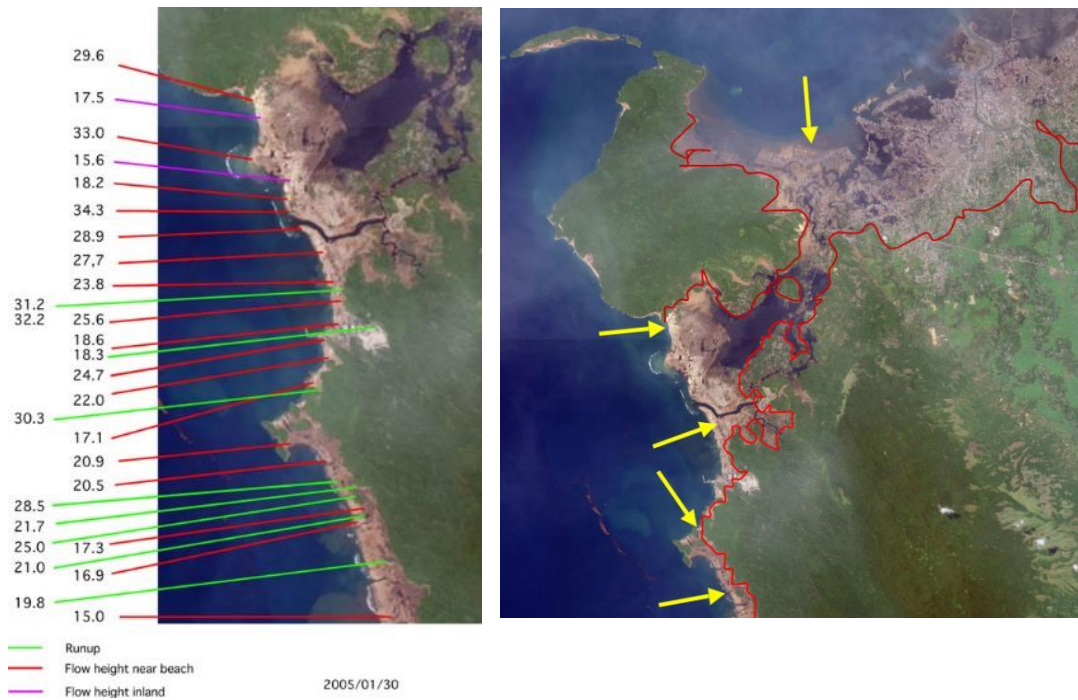
Tabel 4. Daftar Kejadian Tsunami di Wilayah Aceh

NO.	WAKTU KEJADIAN	POSISI SUMBER		PENYEBAB	KETERANGAN
		LAT	LONG		
1.	September 1837	5.5	96	Gempa Bumi	Gempa bumi mengguncang Pulau Penang dan pantai barat laut Sumatera. Gempa bumi tersebut dirasakan selama dua minggu, bersamaan dengan kekuatan yang sangat besar di Aceh dan di sepanjang pantai Pidie . Seorang nakhoda, pada Rabu, 4 Oktober 1837, membawa cerita tentang beberapa erupsi (merujuk pada erupsi Gunung Peuetsugu) dan gempa bumi yang terjadi di Lhokseumawe dan tempat-tempat lain, terutama di Banda Aceh. Menurutnya, gempa berlangsung selama tujuh hari dan menimbulkan kerusakan yang cukup besar (yang ternyata terjadi pada akhir September). Gempa bumi tersebut menimbulkan gelombang pasang yang kuat di Singapura (Wichmann, 1918).
2.	16 Februari 1861	-1	97.8	Gempa Bumi	Di pantai Aceh, terjadi air naik setinggi 1,5 m. Menurut sumber lain, seluruh pantai Aceh hancur akibat invasi air laut secara tiba-tiba yang menembus hingga ke pedalaman, menumbangkan pohon, menghancurkan tanaman dan rumah, dan pada saat surut, air membawa banyak penduduk. Di pelabuhan Analaboo saja, 135 orang tenggelam (Perrey, 1864a, 1865a, 1872b; Guilemin, 1886; Milne, 1912b; Wichmann, 1922; Sieberg, 1932; Heck, 1934, 1947; Ponyavin, 1965; Berninghausen, 1966).
3.	14 Desember 1885 (21:11 waktu setempat)	5.59	95.349	Gempa Bumi	Terjadi gempa bumi singkat yang berkekuatan M 4-6 derajat (V-VII Rossi-Forel) di Banda Aceh ; diikuti oleh banyak gempa susulan. Pada hari yang sama, dan juga pada tanggal 15, 16, 17 dan 19, air di sungai naik; lalu pada tanggal 21, permukaan air turun di bawah biasanya. (Figuee, Onnen, 1887a).
4.	31 Januari 1886 (12:45 waktu setempat)	5.574	95.312	Gempa Bumi	Mulai pukul 12:45, dirasakan guncangan bawah tanah di Kuta Raja (Aceh). Gempa susulan yang keenam memiliki intensitas 5 derajat (VI Rossi-Forel), sisanya 4-5 derajat (V). Seluruh dataran tergenang air (Figuee, Onnen, 1887b).
5.	19 Mei 1887 (4:34 waktu setempat)	5.301	95.231	Gempa Bumi	Di Sigli (Provinsi Aceh), terjadi guncangan horizontal yang cukup kuat selama 3 detik yang didahului oleh suara gemuruh gelombang laut (Rupanya, baik ini dan kasus berikutnya mengacu pada gemuruh bawah tanah biasa) (Figuee, Onnen, 1887c).
6.	21 Maret 1888 (4:40 waktu setempat)	5.69	95.058	Gempa Bumi	Di Pulau Breueh , ada dua guncangan vertikal yang kuat yang didahului dan disertai dengan gemuruh bawah tanah dan deru ombak laut. Seluruh garnisun dibangunkan (Figuee, Onnen, 1890).
7.	19 Mei 1891 (1:09 waktu setempat)	5.4	96	Gempa Bumi	Terjadi gempa bumi, di Sigli (Utara Pulau Sumatera) dirasakan guncangan yang sangat singkat, diikuti oleh guncangan lainnya yang jauh lebih kuat. Getaran yang berlangsung selama total 5 detik ini didahului oleh ombak laut yang relatif kuat. (Kemungkinan besar bukan tsunami).
8.	8 Juli 1922 (22:15 waktu setempat)	5.474	95.236	Gempa Bumi	Terjadi gempa di Calang dan Lhoknga (Aceh), berkekuatan 3 derajat. Di Lhoknga , guncangan tersebut didahului oleh badai dan disertai dengan gempa laut (Visser, 1923).

9.	9 November 1929 (2:20 waktu setempat)	4.638	95.572	Longsoran	Di jalan terluar di Calang (Pulau Sumatera), awalnya laut tenang, lalu menggulung tinggi dan tiba-tiba berbalik ke arah laut, akibatnya enam orang tenggelam. Penyebab gelombang tidak diketahui. Itu adalah fase pasang surut. Tidak ada gempa yang dirasakan, dan seismograf terdekat di Medan tidak mencatat sesuatu yang tidak biasa (Visser, 1930).
10.	2 Juni 1948 (18:58:18 waktu setempat)	5.897	95.32	Gempa Bumi	Gempa bumi menimbulkan tsunami yang terpantau di Sabang , sebelah utara Pulau Sumatera (Roth, 1951). (1.VI; 18h58m18dt. 6° LU., 95° BT ; M=6.3.)
11.	2 April 1964 (08:12 waktu setempat)	5.8	95.8	Gempa Bumi	Terjadi gempa kuat di ujung utara Pulau Sumatera, di Provinsi Aceh. Intensitasnya mencapai 7 derajat dan terasa di tenggara Langsa. Di desa pesisir Kruengraja , yang terletak di teras sungai, dijumpai dinding retak pada satu-satunya masjid, sebuah bangunan bata yang dibangun dengan baik; lima rumah tua yang terbuat dari kayu runtuh dan lebih dari 80 rumah serupa rusak; gedung sekolah terbuat dari kayu, miring ke satu sisi; sebuah jembatan bergeser; orang terlempar ke tanah; terdapat retakan terbuka di lembah yang mengeluarkan air dan pasir (likuefaksi). Terjadi torsi osilasi meningkat secara bertahap, yang membuat warga melompat keluar dari rumah mereka sebelum runtuh. Di Banda Aceh, bangunan batu bata yang terletak di atas tanah aluvial, dengan jarak 10-15 km dari garis pantai, mengalami kerusakan 30-40%. Bangunan bata—kayu mengalami kerusakan ringan, sedangkan rumah tiang terbuat dari kayu serta bangunan beton sama sekali tidak rusak. Di antara Banda Aceh, Kruengraja dan tempat lain, terdapat retakan sepanjang 400 m dan lebar 1/2 m muncul di tanah; diikuti munculnya lumpur dan pasir ke permukaan (likuefaksi). Desa Lamtaba, yang terletak di kaki gunung berapi dan dibangun dengan rumah-rumah tumpukan kayu, 90% hancur; lebih dari 50 rumah runtuh seluruhnya; batu-batu berguling dari lereng gunung berapi. Di Lamtamot, jembatan jalan raya terpelintir dan tanggul rel kereta api runtuh, tetapi bangunan stasiun yang terbuat dari bata dan rumah kayu baru hampir tidak rusak. Di Seulimeum, hanya satu rumah kayu tua yang roboh. Bangunan retak dijumpai di Sigli. Di Uleele , yang terletak di tanah aluvial, bangunan tidak banyak mengalami kerusakan, tetapi bentangan pantai yang cukup luas dan dasar teluk surut sekitar 1/2 m sehingga air langsung masuk ke rumah-rumah. Selain itu, gelombang pasang teramati di sini. Data instrumen mencatat: 2.IV; 1h11m51s. 5,8°LU, 95,8°BT ; 100 km (Soetadi, Soekarman,1964) dan [2.IV; 1h11m51s; 5,8° LU, 95,4° BT ; M=6.9.]

12.	12 April 1967 (11:51 waktu setempat)	5.386	95.967	Gempa Bumi	Terjadi gempa bumi dengan sumber di Selat Malaka. Di Penang (Malaysia), warga lari dari rumahnya. Di Aceh, 11 orang tewas dan 2.000 rumah hancur (di Djunib, Purul, Bireun dan tempat lainnya). Gempa tersebut disertai dengan banyak gempa susulan. Di Sigli , teramati gelombang laut yang sangat besar (Iida <i>et al.</i> , 1967; Hake, Cloud, 1969; Anon., 1970 b).
13.	26 Desember 2004	5.457	95.244	Gempa Bumi	Tsunami yang dihasilkan oleh gempa bumi di lepas pantai Sumatera utara tercatat hampir di seluruh dunia dan menewaskan lebih banyak orang dibandingkan dengan tsunami lainnya dalam sejarah yang tercatat. Lebih dari 100.000 tewas, 100.000 hilang yang diduga tewas. Indonesia: 167.540 orang tewas atau hilang, 426.800 mengungsi di Provinsi Aceh dan Sumatera Utara. Ketinggian gelombang 30 m di sepanjang pantai barat Sumatera; Srilangka : 35.322 tewas atau hilang, 552.600 mengungsi, ketinggian gelombang 5-10 m; India : 16.269 tewas atau hilang, 112.500 mengungsi di Andhra Pradesh, Kerala, Pondicherry, Tamil Nadu dan Andaman dan Nicobar Is. Ketinggian gelombang 20 m di Pulau Andaman. dan 10 m di pantai timur India; Thailand : 8.212 tewas atau hilang, 8.400 terluka. Ketinggian gelombang 3-5 m di daerah Phuket; Somalia : 289 orang tewas, 5000 orang mengungsi; Yemen : 2 orang tewas; Myanmar : 61 orang tewas atau hilang; 3.200 orang mengungsi; Tanzania : 13 orang tewas; Maladewa : 82 orang tewas; 26 orang hilang; 21.600 orang mengungsi; Malaysia : 75 orang tewas atau hilang; 4.200 orang mengungsi; Seycelles : 2 orang tewas; Bangladesh : 2 orang tewas; Kenya : 1 orang tewas; Afrika Selatan : 2 orang tewas; Madagaskar : 1.000 orang mengungsi; Mauritius : Terdapat kerusakan akibat tsunami; Mozambiq : Tsunami teramati, namun tidak ada kerusakan dilaporkan; Australia : tsunami menyebabkan kerusakan kecil di Geraldton dan Teluk Mangles. Orang-orang tersapu ke laut di Delambre Is dan Geographe Bay, tetapi semuanya selamat; Seiches teramati di India dan Amerika Serikat . Amblesan dan longsor terpantau di Sumatera . Gunung api lumpur dekat Baratang, Kepulauan Andaman . menjadi aktif pada 28 Desember dan emisi gas dilaporkan di Arakan, Myanmar. Run up tsunami maksimum di Lhoknga (34 m); Inundasi maksimum di Kota Banda Aceh (6,5 km) dari garis pantai hingga ke Mesjid Baiturrahman. (ITST, 2005)

Berikut ini adalah beberapa dokumentasi hasil survei pasca kejadian tsunami pada tanggal 26 Desember 2004, yang dilaksanakan oleh Tim Internasional Survei Tsunami (*International Tsunami Survey Team*) pada tahun 2005, yang terdiri dari personal gabungan, antara lain dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Kementerian Energi dan Sumberdaya Energi, para Akademisi dan Peneliti dari Jepang, Amerika Serikat, dan Perancis.



Gambar 18. *Run up* tsunami maksimum di Lhoknga (34 m) (kiri); Inundasi maksimum di Kota Banda Aceh (6,5 km) dari garis pantai hingga ke Mesjid Baiturrahman (kanan). (ITST, 2005).



Gambar 19. Lokasi yang mengalami penurunan kerak bumi di Lho Ulee, NAD, setelah tsunami 26 Desember 2004 (ITST, 2005).



Gambar 20. Pemetaan Genangan Tsunami, setelah tsunami NAD tahun 2004 (ITST, 2005)



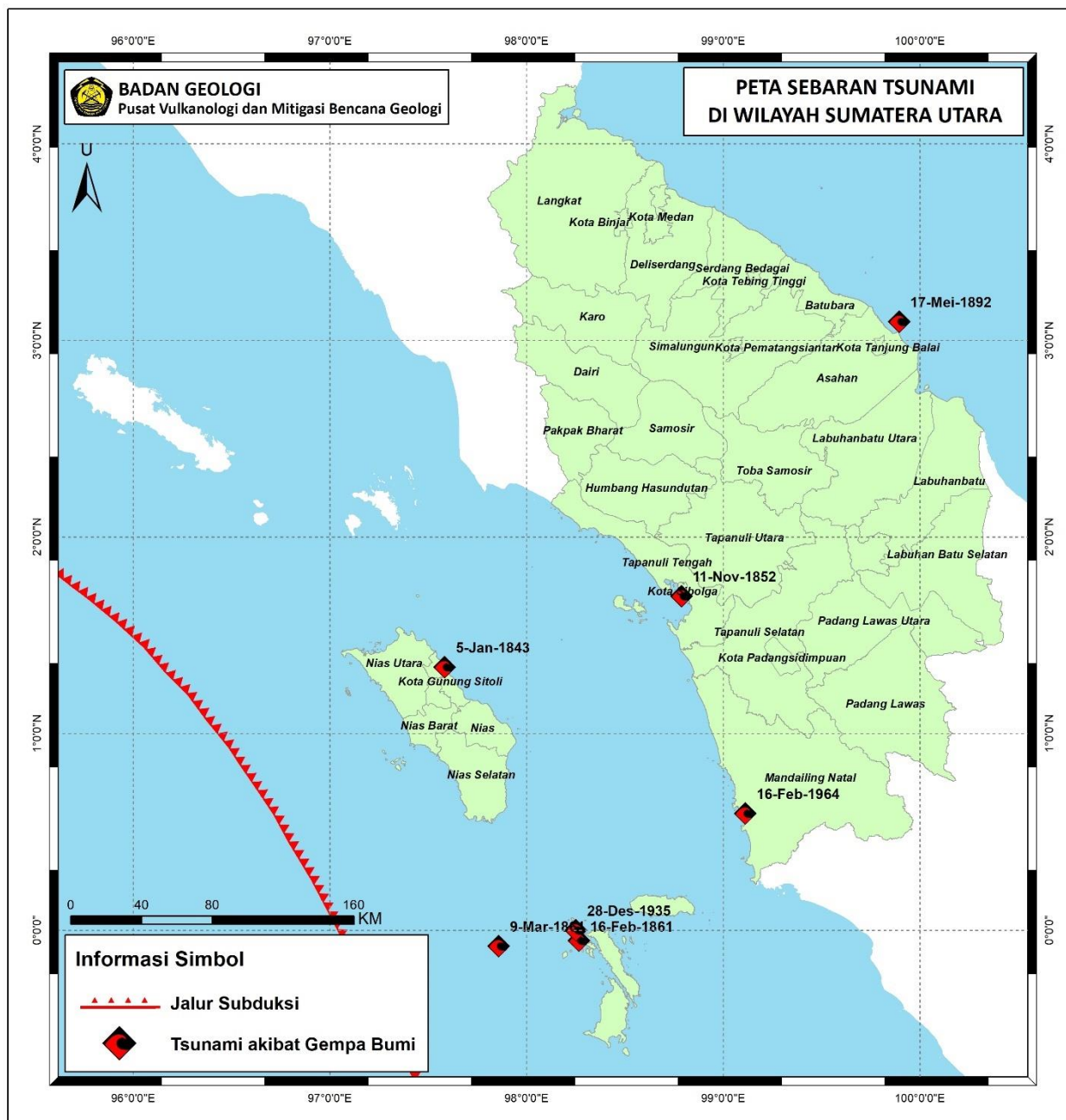
Gambar 21. Ketinggian genangan tsunami di dinding rumah penduduk (kiri) dan di perbukitan di Lhoknga, NAD (kanan), setelah 26 Desember 2004 (ITST, 2005)



Gambar 22. Endapan tsunami di Krueng Cut, NAD setelah tsunami 26 Desember 2004 (ITST, 2005)

4.2 SUMATERA UTARA

Setidaknya, sebanyak tujuh kejadian tsunami pernah terjadi di Provinsi Sumatera Utara, yang semuanya dipicu oleh gempa bumi yang berasosiasi dengan zona subduksi di barat Pulau Sumatera. Namun gempa bumi yang terjadi pada tanggal 17 Mei 1892, berada di bagian timurlaut wilayah Provinsi Sumatera Utara.



Gambar 23. Peta Sejarah Kejadian Tsunami di Wilayah Provinsi Sumatera Utara

Tabel 5. Daftar Kejadian Tsunami di Wilayah Sumatera Utara

NO.	WAKTU KEJADIAN	POSISI SUMBER		PENYEBAB	KETERANGAN
		LAT	LONG		
1.	10 Februari 1797 (sekitar 22:00 waktu setempat)	-0.178	98.459	Gempa Bumi	<p>Terjadi gempa bumi di pesisir barat Pulau Sumatera. Tepatnya berada di antara koordinat 2°LU hingga 2°LS dari garis khatulistiwa. Gempa bumi tersebut dirasakan agak kuat di bagian barat Sumatra. Getaran pertama berlangsung sekitar satu menit.</p> <p>Di Padang, dijumpai retakan pada permukaan tanah selebar 10 cm, lalu getaran berikutnya menutup retakan tersebut. Dijumpai pula retakan di dinding pada sebagian besar rumah. Guncangan terjadi dengan interval 15-20 menit, dan terus dirasakan selama seminggu, namun intervalnya berangsur-angsur meningkat. Gempa bumi tersebut diikuti oleh gelombang tsunami. Gelombang laut tersebut merambat melalui sungai di padang dengan kekuatan besar dan membanjiri kota. Setelah itu, air surut hingga dasar sungai pun mengering. Proses ini berulang sebanyak tiga kali. Pemukiman Ajermanis di pesisir terendam banjir dan banyak gubuk yang hanyut. Sekitar 300 orang meninggal dunia. Satu kapal terbawa oleh gelombang tsunami sejauh 5,5 km ke daratan.</p> <p>Tsunami juga cukup besar melanda Kepulauan Batu (Mallet, 1853; Wichmann, 1918; Sieberg, 1932; Heck, 1934, 1947; Ponyavin, 1965; Berninghausen, 1966).</p>
2.	5 Januari 1843 (23:30 waktu setempat)	1.337	97.583	Gempa Bumi	<p>Terjadi gempa bumi yang merusak di Pulau Nias dan daerah pesisir Pulau Sumatera yang berdekatan. Osilasi, awalnya lemah, dengan cepat meningkat dan berlangsung selama 9 menit. Guncangan gempa dirasakan secara berulang dan menerus hampir tanpa henti hingga pukul 4:30 pada tanggal 6 Januari 1843. Guncangan mulai berkurang selama hari-hari berikutnya. Benteng dan struktur batu di bukit dekat Gunungsitoli hampir hancur total, pepohonan robek dan patah; tanah retak dan lumpur mengalir dari celah-celah (likuefaksi). Gempa tersebut ternyata menyebar ke Singapura dan Pulau Penang.</p> <p>Sebelum gempa, laut lepas Nias benar-benar tenang, namun tiba-tiba, pada pukul 0:30, gelombang dahsyat datang dari arah tenggara dengan suara yang menakutkan, dan mempengaruhi seluruh pantai pulau dan menghancurkan semua yang dilewatinya. Pemukiman besar Kampong de Mego 2 km dari Gunungsitoli, tersapu habis. Perahu di sungai terlempar ke darat sejauh 30-50 m dari tambatannya.</p> <p>Pada waktu yang hampir bersamaan, gelombang yang tidak terlalu besar, dengan suara gemuruh seperti badai, bergerak ke Barus dari arah baratdaya, tiga kapal kemudian ditemukan terpindahkan ke darat sejauh 600 m dari pelabuhan tempat tambat mereka (Perrey, 1859a; Montessus de Ballore, 1906; Milne, 1912b; Wichmann, 1918; Sieberg, 1932; Heck, 1934, 1947; Ponyavin, 1965; Berninghausen, 1966).</p>

3.	11 November 1852 (7:00 waktu setempat)	1.699	98.787	Gempa Bumi	Terjadi gempa bumi dirasakan di pesisir barat Pulau Sumatera, di Singkel dan Sibolga serta di Pulau Nias. Gempa bumi tersebut mempengaruhi area seluas 600 km ² , dan mengganggu perairan di seluruh area ini. Guncangan dirasakan di laut 6 km dari Gunungsitoli. Gempa ini juga terasa di Padang. Pukul 8:30, terjadi guncangan lemah di Pulau Penang (Perrey, 1856, 1859a, 1862a; Wichmann, 1918).
4.	16 Februari 1861 (19:00 waktu setempat)	-0.053	98.266	Gempa Bumi	<p>Terjadi gempa bumi dengan kekuatan luar biasa dan durasi yang lama, disertai tsunami, di seluruh pantai barat Sumatera.</p> <p>Di Padang dan sekitarnya, getaran kuat dirasakan selama dua menit. Penduduk melarikan diri dari rumah mereka dengan panik karena takut akan runtuh, tetapi tidak ada kerusakan.</p> <p>Gempa bumi dirasakan lebih kuat di Pariaman daripada di Padang. Gempa berlangsung selama 4-5 menit. Guncangan gempa itu dirasakan kuat di dataran tinggi Padang, membuat orang sulit untuk tetap berdiri. Gempa tersebut juga dirasakan sangat kuat di Airbangis dan didahului oleh gemuruh dari bawah tanah. Gempa bumi tersebut merupakan bencana besar di Kepulauan Batu. Di Pulau Telo, Talu, Rau dan Natal, guncangannya sangat kuat dan berlangsung 2-4 menit. Sejumlah besar rumah roboh di Kabupaten Mandailing (sekitar Panyabungan) dan Angkola; ladang dibuat seperti malapetaka; longsor yang sangat besar mengubur desa-desa; Sialang terkubur sehingga tidak ada jejak yang tersisa. Di Sibolga dan Barus, celah-celah menganga terbuka di tanah di banyak tempat dan air mancur menyembur. Saksi mata menceritakan bahwa retakan ini terbuka dan tertutup. Di Singkep, sebagian besar rumah, khususnya barak, dibiarkan tidak layak pakai lagi; dijumpai retakan pada permukaan tanah.</p> <p>Di Pulau Nias, gempanya bahkan lebih kuat daripada di tempat lain. Di Fort Laundi, para prajurit terlempar. Hal yang sama juga terjadi di Gunungsitoli.</p> <p>Di sebelah utara, gempa bumi menyebar ke Aceh, dan menyebabkan kerusakan yang cukup besar, serta memakan korban manusia.</p> <p>Gempa bumi juga dirasakan di Tapanuli. Gempa terasa tanpa kerusakan di Bengkulu, di wilayah Siak, di kepulauan Riau, dan di Jebara dan Kuningan (Pulau Jawa). Gempa laut dirasakan oleh kapal Amerika "<i>Humboldt</i>" di garis lintang Pulau Simeulue dan kapal Belanda "<i>Vesta</i>" di garis lintang Kepulauan Pagai. Di Singapura, osilasi berlangsung selama 2 menit dan teramati di laut. Gempa masih cukup kuat di Semenanjung Malaka dan di Pulau Penang, yang dirasakan di Dacca dan menyebabkan gelombang berdiri (<i>seiche</i>) teramati di kolam di sebelah timur India. Gelombang gempa yang tidak biasa tersebut tercatat di observatorium astronomi Pulkovo selama pengamatan tanggal 16 Februari 1861. Gempa tersebut disertai dengan sejumlah besar gempa susulan.</p> <p>Di Airbangis, laut bergejolak saat terjadi gempa. Sungai benar-benar kering, dan kemudian laut "mengalir" ke pantai, bergerak maju dengan kekuatan yang besar. Osilasi di permukaan sungai ini</p>

				<p>berulang hingga tengah hari tanggal 17 Februari 1861; durasi satu osilasi adalah 15 menit.</p> <p>Di Pulau Panjang, di seberang Airbangis, ditemukan ribuan ikan mati pasca tsunami. Di Pulu Telo, tempat kediaman gubernur berada, laut melanda ke daratan dengan kekuatan yang cukup besar, kira-kira satu jam setelah guncangan bawah tanah pertama. Sesaat kemudian, semua pohon pantai terendam dan benar-benar berada di bawah air. Pada malam tanggal 16 – 17 Februari 1861, pulau itu dibanjiri empat kali oleh gelombang tsunami, yang menghancurkan segala sesuatu di dalamnya, menghilangkan sisa-sisa vegetasi subur yang dulu menutupinya, dan meninggalkan gerusan pada tanah. Di Pulau Batu dan di Pulau Simuk, terdapat 80 buah rumah hancur.</p> <p>Di Natal, sungai meninggalkan tepiannya. Di Sibolga, beberapa saat setelah guncangan pertama, terjadi osilasi kuat di permukaan air, yang teramat mulai dari di Teluk Tapanuli. Air surut dua kali dengan kekuatan sedemikian rupa sehingga kapal-kapal yang melaju di pinggir pantai kandas di dasar laut yang kering. Kemudian air dengan cepat kembali, dan mengalir ke pantai, menutupi jalan yang membentang di sepanjang pantai.</p> <p>Di Barus, laut juga menggenangi pantai, tetapi air tidak naik lebih dari 0,5 - 1 m di atas permukaan laut rata-rata dan segera turun kembali.</p> <p>Di Singkil, titik paling utara, menurut laporan, air naik saat tentara mendirikan tenda sementara untuk bermalam, dan pemukiman terendam seluruhnya. Di tempat tertinggi, air mencapai dada orang. Air pasang, lalu kembali dan membawa semua yang ada di jalurnya. Sekitar 20 orang meninggal.</p> <p>Di Benteng Laundi, di pantai selatan Pulau Nias, gelombang datang dari tenggara 4 jam setelah gempa dan dalam 45 menit sebagian besar bangunan hanyut. Menurut banyak catatan, air naik setinggi 7 m. Sebuah kapal yang sedang berlabuh di pinggir pantai terbawa air dan kandas. Air terus maju dan mundur dan pada akhirnya kembali ke batas biasanya. Sekitar 50 orang meninggal.</p> <p>Di Gunungsitoli di pantai timur laut Pulau Nias, laut surut 32 m, kemudian pasang naik dengan kecepatan luar biasa dan menghancurkan sejumlah besar desa pesisir. Banyak penduduk setempat meninggal. Satu sekunar kandas di Damula di pantai timur Pulau Nias.</p> <p>Pulau Lapau, di sebelah utara Pulau Nias, hampir hancur total. Terumbu baru muncul ke permukaan, sedangkan terumbu yang sebelumnya ada, menghilang di sepanjang pantai barat pulau. Di beberapa tempat pantai surut, sementara di tempat lain naik, ratusan warga meninggal.</p> <p>Di Bengkulu, pada tanggal 17 Februari 1861 pukul 04.00 air naik setinggi 1 m. Sebuah jalan yang membentang di sepanjang pantai hancur pada bentangan sepanjang 500 m dan lebar 55 m. Muara sungai di Teluk Pulu melebar sekitar 6 m. Jalan dari teluk ini ke</p>
--	--	--	--	---

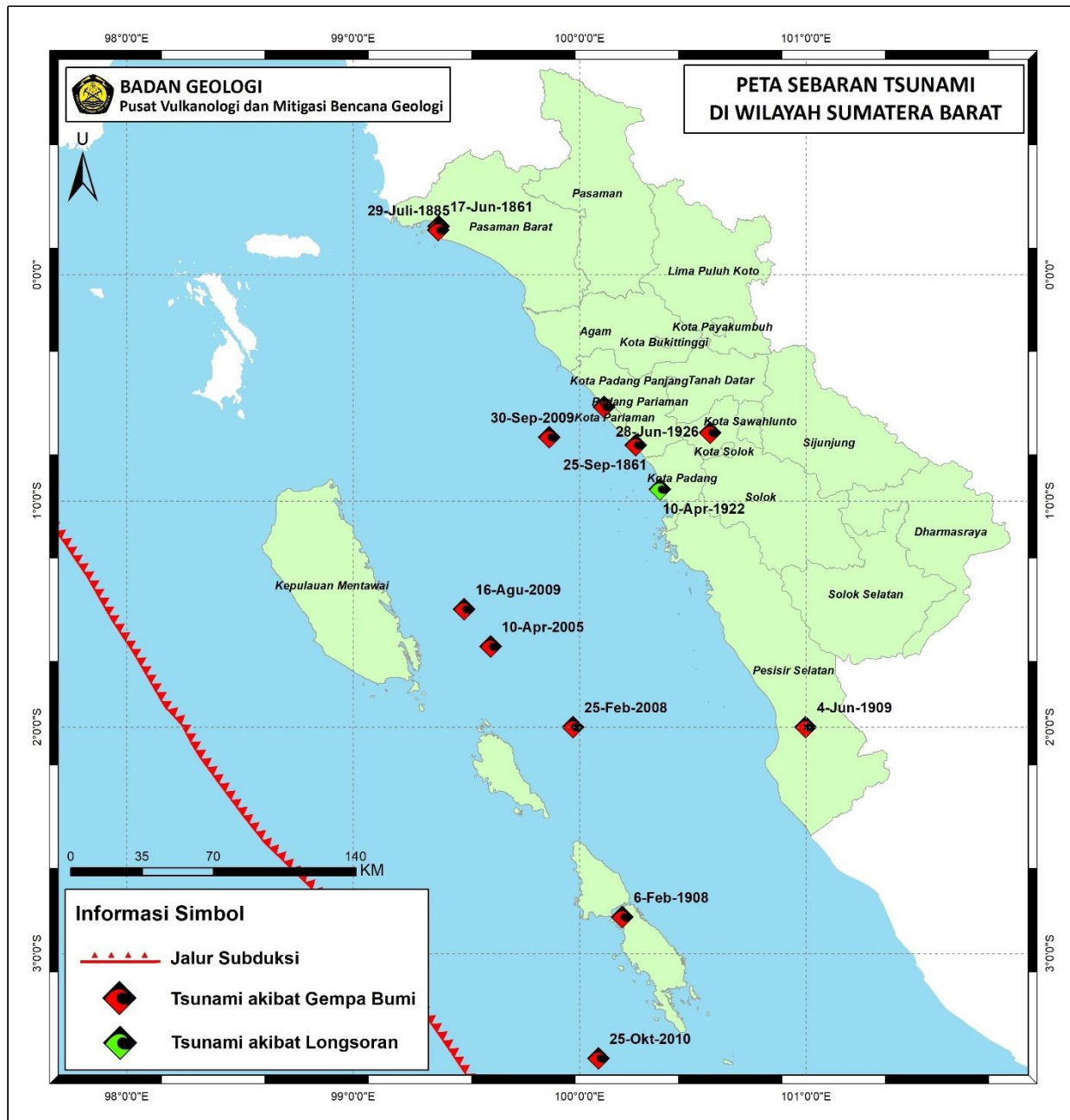
					Bengkulu tertutup air hingga kedalaman 0,5 - 4,5 m. (Perrey, 1864a, 1865a, 1872b; Guillemin, 1886; Milne, 1912b; Wichmann, 1922; Sieberg, 1932; Heck, 1934; Ponyavin, 1965; Berninghausen, 1966).
5.	9 Maret 1861 (22:00 waktu setempat)	-0.081	97.857	Gempa Bumi	<p>Gempa bumi ini merupakan gempa susulan terkuat dari gempa 16 Februari 1861.</p> <p>Di Kepulauan Batu didahului dan disertai dengan gemuruh bawah tanah dan menyebabkan dampak yang lebih serius daripada gempa utama. Guncangannya cukup kuat di Airbangis dan sangat terasa di Padang.</p> <p>Gempa tersebut disertai tsunami yang intensitasnya paling besar terjadi di Pulau Simuk, yakni di ujung barat nusantara. Di sini penduduk tiba-tiba mengalami gelombang besar yang naik ke laut dan melewati 300 m ke pedalaman pulau dari sisi utara, begitu cepat sehingga sebagian besar tidak punya waktu untuk melarikan diri. Banjir, menurut catatan, berlangsung sekitar satu jam. Sebelum bencana, ada 120 rumah di pulau ini di perkampungan dan pemukiman sementara, dan sekitar 1000 orang tinggal di sana. Sembilan puluh enam (96) rumah hancur akibat gempa bumi dan tsunami; sekitar 3/4 dari populasi tewas. Desa-desa sebelumnya dibiarkan seperti sampah berserakan, batu atau tumpukan reruntuhan.</p> <p>Pesisir barat dan baratlaut Pulau Tello juga mengalami kerusakan yang sangat parah, sementara wilayah pesisir lainnya di pulau ini tidak mengalami kerusakan.</p> <p>Permukaan laut terombang-ambing jauh dari pulau-pulau yang berdekatan Babanirege dan Lakao, di mana banyak penduduk yang meninggal.</p> <p>Menurut cerita seorang penduduk Pulau Babanirege yang selamat, gelombang besar menenggelamkan penduduk yang melarikan diri dengan berjalan kaki dan membawa 300 orang dari 280 orang yang dulu tinggal di sini. Yang lainnya melarikan diri ke hutan, mengandalkan tumbuh-tumbuhan untuk perlindungan. Dua gelombang bertabrakan di dekat tempat mereka bersembunyi, mendatangkan kehancuran besar. Bongkahan batu yang sangat besar terbawa ke daratan sejauh 30-60 m oleh gelombang (Perrey, 1864a, 1865a; Wichmann, 1922; Heck, 1934, 1947).</p>
6.	Pada 17 Mei 1892 (20.00 waktu setempat)	3.098	95.231	Gempa Bumi	<p>Terjadi gempa bumi yang bersumber di lepas pantai Pulau Sumatera, dan mempengaruhi seluruh Pulau Sumatera, Semenanjung Malaka dan bagian barat pulau Jawa.</p> <p>Penjara dan rumah sipir rusak parah sehingga tidak layak untuk digunakan lebih lanjut. Massa guncangan berulang dirasakan di malam hari. Menurut tukang perahu dari Danau Toba, sebuah rumah besar ambruk di tepiannya. Jalur telegraf dari bentan ke Prapat terputus.</p> <p>Di Tanjungbalai, banyak rumah yang mengalami kerusakan; beberapa di antaranya miring ke satu sisi; kebakaran terjadi di dua tempat; sebuah rumah yang belum selesai runtuh. seorang penduduk melompat keluar dari jendela dengan panik dan kakinya</p>

					<p>patah. Tidak ada korban lain dari gempa tersebut. Di Labuandeli, di kawasan Cina, semua penduduk lari ketakutan ke jalan.</p> <p>Gempa kuat terjadi di Tanjungmorawa, Sungaibras, Binjai, dan di wilayah Asahan. Gemuruh terdengar di Qualamincirim. Di Tanjungpura dan Tebing Tinggi diguncang oleh gempa berkekuatan 5 derajat (VI); beberapa warga merasakan gejala mabuk laut; lampu bergoyang kuat. Di Medan, gempa dimulai dengan getaran yang nyaris tak terasa; intensitasnya meningkat dan kemudian mereda.</p> <p>Guncangan gempa sangat terasa namun tidak merusak dan menyebar ke Stabatestat, Klamberlima, Berapi (wilayah Natal), Padang dan Mukomuko. Gempa dirasakan di TanjungKalen, Palembang dan Jambi.</p> <p>Di Pulau Penang, warga lari keluar rumah karena panik. Di Singapura, terjadi kepanikan yang meluas, dan orang-orang memadati jalan. Rumah-rumah tinggi bergoyang dari atas ke bawah. Bungalow kayu berguncang, tiang pintu bengkok. Kekuatan getaran awalnya meningkat secara bertahap, dan kemudian secara bertahap menurun. Gempa yang sangat lemah dirasakan di Jakarta dan Indramayu.</p> <p>Ombak yang kuat teramati di sungai-sungai di pantai timur pulau Sumatera. Di Tebingtinggi, air di Sungai Barau dan Hilang beberapa kali meluap ke darat. Di Tandjungpura, air di sungai berguncang. Pergerakan air yang kuat di sungai teramati di Qualamintjirim dan di Klambierlima. Di Tandjungbalai, sungai itu sangat deras. Di Singapura, air menjadi gelisah, secara bergantian naik dan turun. (Figeo, Onnen, 1893b).</p>
7.	4 Januari 1907 (12:20 waktu setempat)	2.000	94.500	Gempa Bumi	<p>Terjadi gempa kuat dengan sumber di lepas pantai barat Pulau Sumatera bagian utara.</p> <p>Di Gunungsitoli, guncangan tanah bergelombang sangat kuat sehingga tidak mungkin untuk berdiri. Kerusakan besar terjadi pada bangunan di mana-mana. Retakan dijumpai di lantai semen kantor pabean. Di Barus, terjadi guncangan yang sangat kuat secara beruntun; bangunan kayu berderit; dinding beton benteng yang ditinggalkan retak. Guncangan kuat juga dirasakan di Rundeng, Pariaman, Airbangis, Natal, Siborong-borong dan Talu, di mana bagian-bagian kayu bangunan berderak, lemari-lemari bergeser dari tempatnya, lantai-lantai bergoyang, dan warga merasa mual. Guncangan yang cukup kuat tercatat di Balig, Labuhanbilik, Bagansiapi-api, seorang saksi mata merasa pusing, dan di Tanjungbalai, tempat pendulum jam berhenti, lampu bergoyang memutar dengan radius 30 cm, dan warga juga merasa pusing. Laporan tentang gempa datang dari Kualabelu, Sidikalang, di mana bangunan berguncang dan lampu bergoyang, serta dari Lubuksikaping dan Shribudolok. Getaran lemah dilaporkan dari Sibloga, Payakumbuh dan Pulu Panjang. Gemuruh terdengar di berbagai tempat (Kualabelu, Barus, Tanjungbalai, Sibolga dan lain-lain).</p> <p>Gempa bumi permulaan (<i>foreshocks</i>) yang kurang kuat dirasakan di sejumlah tempat pada pukul 02.00, 09.00, dan 12.00.</p>

					<p>Tsunami muncul dan menyebabkan kehancuran besar di Pulau Simeulue. Hal yang sama juga teramati di seluruh pantai Aceh, di Teluk Tapanuli, di Kepulauan Mentawai, di Gunungsitoli, Pulu Boanga, Natal, Barus, Meulaboh, <i>tide gauge</i> di Padang (di Telukbayur). Sekitar 400 orang meninggal.</p> <p>Menurut Visser (1931a) bahwa pada saat Kepulauan Hinako dihancurkan oleh gempa bumi, laut di Sibolga surut dari pantai, dan kemudian muncul gelombang pasang dan menggenangi gubuk-gubuk, tampaknya terkait dengan peristiwa yang sama (Anon, 1909; Visser, 1922a; Sieberg, 1932; Heck, 1947; Gutenberg, Richter, 1949, 1954; Ponyavin, 1965; Berninghouses, 1966).</p> <p>Gutenberg, Richter (1954): 4 Januari; 1:19,2; 2°LU, 94.5°BT; 50 km; M=7.6 (Data instrumen tentang gempa tidak sesuai dengan data makroseismik).</p>
8.	28 Desember 1935 (9:06 Waktu setempat).	0.000	98.250	Gempa Bumi	<p>Terjadi gempa bumi dahsyat di Kepulauan Batu dan pantai Pulau Sumatera yang berdekatan.</p> <p>Di Pulau Bojo, retakan muncul di sebuah bukit setinggi 60 m, yang berfungsi sebagai dasar mercusuar. Di mercusuar itu sendiri, sistem lensa dan mekanisme rotasi rusak, dan cahaya redup. Beberapa dinding bangunan luar retak. Dua orang terluka akibat ubin yang jatuh.</p> <p>Di Pulau Tello, beberapa tempat tinggal runtuh dan ada yang terluka. Kerusakan ringan terjadi pada mercusuar di Pulau Sigata dan di Muara Siberut. Pulau Tanahbala dan Sigata mungkin naik beberapa m, karena dataran rendah, yang sebelumnya tergenang saat banjir pasang, mengering.</p> <p>Di Padang dan sekitarnya, pohon-pohon dan tiang telepon dan jaringan listrik, serta kabel bergoyang kuat; beberapa saluran telepon antar kota terputus; jaringan penerangan rusak di banyak tempat. Beberapa dinding retak. Barang pecah belah pecah di rumah dan toko. Plesteran jatuh di seprai. Air memercik ke sisi dalam baskom. Mobil yang bergerak terlempar ke samping, dan hanya bisa dikendalikan dengan susah payah. Di Sibolga, beberapa gubuk roboh namun tidak ada korban jiwa</p> <p>Di Muarakuang (kediaman Palembang), terjadi gelombang pasang di Sungai Ogan pada tanggal 28, meskipun tidak ada gempa yang disebutkan (Berlage, 1936).</p> <p>Gutenberg, Richter (1954): 28.XII; 2h35m225; 0° LU, 98,25° BT; M=7.9 [ternyata, seiches].</p>
9.	16 Februari 1964	0.593	99.112	Gempa Bumi	<p>Terjadi gempa bumi yang sangat kuat di pantai barat Pulau Sumatera, di kabupaten Mandailing dan Angkola, dan di Padang dan Panyabungan, di Kepulauan Batu, yang disertai tsunami (Milne, 1912a; Heck, 1934, 1947; Ponyavin, 1965; Beminghausen, 1966). (Ternyata salah tanggal gempa dan tsunami 16 februari 1861).</p>

4.3 SUMATERA BARAT

Tercatat 14 kejadian tsunami pernah terjadi di Sumatera Barat. 13 kejadian tsunami akibat gempa bumi dan satu kejadian tsunami akibat longsor. Tsunami akibat longsor tercatat pada tanggal 10 April 1922, di wilayah Pantai sekitar Padang, yang diawali dengan adanya dua guncangan dari bawah tanah yang memicu guncangan di laut, namun pada peralatan tidak terekam adanya gempa bumi (Visser, 1923).



Gambar 24. Peta Sejarah Kejadian Tsunami di Wilayah Provinsi Sumatera Barat

Tabel 6. Daftar Kejadian Tsunami di Wilayah Sumatera Barat

NO.	WAKTU KEJADIAN	POSISI SUMBER		PENYEBAB	KETERANGAN
		LAT	LONG		
2.	26 April 1861 (6:00 waktu setempat)	-0.585	100.108	Gempa Bumi	<p>Terjadi gempa bumi kuat yang berlangsung selama 2-3 menit di Pariaman. Guncangan gempa tersebut dirasakan selama 1,5 menit di Singkel. Sedangkan di Padang dan Airbangis gerakan bergelombang horizontal dirasakan dengan durasi sekitar 2 menit. Guncangan ringan terasa di Fort de Kok.</p> <p>Di Singkil, permukaan laut naik tinggi sehingga lantai rumah komandan tertutup lapisan air sedalam 25 cm. Dua hari berikutnya, air naik lebih dari satu kali dengan ketinggian yang sama, meskipun tidak ada guncangan baru yang dirasakan (Perrey, 1865; Wichmann, 1922).</p>
3.	17 Juni 1861 (sebelum 10:00 waktu setempat)	0.2129	99.378	Gempa Bumi	<p>Di Airbangis, dirasakan guncangan gelombang panjang selama sekitar 1 menit. Beberapa saat setelah gempa ini, air naik dan turun tiga kali, seperti yang terjadi saat tsunami (Perrey, 1865a).</p>
4.	25 September 1861 (13:30 waktu setempat)	-0.7545	100.2487	Gempa Bumi	<p>Di Padang dan Pariaman, terjadi gempa bumi yang bergelombang dengan kuat. Guncangan gempa bumi tersebut dirasakan juga di dataran tinggi Solok, Lolo dan di Fort de kok selama beberapa detik.</p> <p>Di Indrapura, gempa bumi yang terjadi diikuti oleh tsunami. Lautnya ganas, dan airnya naik sangat tinggi sehingga merusak pantai. Beberapa perahu dan gubuk hanyut. Cabang sungai kedua terbentuk di muara sungai (Perrey, 1865a; Milne, 1912b; Wichmann, 1922; Heck, 1934, 1947; Ponyavin, 1965; Berminghausen, 1966).</p>
5.	29 Juli 1885 (23:34 waktu setempat)	0.1963	99.3755	Gempa Bumi	<p>Di Airbangis, terjadi gempa bumi dengan magnitudo 6 (Skala intensitas VII Rossi-Forel) yang berlangsung selama 15 detik. Gempa tersebut didahului dan disertai dengan gemuruh dari bawah tanah, yang datang dari laut dan seperti suara ombak yang tiba-tiba meningkat. Ombak mulai pecah di pantai dengan kekuatan besar (Figuee, Onnen, 1887a).</p>
6.	6 Februari 1908 (8:00 waktu setempat)	-2.839	100.189	Gempa Bumi (Ms7.5, kedalaman 130 km)	<p>Terjadi gempa dengan sumber di lepas pantai barat Pulau Sumatera.</p> <p>Di Sikakap, ada guncangan kuat yang berlangsung selama 45 detik. Di Ujung-Sungei-Bramei, guncangan berlangsung selama 2 menit, kusen jendela dan pintu bergetar, satu panel pecah. Ada getaran hebat yang berkepanjangan dan raungan bawah tanah di Balaiselasa dan Muko-muko, guncangan kuat di Sandaran, Bengkulu dan Mana, dan getaran yang agak kuat di Tanjungsakti dan Bintuhan. Ada getaran di Alahanpanjang, Muaratelang dan Tais, yang didahului oleh suara yang tumpul. Ada guncangan lemah di Padang, di mana furnitur bergetar. Ada gemetar yang sangat samar di Krui. Gempa tersebut terekam oleh seismograf di Jakarta, yang diikuti dengan sejumlah besar gempa susulan dan sebelumnya didahului oleh gempa pendahuluan (<i>foreshocks</i>) pada tanggal 3 pukul 2:00, yang dirasakan di Sikakap, Ujung-Sungei-Bramei, Padang dan Balaiselasa.</p> <p>Gempa ini disertai dengan gelombang pasang, yang mencapai jalan di Sikakap, ketinggian gelombang mencapai 1.4 m. (Anon, 1910;</p>

					Milne, 1913b; Visser, 192a; Heck 1932, 1947; Ponyavin, 1965; Berninghausen, 1966). Milne (1913b): 6 Februari 1908; 1:27; 5°LS-100°BT.
7.	4 Juni 1909 (1:41 waktu setempat)	-2	101	Gempa Bumi	<p>Terjadi gempa kuat dengan sumber di sekitar Kerinci, namun dirasakan hingga di pantai barat Pulau Sumatera.</p> <p>Terjadi kerusakan serius dan korban jiwa di Kabupaten Kerinci dan Rejanglebong, di Ketaun, Sungaipenuh, Tanjung, Pau dan Muti. Kebakaran terjadi akibat ambruknya kabel telegraf. Balaiselasa, Muaralabuh, Kamban, tempat tanah retak, dan Painan merasakan getaran yang sangat kuat. Di Padang, banyak dinding bangunan batu yang retak dan miring; pilar pecah menjadi dua tetapi tidak runtuh; tidak ada korban.</p> <p>Di Solok, terjadi kepanikan dan semua orang lari dari rumah-rumah yang berderit; Ornamen jatuh dari dinding ke lantai. Jalan antara Kubangandua dan Alahanpanjang retak. Mercusuar di Pulau Panjang berdentung, jam menara berbunyi, dan minyak tumpah keluar dari wadah. Menurut saksi mata di Banko, gempa ini adalah yang terkuat dirasakan sepanjang hidupnya. Di Ipu, getaran berlangsung satu menit. Guncangan kuat tercatat di Padangpanjang; di Bua, di mana barak kayu berderit, orang-orang digoyang dan lampu pada kabel sepanjang 1,5 m beresilasi dengan amplitudo yang sama; dan di Taluk, di mana rumah-rumah dan pohon-pohon bergoyang, serta perahu-perahu di sungai merasakan guncangan yang kuat. Guncangan yang agak kuat, disertai dengan suara gemuruh, terasa di Jambi dan Bayunglencir, daun jendela bergetar kuat, lampu menyala dan perabotan bergetar, dan guncanga juga terasa di Rengat dan Talu. Gempa dirasakan di Payakumbuh, Pekanbaru, Jebus, Tanjungpinang dan Palembang. Di Singapura, beberapa orang yang tidur terbangun oleh getaran tidak menyenangkan yang kuat dan derit furnitur, pintu, dan jendela; Di sana-sini, warga turun ke jalan dengan panik dan ada yang mendengar suara gemuruh. Sejumlah gempa susulan yang cukup besar terasa.</p> <p>Gelombang pasang, yang mungkin telah menyebabkan kerusakan, terjadi di dekat zona fokus (di Tanjung, Pau, Muti, dan tempat-tempat lain). Pergerakan besar air teramati di Kambang (Anon, 1911). Gutenberg, Richter (1954); 3 Juni; 18:40.8; 2°LS-101°BT; M=7.6</p>
8.	10 April 1922 (3:45 waktu setempat)	-0.9486	100.355	Longsor	Di Padang (Pulau Sumatera), ada dua guncangan bawah tanah dengan kekuatan 3° Laut sangat bising. Tidak ada gempa bumi yang tercatat pada instrumen (Visser, 1923).
9.	28 Juni 1926	-0.699	100.578	Gempa Bumi, Retakan Dinding Danau	<p>Terjadi gempa kuat di wilayah Danau Singkarak (Pulau Sumatera). Pantai selatan danau runtuh di beberapa tempat dan gelombang pasang muncul. Mereka mencapai pantai utara dalam waktu sekitar 10 menit (Visser, 1949). Gutenberg, Richter (1954): 28 Juni 1926; 3:23:25; 1,5°LS-99,5°BT; M=6,75</p> <p>Kejadian gempa pada 28 Juni 1926 yang berkekuatan M 6,5 yang memicu retakan di Danau Singkarak dan menyebabkan tsunami di</p>

					danau tersebut, berulang terjadi lagi pada tanggal 6 Maret 2007 (Ubaya, 2020).
10.	10 April 2005 (10:29 waktu setempat)	-1.644	99.607	Gempa Bumi	Tsunami dengan ketinggian 40 cm teramati di Padang, yang dipicu oleh gempa bumi dengan magnitudo Mw6.7 pada kedalaman 19 km di Kepulauan Mentawai . (Rynn, 2002)
11.	25 Februari 2008 (8:36 waktu setempat)	-2	99.972	Gempa Bumi	Gempa berkekuatan Mw6.5 pada kedalaman 25 km, telah menimbulkan tsunami setinggi 12 cm, menyebabkan kerusakan pada 2 buah rumah (NOAA, 2022).
12	16 Agustus 2009 (7:38 waktu setempat)	-1.479	99.49	Gempa Bumi	Sebuah tsunami setinggi 36 cm terekam di Padang dipicu oleh gempa bumi berkekuatan M6.7 dengan kedalaman 20 km, menyebabkan 9 orang luka. (Rynn, 2002)
13.	30 September 2009 (10:16 waktu setempat)	-0.72	99.867	Gempa Bumi	Gempa dengan kekuatan Mw7.5 pada kedalaman 81 km, menimbulkan tsunami setinggi 27 cm dan menewaskan 1117 orang akibat gempa bumi (Rynn, 2002).
14.	25 Oktober 2010 (21:42:22 Waktu Setempat)	-3.464	100.084	Gempa Bumi	<p>Pada 25 Oktober 2010, pukul 21:09:22 WIB terjadi gempa bumi dengan magnitudo Mw 7,7 mengguncang Kepulauan Mentawai, Sumatera Barat. Gempa bumi ini berpusat di lepas pantai baratdaya Pulau Pagai, pada koordinat 3,484° LS dan 100,114° BT dengan kedalaman 20,6 km di bawah dasar laut (USGS, 2010).</p> <p>Menurut saksi mata, guncangan gempa yang dirasakan lemah dibandingkan dengan gempa bumi tahun 2007, namun berlangsung lebih lama, ~ 3 menit, merupakan ciri dari fenomena <i>tsunami earthquake</i>, dimana tsunami yang dihasilkan lebih besar daripada momen seismik gempa yang menyebabkannya. Ketinggian tsunami di Pulau Sipora antara < 1 m hingga 3,5 m; di Pagai Utara 2,4 – 8m, dan Pagai Selatan 2,5 – 12,4 m; (GITST, 2010). Genangan tsunami maksimum secara horizontal terdapat di Dusun Malakopa (450 m); Pengukuran batimetri di 7 lokasi berkisar antara 2 hingga 15 m; Tsunami didahului oleh suara seperti gemuruh dari arah laut dan kegaduhan yang ditimbulkan oleh suara burung; Gelombang tsunami datang 3 – 4 kali, gelombang yang kedua yang paling tinggi; Ketebalan endapan tsunami berkisar antara 1,5 hingga 12 cm.;</p> <p>Gempa bumi dangkal ini telah menghasilkan tsunami di sepanjang pantai Kepulauan Sipora, Pagai Utara, dan Pagai Selatan, Mentawai dan menewaskan 448 orang serta merusak fasilitas umum dan rumah penduduk (BNPB, 2010).</p> <p>Kesiapan masyarakat terhadap bencana cukup memadai, tetapi tidak ditunjang oleh sarana komunikasi, sehingga mereka tidak menerima peringatan dini menjelang tsunami. Masyarakat di wilayah ini telah mendapatkan pemahaman mengenai potensi gempa bumi dan tsunami, serta mendapatkan pengetahuan mengenai tindakan penyelamatan diri. Hal inilah yang menjadi alasan mengapa di sebagian besar wilayah survei, masyarakat berhasil menyelamatkan diri dan pergi ke tempat yang aman dari jangkauan tsunami saat tsunami berlangsung, sehingga meskipun tempat dimana mereka tinggal hancur oleh gelombang tsunami, namun masyarakatnya tetap hidup dan berhasil selamat (GITST, 2010).</p>

				<p>Jumlah korban yang mencapai ratusan, berasal dari beberapa dusun yang terdapat di pinggir pantai. Hal lain yang mengalami korban tewas bukan berarti di wilayah ini masyarakat tidak siap mengenai tindakan penyelamatan diri, namun disebabkan sebelum terjadi gempa bumi tanggal 25 Oktober 2010, masyarakat di lokasi-lokasi tersebut secara resmi mendapatkan informasi mengenai prediksi gempa bumi besar akan terjadi di Kepulauan Mentawai dengan magnitudo 8,9. Hal inilah yang membuat masyarakat lengah, sebab indikasi guncangan yang dihasilkan oleh gempa bumi 25 Oktober 2010 tersebut tidak terlalu kuat jika dibandingkan dengan gempa bumi yang terjadi pada tanggal 12 September 2007, sehingga mereka tidak menyangka akan terjadi tsunami, dan memilih untuk tidak meninggalkan rumah pada saat gempa bumi tersebut terjadi (GITST, 2010).</p>
--	--	--	--	---



Gambar 25. Efek Tsunami 25 Oktober 2010 di Desa Bosua (kiri) dan Desa Tumalei (kanan), Mentawai (GITST, 2010).



Gambar 26. Efek tsunami di Pulau Sibigou (kiri), dan Tanaman yang rebah ke arah tertentu sebagai indikasi arah aliran tsunami (kanan) (GITST, 2010)



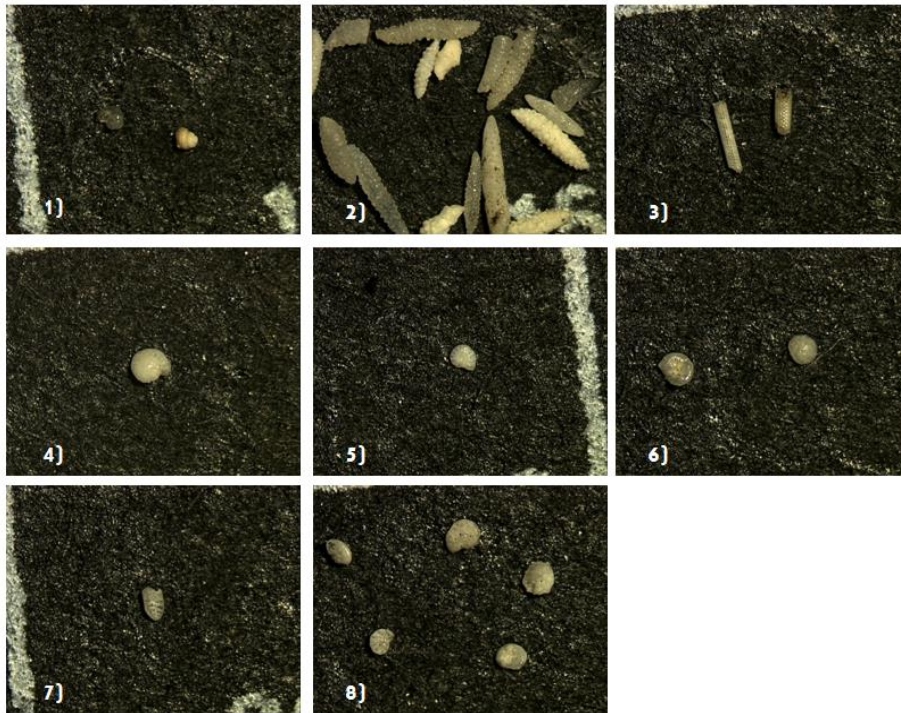
Gambar 27. Jejak endapan tsunami Mentawai 2010 di Malakopa (Kiri), Limosua (tengah), dan Silabu-labu (kanan)



Gambar 28. Jejak endapan tsunami Mentawai 2010 di Pulau Sibaru-baru (kiri), Betumonga (tengah) dan Sabegungung (kanan)



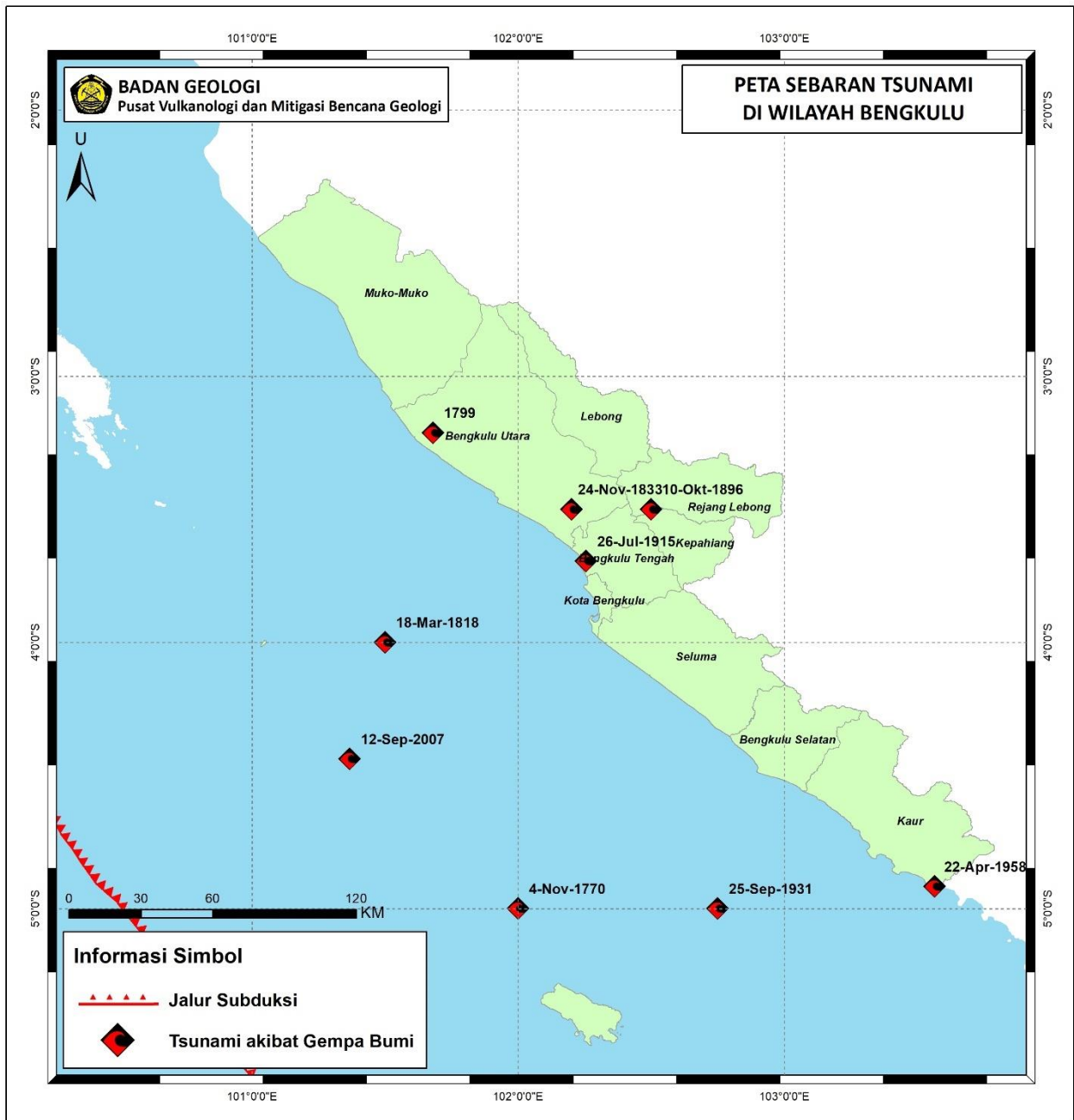
Gambar 29. Jejak endapan tsunami di Pulau Bitojat (kiri) dan bongkah koral yang terseret dan terendapkan dengan posisi terbalik di Pulau Kasi (kanan) (GITST, 2010).



Gambar 30. Fosil moluska mikro (gastropoda) dan foraminifera bentonik penunjuk lingkungan pengendapan laut dangkal hingga laut marginal, terdiri dari: 1) *Hyperammia indicate*; 2) *Tubinella sp.*; 3) *Alphidium crispum*; 4) *Peneropolis pertusus*; 5) *Discorbis sp.*; 6) *Loxostomum sp.*; 7) *Rotalia sp.*; dan 8) *Rotalia beccarii* (laut marginal).

4.4 BENGKULU

Di wilayah ini terekam ada sekitar 9 kejadian tsunami, delapan diantaranya bersumber dari gempa bumi dan satu akibat longsor. Gempa bumi yang terjadi pada tanggal 24 November 1833, telah menyebabkan penghalang di Gunung Api Kaba yang menahan danau pecah. Air di danau itu mengalir keluar, dan banjir yang diakibatkannya menggenangi dan menghancurkan tujuh desa.



Gambar 31. Peta Sejarah Kejadian Tsunami di Wilayah Provinsi Bengkulu

Tabel 7. Daftar Kejadian Tsunami di Wilayah Bengkulu

NO.	WAKTU KEJADIAN	POSISI SUMBER		PENYEBAB	KETERANGAN
		LAT	LONG		
1.	1770	-5.00	102.00	Gempa Bumi (M7.0)	<p>Di Kabupaten Bengkulu (Pulau Sumatera), terjadi gempa bumi yang sangat kuat. Sebuah pemukiman hancur dan terjadi retakan tanah. Salah satu retakan berukuran panjang 500 m, lebar 3,5 m, dan kedalaman 8 m, serta mengeluarkan zat bitumen. Pada saat bersamaan, bagian pantai di dekat muara Sungai Padang Gutongi, yang mengalir di distrik Mana, mengering. Gempa bumi tersebut diikuti oleh gelombang pasang yang terjadi hampir bersamaan dengan gempa.</p> <p>Wichmann mencatat, tahun kejadian bersifat tentatif. Peristiwa tersebut bisa jadi bertepatan dengan gempa bumi yang dialami di Bengkulu oleh Ch. N. Miller yang mengatakan: "Satu gempa bumi, khususnya setelah saya tiba di sini sangat kuat dan menimbulkan banyak kerusakan di negara ini. Gunung Api Dempo, terlihat dari Fort Malboro di Bengkulu dan hampir selalu mengeluarkan api, menyemburkan api selama gempa." (Wichmann, 1918).</p>
2.	1799	-3.213	101.68	Gempa Bumi	<p>Terjadi gempa bumi dan tsunami, yang dilaporkan. Saat gempa terjadi, gelombang pasang naik di sepanjang pantai, dan mencapai ketinggian 15 m di atas permukaan air biasanya. Terumbu baru juga terbentuk, yang membahayakan navigasi. Ditemukan oleh kapal "Bergen" pada tanggal 11 November 1799. Gempa bumi menyebabkan kerusakan yang cukup parah di Palembang (Wichmann, 1918; Heck, 1934, 1947; Ponyavin, 1965; Iida <i>et al.</i>, 1967).</p>
3.	18 maret 1818	-4.00	101.50	Gempa Bumi (Ms7.0)	<p>Terjadi gempa bumi di Bengkulu. Kapal "Northumberland" dan "Sandbury" terguncang begitu kuat sehingga para pelaut terlempar dari tempat berlabuh.</p> <p>Getarannya dirasakan oleh Raffles yang berada di atas kapal 350 km dari pantai Sumatera. Di Fort Malboro, guncangan yang sangat kuat terjadi pada malam hari. Salah satu saksi mata yang menggambarkan gempa terlempar dari tempat tidurnya, dan dinding rumah sebagian runtuh. Saat fajar, diketahui bahwa laut telah mundur jauh dari pantai dan semua kapal yang berlayar di pinggir jalan telah terdampar di dasar. Segera setelah itu laut kembali, melonjak dengan kekuatan besar dan menghanyutkan semua yang dilaluinya. air naik jauh ke pedalaman sehingga sebuah jembatan tergenang air.</p> <p>Di Bengkulu, guncangan berlangsung paling tidak sampai 8 April, tanggal posting surat (Mallet, 1853; Wichmann, 1918; mSieberg, 1932; heck, 1934, 1947; Ponyavin, 1965; Berninghausen, 1966).</p>

4.	24 November 1833 (20:30 waktu setempat)	-3.50	102.20	Gempa bumi, Retakan Dinding Danau	<p>Gempa berkekuatan Mw8,8-9,2, dirasakan kuat di Pulau Sumatra, yang juga dirasakan di Singapura dan di Pulau Jawa. (M8,2 Kedalaman 75 km)1836</p> <p>Penghalang di Gunung Api Kaba yang menahan danau pecah. Air di danau itu mengalir keluar, dan banjir yang diakibatkannya menggenangi dan menghancurkan tujuh desa. Gempa kuat dirasakan oleh "Mercurius" di garis lintang Kepulauan Pagai di lepas pantai barat Sumatra. Di Palembang, akibat gempa, bangunan retak dan beberapa gubuk roboh.</p> <p>Gempa berlangsung 5 menit di Bengkulu. Bangunan rusak dan beberapa runtuh. Gelombang pasang yang melanda pantai menghancurkan pemecah gelombang dan rumah-rumah yang terletak di dekatnya. Dua sekunar dan beberapa kapal kecil kandas.</p> <p>Di Padang, gempa kuat berlangsung selama 3 menit. Guncangan berulang selama beberapa hari dan disertai dengan gemuruh. Bangunan rusak. Tanah retak, air dan lumpur mengalir dari retakan tersebut. Gelombang pasang yang melonjak menyebabkan kerugian yang cukup besar. Ada getaran kuat di Indrapura dan Pulu Cingko. Kerugian dari gelombang pasang cukup besar; dan terdapat korban jiwa. Ada guncangan yang luar biasa kuat di pariaman. Retakan dengan lebar 0,5 m lebih terbentuk di permukaan tanah. Getaran itu berlangsung sehari-hari. Air surut dan kembali dengan kekuatan dalam gelombang pasang yang sangat besar. Semua kapal robek dari jangkarnya (Wichmann, 1918; Sieberg, 1932; Heck, 1934, 1947; Ponyavin, 1965; Berninghausen, 1966).</p>
5.	10 Oktober 1896 (17:30 Waktu Setempat)	-3.5	102.5	Gempa Bumi	<p>Terjadi gempa bumi di pantai barat daya pulau Sumatera dan Jawa. Dua getaran hebat dirasakan di Bengkulu; atap satu rumah di markas Cina runtuh. Gempa juga dirasakan di Lais, Seluma, Mana, Muko-muko, Kauer, dan Krui.</p> <p>Ada getaran yang agak kuat dan berkepanjangan di Talangpadang dan Padangulaktanding (Provinsi Palembang). Dua getaran yang kuat yang sangat cepat dirasakan Muaradua. Guncangan horizontal yang lemah dirasakan di Lahat dan di Telukbetung.</p> <p>Gempa cukup kuat dan berkepanjangan dirasakan di Arjasari; Sinagar, dan getaran horizontal lemah di Gede, Cianjur dan Mangunraja. Di Rangkasbitung dan Malingping, terjadi guncangan horizontal yang berlangsung selama 30 detik. Di Bogor, tremor berlangsung 5-7 menit. Terdapat banyak guncangan lemah, saling mengikuti dengan interval 2-3 detik. Hanya dua yang pertama yang dirasakan secara berbeda; dan menguncang lampu yang tergantung. Guncangan juga teramati pada air dalam gelas. Gempa bumi ini terekam secara intensif oleh seismograf Milne dan magnetograf di Jakarta; osilasi berlangsung setidaknya 10 menit.</p> <p>Di Natal, tiga guncangan yang berlangsung selama 15, 50 dan 10 detik terjadi satu demi satu. Di Singkel dirasakan osilasi reguler yang tidak kuat. Di Gunungsitoli, ada gerakan bergelombang, tidak kuat. Selama satu jam setelahnya, laut menjadi lebih berombak dari sebelumnya (Figuee, 1898a).</p>

6.	26 Juli 1915 (6:30 waktu setempat)	-3.695	102.255	Gempa Bumi	Di Lais (Pulau Sumatra). Ada gempa bumi yang lemah dan osilasi laut (gempa laut?). Gempa lemah juga dirasakan di Kapahiyang pada pukul 8:10 (Anon, 1917).
7.	25 September 1931 (12:50 waktu setempat).	-5	102.75	Gempa Bumi (Ms7.4)	<p>Terjadi gempa kuat yang bersumber antara pulau Engano dan Sumatera. Di Pulau Engano, suara gemuruh keras terdengar dari selatan sebelum gempa. Kemudian tremor kuat terjadi, yang disertai dengan guncangan yang lebih lemah. Gubuk-gubuk di atas tumpukan yang digali secara vertikal ke dalam tanah digeser sekitar 0,5 m. Di gubuk-gubuk yang lantainya 1 m dari tanah, bagian bawah tumpukan jatuh dan gubuk-gubuk itu mengendap ke tanah, tanpa mengalami kehancuran lainnya. Tidak ada gubuk yang runtuh, tetapi kecelakaan terjadi di antara penduduk. Tidak mungkin berjalan selama getaran terkuat; pejalan kaki tersungkur dan hanya bisa bergerak dengan merangkak.</p> <p>Di tempat lain, gempa tidak menimbulkan kehancuran, tetapi dirasakan di area yang luas, sejauh Padang (lebih dari 500 km dari pusat gempa) dan Bandung (600 km). Rupanya, seorang warga bahkan melihat gempa di Pamekasan di Pulau Madura (1250 km).</p> <p>Di Pulau Engano, akibat gempa, laut menjadi sangat kasar, dan ombaknya naik hampir sampai ke teras pulau-pulau, sekitar 1 m di atas tanda pasang tertinggi (Visser, 1932).</p> <p>Gutenberg, Richter (1954):. 25 September 1931; 5:9:44; 5°LS. - 102,75°BT; M=7.4.</p>
8.	22 April 1958 (05:40 waktu setempat)	-4.58	104.09	Gempa Bumi	<p>Terjadi gempa bumi di Bengkulu, Palembang, Telukbetung dan Banten, sekitar 10 laporan tersedia. Intensitasnya 5-7 derajat. Tiga guncangan kuat tercatat. Gempa tersebut disertai dengan banjir pasang, dan ketinggian gelombang secara bertahap meningkat (Anon., 1959).</p> <p>[2l.IV; 22h37m36s; 4.50°S., 104° BT; 200 km; M=6,7.]</p>
9.	12 September 2007 (11:10 waktu setempat)	-4.438	101.367	Gempa Bumi Mw8.4 kedalaman 34 km	<p>Pada tanggal 12 September 2007, pukul 11:10:26 UTC [18:10 waktu setempat di Indonesia] gempa berkekuatan 8,4 Mw 130 km (80 mil) SW dari Bengkulu. Gempa ini diikuti oleh tsunami yang menyebabkan beberapa kerusakan bangunan di daerah Serangai, sebelah utara Bengkulu. <i>Run up</i> 3-5 m, menyebabkan 25 orang tewas, dan 161 orang luka-luka. (NOAA, 2022)</p>

4.5 BANGKA – BELITUNG

Adanya anomali air laut di Belinyu, Pulau Bangka, diduga tsunami akibat longsor bawah laut.



Gambar 32. Kejadian Tsunami akibat Longsoran di Wilayah Bangka-Belitung

Tabel 8. Daftar Kejadian Tsunami di Wilayah Bangka-Belitung

NO.	WAKTU KEJADIAN	POSISI SUMBER	PENYEBAB	KETERANGAN
1.	31 Mei 1883	-1.637 105.757	Longsoran	Kulit kayu "Bantang" yang sedang berlabuh di pinggir jalan di Belinyu (Pulau Bangka), terombang-ambing di air yang sangat deras dalam cuaca cerah yang benar-benar tenang. Kemudian membentur papan kapal (Verbeek, 1885).

4.6 LAMPUNG

Terdapat empat kejadian tsunami yang pernah terjadi di Wilayah Lampung sedangkan enam lainnya bersumber dari Kepulauan Krakatau di Selat Sunda. Sumber pembangkit tsunami di wilayah Lampung tersebut berasal dari gempa bumi dan longsoran. Sumber tsunami yang berasal dari kompleks gunung api Anak Krakatau, sedikitnya ada enam, namun ada beberapa tsunami lokal yang tidak tercatat dalam katalog tsunami. Adapun sumber tsunami berasal dari aktivitas gunung api dan longsoran yang disebabkan oleh ketidak stabilan Lereng dari tubuh gunung api. Kejadian tsunami yang terjadi pada tanggal 22 Desember 2018, merupakan kombinasi dari erupsi dan longsoran sebagian tubuh gunung api yang jatuh ke laut.



Gambar 33. Peta Sejarah Kejadian Tsunami di Wilayah Lampung dan Selat Sunda

Tabel 9. Daftar Kejadian Tsunami di Wilayah Lampung dan Selat Sunda

NO.	WAKTU KEJADIAN	POSISI SUMBER		PENYEBAB	KETERANGAN
		LAT	LONG		
1.	10 September 416	-10.00	105.45	Gunung Api	<p>"Buku Raja-Raja" ("Pustaka radja") Jawa, yang merupakan kronik pulau, berisi catatan tentang erupsi Gunung Kapi*. Pada tahun 338 Saka (yaitu 416 M), terdengar suara gemuruh yang menggelegar dari perut Gunung Batuwara* (disebut juga Pulosari, gunung berapi yang sudah mati di wilayah Banten, yang paling dekat dengan selat Sunda). Raungan ini diikuti dengan gemuruh identik dari perut Gunung Kapi*, yang terletak di sebelah barat [Banten modern]. Api besar yang menyilaukan, yang mencapai langit, meledak dari Gunung Kapi*. Seluruh dunia bergetar. Guntur bergemuruh, badai meledak, dan hujan mulai turun. Namun, semburan api dari Gunung Kapi* tidak hanya tidak berkurang dengan hujan, bahkan meningkat. Raungan itu menakutkan. Pada akhirnya, Gunung Kapi* meledak berkeping-keping dengan suara yang dahsyat dan turun ke kedalaman bumi.</p> <p>Gelombang laut muncul dan menggenangi daratan. Wilayah dari Gunung Batuwara* timur ke Gunung Gede (Kamula) dan barat ke Gunung Radjabasa [gunung berapi paling selatan di Pulau Sumatera, terletak di sekitar Lampung] digenangi oleh air laut. Penduduk di Kabupaten Sunda bagian utara, hingga Gunung Radjabasa, tenggelam dan hanyut bersama seluruh harta bendanya.</p> <p>Setelah air surut, Gunung Kapi* dan wilayahnya tertinggal di dasar laut, sedangkan Pulau Jawa terbelah menjadi dua bagian. Dengan demikian pulau Sumatera dan Jawa terpisah (Judd, 1889; Wichmann, 1918; Heck, 1934, 1947; Ponyavin, 1965; Iida <i>et al.</i>, 1967; Berninghausen, 1969; Cox, 1970).</p> <p>[Peristiwa tersebut sangat mirip dengan erupsi Krakatau yang terkenal pada tahun 1883. Mungkin saja Gunung Kapi* sebenarnya adalah Gunung Krakatau.]</p>
2.	4 Mei 1851	-5.4495	105.27	Longsoran	<p>Di Telukbetung, Teluk Lampung di pantai selatan pulau Sumatera, saat itu cuaca sedang tenang, tiba-tiba terjadi gelombang pasang yang naik 1,5 m, di atas ketinggian air pasang biasanya. Pada hari yang sama, sekitar pukul 13:30, dirasakan guncangan ringan di bawah tanah yang juga dirasakan di Jakarta (Batavia) (Perrey, 1859a; Wichmann, 1918).</p>
3.	9 Januari 1852 (segera setelah 18:00 waktu setempat)	-5.56709	105.171 845	Longsoran	<p>Terjadi gempa bumi yang menyebar dari bagian barat Jawa hingga bagian selatan Sumatera. Di Jakarta (Batavia), dirasakan dua guncangan agak kuat dan beberapa guncangan lemah. Salah satunya pada pukul 18:09, menghentikan jam astronomi. Di Bogor, terjadi tiga gempa kuat pada pukul 18.25. Di Caringin, terjadi tiga guncangan yang sangat kuat dan sekitar empat guncangan yang lemah, berturut-turut dengan cepat, disertai gemuruh bawah tanah yang berlangsung selama 2 menit. Juga dirasakan guncangan yang cukup kuat di Serang.</p> <p>Pada pukul 18.25 terjadi guncangan horizontal yang kuat di Teluk Betung. Guncangan dirasakan dua kali, dengan interval pendek; durasinya 3 menit. Pada pukul 20.00, terjadi kenaikan tak terduga</p>

					dan kemudian terjadi penurunan permukaan laut beberapa kali. Namun, ketinggian banjir tidak melampaui ketinggian air pasang tertinggi (Perrey, 1856, 1859a; Wichmann, 1918).
4.	27 Agustus 1883	-6.1	105.4	Gunung Api Krakatau	<p>Terjadi erupsi dahsyat Gunung Krakatau yang disertai dengan tsunami dahsyat. Ketinggian muka air maksimum adalah 30 m di pantai Selat Sunda, 4 m di pantai selatan Pulau Sumatera, 2-2,5 m di pantai utara dan selatan Pulau Jawa, 0,5-1 m di Samudera Pasifik hingga ke Amerika Selatan. Di Indonesia, 36.000 orang meninggal. Erupsi utama didahului oleh erupsi yang tidak terlalu kuat pada tanggal 26 Agustus 1883, pukul 17:07 dan 19:00-23:00, tanggal 27 Agustus 1883, pukul 1:42, 5:30 dan 6:44, yang juga disertai dengan tsunami yang tidak terlalu intensif. Beberapa informasi tentang peristiwa tersebut dapat ditemukan di sejumlah makalah (Verbeek, 1885; Iida <i>et al.</i>, 1967; dan lain-lain).</p> <p>Menurut Rynn (2002), Tsunami setinggi 35 m teramati di Merak, dikategorikan sebagai tsunami dengan intensitas 4,5, dengan jenis kerusakan katastrofik.</p>
5.	10 Oktober 1883	-5.5186	105.245 2	Longsor	Di Cikawung di pantai Teluk Selamat Datang, terlihat gelombang yang menggenangi pantai sejauh 75 m melebihi garis air pasang biasanya. Raungan tumpul datang dari Krakatau, dan terdengar tidak hanya di Cikawung; tetapi juga sedikit ke utara Sumur. Tidak ada laporan tentang gelombang dari tempat lain karena pantai yang hancur akibat gelombang ini menjadi sepi pada malam hari. Tidak ada kejadian luar biasa yang teramati pada kapal yang terletak di Selat Sunda (Verbeek, 1885).
6.	Februari 1884	-6.10	105.4	Longsor	Lima bulan setelah erupsi Gunung Krakatau , muncul tsunami kecil, yang disebabkan oleh erupsi gunung api baru.
7.	26 Maret 1928	-6.105	105.429	Gunung Api	Kejadian erupsi gunung api Krakatau diiringi oleh kenaikan gelombang laut yang teramati di beberapa tempat di sekitar wilayah gunung api. Erupsi Gunung Krakatau disertai dengan gelombang yang teramati di sekitar gunung tersebut. Permukaan laut naik dan turun sembilan kali (Berninghausen, 1966, berdasarkan catatan pers).
8.	17 Maret 1930	-6.1	105.4	Gunung Api	Pada tahun 1930, Gunung Api Krakatau meletus dengan pembentukan pulau lumpur. Pada salah satu tahap peralihan (tanggal 12) antara 10 Maret dan 5 April, permukaan laut berulang kali membengkak di atas gunung berapi, pada 17 Maret hingga ketinggian 500 m (Anon, 1930-1932).
9.	19 Juni 1930 (20:00 waktu setempat)	-5.6	105.3	Gempa Bumi	<p>Dua guncangan kuat dengan interval 20 menit di wilayah Teluk Betung dirasakan hingga Jakarta (radius persepsi 300 km). Tidak ada kerusakan, namun warga di sekitar Teluk Betung ketakutan dan lari berteriak dari gubuk mereka. Nakhoda kapal motor yang tertambat di tambatan kecil di Teluk betung menceritakan bahwa pada saat cuaca tenang dengan permukaan air yang tenang terdengar suara gemuruh seperti tembakan artileri jarak jauh.</p> <p>Kapal mulai bergetar sangat kuat selama 2 detik kemudian. Dalam 2 detik berikutnya, air turun 0,5 m, tapi kemudian naik 1-1,5 m; riak yang kuat muncul di permukaan laut. Deru dan goyangan berulang sekitar 20 menit kemudian dan lagi pada pukul 23:50 dan 0:08</p>

					(Visser, 1931). [19 Juni 1930; 13:07:27 dan 13:27:18; 5.6°LS-105.3°BT; M=6 dan 5.8]
10.	22 Desember 2018 (13.00 Waktu Setempat)	-6.103	105.423	Longsor sebagian tubuh gunung api Anak Krakatau	Pada tanggal 22 Desember 2018, peristiwa tsunami yang disebabkan oleh erupsi Anak Krakatau di Selat Sunda yang menghantam daerah pesisir Banten dan Lampung. Sedikitnya 426 orang tewas dan 7.202 terluka dan 23 orang hilang akibat peristiwa ini. Tsunami yang terjadi akibat keruntuhan tersebut mengakibatkan ombak setinggi 80 m di sekitar Gunung Anak Krakatau. Pada pesisir Banten dan Lampung, ketinggian ombak mencapai 13m. Tsunami ini mengakibatkan 437 korban jiwa, 14.059 korban luka-luka, dan 33.719 orang kehilangan tempat tinggal. Dusun Gubuk Garam, Desa Tarahan, Kecamatan Katibung, Kabupaten Lampung Selatan, terlanda tsunami.



Gambar 34. Jejak endapan paleotsunami akibat letusan Gunung Krakatau 1883 di Dusun Gubuk Garam, Desa Tarahan, Kecamatan Katibung, Kabupaten Lampung Selatan (Yulianto *et al.*, 2007).



Gambar 35. Bongkah koral yang ditemukan di pinggir jalan utama Anyer, Banten, yang terangkut oleh tsunami akibat letusan Gunung Krakatau tahun 1883 (Yudhicara, 2012).

4.7 BANTEN

Kejadian tsunami yang pernah melanda Wilayah Banten tercatat sekitar 4 kejadian, yang disebabkan baik oleh gempa bumi maupun peristiwa longsor.



Gambar 36. Peta Sejarah Tsunami di Wilayah Banten

Tabel 10. Daftar Kejadian Tsunami di Wilayah Banten

NO.	WAKTU KEJADIAN	POSISI SUMBER		PENYEBAB	KETERANGAN
		LAT	LONG		
1.	16 Agustus 1889	-6.111	105.879	Longsor	Dimulai pada malam tanggal 16 dan tanggal 17. Di Anyer (Pulau Jawa), terjadi kenaikan permukaan air di laut; yang merupakan tertinggi yang diamati selama setahun (Figuee, Onnen, 1891).
2.	22 April 1958 (5:40 Waktu setempat)	-6.0268	106.1488	Gempa Bumi	Gempa bumi dirasakan di Bengkulu, Palembang, Teluk Banten dan Banten yang diiringi dengan kenaikan permukaan air laut yang meningkat secara berangsur (Rynn, 2002)
3.	16 Desember 1963 (08:52 waktu setempat)	-6.5	105.38	Gempa Bumi	Terjadi gempa bumi yang menyebabkan kerusakan ringan di Labuhan dan Menes . Tsunami lemah dilaporkan dari Labuhan (BCIS: Hake, Cloud, 1965). [16.XIII; 1h51m31s; 6,4° LS, 105,4° BT; 64 km; M=6.6.]



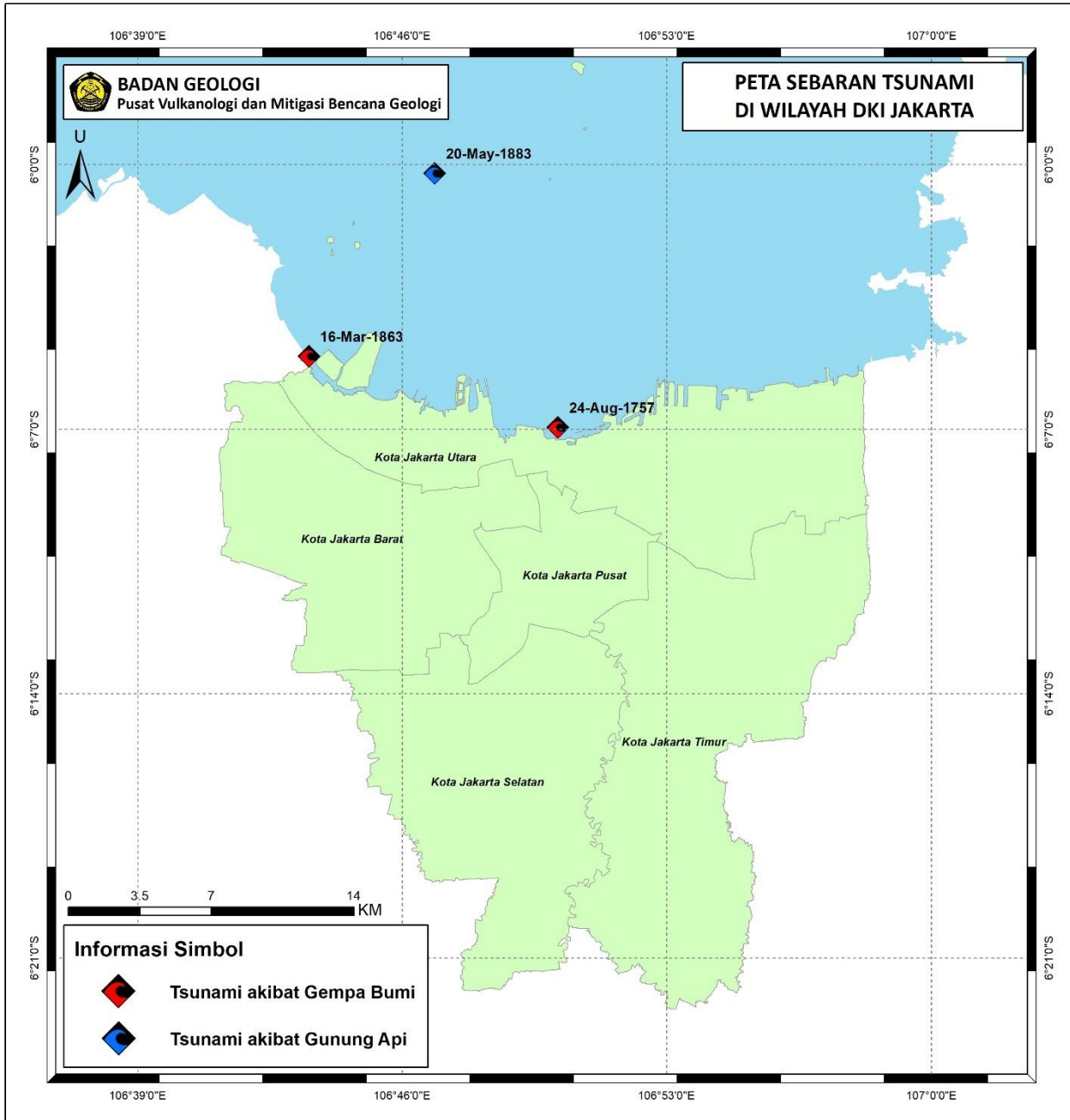
Gambar 37. Kerusakan pada bangunan hotel di Tanjung Lesung Resort, Banten oleh tsunami 22 Desember 2018 (Yudhicara *et al.*, 2019).



Gambar 38. Kerusakan pada bangunan di Pantai Paradise, Belakang Hotel Mutiara, Desa Banjarmasin, Carita, Banten, akibat tsunami 22 Desember 2018 (Yudhicara, *et al.*, 2020)

4.8 DKI JAKARTA

Tiga kejadian tsunami yang pernah melanda DKI Jakarta, dan menurut penelusuran literatur diakibatkan oleh gempa bumi dan aktivitas gunung api.



Gambar 39. Peta Sejarah Kejadian Tsunami di Wilayah Provinsi DKI Jakarta

Tabel 11. Daftar Kejadian Tsunami di Wilayah DKI Jakarta

NO.	WAKTU KEJADIAN	POSISI SUMBER		PENYEBAB	KETERANGAN
		LAT	LONG		
1.	24 Agustus 1757 (8:00 Waktu setempat)	-6.111	106.839	Gempa Bumi	Di Jakarta (Batavia), terjadi gempa kuat bergelombang yang berlangsung selama 5 menit. Pukul 02:05, saat guncangan terkuat, angin bertiup dari timur laut. Air di Sungai Ciliwung, yang mengalir ke laut di Jakarta , naik hingga ketinggian 0,5 m di atas ketinggian biasanya dan turun dengan jumlah yang sama (Wichmann, 1918; Cox, 1970)
2.	16 Maret 1863 (Sekitar 21:00 waktu setempat)	-6.1	106.7	Gempa Bumi	Terjadi gempa bumi di Pulau Jawa, yang dirasakan agak kuat di lebak, dirasakan sedang di Jakarta dan di Pulau Kapal di Teluk Jakarta , dan dirasakan lemah di Serang dan Caringin. Tepat sebelum gempa, di Caringin teramati gelombang pasang bergulung di pantai dengan suara keras (Wichmann, 1922).
3.	20 Mei 1883	-6.004	106.781	Gunung Api	Kapal "Samarang" memasuki gelombang besar di Pulau Horn antara pukul 10:00 dan 12:00. Gelombang itu menyebar dari utara-timur laut ke barat laut. Baling-baling dibiarkan kering beberapa kali. Laut benar-benar tenang sebelum dan sesudah. Sang kapten menduga bahwa fenomenanya ada hubungannya dengan erupsi Krakatau, namun hal ini tidak benar. Catatan pengukur pasang surut di Tanjungperiuk tidak menunjukkan adanya osilasi yang tidak biasa (Verbeek, 1885).
4.	27 Februari 1903			Gempa Bumi	Menurut

4.9 JAWA BARAT

Terdapat 10 kejadian tsunami yang bersumber di wilayah Jawa Barat, Sembilan diantaranya disebabkan oleh gempa bumi dan satu diantaranya diduga diakibatkan oleh longsor.



Gambar 40. Peta Sejarah Kejadian Tsunami di Wilayah Jawa Barat

Tabel 12. Daftar Kejadian Tsunami di Wilayah Jawa Barat

NO.	WAKTU KEJADIAN	POSISI SUMBER		PENYEBAB	KETERANGAN
		LAT	LONG		
1.	Oktober 1722 (08:00 waktu setempat)	-5.985	107.02	Gempa Bumi	Jakarta (Batavia). Terjadi gempa bumi yang kuat. Selain itu, air terombang-ambing di pinggir jalan seperti "garam mendidih" (Wichmann, 1918) [Gempa laut?].
2.	9 September 1823	-6.458	108.521	Gempa Bumi	Di Bogor (Buitenzorg), dan juga di Kabupaten Cirebon, terjadi gempa bumi yang dirasakan sangat kuat terutama di Kota Cirebon yang disertai dengan suara gemuruh. Pada saat yang sama, permukaan laut naik sekitar 30 cm (Wichmann, 1918; Cox, 1970).
3.	17 Februari 1861	-5.98	107.2	Gempa Bumi	Sore hari, di Karawang (Pulau Jawa), air di sungai Citarum tiba-tiba naik 1,5 m dan membentuk pusaran yang membawa serta kapal yang sedang berlabuh di teluk (Visser, 1928)
4.	5 Juni 1861 (08:00 waktu setempat)	-6.3	107.3	Gempa Bumi	Di pantai lepas Pakis (Tanjung Pakis?), di muara Sungai Citarum, gelombang pasang turun dengan kuat, menyebabkan osilasi permukaan air di sungai. Beberapa gubuk bambu mengalami kerusakan (Perrey, 1965a; Milne, 1912b; Wichmann, 1922; Heck, 1934, 1947; Ponyavin, 1965; Iida <i>et al.</i> , 1967; Berninghausen, 1969).
5.	8 April 1862	-6.81	108.72	Longsor	Ada referensi yang salah di sejumlah ringkasan (Heck, 1947; Ponyavin, 1965; Iida <i>et al.</i> , 1967; Berninghausen, 1969) tentang tsunami di Pulau Jawa dengan referensi Wichmann. Bahkan Wichmann (Wichmann, 1922; Cox, 1970) menyebutkan bahwa pada tanggal 8 April sekitar pukul 19.00, di salah satu bentangan Sungai Lenor di wilayah Calu (Distrik Cheribon), air tiba-tiba bergolak dan mengakibatkan banjir di pantai sejauh 2 m.
6.	2-3 Agustus 1915	-7.36	106.425	Gempa Bumi	<p>Gelombang pasang besar, yang disebabkan oleh badai yang mengamuk di baratdaya Samudera Hindia, bergulung dari baratdaya ke pantai Jawa di wilayah Genteng dan Cisolok. Cuacanya relatif bagus dan hampir diam; Jauh dari pantai, laut cukup tenang.</p> <p>Di Teluk Genteng, kenaikan air terkuat diamati pada pukul 9:00, 11:00 dan 15:00 pada tanggal 2. Yang terakhir terjadi pada fase pasang surut, dan menurut perkiraan, ketinggian sekitar 4 m, mengalir di atas terumbu karang, yang menutupi teluk, dan masuk hingga 10 m ke pedalaman, ke perkebunan kelapa. Selama itu air di teluk bergolak, dan gelombang 2 m bergerak di atas permukaannya. Rantai jangkar putus di semua kapal yang sedang berlabuh di teluk; Beberapa kapal kandas dan ditutupi oleh pasir, yang lain terbawa ke laut. Air laut masuk melalui sungai dan saluran di sekitarnya.</p> <p>Di Cisolok, tiga pasang surut, banjir tinggi teramati pada tanggal 2 dan 3. Sawah dan jalanan rusak. Enam jembatan hancur total atau sebagian. Di tebing pantai yang menonjol ke laut di wilayah Karanghawa, air naik hampir 8 m, dan semua vegetasi hancur hingga ke ketinggian. Di pelabuhanratu, lautnya bergolak kuat, tetapi tidak ada kerusakan (Anon, 1917).</p>

7.	26 September 1957 (12:00 waktu setempat)	-8.2	107.3	Gempa Bumi	Terjadi gempa, yang dilaporkan dirasakan di sembilan lokasi di Kabupaten Bogor, Priangan dan Banyumas. Intensitasnya 2-4 derajat. Rumah-rumah bergetar, dan terdengar suara gemuruh. Gempa tersebut diikuti oleh banjir rob. Pusat gempa, menurut stasiun di Jakarta, terletak di 8,2° LS, 107,3° BT (Anon., 1959). [Tidak ada data instrumental lain tentang gempa tersebut.]
8.	17 Juli 2006 (15:19 Waktu Setempat)	-9.33	107.32	Gempa Bumi	<p>Terjadi gempa bumi berkekuatan Mw6,8 yang melanda pulau Jawa pada 17 Juli 2006, pukul 15.19 WIB. Pusat gempa berada di Samudera Hindia, lepas pantai Jawa Barat, berjarak sekitar 225 Km baratdaya Kabupaten Pangandaran. Gempa bumi ini menyebabkan tsunami setinggi 5 m dan <i>rup up</i> maksimum di Nusa Kambangan (22 m). Tsunami ini menghancurkan rumah di pesisir selatan Jawa, dan menewaskan setidaknya 668 jiwa.</p> <p>Guncangan gempa bumi ini dilaporkan USGS dapat dirasakan masyarakat di sebagian besar pulau Jawa. Guncangan gempa bumi terkuat dirasakan di pesisir Jawa Barat dan Jawa Tengah seperti Kabupaten Pangandaran, Kabupaten Tasikmalaya, Kabupaten Cianjur selatan dan Kabupaten Cilacap berupa guncangan IV-V MMI. Kemudian III-IV MMI di Kota Bandung, Kabupaten Ciamis, Kabupaten Kebumen, Banten, Jakarta, Yogyakarta dan II-III MMI di Jawa Timur. Di Jakarta, guncangan berlangsung selama lebih dari satu menit dan membuat gedung-gedung tinggi bergoyang-goyang.</p> <p>Dengan memperhatikan lokasi episentrum dan kedalaman hiposentrum gempa bumi, tampak bahwa gempa bumi terjadi di zona subduksi dipicu pergerakan vertikal (dip-slip) kerak bumi pada dua lempeng benua Indo-Australia dan Eurasia pada kedalaman kurang dari 30 km.</p> <p>Gempa bumi ini memicu Tsunami yang menghantam desa-desa di pesisir selatan Jawa Barat di Cipatujah, Tasikmalaya dan Pangandaran, Ciamis, Jawa Tengah meliputi Kabupaten Cilacap, Kabupaten Kebumen, dan Kabupaten Purworejo serta Kabupaten Bantul di Daerah Istimewa Yogyakarta. India mengeluarkan peringatan tsunami untuk Kepulauan Andaman, yang terletak di Teluk Benggala. Kepulauan ini menderita kerusakan parah akibat tsunami 26 Desember 2004.</p> <p>Peringatan juga dikeluarkan pemerintah Australia untuk kawasan Australia Barat dan Pulau Natal. Sebuah tsunami 60 cm tercatat di alat pengukuran pasang surut <i>Bureau of Meteorology</i> di pulau itu. Namun menurut laporan tak ada kerusakan akibat tsunami.</p> <p>Menurut warga, tsunami datang sekitar 15-20 menit setelah gempa bumi terjadi. Sebelum tsunami datang, warga melihat air laut surut hingga 2-3 kali. Hal ini mengagetkan masyarakat pesisir karena mereka umumnya tidak merasakan guncangan gempa yang kuat. Seorang warga Pangalengan mengatakan bahwa gelombang datang ke arah pesisir dengan</p>

					<p>kecepatan 40 kilometer per jam. Ia juga berkata bahwa tsunami itu berketinggian setidaknya 5 m. Warga lain mengatakan puluhan nelayan basah kuyup karena gelombang besar itu. Sementara itu warga Kebumen mendengar suara dentuman sebelum tsunami terjadi. Hasil penelitian mengungkap tinggi tsunami lebih dari 4,8 meter dengan jarak luncur ke daratan sekitar 500 meter.</p> <p>Gempa dan tsunami ini merenggut 668 korban jiwa, 65 hilang (diasumsikan meninggal dunia) dan 9.299 lainnya luka-luka. Sebagian besar korban tewas dan kerusakan merupakan akibat terjangan gelombang tsunami. Korban terbanyak berada di Ciamis-Pangandaran yakni 415 orang. Disusul sebanyak 157 orang di Cilacap, 62 orang di Tasikmalaya, 15 orang di Kota Banjar, 10 orang di Kebumen, 3 orang di Gunung Kidul dan Bantul serta 1 orang di Garut dan Banyumas. Korban hilang terbanyak di Kebumen yakni 33 orang. Dilaporkan tempat liburan pantai di Pangandaran mengalami rusak parah. Ribuan rumah dan perahu nelayan hancur.</p>
--	--	--	--	--	--



Gambar 41. Tinggi genangan tsunami di Karapyak, Pasca Tsunami Pangandaran 27 Juli 2006 (kiri) dan Ketinggian genangan tsunami berdasarkan sampah yang ditinggalkannya di atap rumah (kanan) (Yudhicara *et al.*, 2007)



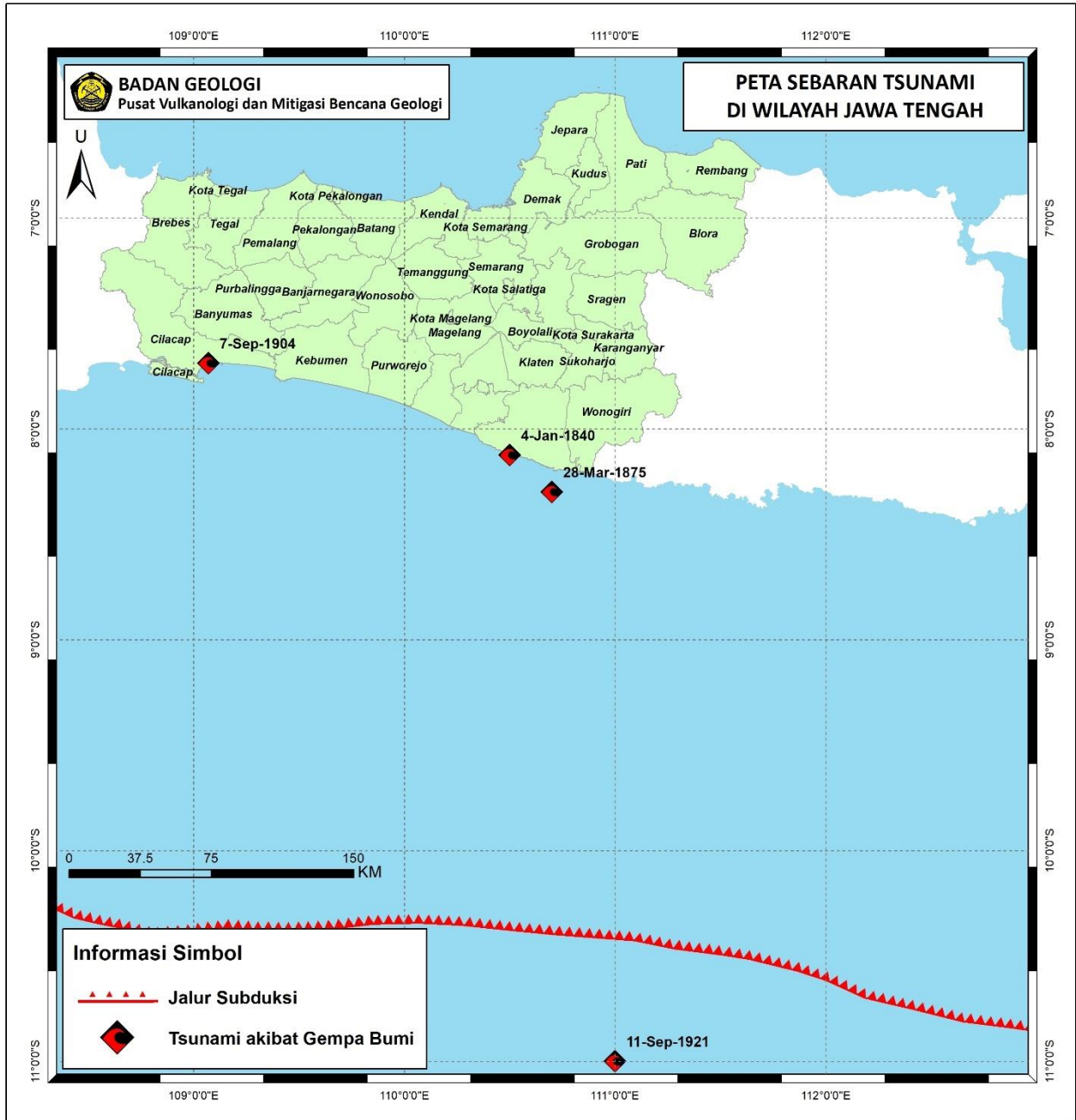
Gambar 42. Jejak tsunami dengan struktur pembebanan dan buah nipah pada endapan paleotsunami di Sungai Cikembulan, Pangandaran, Jawa Barat (Yulianto *et al.*, 2007).



Gambar 43. Perulangan jejak paleotsunami (tanda panah biru), tanda panah berwarna merah menunjukkan jejak tsunami modern tahun 2006 ditemukan di dinding Sungai Cikembulan (kiri) (Yulianto *et al.*, 2007) dan dua endapan paleotsunami di Desa Karapyak, Pangandaran, Jawa Barat (kanan) (Yudhicara, *et al.*, 2014).

4.10 JAWA TENGAH DAN D.I. YOGYAKARTA

Terdapat setidaknya empat kejadian tsunami yang melanda wilayah Jawa Tengah dan Yogyakarta, yang semuanya dipicu oleh gempa bumi.



Gambar 44. Peta Sejarah Kejadian Tsunami di Jawa Tengah dan Provinsi D.I. Yogyakarta

Tabel 13. Daftar Kejadian Tsunami di Wilayah Jawa Tengah dan D.I. Yogyakarta

NO.	WAKTU KEJADIAN	POSISI SUMBER		PENYEBAB	KETERANGAN
		LAT	LONG		
1.	4 Januari 1840 (Sekitar 13:15 waktu setempat)	-8	110,5	Gempa Bumi	<p>Terjadi gempa bumi di tengah pulau Jawa. Guncangannya dirasakan kuat di Kabupaten Semarang, Jepara, Jogjakarta, Madiun, Pekalongan, Kediri dan di bagian timur Kabupaten Banyumas. Guncangan gempa ini juga dirasakan di Kabupaten Banyumas bagian barat, dan Kabupaten Kedu. Namun tidak ada gempa dirasakan di Kabupaten Besuki.</p> <p>Di Kabupaten Semarang dan khususnya di Kabupaten Bagelen, gempa tersebut sangat merusak. Di Semarang, retakan terbentuk di dinding benteng dan salah satu rumah. Sebagian jalan dekat Kendal ambruk. Beberapa rumah ambruk. Beberapa rumah roboh di Kecamatan Bagelen di Purworejo rusak berat. Bangunan rusak berat di Wonosobo dan Sapuran. Dinding rumah retak di Pacitan; gempa tersebut disertai dengan gelombang pasang (Wichmann, 1918).</p>
2.	28 Maret 1875	-8.3	110.7	Gempa Bumi	Terjadi gempa bumi di selatan Jawa, dan teramati adanya kenaikan muka air laut di pantai selatan Jawa. (Rynn, 2002)
3.	7 September 1904	-7.69	109.07	Gempa Bumi	Getaran tanah terasa di Cilacap . Seorang saksi mata di pantai Pulau Jawa melihat pada siang hari air di laut menjadi putih (menjadi seperti susu). Fenomena tersebut berhenti pada pukul 23:00, namun berlanjut 2 jam kemudian (Oddone, 1907).
4.	11 September 1921 (11.00 waktu setempat)	-11	111	Gempa Bumi	<p>Terjadi gempa kuat dengan sumber di selatan Pulau Jawa. Tsunami kecil muncul. Itu tercatat di Parang Tritis dan oleh pengukur pasang surut di Tjilatjap, dimulai pada 12:15 dengan amplitudo maksimal 10 cm. (Visser, 1922a,b).</p> <p>Gempa laut dirasakan di sumber 8°41' LS-112°BT, gempa dirasakan 5 derajat (VI Rossi-Forre) di pantai selatan Cilacap hingga Wlingi; dinding bangunan mengalami retakan atau runtuh, guncangan berlangsung selama 1-4 menit. Terdapat banyak gempa susulan, dan tsunami kecil muncul.</p> <p>Gutenberg-Richter (1954): 11 September 1921; 11:01:38; 11°LS-111°BT, M=7,5</p> <p>Tsunami yang timbul akibat gempa ini mencapai wilayah Pangandaran, dan jejaknya ditemukan di Sungai Cikebulan dan Karapyak, Pangandaran (Yulianto <i>et al.</i>, 2007; Yudhicara, <i>et al.</i>, 2014)</p>

4.11 JAWA TIMUR

Tercatat tiga kejadian tsunami yang bersumber di Wilayah Jawa Timur, yang disebabkan oleh gempa bumi.



Gambar 45. Peta Sejarah Kejadian Tsunami di Wilayah Provinsi Jawa Timur

Tabel 14. Daftar Kejadian Tsunami di Wilayah Jawa Timur

NO.	WAKTU KEJADIAN	POSISI SUMBER		PENYEBAB	KETERANGAN
		LAT	LONG		
1.	7 Februari 1843	-7.20	114	Gempa Bumi	Pada malam hari, gelombang besar yang luar biasa kuat teramati di selatan pulau Madura . Gelombang itu disebabkan oleh gempa bawah laut. Kemudian dua batu terlihat muncul 30 cm di atas permukaan air yang tinggi (Wichmann, 1918).
2.	19/20 Juli 1930 (22.20 waktu setempat)	-9.3	114.3	Gempa Bumi	Di sebelah timur Pulau Jawa dan di pulau Bali dan Lombok, dirasakan guncangan gempa bumi dengan intensitas maksimal 4 derajat. Dirasakan juga di Jember, yang didahului dengan suara dentuman. Radius zona gempa adalah 330 km; pada tanggal 20 Juli pukul 02.00, penjaga mercusuar di Bansiring (Besuki) mencatat adanya gelombang pasang setinggi 10 cm (Visser, 1931). Visser (1931): 19.VII; 15h20m12s; 93° S., 114,3° E. [M=5,51].
3.	2 Juni 1994 (18:17 Waktu Setempat)	-10.477	112.835	Gempa Bumi	Gempa bumi dan tsunami Jawa Timur, yang terjadi pada tanggal 2 Juni 1994 pukul 18.17 WIB, memiliki pusat gempa bumi di Samudera Hindia, dan 7 jam kemudian, gelombang tsunami menghantam pesisir pantai selatan Jawa Timur bagian timur, tepatnya di wilayah kabupaten Banyuwangi pada 3 Juni 1994 dini hari, dan menyebabkan kerusakan yang melanda pemukiman penduduk di pesisir selatan Kabupaten Banyuwangi seperti Pantai Plengkung, Pantai Pancer dan Pantai Rajegwesi yang tersapu rata dengan tanah. Korban meninggal diperkirakan mencapai 215 jiwa. Korban jiwa yang banyak tersebut disebabkan karena peristiwa tsunami terjadi pada dini hari, yaitu pukul 01.00 WIB, dimana banyak warga yang masih tertidur lelap (222 orang). Dampak tsunami juga terjadi pada para peselancar yang tinggal di bibir Pantai Plengkung. Seorang peselancar bernama John Philbin berada di Plengkung pada malam terjadinya tsunami. Dia menggambarkan tsunami tersebut sebagai ombak yang sangat besar: "Saat gemuruh makin keras, saya masih duduk di dalam kamar saya, dan tiba-tiba air datang menghantam gubukku." Peselancar lain bernama Richie Lovett menggambarkan pengalamannya: "...seperti ditabrak kereta api dengan kecepatan penuh". Seorang lainnya bernama Richard Marsh awalnya mengira harimau telah menyerang mereka, tetapi kemudian ia menyadari itu adalah gelombang besar. Marsh dan Lovett tersapu ratusan meter ke dalam hutan oleh gelombang tsunami: "Aku benar-benar panik. Aku hanya berusaha menggapai sesuatu yang terapung untuk bertahan hidup dan menghindari puing-puing jatuh di kepala saya serta berusaha untuk bisa bernapas." Lovett akhirnya harus kembali ke Australia untuk perawatan medis: "Pondok telah menghilang dan aku terjebak oleh kayu dan potongan bambu. Ketika air mulai mereda. Aku terjebak dan kakiku terjepit tumpukan kayu dan sampah." Menanggapi hal ini, pemerintah mengeluarkan kebijakan untuk tidak mendirikan pemukiman di jarak 1 km di garis pantai. Hal ini dimaksudkan untuk meminimalisasi kerusakan jika bencana seperti

					ini terulang kembali. Selain itu di dekat Pantai Rajegwesi dibangun perumahan warga yang disebut Perumahan Tsunami.
--	--	--	--	--	---



Gambar 46. Jejak Tsunami 3 Juni 1994 berupa batu (Moro Seneng) di Pulau Merah, Dusun Pancen, Desa Sumber Agung, Kecamatan Pesanggrahan, Banyuwangi yang diduga terpindahkan sejauh ~150 m oleh gelombang tsunami (Rinowati, 2019).



Gambar 47. Monumen peringatan tsunami di Dusun Pancen Desa Pesanggrahan Kabupaten Banyuwangi (Hariyanto, 2022).

4.12 BALI

Berdasarkan sejarahnya tiga kejadian tsunami pernah terjadi utara Pulau Bali. Ketiganya disebabkan oleh gempa bumi, dan satu diantaranya diikuti oleh longsor bawah laut.



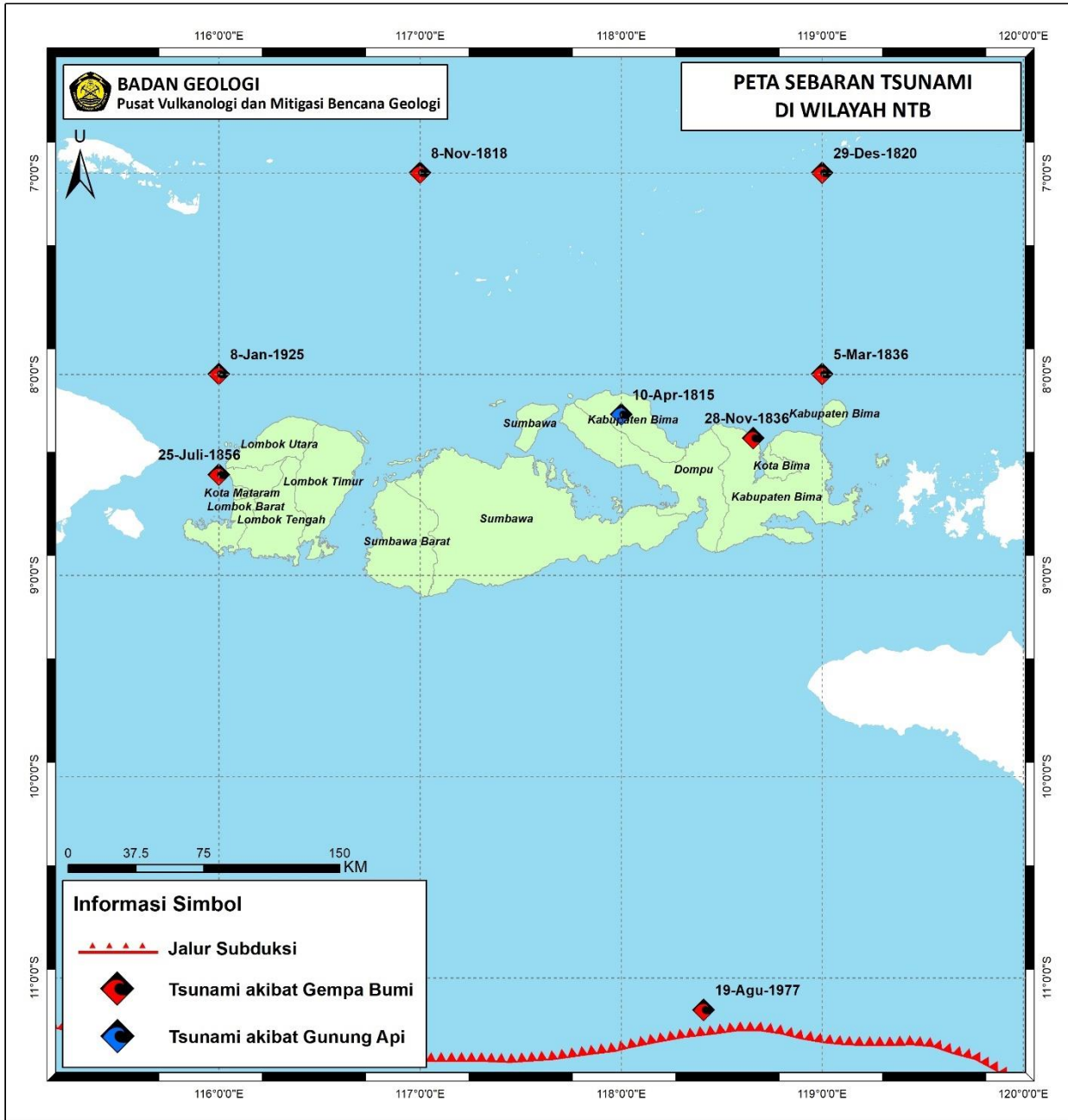
Gambar 48. Peta Sejarah Kejadian Tsunami di Wilayah Bali

Tabel 15. Daftar Kejadian Tsunami di Wilayah Bali

NO.	WAKTU KEJADIAN	POSISI SUMBER		PENYEBAB	KETERANGAN
		LAT	LONG		
1.	22 November 1815 (22:00-23:00 waktu setempat)	-8.00	115.20	Gempa Bumi dan Longsoran bawah Laut	<p>Gempa bumi yang sangat kuat dirasakan di Buleleng, di pantai utara pulau Bali. Getaran tersebut berlangsung hampir satu jam dan disertai dengan gemuruh yang memekakkan telinga, yang sepertinya berasal dari pegunungan pesisir. Gempa itu dirasakan kuat di Pulau Lombok dan Surabaya, dan berlangsung selama 30 detik, dan gempa tersebut juga dirasakan di Bima.</p> <p>Pegunungan pesisir "hancur" dengan suara dentuman yang dahsyat dan sebagian runtuh ke dalam air; 10.253 orang terkubur di bawah semburan lumpur. Gelombang laut muncul, dan membanjiri daratan, dengan jarak yang jauh, yang mengakibatkan 1.200 orang lainnya meninggal.</p> <p>Rekahan yang terbentuk saat gempa melintasi Danau Tamblingan yang terletak di antara Buleleng dan Tabanan. Air danau sebagian mengalir keluar, dan mengakibatkan banjir (Wichmann, 1918; Sieberg, 1932; Heck, 1934, 1947; Ponyavin, 1965; Iida <i>et al.</i>, 1967; Berninghausen, 1969).</p>
2.	8 November 1818	-7.00	117	Gempa Bumi	Gempa berkekuatan Ms 8.5 dengan kedalaman 600 km di bawah dasar laut diikuti oleh tsunami dengan intensitas II.
3.	21 Januari 1917 (6:50 waktu setempat)	-7	116	Gempa Bumi	<p>Terjadi yang berpusat di Tenggara Pulau Bali (tercatat pada seismograf Wiechert di Jakarta), ada osilasi horizontal yang sangat kuat, di sana-sini disertai dengan guncangan vertikal, yang berlangsung selama 50 menit (detik?). Kekuatan tremor sangat tergantung pada kondisi tanah, tetapi secara keseluruhan menurun tajam dari pantai selatan pulau Bali ke pantai utara.</p> <p>Gubuk bambu di lahan lepas di selatan pulau runtuh; rumah-rumah batu retak dan sebagian runtuh. Ada banyak tanah longsor dan longsoran tersebut mengubur rumah dan orang (sekitar 80% dari total jumlah korban gempa disebabkan oleh longsoran). Gempa juga sangat kuat dirasakan di Pulau Lombok, dari Mataram hingga ke Selong, dan dirasakan lemah di Pulau Sumbawa, juga di timur Pulau Jawa (di Bondowoso, Jember, dan Kraksaan). Sebelumnya, didahului oleh gempa pendahuluan (<i>fore shocks</i>), yang dirasakan ringan di Denpasar pada 7 Januari dan disertai dengan sejumlah besar gempa susulan.</p> <p>Gelombang pasang kecil teramati di pantai tenggara Pulau Bali dari Klungkung sampai Benoa. Gelombang tersebut tidak menyebabkan kerusakan (Kemmerling, 1918; Anon, 1919a). (20 Januari; 23:11:34, 7°LS-116°BT; M=6.6)</p>

4.13 NUSA TENGGARA BARAT

Terdapat kurang lebih tujuh kejadian tsunami yang enam diantaranya disebabkan oleh gempa bumi dan satu lainnya disebabkan oleh aktivitas gunung api, berupa erupsi Gunung Tambora, di Pulau Sumbawa.



Gambar 49. Peta Sejarah Kejadian Tsunami di Wilayah Provinsi Nusa Tenggara Barat

Tabel 16. Daftar Kejadian Tsunami di Wilayah Nusa Tenggara Barat

NO.	WAKTU KEJADIAN	POSISI SUMBER		PENYEBAB	KETERANGAN
		LAT	LONG		
1.	10 April 1815	-8.20	118.00	Gunung Api	<p>Terjadi erupsi Gunung Api Tambora di Pulau Sumbawa yang diperkirakan sudah punah, yang merupakan erupsi terkuat dalam sejarah Indonesia. Peristiwa tersebut disertai dengan osilasi gelombang yang cukup besar di permukaan laut. Erupsi dimulai pada tanggal 1 April 1815. Pukul 22.00 di Banyuwangi (Pulau Jawa), terdengar suara ledakan meriam seperti guntur di kejauhan, dan suara tersebut berulang dari waktu ke waktu, dan berlanjut hingga jam 9:00 pada tanggal 2 April 1815. Pada pagi hari tanggal 3 April, sedikit abu mulai turun; dan pada tanggal 5, ledakan mulai terdengar dengan interval 1/4 jam.</p> <p>Erupsi mencapai puncaknya pada malam hari tanggal 10 April, ketika tiang asap yang sangat besar naik di atas gunung api dan seluruh gunung tampak menyemburkan api. Segera gunung api dan semua yang terjadi di sana tersembunyi di balik awan asap yang tebal.</p> <p>Bunyi ledakan begitu lantang hingga terdengar pada jarak yang sangat jauh: dari Bengkulu dan Pulau Bangka di barat hingga Pulau Ternate di timur. Di Surabaya, gelombang udara menumbangkan pohon-pohon, menghancurkan sumur-sumur rumah, dan menumbangkan manusia dan hewan. Guncangan gempa dirasakan kuat di Banyuwangi, Sumenep, Surakarta, Rembang, tampaknya juga dirasakan di sebelah tenggara pulau Kalimantan, Makassar dan di pulau Flores.</p> <p>Terak dan abu panas yang menghanguskan menutupi seluruh pulau Sumbawa dan wilayah perairan yang cukup luas. Bangunan runtuh di akibat menanggung beban material gunung api tersebut. Pulau yang sebelumnya indah berubah menjadi gurun yang sunyi. Dari 12.000 jiwa penduduk, hanya 26 orang yang selamat. Di pulau Lombok, kedalaman lapisan abu adalah mencapai 50 cm. Lapisan abu serupa mengambang di laut barat Pulau Sumbawa pada tanggal 12. Di Pulau Jawa, hujan abu begitu pekat hingga suasana menjadi gelap gulita. Abu jatuh di Pulau Jawa pada jarak 550 km dari gunung api; dan abu tersebut terlontar ke ketinggian yang sangat tinggi, atau terbawa oleh angin pasat ke barat.</p> <p>Pada tanggal 10 April, saat cuaca tenang, tiba-tiba, di laut lepas pantai Pulau Sumbawa naik dengan ketinggian 50 cm hingga 3,5 m. Gelombang besar menghantam muara sungai dan segera melonjak kembali. Di sana-sini rumah dan pohon hanyut. Di Bima, air menggenangi lantai rumah setinggi 30 cm. Semua perahu tercabut dari jangkarnya dan terlempar ke pantai. Pantai di Gunung Api Tambora surut, dan memunculkan dasar laut yang awalnya berada pada kedalaman 5-6 m muncul ke permukaan menjadi daratan.</p> <p>Jangka waktu yang pendek (durasi tidak lebih dari 3 menit), menghasilkan osilasi gelombang yang terekam di Pulau Sulawesi dan Jawa. Di Sumenep, pada tanggal 11 pukul 19.00, saat air pasang, sebuah gelombang dari teluk masuk ke sungai, dan menyebabkan air di Sungai naik hingga 1-1,5 m; empat menit kemudian, air kembali turun.</p>

					Erupsi Gunung Api Tambora terjadi lagi, disertai dengan getaran kuat yang berlangsung selama beberapa hari. Erupsi akhirnya berakhir pada 15 Juli 1815 (Raffles, 1817; Lyell, 1868; Fuchs, 1875b; Wichmann, 1918; Ponyavin, 1965; Iida <i>et al.</i> , 1967; Berninghausen, 1969; Cox, 1970).
2.	8 November 1818	-7	117	Gempa Bumi	<p>Terjadi gempa bumi yang menyebar ke seluruh pulau Jawa, yang dirasakan lebih kuat di bagian timur pulau Jawa (di Banyuwangi dan Pasuruan). Sebuah gempa laut tercatat di Selat Bali. Guncangan kuat dirasakan di sekitar Pasuruan sekitar pukul 23.15; Gempa tersebut diikuti oleh enam atau tujuh gempa susulan yang kekuatannya lebih lemah, dan durasinya hampir 4 menit. Guncangan juga terasa di Malang. Selain itu, erupsi Gunung Api Lamongan terjadi pada malam hari (Wichmann, 1918).</p> <p>Pada tahun yang sama, gempa bumi besar yang berlangsung selama 3 menit terjadi di Bima (Pulau Sumbawa). Guncangannya begitu kuat sehingga orang tidak tahan, dan semua bangunan batu hancur. Di teluk, permukaan laut naik 3,5 m, dan gelombang pasang jatuh di kota (Wichmann, 1918; Cox, 1970). Menurut Sieberg (1932), kedua laporan tersebut berkaitan dengan peristiwa yang sama.</p> <p>Rynn (2002): Kedalaman gempa 600 km, magnitudo Ms8,5; menghasilkan tsunami dengan intensitas 2,0; dengan ketinggian maksimum 3,5 m, di Selat Bali.</p>
3.	29 Desember 1820	-7	119	Gempa Bumi	Gempa berkekuatan Ms 8.5 mengguncang Sumbawa , dan menimbulkan dampak kenaikan air laut di Bulukumba Sulawesi dengan intensitas tsunami 3,5 dan ketinggian gelombang mencapai 25 m di Nipa-nipa. Tsunami ini menimbulkan korban jiwa ~500 orang (Rynn, 2002).
4.	5 Maret 1836	-8	119	Gempa Bumi	Terjadi gempa kuat disertai gelombang pasang yang menggenangi wilayah Bima (Wichmann, 1918).
5.	28 November 1836 (10:30 waktu setempat)	-8.318	118.65 65	Gempa Bumi	Terjadi gempa kuat di Bima, yang berlangsung beberapa menit dan menyebabkan kerusakan parah pada struktur bangunan. Massa batuan runtuh ke lembah dari taji gunung di selatan Gunung Soromandi . Tremor, yang berlanjut dengan kekuatan yang lebih kecil hingga pukul 18:00, kemudian meningkat lagi dan disertai dengan gelombang pasang (Wichmann, 1918; Cox, 1970).
6.	25 Juli 1856	-8.5	116	Gempa Bumi	Di labuantereng , sebelah barat Pulau Lombok, terjadi gempa. Pada saat yang sama, ombak yang kuat terlihat di pantai di wilayah Ampenan, yang terletak sekitar 20 km ke arah utara (Wichmann, 1918).
7.	8 Januari 1925 (7:26 waktu setempat)	-8	116	Gempa Bumi	<p>Terjadi gempa yang dirasakan di Pulau Bali, Lombok dan Banyuwangi dengan kekuatan sekitar 3 derajat dan tercatat di Jakarta dan Malabar.</p> <p>Pukul 10.00, di Bau-bau, di pantai barat Pulau Butung, saat itu permukaan laut tenang seperti cermin dan cuaca tenang, tiba-tiba muncul gelombang yang sangat panjang setinggi sekitar 1 m, yang kemudian diikuti oleh beberapa gelombang serupa lainnya dengan</p>

					<p>ketinggian lebih rendah. Permukaan laut kembali tenang dalam waktu sekitar setengah jam. Gelombang tersebut tidak merusak. Tidak ada laporan tambahan tentang fenomena yang tidak biasa di laut, yang diterima sebagai tanggapan atas pertanyaan yang dikirim oleh observatorium di Jakarta, ke titik lain di pantai Pulau Sulawesi dan Kepulauan Sunda Kecil. Waktu kemunculan tsunami di Baubau sesuai dengan perhitungan waktu tempuh tsunami dari sumber gempa (Visser, 1926).</p>
8.	19 Agustus 1977	-11.16	118.41	Gempa Bumi	<p>Gempa besar dengan magnitudo momen Mw8,3 terjadi di lepas pantai barat daya Pulau Sumba, Indonesia. Lokasi pusat gempa adalah 11,16° LS–118,41° BT, waktu asal 06:08:54,8 (UTC) (14:08:54.8 waktu setempat) pada 19 Agustus 1977 (Lynnes and Lay, 1988). Pusat gempa ini terletak di dekat Palung Sunda dari zona subduksi Sunda Kecil. Momen seismik gempa besar Sumba 1977 berkisar antara 2,4 sampai $4,0 \times 10^{21}$ N.m (Mw 8,2–8,3) (Given dan Kanamori, 1980; Silver dan Jordan, 1983; Giardini <i>et al.</i>, 1985). Gempa susulan yang direlokasi di sepanjang parit memanjang sekitar 130 km ke arah timur dan 110 km ke arah barat dari pusat gempa (Spence, 1986). Daerah gempa susulan dan hasil gelombang permukaan Zhang dan Kanamori (1988) mengimplikasikan panjang total sesar setidaknya 200 km.</p> <p>Analisis bentuk gelombang teleseismik gelombang <i>body</i> menunjukkan panjang total 200 km, memanjang hingga kedalaman 35–50 km (Lynnes dan Lay, 1988). Kanamori (1980) memperoleh mekanisme fokus gempa menggunakan gelombang permukaan (strike 270°, dip 45°, dan rake 70°). Gempa besar Sumba tahun 1977 adalah gempa susulan luar terbesar di Indonesia yang pernah tercatat. Mekanisme kejadian <i>outer-rise</i> umumnya adalah jenis sesar normal dengan sumbu tegangan tegak lurus parit, dan kedalaman fokus cukup dangkal. Aspek-aspek ini pada dasarnya konsisten dengan interpretasi litosfer lentur (Chapple dan Forsythe, 1979).</p> <p>Tsunami yang dihasilkan oleh gempa tersebut menyebabkan kerusakan parah di pulau-pulau di Indonesia, yang juga dapat disaksikan di Australia. Sebuah tim survei pasca-tsunami dibentuk tepat setelah peristiwa gempa terjadi. Mereka mengunjungi empat pulau di Indonesia: Pulau Bali, Lombok, Sumbawa, dan Sumba. Tim survey mengukur 17 ketinggian <i>run-up</i> tsunami (International Tsunami Pusat Informasi [ITIC], 1977). Tsunami tertinggi menurut saksi mata adalah 8 m dan jarak genangannya mencapai 500 m di Lunyuk di Pulau Sumbawa. <i>Run-up</i> tsunami tinggi lainnya 5,5 m dengan jarak genangan 1200 m teramati di Leterua di Pulau Sumba.</p> <p>Kato dan Tsuji (1995) juga mengamati gempa tersebut dikaitkan dengan gerakan tanah yang kuat. Rakyat di Australia merasakan guncangan yang kuat dan pergi ke luar gedung, sementara orang-orang di daerah yang terkena dampak tsunami melaporkan adanya suara dentuman yang tidak biasa setelah gempa. Kerusakan parah akibat tsunami dialami oleh Pulau Sumbawa, di mana 68 orang tewas dan 54 orang hilang. Gabungan jumlah korban baik dari gempa maupun tsunami di Indonesia adalah 107 orang.</p>

4.14 NUSA TENGGARA TIMUR

Terdapat 10 kejadian tsunami yang pernah terjadi di Nusa Tenggara Timur, dimana 6 diantaranya dipicu oleh gempa bumi (termasuk satu kejadian gempa bumi yang diikuti oleh longsoran bawah laut tahun 1992), satu kejadian tsunami akibat longsoran di darat dan satu kejadian tsunami akibat longsoran bawah laut, sedangkan dua kejadian tsunami dipicu oleh aktivitas gunung api yaitu Rokatenda dan Hobal.



Gambar 50. Peta Sejarah Kejadian Tsunami di Wilayah Provinsi Nusa Tenggara Timur

Tabel 17. Daftar Kejadian Tsunami di Wilayah Nusa Tenggara Timur

NO.	WAKTU KEJADIAN	POSISI SUMBER		PENYEBAB	KETERANGAN
		LAT	LONG		
1.	1814	-11.00	124.00	Gempa Bumi	Di Kupang (Pulau Timor), terjadi gempa bumi yang diikuti oleh gelombang pasang yang menerjang Teluk Kupang. Terjadi juga semburan lumpur (<i>mud volcano</i>), akibatnya Pulau Burung di lepas pantai utara teluk berubah menjadi pulau kecil. Gempa bumi yang merusak tampaknya terjadi secara bersamaan di Pulau Kissar (Wichmann, 1918; Sieberg, 1932; Lida <i>et al.</i> , 1967; Cox, 1970).
2.	14 April 1855 (21:00 waktu setempat)	-8.827	120.312	Gempa Bumi	Gelombang pasang muncul saat cuaca tenang di Nangaramo , Kabupaten Mangarai, di pantai barat daya Pulau Flores. Dampak dari air pasang begitu kuat, sehingga sekunar yang berlayar di teluk terperosok ke dalam air. Pada pasang surut kedua, sekunar memutus rantai jangkarnya dan kapal kandas di perairan dangkal, kemudian dihancurkan oleh gelombang berikutnya (Wichmann, 1918).
3.	13 Mei 1857	-8	125.5	Gempa Bumi	Terjadi gempa kuat di Pulau Timor , guncangannya berlangsung setidaknya 15 detik di Dili. Orang-orang terlempar ke tanah. Dinding benteng sebagian runtuh. Tanah retak di pantai. Di Gera, terletak 20 km sebelah timur Dili, terjadi gempa yang lebih kuat; tanah menetap di banyak tempat; lumpur mengalir keluar retakan.
4.	23-24 Maret 1908	-10	129	Gempa Bumi	(Soetadi, 1962; Berninghausen, 1969) menyebutkan bahwa gempa kuat 24 Maret di Atapupu (Pulau Timor) diikuti oleh gelombang pasang. Referensi ini mungkin keliru, catatan aslinya (Anon, 1910), tampaknya, hanya menyebutkan gempa laut dan bukan tsunami. Berikut adalah data yang relevan. Pada 23 Maret; setelah pukul 20.00 terjadi gempa kuat di seluruh Pulau Timor. Di Atapupu (ternyata keliru tertanggal 24 Maret), osilasi gelombang berlangsung sekitar 3 menit. Botol jatuh dari rak tempat penyimpanan. Retakan muncul di dinding benteng, dan sepotong dinding sepanjang 5 m jatuh. Dinding satu rumah di kawasan Cina juga runtuh. Retakan muncul di permukaan tanah di pantai dengan lebar sempit hingga 25 m. Nelayan di laut diguncang dengan hebat untuk waktu yang singkat. Di Kupang, gempa dirasakan cukup besar; menurut para tetua, gempa tersebut adalah yang terkuat sejak 1881. Guncangan gempa juga dirasakan di pulau Rote dan Sawu. Sebuah kapal di jalur antara pulau Timor dan Alor merasakan gempa laut yang sangat kuat. Di Pulau Alor, kursi dan tongkat yang berdiri di ruang bangsal terjatuh; Benda gantung bergoyang selama 10-12 menit. Di Ende, rantai jangkar kapal mengetuk bagian bawah berulang kali selama gempa. (23 Maret 1908; 12:20; 10°LS – 129°BT; M=6,6).
5.	13 Februari 1919	-8.99	124.87	Longsoran Bawah Laut	Gelombang banjir yang luar biasa tinggi menyebabkan kerusakan ringan teramati di Atapupu (Pulau Timor). Tidak ada laporan gempa bumi yang diterima. (Anon, 1920)
6.	4-5 Agustus 1928	-8.333	121.70 7	Gunung Api Rokatenda	Laporan yang saling bertentangan tentang tanggal erupsi dan tsunami. Beberapa makalah memberikan tanggal sebagai 4 Agustus 1927. Peristiwanya terjadi pada malam hari.

					<p>Terjadi erupsi yang sangat kuat dari Gunung Rokatenda di Pulau Palu sebelah utara Pulau Flores. Tiga kawah baru terbentuk. Sejumlah besar batu apung, abu, dan potongan-potongan lava yang membeku dikeluarkan. Saat jatuh, terlontar membakar vegetasi pulau yang kering pada saat itu.</p> <p>Seluruh pulau dihujani oleh potongan-potongan batu apung, tetapi lapisan abu dan batu apung yang sangat tebal menutupi kuadran barat daya pulau itu, termasuk pemukiman di sana. Pada tanggal 5 dan 6, abunya jatuh sampai jauh hingga ke Pegunungan Tenger di sebelah timur Jawa. Gunung api Rokatenda lalu menjadi lebih tenang dan aktivitasnya menurun setelah 8 Agustus</p> <p>Dalam erupsi tersebut, 226 orang meninggal dunia, 128 di antaranya tewas akibat tsunami yang terjadi. Tiga gelombang setinggi 5-10 m teramati baik di lepas Pulau Palu maupun di bagian terdakat pesisir Pulau Flores. Dua puluh perahu tenggelam (laporan muncul di surat kabar bahwa gelombang yang dihasilkan selama bencana di pulau Palu seharusnya diamati sejauh India, dan bahwa di Allegri dekat Allahabad, laut surut 2 km, meninggalkan banyak kapal tinggi dan kering.</p> <p>Pada 9 September erupsi Gunung Api Rokatenda kembali terjadi, mengeluarkan abu yang menyebar ke seluruh pulau. Aktivitas gunung api berlanjut hingga 25 September 1928 (SN, 1928, Vol. 18, No. 3; Visser, 1929; Sieberg, 1932; Heck, 1934, 1947; Umbgrove, 1947; Newmann van padang, 1951; Ponyavin, 1965; Iida <i>et al.</i>, 1967; Berninghausen, 1969).</p>
7.	1973	-8.3739	123.59	Gunung Api Hobal	Erupsi Gunung Api Hobal yang berada di Lembata, pada tahun 1973 telah menyebabkan tsunami (Syahbana, 2023).
8.	18 Juli 1979	- 8.41222	123.559 53	Longsoran darat	18 Juli 1979, terjadi tsunami yang dipicu oleh longsoran masif material ~ 50 juta m ³ yang terpindahkan, 1/3 nya jatuh ke laut dan menghasilkan tsunami setinggi 7-9 m. Empat desa terkubur di Teluk Waiteba. Sebelumnya "KOMPAS" 21 Juli 1979 melaporkan 154 orang yang tewas, namun kemudian Gubernur NTT (Dr Ben Mboi) merevisinya menjadi 539 orang tewas, dan 364 orang dinyatakan hilang. (Herald Tribune, 24 July 1979).
9.	12 Desember 1992	-8.5	121.84	Gempa Bumi dan Longsoran Bawah laut	<p>Pada 12 Desember 1992, gempa berkekuatan Ms7,5 (USGS, 1992) pada pukul 05:29 UT terjadi di wilayah Flores, Indonesia, menghasilkan tsunami yang mencapai pantai dalam lima menit setelah gempa bumi. Gempa dan tsunami tersebut menyebabkan sedikitnya 2.080 korban jiwa atau orang hilang, termasuk 1.490 orang di Maumere, Flores, dan 700 orang di Pulau Babi. Lebih dari 500 orang terluka parah dan 90.000 orang kehilangan tempat tinggal.</p> <p>Jumlah bangunan yang hancur atau rusak meliputi 30.789 rumah, 808 sekolah, 188 gereja dan mesjid, 19 orang tewas dan 130 rumah hancur di Pulau Kalootoa 120 km utara Pulau Flores. Di Flores, 50 – 80% bangunan rusak atau hancur termasuk 90% bangunan di Maumere.</p>

					<p>Setidaknya 2.500 orang tewas atau hilang di wilayah Flores, termasuk 1.490 di Maumere dan 700 di Babi. Lebih dari 500 orang terluka dan 90.000 kehilangan tempat tinggal. Sembilan belas orang tewas dan 130 rumah hancur di Kalootoa. Kerusakan parah, dengan sekitar 90 persen bangunan hancur di Maumere oleh gempa bumi dan tsunami; 50 hingga 80 persen bangunan di Flores rusak atau hancur. Kerusakan juga terjadi di Sumba dan Alar. Tsunami di Flores menerjang daratan sebanyak 300 meter dengan ketinggian gelombang 25 m. Tanah longsor dan retakan tanah dilaporkan terjadi di beberapa lokasi di pulau itu.</p> <p>Menurut tentara, total 2.100 orang tewas, 750 di antaranya di Pulau Babi dan 300 di tempat lain. Sekitar 1.000 hingga 1.100 di antaranya hilang akibat tsunami, sementara 1.000 lainnya akibat runtuhnya rumah. Dan setidaknya 69 hilang dan 2103 terluka. Di atas 28.100 rumah hancur total atau sebagian, dan 785 sekolah hancur. Populasi Sikka adalah 236.691, sehingga jumlah total orang yang hilang, hilang dan terluka lebih dari 1,3% dari populasi (data oleh tentara, laporan darurat, laporan ketua tim) per 25 Desember. Jumlah ini diperkirakan akan meningkat seiring dengan semakin banyaknya data yang tersedia (Kompas, 2019)</p>
10.	24 Maret 2008	-10	129	Gempa Bumi	Tsunami teramati di Atapupu, Pulau Timor. Retakan berkembang di pantai berpasir dengan panjang sekitar 25 m. Kerusakan Bangunan dijumpai di beberapa tempat.



Gambar 51. Sebuah perahu boat terlempar sampai ke darat akibat gelombang pasang raksasa (tsunami) yang melanda Pulau Flores, Sabtu, 12 Desember 1992 (Kompas/Tanuredjo, 2019).

4.15 KALIMANTAN

Terdapat 4 kejadian tsunami yang pernah terjadi di Wilayah Kalimantan, yang terkonsentrasi di Kaliman bagian timur, dimana dua diantaranya diakibatkan oleh gempa bumi, sedangkan dua lainnya dipicu oleh longsor dan aktivitas gunung api bawah laut (Soloviev dan Ch.N.Go., 1974).



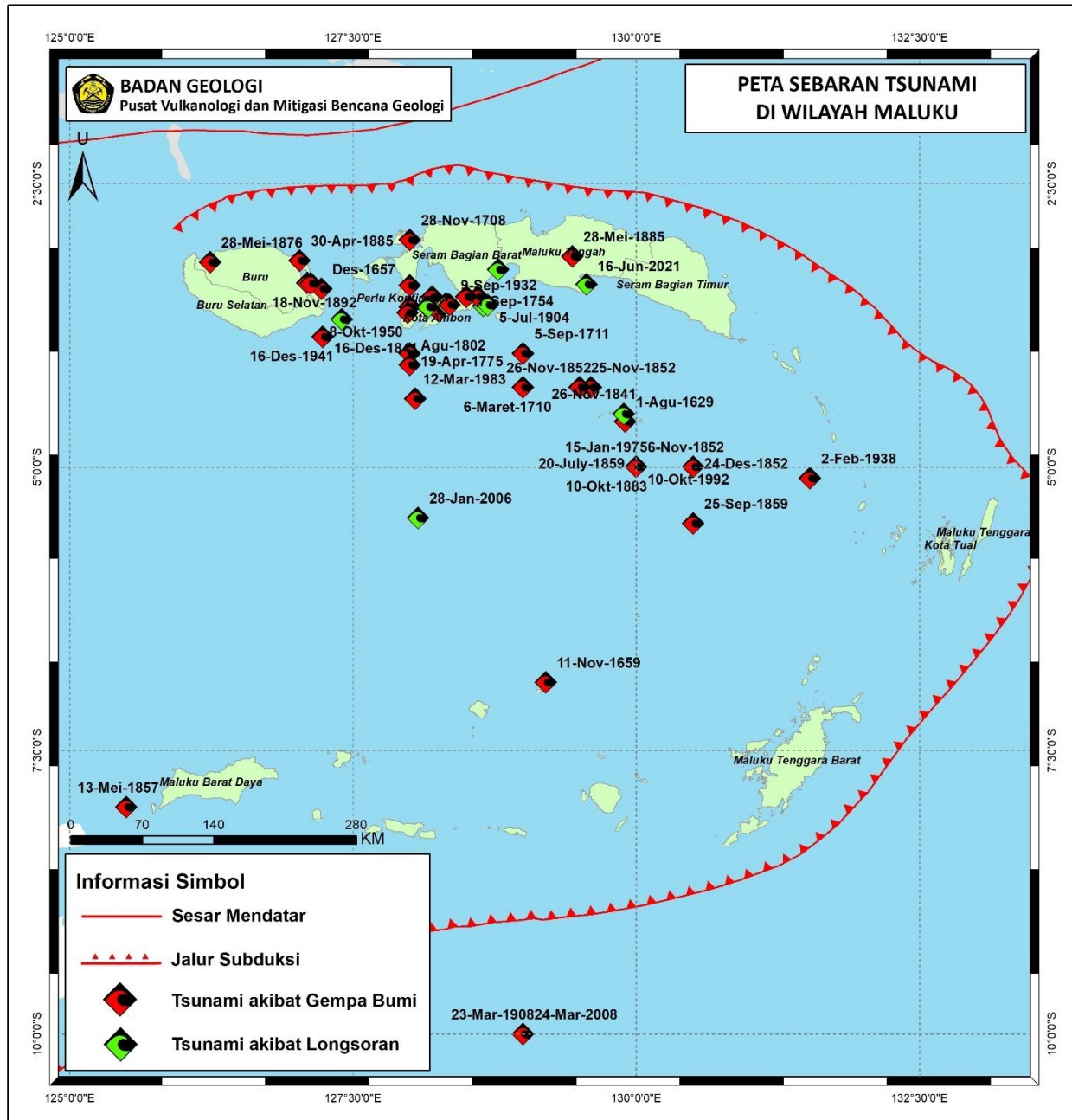
Gambar 52. Peta Sejarah Kejadian Tsunami di Wilayah Kalimantan

Tabel 18. Daftar Kejadian Tsunami di Tsunami di Wilayah Kalimantan

NO.	WAKTU KEJADIAN	POSISI SUMBER		PENYEBAB	KETERANGAN
		LAT	LONG		
1.	1773	-3.6806	116.1636	Gunung Api Bawah Laut	Dalam sebuah surat yang sangat meragukan, kapten sebuah kapal Spanyol melaporkan sebuah erupsi terjadi di bawah air, disertai dengan gejolak di laut dekat pulau kalimantan, pada rute dari Selat Sunda ke Filipina, yang konon teramati pada tahun 1773. (Wichmann, 1918; Cox, 1970).
2.	16 Maret 1917	-3.6586	116.6042	Longsoran bawah laut	16 Maret 1917. Menurut penjaga mercusuar di Kepulauan Sambergelap (lepas Pulau Kalimantan), gelombang banjir muncul dari tenggara pada pukul 08.00. Permukaan laut naik 1,5 m (5 kaki) dalam sepuluh menit, dan kemudian jatuh dengan cepat ke ketinggian yang biasa. Saat itu, itu adalah fase pasang banjir, dan musim angin timurlaut. Pada hari yang sama, di pagi hari, gelombang pasang teramati di Pagatan, di mana kerusakan besar terjadi (Anon, 1919a).
3.	14 Mei 1921	-0.7753	117.7694	Gempa Bumi	14 Mei 1921, terjadi gempa bumi di Pulau Kalimantan dengan intensitas maksimal 7 derajat (VIII - Rossi-Forel). Gempa tersebut menyebabkan kerusakan di Sangkulirang dan kerusakan yang lebih besar di Pulau Rending. Rumah-rumah sebagian runtuh di Kariorang (Tanjung-Setlu) dan Sekurau. Sebuah lubang menyemburkan air; dijumpai retakan di permukaan tanah yang menganga sepanjang 10 m; dengan kedalaman 2 m dan lebar 20 cm dan mengeluarkan pasir dan tanah liat. Radius daerah guncangan adalah 250 km. Setidaknya 10 gempa susulan dirasakan. Gempa bumi tersebut telah memicu gelombang tsunami, yang menyebabkan kerusakan besar di Sekurau (menurut saksi mata, air menggenangi jalan hingga kedalaman 1 m). [14.V: lh17m45s; 0,7 derajat N . , 117,9 derajat E.; M=6.2. (Visser, 1922, 1962; Berninghausen, 1969; Cox, 1970)
4.	26 Oktober 1957 (22:00 Waktu Setempat)	-2.067	116.584	Gempa Bumi	Terjadi gempa bumi di bagian selatan dan timur Pulau Kalimantan, sebanyak 37 laporan. Intensitasnya 2-4 derajat, banyak orang terbangun karena mendengar suara gemuruh. Gempa tersebut diikuti oleh banjir pasang (Anon., 1959). BCIS: 26.X; 14j16m57dt. 2° S., 116° BT.

4.16 MALUKU

Setidaknya 46 kejadian tercatat dalam rekaman Sejarah tsunami di Wilayah Maluku, 37 diantaranya diakibatkan oleh gempa bumi yang bersumber dari gempa bumi dan 9 lainnya dipicu oleh longsoran bawa laut (Soloviev and Ch.N.Go., 1974, Yudhicara, 2008, Tribun Ambon, 2021).



Gambar 53. Peta Sejarah Kejadian Tsunami di Wilayah Maluku

Tabel 19. Daftar Kejadian Tsunami di Wilayah Maluku

NO.	WAKTU KEJADIAN	POSISI SUMBER		PENYEBAB	KETERANGAN
		LAT	LONG		
1.	1 Agustus 1629 (21:30 Waktu Setempat)	-4.30	129.60	Gempa Bumi	<p>Gempa bumi dirasakan kuat di Laut Banda memunculkan rekahan di permukaan tanah, lalu setengah jam kemudian, gelombang setinggi gunung muncul di Selat antara Pulau Lontor dan Neira. Gelombang tsunami setinggi gunung yang menggulung tersebut mengarah langsung ke Benteng Nassau dan pemukiman pesisir Bandaneira di Pulau Neira. Permukaan air laut naik 16 m di atas air pasang dan menggenangi Benteng Nassau setinggi 3 m. Batu pemecah gelombang yang terdapat di depan benteng hanyut. Gelombang tsunami menghantam benteng dengan kekuatan sedemikian rupa sehingga meriam seberat 1,5 ton terseret sejauh 11 m. Beberapa rumah di tepi pantai hanyut dan yang lainnya hancur.</p> <p>Di arah timur, gelombang tsunami naik ke pantai Pulau Lonthor, di mana batu pemecah gelombang juga hanyut. Ketinggian air di sini mencapai 4 m, dan sebuah dermaga yang terletak di Tanjung mandjangi diseret ke pedalaman melewati pos jaga. Nelayan di laut lepas tidak melihat tanda-tanda gelombang tsunami tersebut. Gempa juga dirasakan di Ambon. (Rynn, 2002).</p>
2.	29 Februari 1648	-3.50	128.20	Gempa Bumi	Gempa bumi kuat dirasakan di Ambon, di wilayah Fort Victoria, disertai suara gemuruh yang kuat seperti deburan ombak di kejauhan, tetapi tidak ada kerusakan berarti akibat gelombang yang membanjiri di teluk Ambon (Wichmann, 1918; Cox, 1970).
3.	Desember 1657	-3.43	127.22	Gempa Bumi	Terjadi gempa bumi di pulau Buru dan Ambon dan di banyak tempat, menyebabkan runtuhnya pegunungan runtuh. Kapal yang berlabuh pada kedalaman 55-70 m berputar sehingga dikhawatirkan akan kandas di pantai, karang atau beting (Montbeillard, 1761; Perrey, 1857a; Wichmann, 1918; Cox, 1970).
4.	11 November 1659	-6.90	129.20	Gempa Bumi dan Erupsi Gunung Teun.	Gempa bumi kuat terjadi pada tanggal 9 disertai gemuruh, yang memaksa warga sekitar untuk mengungsi ke Kepulauan Nila dan Damar. Erupsi Gunung Api Teun (Funuweri) yang kuat terjadi di Ambon dan Kepulauan Banda. Gelombang pasang teramat di Teluk Ambon dan mencapai ketinggian 1 – 1,5 m (Wichmann, 1918, Cox, 1970) (Rynn, 2002).
5.	12 Juli 1673	-3.59	128	Gempa Bumi	<p>Terjadi gempa kuat di Ambon; retakan pada permukaan tanah; longsor yang mengubur desa-desa; terjadi tsunami dan banyak gempa susulan (Sieberg, 1932; Iida <i>et al.</i>, 1967; Cox, 1970).</p> <p>Perrey (1857a) mencatat adanya badai dahsyat pada pagi hari di hari yang sama dan kapal-kapal di laut lepas mengalami kerusakan.</p> <p>Wichmann (1918) melaporkan guncangan kuat di Ambon pada tanggal 12 Juli pukul 18:00, tetapi tidak menyebut tsunami.</p>
6.	17 Februari 1674 (Antara 19:30 dan 20:00)	-3.5	128.2	Gempa Bumi	Terjadi gempa bumi yang sangat kuat, yang melanda seluruh Pulau Ambon dan pulau-pulau di sekitarnya serta memakan korban manusia. Guncangan yang berlangsung sepanjang malam dan keesokan harinya hampir tanpa henti dan disertai suara gemuruh

Waktu Setempat)				<p>seperti tembakan meriam. Guncangan pertama adalah yang terkuat. Di Ambon, distrik Cina diratakan seluruhnya. Semua rumah yang terbuat dari batu dan gereja mengalami retakan sangat parah, hingga tidak dapat digunakan. 79 orang Cina dan 7 orang Eropa tewas di bawah puing-puing bangunan; 35 orang terluka (patah lengan dan kaki). 7 rumah runtuh seluruhnya di Nako. Atap benteng dirobuhkan di Hitulama. Benteng Middleburg runtuh.</p> <p>Di Semenanjung Leitimor dan Hitu, tanah retak dijumpai di banyak tempat dan terjadi banyak longsoran, terutama di Pegunungan wawani dan Manuzau. Kenaikan muka air setinggi 1-2 m, teramati di sumur dalam sehingga bisa diraih dengan tangan, lalu jatuh kembali dengan cepat. Di sebelah timur Sungai Wai Tomo, air bercampur tanah liat biru memercik setinggi 5,5 – 6 m dari retakan yang muncul. Cahaya seperti “kolom” teramati di pantai barat pulau sebelum gempa.</p> <p>Segera setelah gempa, tsunami terjadi di seluruh pantai Pulau Ambon. Pantai barat laut Semenanjung Hitu terlanda tsunami paling parah, terutama di wilayah Ceyt, antara Lima (NegeriLima) dan Hila. Di lokasi tersebut air naik hingga 80-100 m, mencapai puncak perbukitan dekat pantai. Menerjang pepohonan, termasuk yang ada di perkebunan cengkik, yang menutupi lereng pantai berkapur di Mamala, Ela, Sinalo, Kaitetto, Ceyt, Lobleu, hampir sama seperti Lima, berakar. Hanya perkebunan dataran tinggi di Nausihola, Wakal dan Hitulama yang lolos dari kehancuran.</p> <p>Semuanya begitu campur aduk di darat sehingga tidak dapat dikenali. Di wilayah Lobleu, jalur pantai menjadi sangat terjal. Antara Ceyt dan Hila dan di Hila sendiri, sebagian pantai juga runtuh ke dalam air, membawa korban jiwa di Pulau Ambon akibat tsunami. Menurut keterangan saksi mata, air naik seperti gunung. Mula-mula menggenangi Lobleu, kemudian terbagi menjadi tiga aliran. Salah satunya menyebar di sepanjang pantai ke barat ke arah Lima dan Urien, yang lain ke timur ke arah Hila, dan yang ketiga pergi ke laut, ke arah Cape Ryst di Pulau Seram, membawa serta pohon, rumah, ternak domestik, dan orang-orang. Pergerakan air disertai dengan suara yang sangat keras. Air yang mengalir berwarna hitam, sangat kotor dan berbau busuk; permukaannya berfosfor.</p> <p>Menurut para saksi mata, permukaan laut di selat antara Pulau Seram dan Ambon awalnya tenang, namun kemudian menimbulkan suara yang memekakkan telinga. Orang-orang di perahu yang tidak jauh dari pantai tersebut, tidak melihat sesuatu yang aneh, getaran yang dirasakan di permukaan laut terasa lemah dan kecil seperti biasanya. Sedangkan di pantai, semua perahu hancur atau terbawa air. Banyak ikan terlempar ke darat.</p> <p>Berikut ini diketahui tentang dampak tsunami di tempat-tempat tertentu:</p> <p>Di Larike di Benteng Belanda, air naik 0,5 m. Kerusakan akibat gelombang tsunami tersebut relatif kecil, meski berulang tiga kali.</p> <p>Di Pulau Nussatelo (Kepulauan Pulu Tiga), air mula-mula naik seketika, lalu turun begitu jauh ke timur, sehingga dasar lautnya terlihat sejauh cakrawala dan garis pantai sebelumnya hanya dapat dilihat dengan susah payah. Tak lama kemudian, gelombang laut</p>
-----------------	--	--	--	---

				<p>kembali dan mengambil semua yang menghalangi jalannya, dan kejadian tersebut berulang hingga tiga kali.</p> <p>Di Urien dan tempat-tempat lain, air naik dan kemudian mundur cukup jauh dari pantai di seberang Pulau Nussa Telo. Pergerakan air yang tidak biasa ini menghanyutkan pagar dan rumah-rumah kecil.</p> <p>Dekat Lima, di jalan menuju Boboleu di dinding benteng, air bercampur lumpur dan pasir naik dan terbawa. Seorang wanita diseret 350 m dari benteng, lalu dia memegang pohon dan menyelamatkan dirinya sendiri. Para prajurit berlindung di atap gedung dan di pepohonan; dua dari 12 orang tewas, enam terluka parah dan hanya empat yang selamat. Sebagian pemukiman Binau hanyut dan 86 orang meninggal dunia. 39 orang, dalam perjalanan ke Hila, juga tenggelam.</p> <p>Di Ceyt, air naik ke celah-celah benteng dengan kekuatan sedemikian rupa sehingga melemparkan mortir. Garnisun menderita kerugian besar. Air merobohkan semua rumah di permukiman yang berdekatan di Ceyt, Loboleu dan Wassela; 619 orang meninggal di Layn. Tidak ada korban di dataran tinggi Hahntuna, kecuali warga yang pergi setelah gempa untuk sholat di masjid di pemukiman dataran rendah, dan tenggelam.</p> <p>Di Hila, setelah gempa bumi, garnisun Belanda di Benteng Amsterdam berkumpul di alun-alun utama benteng. Tiba-tiba air naik dan membanjiri bangunan hingga ke atap. Seluruh garnisun yang terdiri dari 31 orang tenggelam. Tembok benteng setebal 2,5 m dan tinggi 3 m digeser hingga ke pondasi. Semua bangunan di sekitarnya, kecuali dua gubuk, mengalami nasib yang sama; 1.461 orang meninggal.</p> <p>Perkebunan di Sinola di sebelah timur benteng terendam setidaknya tiga kali. Air naik begitu cepat sehingga mata hampir tidak bisa mengikutinya. Banjir dan pasang surut pertama agak tenang. Yang kedua merobek pohon dan semak-semak dan berserakan. Gelombang ketiga membawa segalanya, meninggalkan hamparan datar yang begitu luas, sehingga orang tidak dapat mengetahui di mana dulu rumah desa dan perkebunannya berada.</p> <p>Di Wakal, satu warga meninggal dunia dan beberapa rumah hancur. Di Hitulama, air naik 3 m di atas level biasanya; 35 warga dan satu orang tentara tewas.</p> <p>Di Mamala (dekat ujung utara Semenanjung Hitu), sekitar 40 rumah hancur tapi tidak ada yang meninggal.</p> <p>Di ujung utara Semenanjung Hitu, di Liang, Wai, Tuleu, Thiel dan sejauh Suli (tidak jauh dari Tanah Genting Paso), tsunami juga merusak, tetapi jauh lebih sedikit. Meskipun air naik. Hanya di pasir Kutet (ujung timur Semenanjung Hitu) ombak menghanyutkan satu rumah.</p> <p>Paso Isthmus (Baguala) tidak terendam. Air hanya mencapai bangunan pertama di benteng Middleburg.</p>
--	--	--	--	---

					<p>Pasca gempa dan tsunami, pulau kecil Itelam yang terletak di dekat Ambon, konon menghilang. Sebagai gantinya, kedalaman 110 m terbentuk. (Seyfart, 1756; Perrey, 1857a; Wichmann, 1918; Heck, 1934, 1947; Ponyavin, 1965; lida <i>et al.</i>, 1967; Berninghausen, 1969).</p> <p>Di Pulau Seram, gempa bumi dan tsunami terjadi terutama di bagian barat daya pulau, di Semenanjung Huwamunal. Di sini Cape Ryst, yang belum pernah tergenang air sebelumnya; mengalami kerusakan parah. Beting pasir muncul di pantai barat teluk, dan tanjung Wai (di timur) surut. Pemukiman kecil Loki di Fort Overberg dibanjiri air yang naik 5,5 m di atas permukaan biasanya; Semua bangunan dan perahu hancur, tetapi tidak ada yang meninggal. Semua pohon hanyut dari dataran di tanjung Kaula, sementara rumah karyawan <i>East India Company</i> di sana dibawa ke hutan. Separuh pemukiman dan gereja terendam di Teluk Tanuno; Namun, tidak ada yang meninggal. (Seyfart, 1756; Perrey, 1857a; Wichmann, 1918; Heck, 1934, 1947; Ponyavin, 1965; lida <i>et al.</i>, 1967; Berninghausen, 1969).</p> <p>Terjadi guncangan dengan kekuatan sedang (salah satu dari sekian banyak guncangan berulang gempa bumi 17 februari 1674) yang disertai dengan gemuruh yang menggelegar dari pegunungan di Semenanjung Hitu. Terjadi gelombang pasang lemah di teluk Ambon, maju dan mundur tiga kali (Wichman, 1918; heck, 1934, 1947; Ponuavin, 1965; lida <i>et al.</i>, 1967; Berninghausen, 1969).</p> <p>Di pulau Haruku, Saparua dan laot, guncangan gempa dirasakan kuat dan terasa sepanjang malam. Di Oma, dua bukit di pesisir runtuh ke dalam air dan jalanan retak. Tembok rumah retak. Gelombang pasang teramati di pantai pulau-pulau. Mencapai ketinggian 1,5 – 2 m di atas permukaan laut biasa. (Seyfart, 1756; Perrey, 1857a; Wichmann, 1918; Heck, 1934, 1947; Ponyavin, 1965; lida <i>et al.</i>, 1967; Berninghausen, 1969).</p> <p>Di Pulau Seram, gempa bumi dan tsunami terjadi terutama di bagian barat daya pulau, di Semenanjung Huwamunal. Di sini Cape Ryst, yang belum pernah tergenang air sebelumnya; kerusakan besar telah terjadi. Beting berpasir muncul di pantai barat teluk, dan tanjung Wai (di timur) surut. Pemukiman kecil Loki di Fort Overberg dibanjiri air yang naik 5,5 m di atas permukaan biasanya; semua bangunan dan perahu hancur, tetapi tidak ada yang meninggal. Semua pohon hanyut dari dataran di tanjung Kaula, sementara rumah karyawan <i>East India Company</i> di sana dibawa ke hutan. Separuh pemukiman dan gereja terendam di Teluk Tanuno; Namun, tidak ada yang meninggal. (Seyfart, 1756; Perrey, 1857a; Wichmann, 1918; Heck, 1934, 1947; Ponyavin, 1965; lida <i>et al.</i>, 1967; Berninghausen, 1969).</p>
7.	10 Mei 1674	-3.40	128.00	Gempa Bumi	Gempa bumi kuat diikuti oleh tsunami kecil dengan magnitudo dan intensitas tsunami 1.0 (Rynn, 2002).
8.	28 November 1708 (antara 22:00 dan 23:00 Waktu Setempat)	-3	128	Longsoran	Gelombang pasang menerjang Teluk Ambon dengan suara keras dan menggenangi kawasan itu sampai ke rumah penduduk di lereng Gunung Batu Mere, sebelah timur kota. Aliran air mengalir mundur, dan sebuah jembatan hancur. Kemudian air kembali melonjak dengan arus yang kuat dan kemudian kembali surut sangat jauh hingga tidak terlihat. Banjir dan pasang surut

					berlangsung sangat lama sehingga orang dapat menghitung hingga 100-150 selama satu banjir atau pasang surut. Proses tersebut berlangsung hingga pukul 03.00 keesokan harinya, setelah itu gelombang tersebut tidak terlihat lagi. Fenomena serupa terjadi pada tengah malam di Teluk Baguala. Tidak ada fenomena seperti itu yang diamati di daerah lain di pantai (Perrey, 1857a; Wichman, 1918; Heck, 1934, 1947; Ponyavin, 1965; lida <i>et al.</i> , 1967; Berninghausen, 1967).
9.	6 Maret 1710	-4.3	129.6	Gempa Bumi	Terjadi gempa besar dan dahsyat di Bandaneira. Permukaan bumi seolah tidak tenang selama sebulan. Sebagian besar rumah rusak parah. Laut berulang kali naik ke darat sejauh Fort Nassau dan meninggalkan ikan di depan gerbang air (Wichmann, 1918; Sieberg, 1932; lida <i>et al.</i> , 1967; Cox, 1970). (Rynn, 2002).
10.	5 September 1711 (antara 22:00 and 23:00)	-4	129	Gempa Bumi	Di pulau Haruku, Saparua, laot dan Banda, terjadi gempa kuat bersamaan dengan munculnya gelombang pasang di Teluk Ambon, tercatat 13-14 gelombang yang datang (Perrey, 1957a; Wichmann, 1918; Heck, 1934, 1941; Pomnyavin, 1965; lida <i>et al.</i> , 1967; Berninghausen, 1969). Gelombang tsunami melanda hingga pukul 08.30, pada tanggal 6 September, air di teluk naik dan turun tiga kali dengan interval setengah jam. Kenaikan air terjadi sangat cepat dan mencapai 1,2 m. Dua rumah hancur. Dua anak tenggelam di jalan di Hotiwa. Tsunami terjadi terutama di pantai timur pulau. Di Teluk Baguala, gelombang pasang teramati maju dan mundur 13-14 kali, tetapi tidak terlihat di Poka. Di Kampung Mardjika, air sumur mengering (likuefaksi?). (Perrey, 1957a; Wichmann, 1918; Heck, 1934, 1941; Pomnyavin, 1965; lida <i>et al.</i> , 1967; Berninghausen, 1969).
11.	18 Agustus 1754 (segera setelah 15:30 Waktu Setempat)	-3.5	128.5	Gempa Bumi	Terjadi gempa bumi di Pulau Ambon, Haruku, Saparua, dan Laot, yang dimulai dengan gerakan bergelombang, segera diikuti oleh guncangan yang kuat. Di Ambon, sebuah bazar yang bertumpu pada 60 tiang batu runtuh; beberapa bangunan lain juga hancur; empat orang tewas di reruntuhan. Rumah-rumah lain retak. Retakan dua jari atau lebih muncul di tanah dan banyak tempat. Semburan lumpur menyembur dari Gunung Batu Mera di sebelah timur kota (likuefaksi?). Di pantai utara Ambon, dinding bangunan rusak di Hila dan juga di Hitulama. Di Humuri, di pantai timur pulau, gelombang pasang muncul mengikuti guncangan gempa yang kuat. Di pulau Haruku, air menyembur di banyak tempat dan beberapa dinding bangunan runtuh. Gempa tersebut diikuti oleh tsunami. Di Pulau Saparua, gempa tidak menyebabkan kerusakan bangunan yang berarti, namun gelombang tsunami juga terlihat di sini. Gempa dirasakan di Pulau Manipa (Perrey, 1987a; Wichmann, 1918; Sieberg, 1932; Heck, 1934, 1947; Ponyavin, 1965; lida <i>et al.</i> , 1967; Berninghausen, 1969).

12.	7 September 1754 (antara 12:00 dan 12:30 Waktu Setempat)	-3.5	128.5	Gempa Bumi	<p>Di Pulau Haruku terjadi gempa bumi yang hampir sama kuatnya dengan yang terjadi pada tanggal 18 Agustus. Gempa tersebut diikuti dengan gelombang pasang (Wichmann, 1918; Heck, 1934, 1947; Ponyavin, 1965; Iida <i>et al.</i>, 1967; Berninghausen, 1969; Cox, 1970).</p> <p>Selama guncangan pertama, permukaan air laut turun 9 m dan kemudian naik dengan cepat (dalam waktu kurang dari 3 menit). Sebagian besar tanah terendam banjir. Tujuh orang tewas (Mallet, 1854; Perrey, 1858; Wichmann, 1918; Sieberg, 1932; Heck, 1934, 1947; Ponyavin, 1965; Iida <i>et al.</i>, 1967; Berninghausen, 1969; Cox, 1970).</p>
13.	12 September 1763 (sekitar 17:00 Waktu Setempat)	-4.30	129.60	Gempa Bumi	<p>Gempa kuat terjadi di Kepulauan Banda yang berlangsung selama 4 menit. Suara gemuruh terdengar seperti tembakan meriam pada sore dan malam hari, 16 guncangan lemah lainnya terasa. Tiga perempat rumah di Bandaneira hancur berantakan. Bongkahan besar runtuh dari Gunung Panenberg. Di Kepulauan Lonthor, gempa bumi sangat kuat dirasakan di pemukiman pesisir timur dan di Urien. Guncangan gempa juga dirasakan kuat di Pulau Ai. Sedangkan di Kepulauan Pisang dan Rozengain terasa lebih lemah (Soloviev & Ch.N.Go., 1974).</p>
14.	19 April 1775 (sekitar 1:00 Waktu Setempat)	-4.00	128.00	Gempa Bumi	<p>Di Ambon, terjadi osilasi bergelombang kuat, yang disertai dengan suara gemuruh dari bawah tanah dan berlangsung selama 5 menit. Tembok gudang beras retak dan paviliun kecil roboh. Air di teluk sangat terombang-ambing. Sebuah kapal yang ditambatkan ditarik dengan paksa ke belakang dan ke depan (Mallet, 1854; Perrey, 1857a; Wichmann, 1918; Iida <i>et al.</i>, 1967; Berninghausen, 1969; Cox, 1970; Rynn, 2002)</p>
15.	25 Agustus 1802	-4.10	128.00	Gempa Bumi	<p>Sebuah surat tertanggal 25 Agustus melaporkan gempa kuat yang melanda Pulau Ambon dan pulau-pulau lain di timur Indonesia. Air di laut naik sangat tinggi dan menimbulkan kerusakan besar di pesisir pulau-pulau (Mallet, 1853; Perrey, 1857a; Wichmann, 1918; Sieberg, 1932; Heck, 1934, 1947; Ponyavin, 1965; Iida <i>et al.</i>, 1967; Berninghausen, 1969).</p>
16.	11 April 1815 (22:00-23:00 Waktu Setempat)	-3.589	128.154	Gempa Bumi	<p>Terjadi gempa kuat di Ambon. Celah di permukaan tanah terbuka dan tertutup. Di Pulau Haruku, benteng dan rumah hancur total; tanah retak. Guncangan terasa hingga di Kepulauan Banda.</p> <p>Keesokan harinya, laut di sekitar Ambon menjadi sangat ganas. Dalam dua menit, permukaan laut naik ke pasang tinggi dan turun dengan kecepatan yang sama ke tanda surut (Wichmann, 1918; Sieberg, 1932; Heck, 1947; Ponyavin, 1965; Iida <i>et al.</i>, 1967).</p> <p>(Adanya osilasi permukaan laut di timur Indonesia mungkin disebabkan oleh lewatnya gelombang udara, yang muncul selama erupsi Gunung Api Tambora, seperti yang terjadi pada erupsi Krakatau pada tahun 1883. Getaran bangunan mungkin juga telah disebabkan oleh gelombang udara setidaknya sebagian).</p>

17.	26 November 1841 (06:00 atau 06:30 Waktu Setempat)	-4.5335	129.89	Longsoran bawah laut	Di Bandaneira, terjadi guncangan horizontal yang lemah. Kejadian itu berlangsung lebih dari 1 menit (menurut sumber lain dari 2 hingga 3 menit). Lima belas menit kemudian, gelombang tsunami datang dengan kekuatan besar melonjak ke pantai selatan Pulau Neira. Mencapai ketinggian 2,5 – 3 m. Menurut sumber lain berada 2 m di atas muka air pasang maksimum, sehingga air mencapai gerbang Benteng Nassau. Fenomena ini terjadi selama pasang surut (Perrey, 1858; Wichmann, 1918; Heck, 1934, 1947; Ponyavin, 1965; Iida <i>et al.</i> , 1967; Berninghausen, 1969).
18.	16 Desember 1841	-3.853	127.233	Gempa Bumi	Terjadi gempa bumi dan tsunami di pulau Ambon, Buru dan Ambelau. Di Ambon, sekitar pukul 14.00, guncangan yang tidak terlalu kuat terasa, lalu diikuti oleh gelombang pasang dalam waktu 15 menit, dan mencapai ketinggian 1,5 m di atas permukaan air yang tinggi dan berulang kali meluncur ke pantai Teluk Ambon. Di Galala, sebelah barat Ambon, beberapa gubuk warga hanyut. Di Pulau Buru, dan juga di Pulau Ambelau, gempa bumi yang jauh lebih kuat terjadi antara pukul 01.00 dan 02.00. Fenomena tersebut disertai oleh gelombang tsunami besar di Pulau Ambelau, yang menghanyutkan banyak gubuk dan mortir di desa-desa pesisir. Guncangan berlanjut pada 17-21 Desember (Wichmann, 1918; Sieber, 1932, Heck, 1934, 1947; Ponyavin, 1965; Iida, <i>et al.</i> , 1967; Berninghausen, 1969).
19.	6 November 1852	-5	130	Gempa Bumi	Gempa bumi di Bandaneira, dirasakan hingga ke Ambon (Rynn, 2002).
20.	19 November 1852	-3.627	128.252	Gempa Bumi	Di Ambon, terjadi guncangan yang konon disertai dengan "pergerakan" laut yang kuat (Perrey, 1855b; Wichmann, 1918).
21.	26 November 1852 (7:40 Waktu setempat)	-4.3	129.5	Gempa Bumi	<p>Di Pulau Neira, terjadi guncangan vertikal yang kuat, yang dengan cepat menjadi osilasi bergelombang dengan kekuatan yang meningkat, yang berlangsung selama 5 menit. Semua warga lari ke jalan. Tidak mungkin berdiri tanpa berpegangan pada sesuatu. Sebagian besar penduduk di pulau itu ditinggalkan dalam tumpukan reruntuhan, dan rumah-rumah yang tetap berdiri menjadi tidak layak huni karena banyaknya retakan. Bagian dari Gunung Panenberg tempat stasiun sinyal berada runtuh. Banyak retakan muncul di tanah di pantai.</p> <p>Gempa bumi juga menimbulkan kerusakan serupa di Pulau Lonthor. Kejadian gempa disertai dengan suara raungan seperti tembakan meriam, yang diikuti oleh gempa-gempa susulan, beberapa diantaranya dirasakan cukup kuat. Dampak gempa serius juga dialami di pulau Rosengain dan Ai.</p> <p>Di Ambon, guncangan bergelombang yang kuat berlangsung selama 5 menit tanpa kehancuran. Pengaruh gempa bumi serupa dirasakan di perbukitan dan danau. Di Pulau Haruku, tembok gereja di Aboru dan Tembok Benteng Zelandia retak. Banyak bangunan yang rusak di Pulau Saparua. Gempa dirasakan di Pulau Laot, Buru, Seram, dan kemungkinan di Pulau Bacan dan Ternate. Tiang bendera dan pepohonan bergoyang kuat di Labuha di Pulau Bacan</p> <p>Di Banda Neira, ¼ jam setelah gempa, air laut naik dan warga yang ketakutan berhamburan menuju perbukitan. Teluk bergantian mengering dengan cepat, lalu terisi air. Sebuah kapal yang berlayar</p>

				<p>kandas pada kedalaman 9 m terhempas di dasar laut sebanyak dua kali. Air naik ke atap gudang dan rumah serta menghancurkan semua pintu, menggenangi Benteng Nassau dan mencapai kaki bukit tempat Benteng Belgica berada. Air laut juga melemparkan cukup banyak ikan ke darat. Fluktuasi air laut yang kuat tersebut berhenti pada pukul 13:00.</p> <p>Menurut pengakuan Kapten Brig "Hai", sebelum terjadi gempa, kapal berlabuh di kedalaman 11 m antara pulau Naira dan Lonthor; panjang rantai jangkar adalah 65 m. Gempa laut itu sangat kuat. Kemudian pada pukul 08.10, air laut yang naik dengan cepat, melonjak ke arah tenggara dengan kecepatan yang luar biasa. Selama pasang surut terkuat, kedalaman air turun menjadi 7 m. Semua terumbu karang di sekitarnya mengering. Setelah itu, dengan kecepatan yang lebih besar daripada surutnya, air naik dan mengalir ke daratan, 65 perahu kandas, yang beberapa menit sebelumnya dibiarkan di dasar yang kering. Selang waktu antara awal pasang surut dan pasang banjir maksimal, pada kedalaman air 13 m adalah 20 menit. Kemudian air sekali lagi melonjak naik dengan kecepatan yang mengerikan, menghancurkan dan menghanyutkan segalanya. Kapal tersebut jatuh sekali lagi, dengan cepat dan sangat berbahaya. Dua puluh menit kemudian, air naik lagi; kedalaman air adalah 14,5 m. kali ini gelombangnya lebih kuat dan lebih menakutkan serta lebih tinggi. Gelombang tersebut menggenangi pemecah gelombang dan tanggul, tempat sebagian besar awak perahu berlindung, dan membawa perahu-perahu tersebut pergi. Enam puluh orang meninggal. Banyak perahu baik yang kecil maupun besar dilemparkan ke tanggul dan dihancurkan. Bangunan yang berdiri di tanggul hanyut. Setelah itu air turun sedalam 8 m. Ombak besar datang berulang hingga empat kali, dengan periode yang sama. Pukul 10:30. Osilasi gelombang tersebut mulai mereda.</p> <p>Tidak ada osilasi yang signifikan pada permukaan laut yang teramati di pantai utara Pulau neira atau di pantai selatan pulau Lonthor. Di Pulau Ai, permukaan laut satu meter lebih tinggi dari permukaan air pasang biasanya.</p> <p>Di Ambon, segera setelah gempa bumi, air mulai muncul di teluk. Kejadian tersebut diikuti oleh pasang surut yang cepat. Proses ini terjadi sebanyak 20 kali sebelum pukul 14:00. Ketinggian air sekitar 20 cm. Tsunami juga teramati di Hila dan Larike.</p> <p>Di Pulau Saparua, gelombang pasang naik sebanyak 4 kali antara pukul 08.30 hingga 11.00. Gelombang kedua dan keempat mencapai ketinggian 3 m di atas permukaan air pasang tertinggi. Di sekitar pemukiman Saparua dan Tijau, air merambah 120 m ke daratan. Setelah pukul 11.00, banjir dan pasang surut mulai berkurang secara bertahap, namun berlanjut hingga larut malam. Di pemukiman lain di pulau itu, Hatuana di pesisir timur laut, Kulor di pesisir utara, Porto di pesisir barat, dan Sirisori di Teluk Saparua, tsunami terpantau lemah.</p> <p>Tsunami terlihat di Pulau Haruku di permukiman pesisir Hulaliu dan Wassu, di Pulau Laot di Pemukiman Ameth, Akon, Laintu, dan di Pulau Buru. Di Pulau Seram di pemukiman Amahai dan Wahai, air</p>
--	--	--	--	---

					<p>menggenangi rumah-rumah di dekat pantai; banyak proa hanyut. Tsunami tidak terlihat di Pulau Bacan.</p> <p>Pada tahun 1853, perubahan fisiografi besar ditemukan antara Pulau Kai dan dua pulau Pulu Pisang, yang termasuk dalam kelompok yang sama. Perubahan tersebut diduga akibat gempa dan tsunami 26 November 1852. Permukaan pulau-pulau tersebut masih lembek dan berwarna kuning keemasan. Tiga pulau kecil baru ditemukan di antara pulau Tayandu (Trando) dan Kaimer (Kauer). Pulau-pulau ini terdiri dari pecahan karang dan pasir kuning. Seperti diceritakan, salah satunya kemudian hanyut, sedangkan dua lainnya tertutup semak belukar. Pada tahun 1854 ditemukan pulau baru di antara pulau Pulu Ergodan dan Pulu Hodin (menurut sumber lain terletak di wilayah Pulau Yut, pada 5°35'LS dan 133°BT). Pulau itu berbentuk bulat, berdiameter 250 m, dan menjorok ke atas tebing dengan kedalaman tidak lebih dari 2 m. Pulau tersebut tersusun oleh tanah lempung dan ditutupi dengan semak segar (Perrey, 1854, 1856, 1857a; Rudolph, 1887; Dutton, 1904; Krummel, 1911; Milne, 1912b; Wichmann, 1918; Heck, 1934, 1947; Ponyavin; 1965 ; Iida <i>et al.</i>, 1967; Berninghausen, 1969).</p>
22.	24 Desember 1852 (14:30 Waktu Setempat)	-5	130.5	Gempa Bumi	<p>Di Bandaneira, terjadi dua guncangan berulang seperti gempa 26 November 1852. Beberapa rumah yang tahan gempa sebelumnya runtuh. Dua perkebunan rempah-rempah yang sebelumnya tidak terpengaruh, mengalami kehancuran total.</p> <p>Sejumlah besar perahu di pinggir pantai dan lepas pantai Pulau Seram, serta desa-desa terapung di Pulau Gorong terendam dan dihancurkan di pantai bersama penduduknya. Sekitar 400 perahu rusak.</p> <p>Dampak serupa juga dialami di pulau Tioor, Ambon, Saparua dan Haruku (di Hulau, Oma, Wassu) dan juga di pemukiman Ameth, Akon dan Laintu di pulau Laot (Perrey, 1854, 1857a).</p>
23.	4 Januari 1854	-3.5	128.6	Gempa Bumi	<p>Guncangan yang cukup kuat disertai gemuruh bawah tanah yang keras terasa di tepi selat antara Pulau Haruku dan Saparua pada tanggal 2, 3, 4, dan 5. Guncangan pada 4 Januari dimulai dengan osilasi gelombang yang kuat di permukaan laut. Air laut membanjiri pantai di pantai Selat. Guncangan gempa tidak menimbulkan kerusakan apapun dan tidak dirasakan di Pulau Ambon (Perrey, 1856, 1857a; Wichmann, 1918).</p>
24.	20 Juli 1859	-5	130	Gempa Bumi	<p>Gempa bumi berpusat di Laut Banda dirasakan di Lonthor (Rynn, 2002).</p>
25.	25 September 1859	-5.5	130.5	Gempa Bumi	<p>Gempa berpusat di laut Banda berkekuatan Ms 6.7 menimbulkan tsunami dengan intensitas 1.5 dan teramati di Bandaneira (Rynn, 2002)</p>
26.	Maret 1861	-3.588	128.163	Longsoran Bawah Laut	<p>Dilaporkan bahwa ada gelombang banjir yang tidak biasa di Ambon; jembatan dirobohkan; air naik hingga ketinggian 1,8 m di banyak rumah (Perrey, 1865a).</p>

27.	28 Mei 1876 (12:30 Waktu Setempat)	-3.196	126.240	Gempa Bumi	<p>Di Pulau Buru terjadi gempa disertai tsunami. Delapan guncangan gempa bumi kuat berlangsung, diikuti dengan beberapa guncangan lemah. Selama 3 menit, getaran berulang dicatat dari waktu ke waktu, yang menjadi sangat terlihat dan sering terjadi pada pukul 18:00. Sebuah gempa laut dirasakan di perahu di laut terbuka. Di Kajeli, beberapa rumah rusak, dan sebuah menara runtuh di Masarete. Guncangan yang cukup kuat berlangsung selama 50 detik, dirasakan di Ambon dan Hila serta di pantai utara Pulau Ambon.</p> <p>Gelombang tsunami memasuki Teluk Kajeli sebanyak tujuh kali, namun dengan ketinggian hanya 30 cm di atas permukaan laut biasa (Wichmann, 1922).</p>
28.	10 Oktober 1883 (23:00 Waktu Setempat)	-5	130	Gempa Bumi	Di Bandaneira, terjadi gempa bumi yang cukup kuat yang berlangsung selama 5 menit, diikuti oleh osilasi laut yang berlangsung hingga pukul 2:00 (Van de Stok, 1884)
29.	30 April 1885	-3.18	127.03	Gempa Bumi	<p>Terjadi gempa bumi di Kepulauan Maluku, yang disertai dengan banyak gempa susulan. Di Kajeli, di Pulau Buru, guncangan yang berlangsung selama 50 detik begitu kuat sehingga lampu portabel dan benda lainnya terbalik. Di Ambon, Pulau Haruku, dan Wahai, terjadi guncangan yang cukup kuat selama 20-30 detik. Terjadi gempa bumi di Pulau Saparua. Terjadi guncangan selama 15 detik di Pulau Ternate; lampu bergoyang keras; jendela dibiarkan terbuka sedikit di beberapa rumah. Di Bandaneira, terjadi guncangan kuat yang berlangsung selama 6 detik.</p> <p>Setengah jam setelah gempa, desa pesisir Djikomurasa yang terletak 28 km sebelah barat Kajeli, dengan ketinggian 0,75 m dpl, tiga kali tergenang air laut. Pergerakan yang air yang teratur, dalam jangka waktu 20 menit, membanjiri dataran dengan panjang 800 m dan lebar 50 m, setinggi 1,2 m, yang terdapat di dalamnya sebuah desa dan perbukitan pesisir. Tiga dari 46 rumah pemukiman hancur, dan sejumlah besar kapal perahu yang melaju di anchor terlempar ke kaki pegunungan. Warga berhasil melarikan diri, namun kerugian materi cukup besar. Di sisa Teluk kajeli, laut konon mempertahankan ketinggian pada level biasanya.</p> <p>Di Wahai, sekitar pukul 14.00 laut naik 30 cm dan menghanyutkan perahu-perahu yang tergeletak di tepi pantai. Kenaikan suhu, berangsur-angsur mereda, berlanjut hingga pukul 17:00 (Anon, 1887).</p>
30.	28 Mei 1885	-3.145	129.436	Gempa Bumi	Terjadi gempa bumi di Laut Seram, yang menimbulkan kenaikan muka laut, teramati di Pulau Buru, dengan ketinggian tsunami maksimum 30 cm di Kayali (Rynn, 2002).
31.	18 November 1892 (Setelah 2:00 Waktu Setempat)	-3.382	127.128	Gempa Bumi	Di Kajeli, terjadi guncangan kuat yang berlangsung 7-8 menit; Masih ada guncangan ringan lainnya di malam hari berikutnya. Guncangan kuat dirasakan di Ambon, Hatusua, Kairatu (Pulau Seram), dan guncangan lemah dirasakan di Tifu dan Masarete. Satu jam setelah gempa, ada sedikit osilasi permukaan laut di Kajeli (Fige, Onnen, 1983b).
32.	30 September 1899	-3.26	128.78	Longsoran Bawah Laut	Terjadi gempa bumi dan tsunami yang merusak dengan sumber di lepas pantai selatan pulau Seram. Daerah pantai yang menderita

	(1:42 Waktu Setempat)			<p>terutama diselidiki oleh ahli geologi Belanda terkenal, Verbeek, yang kebetulan berada di sekitar pulau itu. Gubernur provinsi Ambon mengumpulkan banyak informasi tentang bencana alam ini. Sejumlah laporan datang langsung ke observatorium di Jakarta. Perlu disebutkan bahwa tidak ada informasi tentang gempa yang diterima dari wilayah internal pulau itu karena kurangnya penduduk asal Eropa di sana.</p> <p>Menurut Verbeek, gempa dirasakan dengan kekuatan terbesar di permukiman Hatusua, paulohi, Makariki, Tehoru dan Wolu dan dihubungkan dengan pergeseran di sepanjang patahan tektonik yang memisahkan semenanjung di bagian barat daya pulau Seram dari bagian utama pulau.</p> <p>Bahkan, menurut laporan seorang pejabat, yang dikirim ke wilayah yang menderita untuk membantu penduduk, tiga retakan terbentuk di tanah di Waisamu. Perpindahan yang cukup besar terjadi di sepanjang retakan ini, akibatnya satu sisi patahan lebih tinggi 30 cm relatif terhadap yang lain. Di tempat lain, air keluar dari celah-celah tanah.</p> <p>Di Amahai, tiga retakan besar muncul di pantai, dengan lebar mencapai 50 cm dan kedalaman 1 m di beberapa tempat. Salah satunya membentang ke Polapa. Banyak longsor terjadi di pegunungan. Longsoran teramati di wilayah Paulohi, di bentangan pantai antara Kawa, Taniwil dan Boano.</p> <p>Menurut beberapa laporan, cahaya aneh muncul di atas laut di zona pleistoseismik. Beberapa detail tentang efek gempa bumi di tempat-tempat tertentu adalah sebagai berikut:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Di Waisamu dan Piru, gereja-gereja mengalami kerusakan. Tanah retak di mana-mana, dan penduduk yang ketakutan turun untuk memindahkan pemukiman ke tempat yang lebih tinggi. • Di Kawa, enam gubuk runtuh, dan beberapa lainnya retak sebagian karena tanah mengalami penurunan sedalam 50 cm. • Di Boano-Islam, yang merupakan bagian lain dari pemukiman Boano, sebuah masjid setengah hancur dan dua rumah batu runtuh, akibatnya seorang gadis kecil meninggal. • Di pantai barat laut Pulau Seram, di wilayah Taniwil-Lisabata, semua permukiman menderita getaran sampai batas tertentu; di Lisabata, misalnya, beberapa rumah hancur. • Di Laimu, gempa tidak terlalu kuat. Di pantai selatan pulau Seram, sebelah timur Teluk Teluti, beberapa kerusakan hanya terjadi di Afang. Di Wahai, Waru dan Pulau Geser, gempa sempat terasa, namun tidak ada kerusakan yang terjadi. • Di Saparua, sebuah sekolah, gereja, dan rumah dokter rusak ringan. Di pulau Haruku dan Laot sebuah gereja rusak berat. Gempa dirasakan kuat di Pulau Ambon, namun tidak menimbulkan kerusakan. • Getaran kuat dirasakan di pulau-pulau Obi (Laiwui), Bacan (Labuha), Ternate, Gorontalo, retakan diduga muncul di gudang kereta, dan di Kepulauan Banda. Gempa juga dirasakan di Pulau Boano, Kajeli, Kepulauan Kai, Kepulauan Sula (Sanana), pulau Banggai dan Manado; Guncangan gempa lemah dirasakan di Tolitoli, Tondano, dan Pulau Halmahera. Tidak ada informasi yang
--	-----------------------	--	--	---

				<p>diterima tentang efek gempa di pulau Leti dan Wetar. Dengan demikian, area getaran yang terlihat tampaknya meluas ke arah barat laut-tenggara.</p> <p>Di banyak daerah di pesisir Pulau Seram, banyak sekali material lepas, terutama tanah liat berpasir dan endapan aluvial berkerikil, jatuh ke dalam air. Penurunan muka tanah disertai dislokasi tektonik yang diasumsikan terjadi di dasar teluk besar, menghasilkan gelombang tsunami, yang mencapai ketinggian 9 m (16 m menurut gubernur Ambon) di beberapa tempat. Sesuai dengan sifat perambatannya, ketinggian gelombang sangat bervariasi dari satu tempat ke tempat yang lain.</p> <p>Di Paulohi, area pantai sepanjang 260 m dan lebar 100-150 m berada di bawah air bersama dengan seperempat distrik Paulohi dan Samasuru, yang merupakan bekas pemukiman Elpaputi. Dataran pantai sebelumnya landai, tiba-tiba membentuk tebing curam setinggi 8,8 m. Di pantai, dimana kedalaman dasar laut 20 m, setelah gempa menjadi 75 m. Gelombang pasang yang timbul akibat amblesnya sebagian dataran pantai tersebut, segera menggenangi bagian yang tersisa dari garis pantai dan menghancurkan semua struktur kecuali dua rumah. Hanya 130 orang dari 1.700 penduduk yang berhasil diselamatkan (menurut sumber lain, 60 pria dan 40 wanita dan anak-anak diselamatkan).</p> <p>Dari Paulohi, gelombang menyebar ke segala arah, dengan ketinggian yang bervariasi, tergantung pada bantuan penyusun pantai, dan membanjiri dataran pantai Teluk Elpaputi. Makariki dan Amahai, yang terletak di bagian atas lubang masuk berbentuk corong di barat laut, sangat menderita. Tsunami tiba di sini 5-10 menit setelah gempa dan membanjiri pemukiman hingga ketinggian 6,4 m. Semua rumah di bawah ketinggian tersebut tenggelam. Hamparan kosong tetap berada di tempat bagian utara pemukiman. Sebuah tiang bendera besi di pantai, tercabut dari fondasi batunya, terbawa 200 m sepanjang 100° azimuth. Kepala stasiun dijemput oleh ombak dan dilemparkan ke salah satu gubuk, yang kemudian runtuh; namun, dia bisa keluar dari puing-puing dengan selamat. Benteng-benteng benar-benar tergenang dan sebagian hancur, tetapi para prajurit berhasil melarikan diri dengan naik ke atas benteng; air berhenti hanya 0,5-1 m dari mereka.</p> <p>Gelombang tsunami juga menghancurkan lereng selatan tanjung, yang membatasi Teluk Amahai. Tsunami membanjiri daerah di ketinggian 8,3 m di atas permukaan laut, dan meninggalkan potongan-potongan terumbu karang di cabang-cabang pohon. Namun, karena daerah tersebut tidak berpenghuni, sehingga tidak tampak ada kerusakan, seandainya gelombang yang datang 2 m lebih tinggi, maka tidak ada penduduk Amahai yang akan lolos.</p> <p>Di sebelah baratdaya Paulohi, tsunami menerjang permukiman Uwalohi dan Tumaleu yang berada di ujung baratdaya teluk. Lata menderita pada tingkat yang lebih rendah; rupanya, Sanau tidak menderita sama sekali. Setelah gelombang surut, lapisan lumpur tetap berada di pantai Teluk Elpaputi.</p>
--	--	--	--	---

				<p>Tidak ada kerusakan akibat tsunami di permukiman di pantai selatan Pulau Seram, antara Teluk Elpaputi dan Teluk Teluti (Polapa, Sepa, Tamilau, Haja).</p> <p>Menurut para tetua desa setempat (Verbeek secara pribadi hanya dapat menyelidiki pemukiman Laimu), Tehoru benar-benar hancur, sebagian dataran pantai bersama dengan pemukiman jatuh ke dalam air. Menurut gubernur Ambon, gelombang mencapai ketinggian 12 m di Tehoru.</p> <p>Sekitar 10 menit setelah gempa, pemukiman Laimu dibanjiri gelombang yang datang dari barat. Gelombang tersebut memasuki daratan sejauh 270 m ke pedalaman dan mencapai ketinggian 9 m di bagian barat pemukiman dan 7 m di bagian timur. Rumah dan pepohonan hanyut.</p> <p>Tidak ada informasi tentang efek tsunami di sebelah timur Teluk Teluti.</p> <p>Di Teluk Piru, gelombang terkuat dialami Hatusua. Menurut sebuah laporan yang sampai di Ambon, penduduk pemukiman di Hatusua dibangunkan oleh guncangan gempa sebelum pukul 02.00, yang kemudian meningkat untuk waktu yang lama. Penduduk yang ketakutan berlari dari gubuk mereka dan mendengar gemuruh keras dari laut, yang dengan cepat mendekati desa. Mereka tidak punya waktu untuk mendaki ke bukit-bukit terdekat, ketika gelombang turun di pemukiman, dan masuk hingga 150-200 m ke pedalaman, dengan ketinggian gelombang mencapai 4 m (menurut pengukuran selanjutnya oleh Verbeek, ketinggian gelombang adalah 2 m di atas tingkat pasang banjir atau 2,4 m di atas tingkat pasang surut). Pemukiman di daerah itu hampir hancur total, dan semua rumah, yang tidak terlalu kokoh, "dicukur". Sebuah tiang bendera besi yang berdiri di pantai tercabut dari fondasi batunya dan dilemparkan 150-200 m di sepanjang azimuth 93°. Struktur publik tunggal di pagar kawat berduri rusak. Sembilan puluh lima orang tenggelam dan 65 lainnya luka-luka. Pantai ditutupi oleh lapisan lumpur hitam yang berbau hidrogen sulfida.</p> <p>Di utara Hatusua, di Waisamu, dan di selatan, di Kairatu, gelombang tidak menimbulkan kerusakan apapun, mungkin karena tempat-tempat ini terputus dari Hatusua. Pantai barat teluk Piru tidak menderita tsunami. Menurut warga hanya satu gelombang besar yang teramati di teluk Elpaputi, Teluti dan Piru.</p> <p>Di Kawa (pantai barat laut Pulau Seram), dataran pantai sepanjang sekitar 100 m dan lebar 60 m runtuh dan jatuh ke dalam air; Sembilan orang meninggal dunia. Keruntuhan menyebabkan gelombang kecil, yang membanjiri daratan sejauh 45 m dari garis pantai baru dan gelombang mencapai ketinggian 1,7 m. Namun tidak ada kerusakan yang berarti.</p> <p>Lebih jauh ke timurlaut, di Taniwil, bagian pantai aluvial selebar sekitar 50 m runtuh ke laut. Dua pria yang bekerja di sana meninggal. Keruntuhan itu menghasilkan gelombang yang naik ke ketinggian 4,6 m. Sebuah perahu besar yang melaju 80 m dari pantai tersapu ke laut, dan dua lainnya hancur berkeping-keping. Rumah-rumah di</p>
--	--	--	--	---

				<p>permukiman tidak menderita kerusakan, karena rumah-rumah tersebut berada di ketinggian sekitar 4,5 m di atas permukaan laut.</p> <p>Pantai timurlaut dan timur pulau Seram tidak mengalami tsunami. Namun, sedikit osilasi di permukaan laut terlihat di Wahai. Gelombang yang terbentuk di lepas pantai selatan pulau, terutama di teluk Elpaputi dan Teluti, menyebar agak jauh ke selatan. Permukiman dataran rendah Itawaka, Nolot dan Ihamau di pantai timurlaut Pulau Saparua sebagian tergenang; namun, hampir tidak ada korban. Secara setempat, Hatawanu di pantai utara Pulau Saparua, sangat menderita. Rumah dan perahu yang terletak di pantai hanyut dan hancur. Permukiman Tomaleu dan Hualoi benar-benar hancur.</p> <p>Di Saparua, air menyerbu rumah-rumah yang terletak di dekat pantai dan merusak perabotan dan barang-barang rumah tangga lainnya. Sebuah kapal kecil Indonesia tenggelam di jalan raya.</p> <p>Sebuah kapal yang berlabuh di lepas pantai timur Pulau Ambon dekat tanah genting Paso terbalik oleh ombak dan tenggelam juga.</p> <p>Di jalan raya di Ambon, pada pukul 2:15, terdengar suara seperti air terjun, dan sebuah kapal yang sedang naik dengan haluan ke baratdaya, berputar 180°. Selama lima menit kebisingan berangsur-angsur mereda, dan kemudian kapal berbelok lagi ke baratdaya. Suksesi banjir dan arus pasang surut, pada interval yang meningkat secara bertahap, berhenti pada pukul 7:00.</p> <p>Di Teluk Ambon, air mulai naik turun sekitar satu jam setelah gempa, air meledak dengan paksa ke fairway yang mengarah ke Bandaneira dan Lonthor. Pada pukul 2:45, kenaikan air telah mencapai tingkat tertinggi, sekitar 1 m di atas tanda pasang banjir biasa. Pergerakan air berlanjut hingga fajar dengan kekuatan yang berangsur-angsur berkurang. Batu-batu dengan ukuran berbeda dilemparkan oleh ombak ke pantai pulau Neira, Lonthor dan Rozengain. Di distrik Kalobi, di pantai utara Pulau Api, gelombang tsunami masuk hingga 50 m ke pedalaman dan menghanyutkan satu gubuk. Sebidang pantai selebar 5 m tersapu. Di pelabuhan Kalobi, 13 kapal tenggelam. Di Nassau kapal-kapal berpindahkan. Tidak ada kecelakaan yang dilaporkan.</p> <p>Tsunami juga teramati di Kajeli (Pulau Boano), namun tidak menimbulkan kerusakan apapun (Milne, 1900b; Anon, 1901; Verbeek, 1901; Rudolph, 1904; Montessus de Ballore, 1906; Sieberg, 1932; Severit, 1933; Heck, 1947; Gutenberg, Richter, 1949; Ponyavin, 1965; Iida dkk., 1967; Berninghausen, 1969). Richter (1963): 29 September 1899; 17:03; 3°LS – 128,5°BT; M=7,8</p> <p>Di Amahai (Pulau Seram, baratdaya) pukul 19.45, terjadi gempa dengan kekuatan 4 derajat, didahului gemuruh. Menurut laporan nelayan yang dapat dipercaya, dua guncangan bawah tanah terjadi lagi menjelang tengah malam, dan laut sangat kasar. Tidak ada gempa bumi yang terekam pada instrumen pencatat gempa (Visser, 1923).</p>
--	--	--	--	--

33.	30 Maret 1903 (11:30 Waktu Setempat)	-3.379	127.096	Gempa Bumi	<p>Di Tifu, Masarete, dan Kajeli, terjadi tiga guncangan gempa horizontal dengan kekuatan yang dapat dihitung selama 5 menit. Arahnya dari timurlaut. Guncangan gempa juga dirasakan di Pulau Buru. Guncangan tersebut tercatat oleh seismograf mekanik di Jakarta pada 3:26.7.</p> <p>Segera setelah gempa bumi, terjadi osilasi di permukaan laut, yang berlangsung sekitar 45 menit, teramati di Tifu dan Masarete. Air naik hingga ketinggian 1 m (Anon, 1905; Rudolph, 1905). Milne (1912a): 30 Maret; 3:23; 3°LS, 126°BT.</p>
34.	5 Juli 1904 (Dini hari)	-3.575	128.690	Longsoran Bawah Laut	<p>Laut mengalami badai di Teluk Saparua dan di laut lepasnya, padahal sebelumnya tidak ada badai di sana. Sebagian dermaga hancur dan hanyut. Pukul 02.00, gelombang pasang melanda pantai Sirisori; satu perahu yang sarat dengan barang, kandas dan hancur, tetapi penumpangnya berhasil selamat. Di daerah lain di pantai, sejauh yang diketahui, tidak ada hal serupa yang teramati. Penyebab gelombang tidak jelas. Kejadian gempa terakhir yang diketahui terjadi pada tanggal 4 setelah pukul 13:00 dan dirasakan di Piru, Amahai dan Wahai (Anon, 1905b; Soetadi, 1962; Berninghausen, 1966).</p>
35.	3 Desember 1914 (22:30 Waktu Setempat)	-3.5594	128.321	Longsoran Bawah Laut	<p>Kapal "Baud", yang ditambatkan di Ambon, tiba-tiba terbawa sejauh 20 m dari tambatan, dan tonggak di mana ujung talinya rusak, bersama dengan fondasinya. Kapten menetapkan bahwa arus yang kuat sedang merambat di bawah tambatan, dari pantai ke laut. Dia memperkirakan kecepatannya 6 knot, dan berlanjut selama sekitar 20 menit, dan selang yang digunakan slip untuk memompa air tawar rusak. Penyebab arus ini, menurut kapten, bisa jadi akibat adanya longsoran (Anon, 1916).</p>
36.	23 Agustus 1917 (22:00 Waktu Setempat)	-3.5799	128.649	Longsoran	<p>Osilasi kuat di permukaan air teramati di Teluk Saparua (Anon, 1919a)</p>
37.	9 September 1932 (setelah 22:00 Waktu Setempat)	-3.57	128.35	Gempa Bumi	<p>Terjadi gempa bumi dengan kekuatan 6 derajat (VII — Rossi Forel) di Pulau Ambon dan selatan Pulau Seram. Radius kerusakan mencapai 100 km. Banyak gempa susulan yang tercatat oleh seismograf di Ambon selama September hingga Desember.</p> <p>Guncangan utama paling kuat terjadi di sebelah timur Pulau Ambon. Di Tuleu, banyak rumah dan sekolah hancur dan sebagian masjid hancur. Di Wai, 73 rumah perlu dibangun kembali setelah gempa bumi. Di antara pemukiman ini, muncul mata air panas baru dan dua lubang terbentuk di tanah. Di Tingatenga, di pesisir timur Semenanjung Hitu, banyak terjadi kerusakan material, namun tidak ada korban jiwa. Banyak retakan muncul di tanah dan tanah longsor terjadi di sekitarnya. Penduduk, karena takut akan tsunami, bermalam di perbukitan tetangga. Untungnya, tidak ada gelombang yang muncul.</p> <p>Laporan tsunami diterima dari pantai selatan Pulau Seram, dari Piru dan Loki.</p> <p>Visser (1933): 9.IX; l3h38m52s; 3,57° LS, 128,35° BT; 17</p>

					Gutenberg, Richter (1954): 13 jam 39 menit 4 detik; 3,6° LS, 128,5° BT; 17 km; M=6,25.
38.	8 Oktober 1950	-3.64	127.983	Gempa Bumi	<p>Panggilan bantuan caine dari Pulau Ambon karena gempa bumi yang kuat dan gelombang pasang yang sangat besar dan dikuatirkan jumlah korban yang besar. (SN, 1951, vol. 41, No. 1; Hamamatsu, 1966).</p> <p>Adanya gelombang besar ini (menurut catatan pers, tingginya mencapai 200 m [?]) tidak dapat dipastikan dari catatan alat ukur pasang surut (Murphy, Ulrich, 1952; Berninghausen, 1969).</p> <p>[8.X; 3h23m9s. 40 S., 128° BT; M=7.3.]</p>
39.	15 Januari 1975 (9:42:24)	-5	130	Gempa Bumi Normal	Gempa bumi diikuti tsunami di Pulau Banda, 87 rumah mengalami kerusakan berat di Bandaneira.
40.	12 Maret 1983 (0:53:36)	-4.4	128.05	Gempa Bumi	Gempa berkekuatan 5.8 pada kedalaman 25 km telah memicu tsunami di sepanjang pantai Ambon, dengan kerusakan ringan.
41.	10 Oktober 1992	-5	130	Gempa Bumi	Gempa yang berpusat di Laut Banda diikuti kenaikan muka laut teramati di Bandaneira (Rynn, 2002).
42.	28 Januari 2006	-5.451	128.075	Longsor Bawah Laut	<p>Gempa bumi 28 Januari 2006, terjadi pukul 01:58:49 WIT, berpusat di 5,451°LS dan 128,075°BT, Mw7,8, kedalaman 346,2 km mekanisme fokal gempa normal menghasilkan longsor bawah laut dan rekahan sepanjang pantai, 13 rumah rusak dan dua rumah masuk ke dalam laut di Dusun Mahu.</p> <p>Longsor bawah laut menyebabkan sebagian dataran pantai jatuh ke dalam laut dan garis pantai mundur sejauh ~ 40 m ke arah darat di Paulohi, Samasuru dan di Dusun Mahu, Tehoru (Yudhicara, 2008).</p>
43.	14 Maret 2006 (06:57:33 Waktu Setempat)	-3.7	127.4	Longsor yang dipicu oleh Gempa Bumi	<p>Gempa berkekuatan 6,4 Skala Richter yang disertai tsunami memporandakan enam desa di Kecamatan Batabuan, Kabupaten Buru, Provinsi Maluku, Selasa (14/3) sekitar pukul 16.00 WIT. Pusat gempa berada di bagian utara Pulau Buru atau sekitar 138 km dari Kota Ambon pada kedalaman 40 km di bawah dasar laut. Gempa juga dirasakan di Kota Ambon, Kabupaten Seram Bagian Barat, Kabupaten Seram Bagian Timur, dan Kabupaten Maluku Tengah.</p> <p>Akibatnya, tiga orang tewas dan satu orang hilang. Gempa dan tsunami juga menghancurkan 241 rumah, 60 rumah lainnya hanyut tertarik air laut. Sekitar 1200 warga mengungsi hingga 5 km ke pegunungan dari tepi pantai Pulau Buru.</p> <p>Efek guncangan gempa bumi pada bangunan, rekahan tanah dan likuefaksi dijumpai di Desa Pela; Rekahan juga ditemui di sepanjang jalan pantai ke arah Batujungku (Yudhicara <i>et al.</i>, 2007).</p>
44.	16 Juni 2021	-3.39	129.56	Longsor yang dipicu oleh Gempa Bumi	Gempa bumi yang terjadi di Seram 16 Juni 2021, M6,0 dengan 30 kali gempa susulan (M 2 – M 3.7) menghasilkan retakan pada permukaan tanah (<i>surface rupture</i>) di sepanjang pesisir di Desa Mahu, Tehoru dan Saunolu (Kompas, 17/06/2021). Retakan tersebut bisa berpotensi menjadi penurunan dataran pantai hingga longsor bawah laut yang bisa membahayakan berbagai aktivitas yang ada di atasnya.

Berikut ini adalah dokumentasi gempa bumi Buru tanggal 14 Maret 2006, yang telah memicu tsunami setinggi 40 cm di Desa Pela, Pulau Buru.



Gambar 54. Pasca Gempa bumi 14 Maret 2006: Rekahan tanah dijumpai di Desa Pela (kiri) dan di sepanjang jalan pantai ke arah Batujungku (kanan), (Yudhicara *et al.*, 2007).



Gambar 55. Indikasi pelulukan tanah (likuefaksi) di Desa Pela. Pasir yang menyembur ke permukaan tanah (kiri), dan air sumur kering dan tertutup pasir (kanan) (Yudhicara *et al.*, 2007)



Gambar 56. Jejak air pada dinding rumah penduduk (kiri) dan akibat genangan gelombang tsunami yang memporakporandakan bangunan yang hancur akibat gempa (kanan), (Yudhicara *et al.*, 2007).



Gambar 57. Efek Guncangan gempa bumi di Desa Pela (Yudhicara *et al.*, 2007)

Tsunami yang dipicu oleh longsor akibat guncangan gempa bumi di Pulau Seram, setidaknya pernah terjadi sebanyak tiga kali, yaitu tahun 1899, 2006 dan 2021. Berdasarkan catatan yang tertulis baik dalam katalog maupun hasil survei langsung ke lapangan menunjukkan, adanya kecenderungan bahwa longsor tepi pantai di kawasan pantai selatan Seram meliputi daerah yang luas dan dapat menimbulkan bahaya bagi masyarakat yang berada di daerah tersebut. Peristiwa amblesan tanah yang diikuti oleh longsor tepi pantai dari ketiga peristiwa yang terjadi baik tahun 1899, 2006 maupun 2021 dipicu oleh peristiwa gempa bumi berkekuatan menengah hingga besar dengan kedalaman gempa dangkal hingga dalam, ada kemungkinan peristiwa yang sama bisa terjadi di masa yang akan datang apabila terjadi gempa bumi sebagai faktor pemicu longsor.

Tsunami yang terjadi pada tahun 1899 memiliki ketinggian gelombang 9 m hingga 15 m, dipicu oleh peristiwa longsor sepanjang pantai yang disebabkan oleh guncangan gempa bumi, sedangkan longsor

yang terjadi pada tahun 2006, menghasilkan sebagian daratan pantai jatuh ke dalam laut, tsunami yang terbentuk tidak signifikan, sedangkan longsoran tahun 2021, menghasilkan tsunami setinggi 50 cm, disebabkan oleh gempa bumi dangkal dekat lokasi amblesan.



Gambar 58. Struktur tapal kuda di sepanjang pantai selatan Pulau Seram, merupakan indikasi longsoran bawah laut (Yudhicara, 2008).



Gambar 59. Perilaku pepohonan tua yang miring ke arah laut, mengindikasikan adanya tarikan dari arah laut dalam periode waktu tertentu (Yudhicara, 2008)



Gambar 60. Amblesan sebagian daratan pantai sejauh 25-40 m di Dusun Paulohi, panah menunjukkan garis pantai lama (kiri) dan akar pohon pada pantai lama (kanan) (Yudhicara, 2008).



Gambar 61. Gelombang tsunami setinggi 50 cm teramati di Desa Mahu, Tehoru (kiri) Pohon kelapa berada di laut, menandakan sebagian dataran pantai jatuh ke laut (kanan) (Tribun Ambon, 2021)



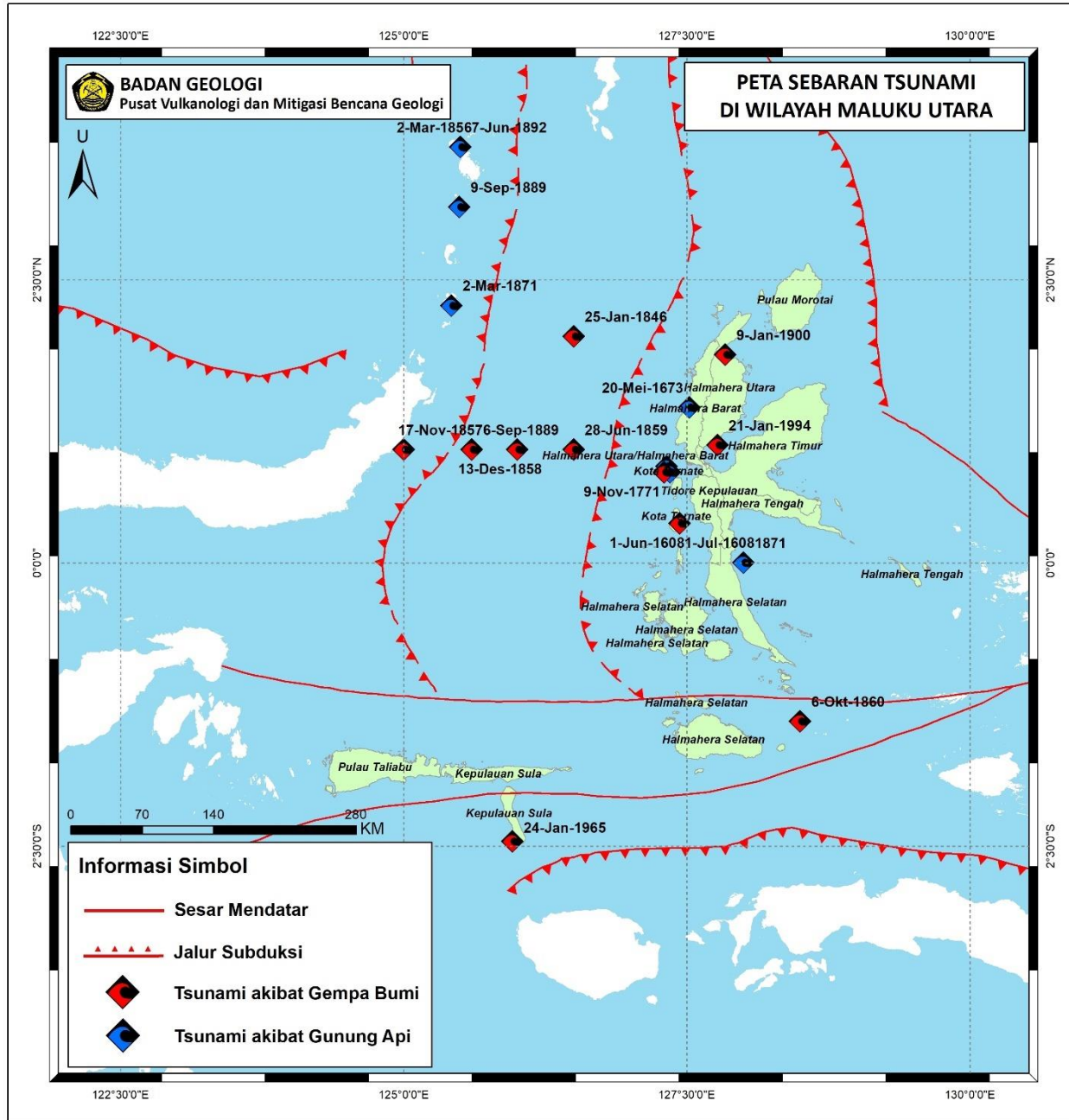
Gambar 62. Indikasi Adanya Daratan yang jatuh ke dalam Laut (Tempo, 2021)

Berdasarkan hasil pemeriksaan ke lapangan lokasi kejadian berada di sepanjang Pantai Selatan Seram, yang merupakan lalan trans Seram, Tehoru, Kabupaten Maluku Tengah. Terlihat dua batang pohon kelapa dan pisang tenggelam, hanya bagian atasnya saja yang menyembul di permukaan air. Berdasarkan kedalaman pohon yang terendam oleh air, dapat diperkirakan dalamnya longsorannya yang jatuh ke laut lebih dari 10 m, adapun panjang longsorannya mencapai 350 m. Longsorannya yang dipicu oleh gempa bumi berkekuatan $M_w 6,0$ tersebut telah memicu tsunami setinggi 50 cm di Dusun Mahu, Desa Tehoru, Kabupaten Maluku Tengah. Sumber gempa bumi yang terjadi pada hari Rabu, tanggal 16 Juni 2021 pada pukul 11.43 WIB, berada pada perbatasan pantai dengan laut di Teluk Taluti, antara daerah Haja dan Japutih.

Tsunami terekam pada alat pencatat pasang surut BIG di Tehoru pada pukul 11.47 WIB atau 4 menit setelah kejadian gempa. Adapun di Banda, ketinggian maksimum tujuh sentimeter pada pukul 12.02 WIB atau 19 menit setelah gempa bumi (Tempo, 2021).

4.17 MALUKU UTARA

Setidaknya 21 peristiwa tsunami pernah terjadi di wilayah Maluku Utara, dengan 9 diantaranya dipicu oleh gempa bumi, sedangkan 12 lainnya dipicu oleh aktivitas gunung api.



Gambar 63. Peta Sejarah Kejadian Tsunami di Wilayah Maluku Utara

Tabel 20. Daftar Kejadian Tsunami di Tsunami di Wilayah Maluku Utara

NO.	WAKTU KEJADIAN	POSISI SUMBER		PENYEBAB	KETERANGAN
		LAT	LONG		
1.	1 Juli 1608	0.348	127.435	Gunung Api	Armada Belanda yang baru saja menaklukkan Pulau Makian sedang berlabuh di depan benteng di pulau itu. Selama beberapa hari, laut menjadi sangat tenang. Tiba-tiba, laut menjadi sangat kasar, dan ada guncangan yang begitu kuat di pantai, sehingga kapal-kapal tidak dapat berlayar. Pada tanggal 1 Juli, kapal "Valkiria" dan "Cina" kandas di karang, apalagi, seperti yang disebutkan dalam surat Belanda tertanggal 3.VIII.1608, bukan oleh badai, tetapi oleh gelombang pasang yang besar. Ada korban di "China". Hanya beberapa barang yang bisa diselamatkan dari kapal. Setelah ini, aktivitas ledakan Gunung Tidore diduga meningkat. Pada tanggal 3 Agustus, setelah melakukan perbaikan armada Belanda berangkat ke Banten (Perrey, 1859 b; Wichmann, 1918).
2.	20 Mei 1673	1.37	127.52	Gunung Api	Gunung api Gamkonora Meletus dan menimbulkan banyak korban jiwa (Rynn, 2002).
3.	12 Agustus 1673	0.80	127.30	Gunung Api dan Gempa Bumi	<p>Antara pukul 22:00 dan 22:30 (WIT), Gempa bumi yang begitu kuat terjadi di Pulau Ternate sehingga tidak ada yang bisa mengingatnya. Lereng selatan Gunung Ternate terbelah dari atas ke bawah. Longsoran dan jatuhnya batu terjadi. Rumah Raja Ternate yang berdiri di kaki gunung berapi, terbuat dari batu dan dilapisi ubin, runtuh total.</p> <p>Laut "membengkak" sedemikian rupa sehingga semua kapal di pangkalan jalan hampir tenggelam. Ikan terlempar ke pantai dalam jumlah yang sangat banyak. Fenomena destruktif ini berlangsung setidaknya selama dua bulan (Perrey, 1959 b; Wichmann, 1918; Heck, 1934, 1947; Ponyavin, 1965; Iida <i>et al.</i>, 1967; Berninghausen, 1969; Cox, 1970).</p>
4.	1 September 1763	0.80	127.32	Gunung Api	Berdasarkan data tsunami dari CITDB mengungkapkan adanya erupsi gunung api di Halmahera yang menyebabkan tsunami setinggi 9 m di Pulau Ternate (Rynn, 2002)
5.	9 November 1771	0.80	127.30	Gunung Api Gamalama	Suara gemuruh berat keluar dari kedalaman Gunung Ternate. Angin barallaut yang kuat meniupkan gelombang besar dari terumbu, seperti yang tidak dapat diingat oleh siapa pun. Air terlempar ke pantai, di mana kerusakan besar terjadi. Seorang pelaut tenggelam (Perrey, 1859 b).
6.	14 Februari 1840	0.80	127.30	Gunung Api Gamalama	Terjadi erupsi gunung berapi di Pulau Ternate pada 2 Februari. Erupsi tersebut tidak disertai guncangan bawah tanah. Pada sore hari tanggal 14 terdengar suara yang menakutkan dan berlangsung selama 5-10 menit. Selama hujan lebat, setelah dua getaran ringan, terjadi gempa kuat yang merobohkan sebagian besar tempat tinggal. Tanah retak di banyak tempat. Air menggenangi pulau dan menambah kehancuran (Perrey, 1959).
7.	25 Januari 1846 (09:00 Waktu Setempat)	2.00	126.5	Gempa Bumi	Terjadi gempa bumi di Pulau Ternate. Gempa itu tidak kuat, tetapi berkepanjangan. Permukaan air yang luar biasa tinggi teramati di sumur. Suara dari bawah tanah terdengar di bagian selatan pulau. Guncangan terasa di atas kapal Inggris "Rochester" yang terletak 90 km di timurlaut Pulau Morotai.

					Di Pulau Ternate, guncangan pertama yang berlangsung sekitar 1,5 menit, disusul gelombang pasang yang mencapai ketinggian sekitar 1,2 m. Banjir dan pasang surut terjadi berulang (kadang-kadang 10 kali dalam satu jam) hingga pukul 16:00. Tsunami terlihat tidak hanya di pantai pulau-pulau yang berdekatan, tetapi bahkan di dekat Manado (Perrey, 1859 a, b; Milne, 1912 b; Wichmann, 1918; Heck, 1934, 1947; Ponyavin, 1965; Iida <i>et al.</i> , 1967; Berninghausen, 1969).
8.	4 Juli 1855	0.80	127.30	Gempa Bumi	Tsunami terjadi yang bersumber dari Palung Halmahera menewaskan sekitar 24 orang (Haris & Major, 2017).
9.	2 Maret 1856	3.67	125.5	Gunung Api Awu di Sangir	Gunung Api Awu berada pada sumber 3,5°LU dan 125,5°BT, Meletus pada tahun 1856 dan memicu tsunami, serta menewaskan ~3.000 orang (Latief <i>et al.</i> , 2000).
10.	17 November 1857 (04:00–04:30 Waktu Setempat)	1	125	Gempa Bumi	Gempa bumi berkekuatan Ms 7 mengguncang Laut Maluku dan dapat dirasakan di Laut Bali, Timor, Manado, Kema dan Ternate. Gelombang pasang yang sangat tinggi muncul di dua titik terakhir (Kema dan Ternate) dan membawa banyak gubuk dan pohon. Orang-orang tua tidak dapat mengingat banjir besar seperti itu (Perrey, 1859 b; Wichmann, 1918; Cox, 1970) tsunami setinggi 2 m melanda Ternate.
11.	13 Desember 1858 (16:00 Waktu Setempat)	1	126	Gempa Bumi (Ms7.4)	<p>Terjadi gempa bumi yang kuat dan berkepanjangan di seluruh Semenanjung Minahasa, yang didahului oleh beberapa guncangan vertikal ringan dan berakhir dengan getaran horizontal yang mengerikan. Meski demikian, kerusakannya tidak terlalu besar, kecuali desa-desa di dataran tinggi di distrik Tondano, dimana 15 rumah ambruk. Longsoran terjadi di banyak tempat. Diikuti oleh banyak guncangan berulang setelah gempa tersebut.</p> <p>Gempa yang cukup kuat dirasakan di Pulau Ternate, yang berlangsung hampir 1,5 menit yang disertai dengan gemuruh dari bawah tanah. Sebuah tembok tua runtuh di kawasan Cina. Gempa dirasakan juga di Manado dan dirasakan lemah di Gorontalo.</p> <p>Empat puluh lima km di sebelah utara Pulau Ternate, di Teluk Jailolo, kapal “Ester Elena” dan 17 km di sebelah barat Pulau Ternate, kapal “Surinam” merasakan gempa laut yang kuat. Laporan para nakhoda kapal menunjukkan bahwa seluruh pantai timur Pulau Sulawesi dari kepulauan Banggai di selatan hingga Pulau Sangihe di utara dilanda tsunami yang merusak. Desa-desa dihancurkan (Perrey, 1862 b, 1864na, 1873; Wichmann, 1922; Sieberg, 1932; Heck, 1934. 1947; Ponyavin, 1965; Iida <i>et al.</i>, 1967; Berninghausen, 1969; Cox, 1970).</p> <p>Tsunami melanda Ternate dengan ketinggian 9 m (Rynn, 2002).</p>
12.	28 Juni 1859 (setelah 20:00 Waktu Setempat)	1	126.5	Gempa Bumi	Terjadi gempa bumi yang kuat di Kema yang diikuti oleh gempa berikutnya pada tengah malam dan disertai dengan gerakan laut yang begitu kuat sehingga salah satu kapal pemerintah yang sedang berlabuh di kedalaman 4,5 m, kandas. Dua gempa bumi ini diikuti oleh gempa-gempa yang lain dengan kekuatan yang lebih kecil. Guncangan lemah terasa di Rurukan.

					<p>Gempa yang cukup kuat dan berkepanjangan dirasakan di Pulau Ternate, yang didahului oleh suara gemuruh yang keras dari bawah tanah, seperti guntur di kejauhan, kemudian diikuti oleh osilasi di permukaan laut. Dua kapal kandas, tetapi tersapu lagi oleh gelombang berikutnya.</p> <p>Di Sidangoli, di pantai barat Pulau Halmahera, tsunami mencapai ketinggian 10 m (Perrey, 1862 b, 1864 a,b; Wichmann, 1922; Heck, 1934. 1947; Ponyavin, 1965; lida <i>et al.</i>, 1967 ; Berninghausen, 1969).</p>
13.	6 Oktober 1860 (Setelah tengah malam)	-1.4	128.5	Gempa Bumi	Gempa dirasakan di pantai selatan Pulau Halmahera. Gelombang pasang jatuh di perahu di ujung selatan pulau, tetapi tidak menimbulkan kerusakan apa pun. Setelah fenomena ini terjadi berulang 10-12 kali, permukaan laut menjadi seperti cermin (Wichmann, 1922; Cox, 1970).
14.	2 Maret 1871	2.27	125.42	Gunung Api Ruang	Terjadi erupsi Gunung Api Ruang di Kepulauan Sangihe, yang menimbulkan tsunami berkekuatan m4,0, dengan intensitas 3,5, dan teramati ketinggian gelombang yang besar di Tagulandang, dan run up maksimum setinggi 25 m di Buhias, menyebabkan kerusakan parah dan korban jiwa sebanyak 460 orang (Rynn, 2002).
15.	1871	0	128	Gunung Api Gamalama	Gunung api Gamalama yang terletak pada Sumber 0°LU dan 128°BT berada pada zona E, erupsinya telah memicu tsunami yang menewaskan ~4.000 orang (Latief <i>et al.</i> , 2000).
16.	6 September 1889 (setelah 20:00 Waktu Setempat)	1.00	125.6	Gempa Bumi	Terjadi gempa bumi dan tsunami yang kuat di timurlaut Indonesia. Di Pulau Ternate, gempa kuat tercatat sepanjang malam. Retakan muncul di dinding rumah warga, kantor, dan penjara yang dibangun dengan baik. Satu dinding runtuh, namun tidak ada korban jiwa. Gempa susulan terjadi pada pukul 21.30 selama 20 detik, lalu pukul 22:00, 22:15, 22:30. Dan kemudian pada pukul 02:00 dan 04:00 malam dan pukul 09:00 pagi (Soloviev, C.H.N.Go., 1974)
17.	9 September 1889	3.14	125.49	Gunung Api Ruang	<p>Erupsi Gunung Api Ruang telah memicu tsunami, namun tidak ada laporan korban jiwa (Latief <i>et al.</i>, 2000)</p> <p>Sangihe, Banau Wuhu, Tinggi tsunami maksimum 1.5 m di Tareona.</p>
18.	7 Juni 1892	3.67	125.5	Gunung Api Awu dan Longsor	<p>Terjadi erupsi Gunung Awu di Pulau Sangihe, yang diikuti oleh osilasi gravitasi bersamaan dengan gelombang atmosfer dan hidrosfer (Figur, Onnen, 1893 b; Wichmann, 1893).</p> <p>Gelombang suara tersebut diikuti oleh gelombang gravitasi, yang menyebabkan getaran yang terlihat di sejumlah tempat. Getaran samar yang berkepanjangan di tanah terasa pada sore hari di Pulau Ternate.</p>
19.	9 Januari 1900 (03:15 Waktu Setempat)	1.837	127.838	Gempa Bumi	Di Galela (Pulau Halmahera), ada getaran kuat bergelombang; gempa laut dan tsunami teramati pada waktu yang bersamaan (Anon, 1902)

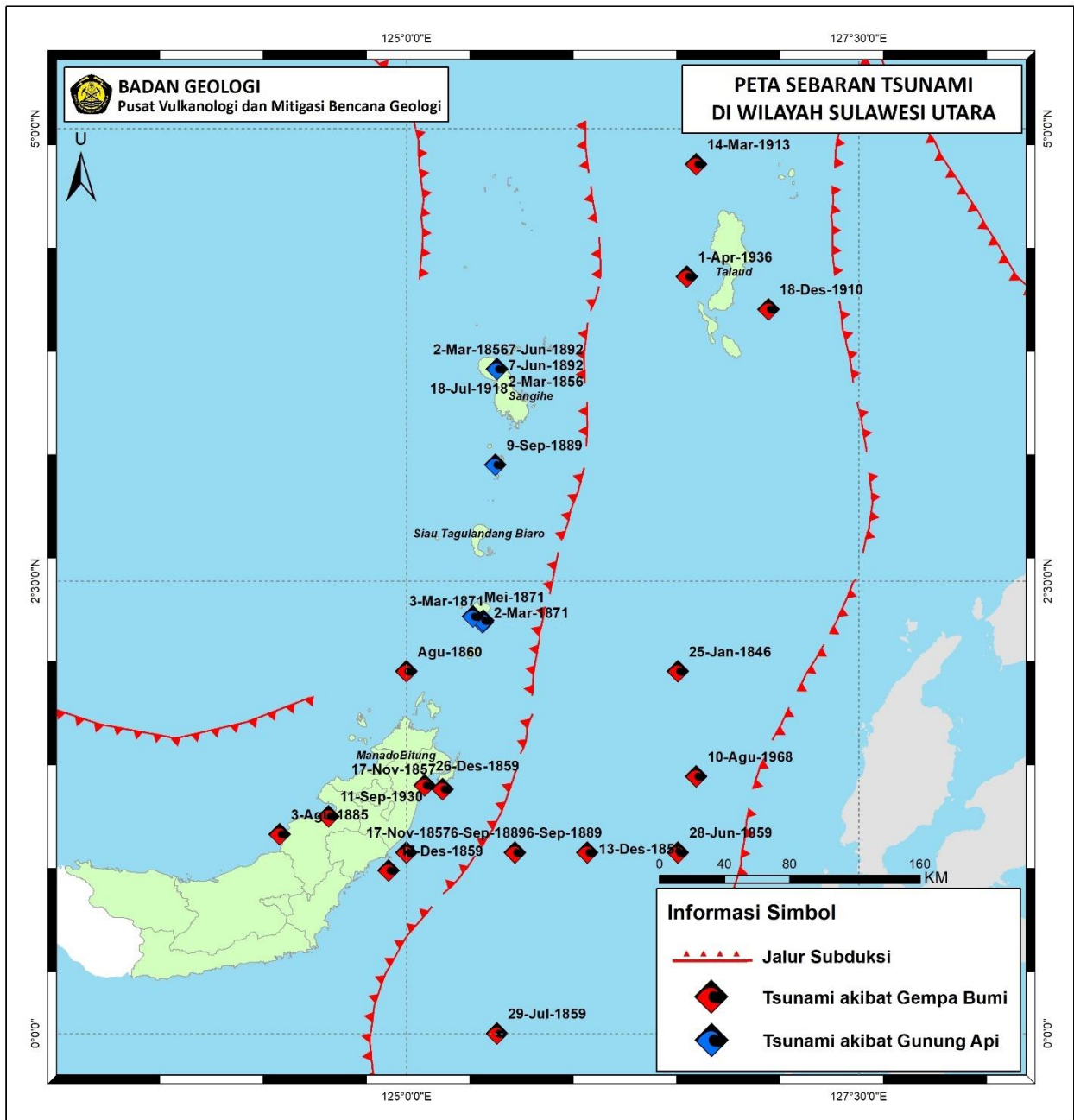
20.	24 Januari 1965	-2.46	125.96	Gempa Bumi	<p>Terjadi gempa besar yang merusak di Pulau Sulawesi. Gempa tersebut disertai dengan tsunami. Sebelumnya didahului oleh <i>foreshocks</i> selama seminggu. Menurut laporan pers, 3.000 rumah dan 14 jembatan hancur; 71 orang tewas. Gempa tersebut dirasakan di Pulau Halmahera dan di Davao, Filipina. Tsunami menghancurkan 90% rumah di Kota Sanana dan juga merusak di Namlea, Pulau Buru dan di Pulau Mangole (SN, 1965, vol. 55, No. 3; Roth, 1966; Hake, Cloud, 1967; Iida <i>et al.</i>, 1967; Berninghausen, 1969).</p> <p>Gempa berkekuatan Ms7,6 Mw8,0; kedalaman 30 km; menimbulkan tsunami di Sanana, dengan ketinggian <i>run up</i> lebih dari 6 m. [0h11m15d; 2,4° LS, 126,1° BT; 6 km; M=7,4.]</p>
21.	21 Januari 1994 (02:24 UT)	1.04	127.77	Gempa Bumi	<p>Gempa bumi berkekuatan Ms 7,2 (Mw 7,0) (USGS) terjadi pada pukul 02:24 (UT), terjadi di dekat Halmahera. Menewaskan tujuh orang dan 40 orang luka-luka. Di daerah Kau 550 rumah hancur. Gempa ini diikuti tsunami dengan ketinggian 2 m (Satake dan Imamura, 1995).</p>



Gambar 64. Keterdapatn endapan Paleotsunami di Ternate di bawah produk letusan Gunung Gamalama 1907 (kiri) dan lima lapisan paleotsunami menunjukkan *multi event* tsunami (kanan) (Yudhicara, 2022).

4.18 SULAWESI UTARA

Kejadian tsunami di Sulawesi Utara menunjukkan asosiasinya dengan zona subduksi di utara Pulau Sulawesi dan zona subduksi ganda di Laut Maluku. Berdasarkan sejarahnya, kejadian tsunami di wilayah ini mencapai hingga 22 kejadian, dengan sumber pembangkit yang berasal dari gempa bumi, longsoran bawah laut dan aktivitas gunung api.



Gambar 65. Peta Sejarah Kejadian Tsunami di Wilayah Sulawesi Utara

Tabel 21. Daftar Kejadian Tsunami di Tsunami di Wilayah Sulawesi Utara

NO.	WAKTU KEJADIAN	POSISI SUMBER		PENYEBAB	KETERANGAN
		LAT	LONG		
1.	8 Februari 1845 (15:30 Waktu Setempat)	-1.50	124.85	Gempa Bumi	<p>Gempa kuat terjadi secara tiba-tiba, dan mempengaruhi ujung timur Semenanjung Minahasa. Getaran berlangsung 50-60 detik di Manado dan sangat kuat sehingga tidak mungkin untuk berdiri. Retakan menganga terbentuk di dinding Benteng Amsterdam. Satu rumah runtuh di kawasan Eropa. Banyak rumah runtuh di kawasan Cina dan di pemukiman Tikala, Lota, Kakazkazen, Tondano, Tanawanko, Kawankoan, Romoon, Tombasian, dan Zonder.</p> <p>Di Kabupaten Tomohon, lebih dari setengah permukiman hancur. Di Amurang, tembok benteng tua runtuh, satu gereja dan bangunan rusak. Di Desa Wuwuh, sebuah gereja dan 125 rumah ambruk, dan sisa rumah dibiarkan tidak layak huni. Banyak retakan terjadi di tanah, dan ada longsoran. Mata air mengering.</p> <p>Guncangan kuat terasa di Kema dan Likupang. Sebaliknya, Tompasso, Ratahan, Pazan, dan Belang hanya menderita sedikit kerusakan. Sebanyak 118 orang tewas atau terluka. Longsoran terjadi di pegunungan di Loko, Kakazkazen dan tempat lainnya. Setelah itu banyal gempa susulan yang terekam.</p> <p>Di pinggir jalan di Kema, air dua kali menggenangi pantai dan tiga kali surut ke ujung pemecah gelombang, sehingga memungkinkan untuk mengumpulkan ikan yang tertinggal di dasar yang kering sebelum laut kembali ke keadaan semula (Perrey, 1847, 1859a; Wichmann, 1918; Sieberg, 1932; Heck, 1934, 1947; Ponyavin, 1965; Iida <i>et al.</i>, 1967; Berninghausen, 1969).</p>
2.	2 Maret 1856 (antara 19:00 dan 20:00 Waktu Setempat)	3.67	125.5	Gunung Api Awu	<p>Di Pulau Sangihe, Gunung Api Awu meletus dan terdengar suara gemuruh yang sangat keras. Lava pijar mengalir menuruni lereng gunung dengan kekuatan yang tak tertahankan, menghancurkan semua yang dilewatinya. Saat lahar mencapai pantai, air laut mulai mendidih. Air panas menyembur dengan kuat dan air mendidih yang meluap-luap menghancurkan serta menghanyutkan semua yang selamat dari api.</p> <p>Laut melonjak ke tebing pantai seperti saat gempa bawah air, dengan suara yang menakutkan, membanjiri pantai dan "menyingkirkan korbannya dari api".</p> <p>Satu jam kemudian, suara gemuruh kembali terdengar, mengguncang bumi. Kolom abu dan batu hitam terlontar dari puncak gunung. Kolom itu naik ke "langit" dan jatuh sebagai hujan api di lereng gunung berapi, yang diterangi oleh lahar panas. Terjadi kegelapan total, dimana orang tidak bisa melihat objek terdekat; hanya diterangi oleh kilatan cahaya dari waktu ke waktu. Bom besar jatuh ke bumi. Permukiman dan ladang yang tidak dihancurkan oleh lahar terkubur di bawah lapisan abu dan bebatuan. Aliran lahar mengalir turun dari gunung, Sebagian terhambat oleh rintangan, lalu menyebar ke danau, yang kemudian menjadi sumber kehancuran baru.</p>

					<p>Semua kejadian tersebut memakan waktu beberapa jam. Menjelang tengah malam, semua telah berhenti, meskipun erupsi dimulai lagi dengan kekuatan baru keesokan harinya. Hujan abu berlanjut sepanjang hari dan begitu intensif sehingga tidak ada cahaya yang bisa menembus, dan hampir gelap gulita.</p> <p>Angin topan tenggara bertiup sejak awal erupsi, dan abunya terbawa hingga Pulau Mindanao. Kemudian angin bertiup dari utara.</p> <p>Pada 17 Maret terjadi erupsi baru yang merusak ladang dan pepohonan di pesisir pantai Tabukan. Setelah itu, gunung berapi menjadi tenang, kecuali uap yang terus naik dari banyak rekahan dan retakan. Di desa utama pulau itu, Tahuna, beberapa orang terluka dan rumah-rumah hancur akibat jatuhnya abu dan batu. Kendala berupa perbukitan membuat aliran lahar menyimpang dari perkampungan dan berbelok ke laut di tempat lain.</p> <p>Di sepanjang lereng datar antara Tahuna dan Kandhar, tujuh aliran lahar besar turun ke laut, menghancurkan kawasan pertanian di daerah tersebut. Salah satu aliran melewati desa Kalongan; hanya tersisa beberapa tiang yang terbakar. Antara Kalongan dan Kandhar, sebagian besar pantai tenggelam di bawah permukaan laut. Sisi gunung yang sebelumnya miring dan melandai ke garis pantai; setelah erupsi, pecah menjadi dinding curam setinggi sekitar 60 m.</p> <p>Pemukiman Kandhar, yang dilindungi oleh “tulang rusuk” ini, tidak banyak menderita: hanya terpengaruh oleh jatuhnya abu dan batu serta aliran air panas. Selain itu, sebelum erupsi, warga yang takut akan bajak laut bersembunyi dengan barang-barang mereka di semak-semak di atas pemukiman, dan tidak menderita banjir.</p> <p>Kehancuran bahkan lebih besar terjadi di pantai dari Kandhar hingga ujung utara pulau. Dua lidah air terjun jatuh ke laut ke dasar sebelumnya beberapa meter.</p> <p>Jumlah korban cukup banyak: di Tahuna 722 orang, di Kandhar 22 orang, di Tabukan 2.039 orang; sehingga total berjumlah 2.806 orang. Sebagian besar, orang-orang meninggal di taman tempat mereka berlindung dari panas. Mereka yang berusaha lari, disusul oleh aliran lahar dan air, tewas di bawah pohon yang tumbang, mati lemas atau terbakar dalam hujan abu dan kebakaran. Di Kalongan dan Tarig, warga yang mengungsi di rumahnya tewas tertimpa reruntuhan. Akhirnya, mereka yang turun ke pantai “menjadi mangsa gelombang ganas” (Perrey, 1857b; Wichmann, 1918; pencari ranjau, 1927; Heck, 1934, 1947; Neumann van Padang, 1951; Ponyavin, 1965; lida <i>et al.</i>, 1967; Berninghausen, 1969).</p>
3.	17 November 1857	1.35	125.2	Gempa Bumi	<p>1857, 17 November, 4:00-4:30. Ada guncangan gempa bumi di Manado, Kema dan di Pulau Ternate. Gelombang pasang yang sangat tinggi muncul di dua titik terakhir (Kema dan Ternate) dan menghanyutkan banyak gubuk dan pepohonan. Orang tua tidak dapat mengingat banjir sebesar itu. (Soloviev dan Ch. Go., 1974).</p>

4.	29 Juli 1859 (13:30 Waktu Setempat)	0	125.5	Gempa Bumi	<p>Terjadi gempa kuat di Manado, yang berlangsung 5 menit dan guncangannya terasa nyaris tanpa henti hingga pukul 16.30. Kemudian, pada sore dan malam hari, gempa-gempa susulan kembali terjadi, tetapi sekarang ada jeda di antara gempa yang satu dengan gempa lainnya. Saat gempa terjadi, laut di Kema sangat bergolak. Gubuk-gubuk dan barang-barang yang ada di pantai hanyut. Gempa tersebut dirasakan kuat di Gorontalo, Boalemo dan Mondono. Di Pulau Banggai, tsunami yang kuat menghanyutkan rumah-rumah yang terletak di teras rendah, serta kawanan kambing dan domba.</p> <p>Pada hari yang sama pukul 15.15 terjadi gempa bumi yang kuat dan berkepanjangan di Pulau Ternate (ternyata gempa yang sama dengan yang terjadi di Pulau Sulawesi). Retakan terbuka di banyak tempat di tanah. Meskipun retakan tersebut langsung mereka tutup, namun jejaknya tetap ada di permukaan tanah, seolah-olah seseorang telah menggali tanah. Meski berkekuatan besar, gempa tersebut tidak menimbulkan kerusakan yang berarti, dan setelah itu gempa-gempa susulan terjadi terus menerus.</p> <p>Gempa tersebut diikuti dengan osilasi laut yang naik 1 m di atas batas pasang tinggi, meski sedang pasang surut. Kapal "Freundschap", yang melaju di pinggir laut, menemukan dirinya berada di dasar yang kering saat air surut. Tali-temali mengguncang kapal angkatan laut "Suriname" dan "Bali". Gempa dirasakan dan disertai dengan osilasi serupa di permukaan laut Pulau Tidore dan Makian (Perrey, 1862b; Krummel, 1911; Milne, 1912b; Wichmann, 1922; Sieberg, 1932; Heck, 1934, 1947; Ponyavin, 1965; Iida <i>et al.</i>, 1967; Berninghausen, 1969).</p>
5.	17 Desember 1859 (20:00 Waktu Setempat)	0.9	124.9	Gempa Bumi	Ada guncanga gempa di Manado, yang juga dirasakan di banyak tempat lain di Semenanjung Minahasa. Gempa bumi tersebut disertai tsunami ringan di Belang di wilayah penjara (Perrey, 1862b; Wichmann, 1922).
6.	26 Desember 1859	1.37	125.1	Gempa Bumi	Pada malam tanggal 25 hingga 26 pagi, terjadi tsunami yang kuat di Kema. Gelombang tsunami tersebut mencapai atap gudang batubara no. 3 dan bahkan mencapai gudang no. 2 lebih jauh dari pantai. Beberapa lahan di Pelabuhan tersapu air laut (Wichmann, 1922; Heck, 1934, 1947; Ponyavin, 1965; Iida <i>et al.</i> , 1967; Berninghausen, 1969).
7.	Agustus 1860	2	125	Gempa Bumi	Ada banyak gempa bumi ringan dan hujan lebat, disertai angin kencang dan banjir, di Semenanjung Minahasa (Perrey, 1864).
8.	3 maret 1871	2.28	125.425	Gunung Api Ruang	<p>Di Pulau Tagulandang, sejak sekitar pertengahan Februari, penduduk pulau mulai merasakan adanya guncangan bawah tanah. Pada tanggal 1 Maret, bongkahan batu mulai berguling turun dari puncak Gunung Api Ruang yang berdiri di laut 300 m dari pulau. Pada tanggal 3 sekitar pukul 20:00, terjadi guncangan gempa bumi, dan pada saat yang sama gemuruh yang menggelegar menandai erupsi gunung berapi tersebut.</p> <p>Beberapa detik kemudian, gelombang tsunami yang sangat besar menerjang pantai Pulau Tagulandang. Gelombang tersebut menembus hingga 180 m ke daratan, dan menghancurkan semua gubuk dan perkebunan di jalurnya. Di tengah pemukiman</p>

					<p>Tagulandang (Buhias), gelombang naik 25 m di atas permukaan laut biasa, seperti yang dinyatakan oleh seorang pejabat yang menyelidiki pulau itu pada 30-31 Maret, dari benda-benda yang tersangkut di beberapa pohon yang selamat dari gelombang. Dua gelombang lagi mengikuti gelombang pertama dengan interval waktu yang sangat singkat.</p> <p>Dari pemukiman yang terdiri dari 75 rumah, hanya tersisa tiga gubuk di tepi utaranya. Namun dalam semuanya dalam kondisi rusak berat, dan hanya satu yang tersisa cocok untuk tempat tinggal; selain itu, semua bangunan luar dan perkakas yang disimpan di bawah gubuk tersapu bersih oleh gelombang tsunami. Semua rumah lainnya terbalik dan dihancurkan atau hanyut, termasuk gereja yang dibangun dengan baik dengan dinding batu setebal ½ m. Potongan-potongan batu berserakan hingga jarak 100 m, sehingga hanya halaman beraspal yang tersisa yang menunjukkan situs gereja sebelumnya. Bumi digali dengan parit, diukir oleh air yang surut. Pohon-pohon tumbang dan berserakan dengan puing-puing rumah dan berbagai perkakas. Sebuah kapal kecil terlempar ke kaki gunung. Perkebunan yang terletak di sisi gunung tetap utuh. Dari 500 penghuni pemukiman, 277 orang meninggal.</p> <p>Permukiman lain di pantai barat dan baratdaya pulau juga mengalami kehancuran (Bohoi, Tulusan, Haasi). Secara keseluruhan, sekitar 400 orang tewas di pulau itu.</p> <p>Semua perkebunan dan vegetasi di lereng Gunung Api Ruang juga hancur. Dari pukul 20:00 tanggal 9 Maret hingga pukul 14:00 tanggal 10, terjadi erupsi gunung berapi yang berulang; pasir dan batu dikeluarkan. Kemudian erupsi berlanjut pada 14 Maret dan berlanjut hingga pukul 03.00 (Bergsma, 1873; Perrey, 1875; Fuchs, 1885b; Wichmann, 1922; Sapper, 1927; Sieberg, 1932; Heck, 1934, 1947; Newmann van Padang, 1959; Ponyavin, 1965; Iida <i>et al.</i>, 1967; Bedninghausen, 1969; Cox, 1970).</p> <p>Agustus 1878. Pulau Tagriland, di kepulauan Malaysia benar-benar hancur oleh laut; pada saat yang sama terjadi gempa bumi dan erupsi gunung berapi di Pulau Burray; banyak kawah terbentuk; sebuah pulau baru muncul dari bawah air dan menghilang lagi (Goll, 1903). (kemungkinan besar, ini adalah laporan yang menyimpang dari peristiwa 2 Maret 1871; masalah tersebut menyangkut Pulau Tagulandang dan Gunung Api Ruang).</p>
9.	Mei 1871	2.3031	125.3667	Gunung Api	Dilaporkan terjadi erupsi Gunung Api Ruang di Pulau Manado saat terjadi gempa kuat. Seluruh pemukiman penduduk setempat yang berjumlah 300 orang direnggut oleh laut (Fuch, 1875a). Wichmann (1922) tidak menyebutkan hal ini. Datanya sangat diragukan; lebih mungkin, masalahnya mengacu pada peristiwa tahun 1871).
10.	3 Agustus 1885	1.1	124.3	Gempa Bumi	Banjir dan pasang surut yang tidak teratur diamati di pantai di Boijong dan Manado (Figuee, Onnen, 1887a).

11.	6 September 1889 (Setelah 20:00 Waktu Setempat)	1	125.6	Gempa Bumi	<p>Terjadi gempa bumi dan tsunami yang kuat di timur laut Indonesia. Di Minahasa Peninsula, di wilayah Manado, ada getaran kuat di mana-mana, terutama ke arah horizontal, berlangsung selama 5 menit. Di Manado, pohon-pohon bergoyang seperti angin kencang; Bel jam kota berbunyi dengan sendirinya karena sudut tribun yang besar. Sebuah rumah baru retak. Di Tondano dan di daerah pedesaan, beberapa rumah runtuh. Air di mata air menjadi keruh.</p> <p>Pada pukul 21:30 dan pukul 22:00, getaran dirasakan agak kuat, tetapi tidak terlalu lama dirasakan lagi. Guncangan yang berkepanjangan terjadi setiap hari.</p> <p>Kekuatan gempa Ms8,0; kedalaman 70 km; Magnitudo tsunami m1; Intensitas Tsunami 2,5; Ketinggian tsunami maksimum 9 m di Bentenan; Run up maksimum 4 m di Kema; menimbulkan kerusakan parah. (Rynn, 2022)</p>
12.	7 Juni 1892	3.67	125.5	Gunung Api dan Longsoran	<p>Terjadi erupsi dahsyat Gunung Api Awu di Pulau Sangihe, yang mengakibatkan kerusakan (Figg, Onnen, 1893b; Wichmann, 1893), osilasi gravitasi bersama atmosfer dan hidrosfer yang hampir mirip dengan gelombang dari ledakan Karakatau dan osilasi yang sesuai dalam level (tipe seiche?) di laut luar di Indonesia.</p> <p>Erupsi dimulai pada pukul 18:10 tanpa fenomena awal. Kolom asap besar membubung di atas gunung api. Petir menyambar. Hujan turun dengan campuran abu. Ledakan gunung api Awu tersebut tidak disertai dengan getaran yang nyata di pulau itu. Erupsi mencapai kekuatan luar biasa sekitar pukul 21.00. Setelah itu, jatuhnya batu apung terhenti, dan hujan abu juga berkurang pada tengah malam. Segera setelah erupsi, lumpur mendidih mengalir jenuh dengan hidrogen sulfida, mungkin terbentuk sebagai akibat dari pengosongan danau kawah, mengalir di sepanjang celah-celah yang mengerutkan lereng gunung api.</p> <p>Sebagai akibat dari erupsi tersebut, 1.532 orang tewas di pulau itu atau 2% dari populasinya, karena banyak gubuk runtuh di bawah produk letusan, sementara yang lain tersapu oleh sungai. Bagian utara pulau itu jauh lebih menderita daripada bagian selatan. Hutan campuran, dan perkebunan kelapa terkubur.</p> <p>Suara keras ledakan gunung api terdengar di Pulau Ternate dari pukul 18:00 hingga 2:00 dan kemudian pada malam hari hingga pukul 2:00. Di Manado, beberapa ledakan terdengar selama setengah jam setelah pukul 18:30, dan api berkedip-kedip di cakrawala di utara. Di Tolitoli dan Donggala, dan juga banyak bagian di wilayah selatan dan timur Pulau Sulawesi, termasuk Pulau Kabia, Makassar, Maros dan di Pulau Timor, pada pukul 19:30 dan kemudian, ledakan teredam yang sangat samar terdengar, seperti tembakan artileri yang jauh. Suara serupa terdengar pada pukul 20.30 di Ambon dan pada malam hari di Pulau Flores, di Lantuka.</p> <p>Gelombang suara diikuti oleh gelombang gravitasi, yang menyebabkan guncangan yang dirasakan di sejumlah tempat. Guncangan lemah yang berkepanjangan di permukaan tanah terasa di malam hari di Pulau Ternate. Di Makassar pukul 01.57, terjadi guncangan gempa berkekuatan 3-4 derajat. Seorang saksi mata</p>

				<p>yang berada di sebuah hotel, terbangun dari goyangan tempat tidur yang biasa. Lampu gantung bergoyang; baut, pintu, kusen jendela bergetar, beberapa lonceng berbunyi, anjing melolong, pendulum jam berhenti. Sebagian penghuni hotel lainnya tidak terbangun.</p> <p>Osilasi serupa dirasakan di Pulau Maros dan Kabia. Di Bima, di Pulau Sumbawa, osilasi horizontal yang sangat kuat dirasakan dari pukul 2:05 hingga 2:15, dan gelombang (tanah) yang sangat lemah dirasakan pada pukul 5:10 dan 8:10. Beberapa gubuk ambruk di Pulau Flores di Reo. Di Maumere, osilasi horizontal yang berlangsung selama 2 menit terasa pada 2:00; Satu gubuk ambruk. Di Ende, osilasi yang kuat terasa pada pukul 1:00. Di Larantuka, tremor horizontal yang berlangsung selama 2 menit terasa pada pukul 2:30; Satu tempat tinggal runtuh.</p> <p>Ada guncangan lemah di Trong pada pukul 2:00. Di Pulau Sumba di Waingapu, getaran horizontal yang berlangsung selama 1 menit dirasakan pada pukul 2:10. Di Subaya pukul 01.34, bandul jam astronomi berhenti. Di Jakarta, magnetograf mencatat gempa bumi pada pukul 1:17 dan kemudian pada pukul 1:21 dan 6:00.</p> <p>Osilasi di permukaan laut terlihat di Bonthain, Bulukumba dan Selayar; kerusakan kecil dialami oleh satu perahu di Sungai Tanga-Tanga di Bonthain.</p> <p>Di Bima, osilasi air laut terlihat pada pukul 3:00. Air naik tinggi di pintu masuk teluk; peristiwa ini disertai dengan suara keras, yang bahkan terdengar di rumah pengawas setempat, 2 jam berjalan kaki. Gemerisik ini berlangsung selama 20 menit, setelah itu air mulai naik dengan sangat cepat. Kenaikan air tertinggi diamati pada pukul 5:00, ketika seharusnya ada pasang surut.</p> <p>Tsunami lemah teramati pada pukul 07.00 di Teluk Ambon. Dalam beberapa menit, permukaan air berosilasi dari level tertinggi ke terendah dengan jangkauan lebih dari 1,5 m.</p> <p>Untuk memberikan penjelasan yang lebih lengkap tentang fenomena ini, kami mencatat bahwa abu yang dikeluarkan selama ledakan menetap di area yang cukup luas di selatan Pulau Sangihe. Sebuah kapal yang melakukan perjalanan ke Pulau Sangihe dari Pulau Ternate ditutupi dengan abu; abu jatuh di Likupang. Di Donggala dan Makassar, banyak abu jatuh pada tanggal 8 dari pukul 3:00 sampai matahari terbenam (Figuee, Onnen, 1893b; Wichmann, 1893; Sapper, 1927; Heck, 1947; Neumann van Padang, 1951; Ponyavin, 1965; Lida dkk., 1967; Berninghausen, 1969).</p> <p>Magnitudo tsunami m1; intensitas tsunami 1; ketinggian tsunami maksimum 1.5 m di Ambon; korban jiwa 1532 orang (Rynn, 2002).</p>
13.	30 Maret 1907	3	122	<p>Gempa Bumi</p> <p>Gempa bumi berkekuatan Ms7.3 pada kedalaman 500 km, menimbulkan gelombang pasang naik atau tsunami dengan intensitas 1.5 teramati di Kepulauan Talaud; dan <i>run up</i> maksimum dijumpai di Karakelong setinggi 4 m.</p> <p>Di Pulau Karakelong (Kepulauan Talaud), terjadi gelombang tinggi yang tidak biasa, yang menyebar dari barat ke timur. Air naik hingga ketinggian 4 m, sehingga beberapa area budidaya yang berjarak 50</p>

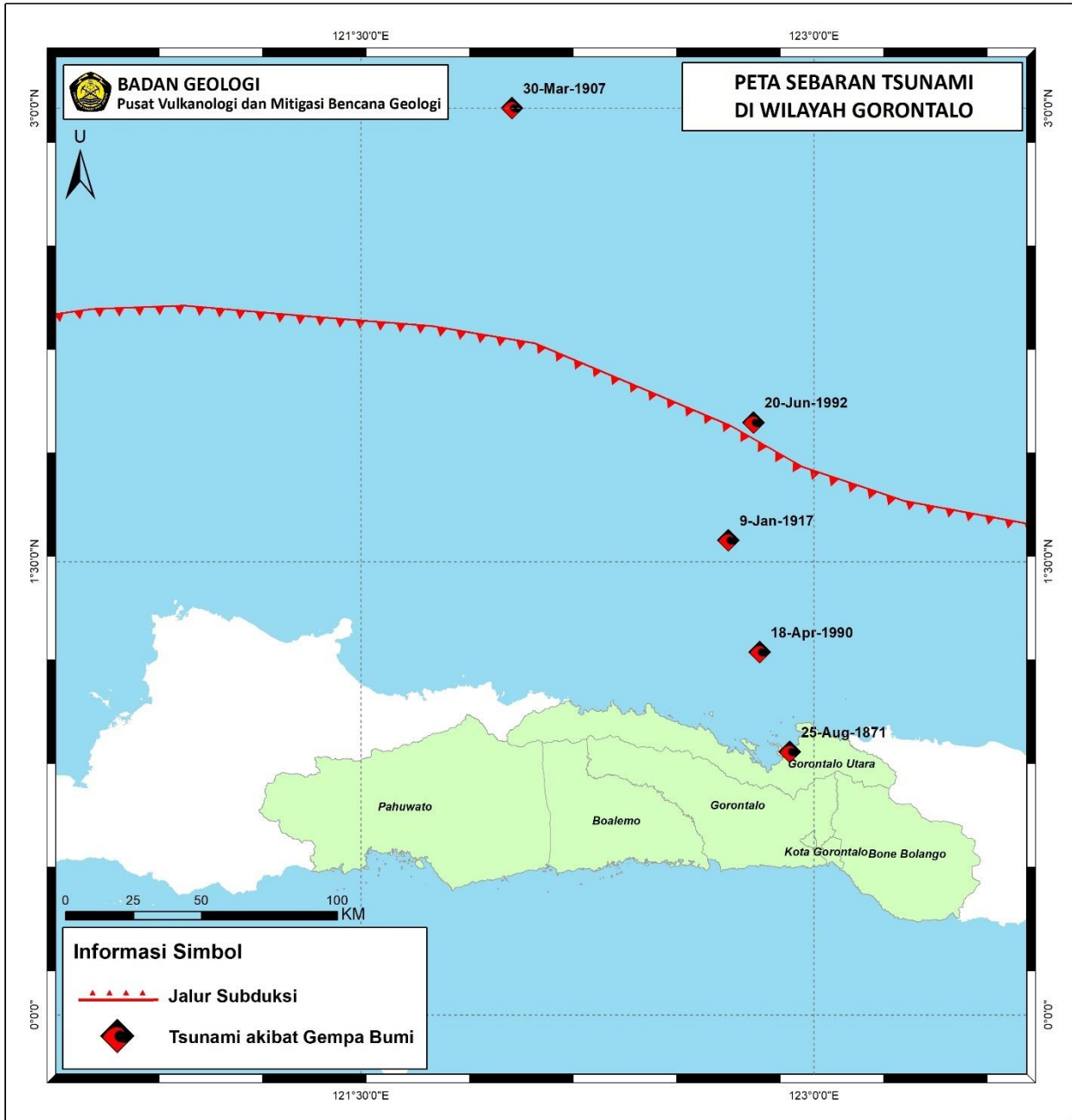
					<p>m dari pantai hancur. Pada tanggal 30, sekitar pukul 05.00, guncangan bawah tanah yang lemah dirasakan di Lirung, Tomohon dan Donggala (Anon, 1910). Gutenberg, Richter (1954): 29 Maret 1907; 20:46.6; 3°LU-122°BT; 500 km; M=7.25.</p>
14.	18 Desember 1910 (00:00 Waktu Setempat)	4	127	Gempa Bumi	<p>Di Lirung, Pulau Talaud, ada getaran tanah yang agak kuat selama 3-4 detik; Beberapa orang merasa kurang kuat tetapi tremor berkepanjangan juga pada tanggal 12, 15, 16 dan 18. Beberapa penduduk Moranga, yang terletak satu jam berjalan kaki dari Lirung, berpikir bahwa permukaan laut agak turun (Anon, 1912).</p>
15.	14 Maret 1913 (16:45 Waktu Setempat)	4.8	126.6	Gempa Bumi	<p>Terjadi gempa yang sangat kuat dengan sumber di dekat Pulau Sangihe. Sejumlah penelitian (Visser, 1921a; Sieberd, 1932; Severit, 1933; Heck, 1947; Ponyavin, 1965; Iida dkk., 1967; Berninghausen, 1969) menyebutkan bahwa gempa disertai dengan gelombang tsunami, kurang tepat. Bahkan, banjir tersebut berbeda dengan tsunami. Catatan asli (Maso, 1913; Anon, 1915; Komorowicz, 1916) menyebutkan hal-hal berikut:</p> <p>Gempa dirasakan paling kuat di sebelah tenggara Pulau Sangihe yang berlangsung selama 6 menit dan disertai dengan suara gemuruh yang keras. Di Menalu, yang terletak di tanah berawa, tumpukan rumah tercabut dari tanah dan rumah-rumah itu tenggelam ke satu sisi atau runtuh sama sekali. Orang-orang terlempar ke tanah. Berbagai struktur runtuh di Enemawira, Peta dan Tabukan.</p> <p>Di Tamako, sekolah dan beberapa rumah serta toko hancur. Hal yang sama terjadi di Manganitu, tetapi tidak ada kehancuran serius di Kandhar. Dua puluh orang meninggal. Banyak yang runtuh dan jatuhnya batu terjadi di sepanjang pantai berbatu pulau itu, termasuk wilayah Kandhar. Di Teluk Menalu, bongkahan dengan volume 100 m³ runtuh ke dalam air setinggi 80 m. Di sebelah barat Menalu, aliran lumpur, yang menempuh jarak 1 km di sepanjang dataran, turun dari bukit Endongo sepanjang 80 m. Dua puluh sembilan rumah dengan 117 penghuninya terkubur di bawah massa bumi sepanjang 1000 m, lebar 700 m, dan tebal 6 m. Di permukaan tanah muncul banyak retakan; air menyembur keluar dari permukaan tanah (likuefaksi). Secara khusus, dataran Menalu surut; beberapa area pantai menghilang di sini dan di utara; Di sana-sini laut terjepit ke daratan dalam cabang-cabang sempit yang berkelok-kelok. Sebagai akibat dari amblesnya tanah, air tanah muncul ke permukaan. Semua ini menyebabkan rawa-rawa dataran dan penduduk Menalu terpaksa pindah ke tempat lain.</p> <p>Di Teluk Peta, dataran pantai di selatan sepanjang 200 m surut 2 m; Bagian atas teluk juga dibanjiri oleh air laut. Pantai di Tamako surut 50 cm, dan luas pantai 180 m panjang 1 m di Tabukan. Relief dasar laut tampaknya tidak berubah, karena semua pelabuhan masih terus berfungsi.</p> <p>Aliran lumpur Endongo yang menopang sungai kecil, meluap. Setelah gempa, hujan deras mulai turun. Sungai di Manganitu juga meluap dahsyat dan menghanyutkan semua jembatan.</p>

					<p>Gempa dirasakan kurang kuat di pulau-pulau kecil lainnya antara pulau Sulawesi dan Mindanao. Namun demikian, di Pulau Siau, orang tidak bisa tetap berdiri; di banyak tempat tanah rusak dan beberapa gubuk tenggelam ke satu sisi; satu orang meninggal dunia dan beberapa lainnya luka-luka. Tidak ada laporan tentang penurunan bagian pantai.</p> <p>Di Kepulauan Talaud, retakan muncul di tanah di banyak tempat dan air keluar dari retakan tersebut; bangunan umum (gereja, sekolah, dll.) retak secara substansial; peralatan rumah tangga hancur; tidak ada korban jiwa yang dilaporkan. Seorang kapten lokal menyatakan bahwa pada saat yang sama dengan raungan, dia melihat bentuk ketinggian besar di laut beberapa kilometer di sebelah barat pulau.</p> <p>Tidak ada yang luar biasa terjadi di Pulau Tagulandang. Di Amurang, retakan sepanjang 120 m memotong bagian pantai berpasir berbentuk bulan sabit, yang segera tersapu oleh ombak.</p> <p>Gempa berlangsung 0,5 menit di Pulau Sarangani, selatan Pulau Mindanao; pilar dan pohon besar tumbang. Di Davao, osilasi yang sangat kuat berlangsung, menurut perkiraan yang berbeda, dari 2 hingga 5 menit. Retakan yang terbentuk di tanah mengeluarkan air dan pasir. Orang-orang terlempar ke tanah. Beberapa dinding batu runtuh. Gubuk yang terbuat dari daun palem tenggelam ke satu sisi.</p> <p>Getaran kuat, dengan hampir tidak ada kerusakan, tercatat di Baganga, Talakogon, Kotabato dan Butuan. Air di Sungai Agusan mulai bergerak secara nyata ke arah timur-barat; perahu bergoyang kuat. Pelaut dengan perahu, berlayar di dekat Surigao, merasakan gempa bumi; gelombang muncul di permukaan air</p> <p>Gutenberg, Richter (1954): 14 Maret 1913; 9:45; 4.5°LU-126.5°BT; 40 km; M=7.9</p>
16.	18 Juli 1918 (10.30 Waktu Setempat)	3.67	125.5	Gunung Api Banua Wuhu	<p>Erupsi gunung api bawah laut (Banua Wuhu) terjadi di dekat Pulau Mahengetang (di sebelah selatan Pulau Sangihe). Airnya terlempar tinggi, seperti banjir besar. Sejauh mata memandang, laut tertutupi dengan batu apung mengambang. Raungan keras terdengar pada pukul 1:30 dan lagi sekitar pukul 4:00. (Anon, 1919b, 1920). Erupsi gunung api berlanjut pada awal 1919.</p> <p>Pada bulan Maret dan April 1919, penduduk kembali, tetapi gunung api terus aktif. Pada tanggal 2 April 1919, erupsi kuat baru dimulai, dan kolom uap setinggi 4-5 km naik di atas gunung berapi pada pagi hari tanggal 3 April 1919. Sejumlah rumah terbakar oleh abu dan bebatuan. Warga tidak bisa mengungsi karena laut yang kasar. Air naik 1-2 m, kadang-kadang 5 m, di area seluas 16 m² di atas gunung api. Peristiwa ini disertai dengan suara tembakan. Suhu air dan udara tinggi (Anon, 1919b, 1920).</p>
17.	11 September 1930 (20:00 Waktu Setempat).	1.2	124.57	Gempa Bumi	<p>Di Amurang (Pulau Sulawesi), terdengar gemuruh yang menyertai gempa bumi berkekuatan 4 derajat. Gempa tersebut diikuti oleh banyak gempa susulan, beberapa di antaranya dirasakan di Kotamobagu dan Tomohon. Di Amurang, warga melarikan diri dari pantai, karena permukaan laut tampaknya telah naik. Bagian pantai di muara Sungai Ranowanko surut. Ketinggian tsunami lebih dari 2 m teramati di daerah Amurang. (Visser, 1931).</p>

18.	1 April 1936, (10:10 Waktu Setempat)	4.18	126.55	Gempa Bumi	<p>Terjadi gempa bumi yang merusak di Kepulauan Sangihe dan Talaud (ada 13 laporan). Secara keseluruhan, 127 gubuk runtuh. Ada banyak gempa susulan. Di Lirung, beberapa lemari dan peti terbalik; plesteran jatuh dari dinding berkeping-keping; retakan muncul di dinding; beberapa gubuk runtuh sebagian atau seluruhnya; tanah runtuh di beberapa tempat. Guncangan tampaknya agak lebih lemah di Pulau Kabatuan*. Di Pulau Karakelong di Taruan, tiga orang terluka dan 42 rumah penduduk rusak. Getarannya dirasakan lebih lemah di Kepulauan Nenusu, dan juga dirasakan di Pulau Miangas.</p> <p>Di Pulau Salebabu, laut surut sejauh 500 m dari garis pantai dan memperlihatkan dasar teluk; saluran sungai juga mengering. Namun, air kemudian naik lagi dan melampaui ketinggian air pasang biasa setinggi 3 m. Fenomena ini berulang delapan kali dalam sehari. Di Beo, air laut merembes ke dalam sumur di sebuah gereja.</p> <p>Di Manganitu, di Pulau Sangihe, selama fase pasang surut, air naik dua kali lipat antara pukul 10:00 dan 12:00. Tsunami kurang intensif di pantai barat pulau dibandingkan di pantai timur (Berlage, 1938).</p> <p>Gutenberg, Richter (1954): I.IV; 2h9m15S; 4,5° LU, 126,5° BT; 11=7,7.</p>
19.	10 Agustus 1968 (10:07 Waktu Setempat)	1.42	126.6	Gempa Bumi	<p>Terjadi gempa kuat yang bersumber di Laut Maluku. Kerusakan ringan terjadi di Manado. Teramati tsunami yang tercatat oleh pengukur pasang surut di pantai selatan Jepang, dengan tinggi rata-rata hingga 14 cm dan tinggi maksimal 40 cm di beberapa tanjung. Saat ini alat pengukur pasang surut di pantai timur mencatat gelombang setinggi 25 - 40 cm, yang disebabkan oleh angin topan yang sedang lewat, dan oleh karena itu sulit untuk melacak tsunami dalam rekaman pencatat pasang surut tersebut. Tsunami hampir tidak dapat terdeteksi pada catatan perekam otomatis khusus yang dipasang di pulau Enosliima (Prefektur Miyagi) dan Oshima (lepas Semenanjung Izu), serta pengukur pasang surut portabel, yang sementara beroperasi di Pulau Iwojima (Kepulauan Nampo) (Hatori, 1969 c; Coffman, Cloud, 1970).</p> <p>[10.VIII; 2h7m3s; 1,5° LU, 126,2° BT; 25 km; M=7,8.]; kedalaman 19 km (Rynn, 2002)</p>
20.	5 Maret 1975	-2.4	126.1	Gempa Bumi	<p>Gempa berkekuatan 6.5 dengan mekanisme gempa sesar normal, menimbulkan tsunami dengan magnitudo tsunami 1, dengan ketinggian <i>run up</i> maksimum 1.2 m di Sanana. (Rynn, 2002)</p>

4.19 GORONTALO

Terdapat empat kejadian tsunami yang pernah melanda Gorontalo dan sekitarnya, yang bersumber dari Zona Subduksi di Laut Sulawesi.



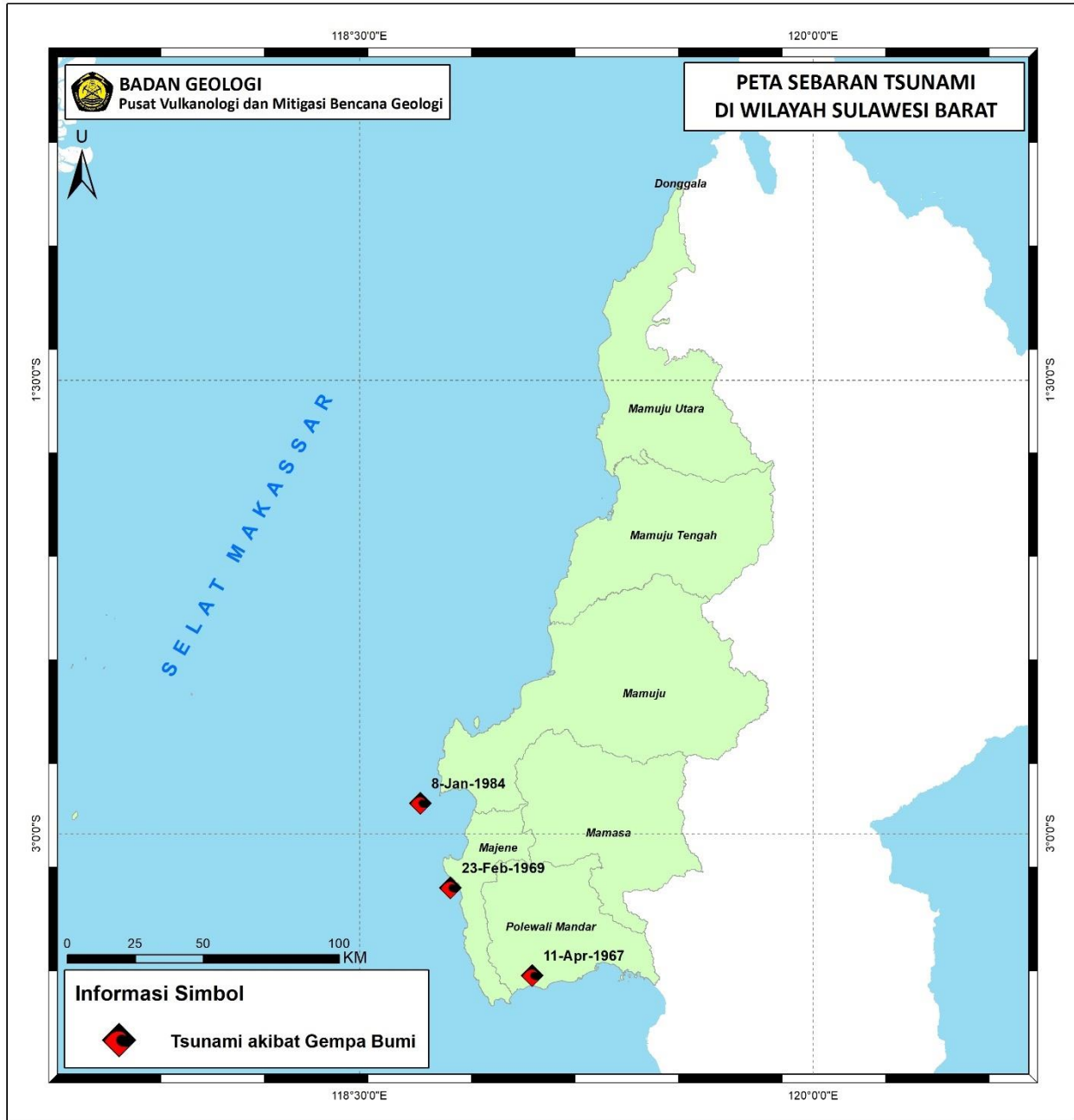
Gambar 66. Peta Sejarah Kejadian Tsunami di Wilayah Gorontalo

Tabel 22. Daftar Kejadian Tsunami di Wilayah Gorontalo

NO.	WAKTU KEJADIAN	POSISI SUMBER		PENYEBAB	KETERANGAN
		LAT	LONG		
1.	25 Agustus 1871	0.87	122.92	Gempa Bumi	Terjadi gempa laut yang diikuti tsunami di Gorontalo (Perrey, 1875b).
2.	30 Maret 1907	3	122	Gempa Bumi	<p>Gempa bumi berkekuatan Ms7.3 pada kedalaman 500 km, menimbulkan gelombang pasang naik atau tsunami dengan intensitas 1.5 teramati di Kepulauan Talaud; dan <i>run up</i> maksimum dijumpai di Karakelong setinggi 4 m (Rynn, 2002).</p> <p>Di Pulau Karakelong (Kepulauan Talaud), terjadi gelombang tinggi yang tidak biasa, yang menyebar kira-kira dari barat ke timur. Air naik hingga ketinggian 4 m, sehingga beberapa area budidaya yang berjarak 50 m dari pantai hancur. Pada tanggal 30, sekitar pukul 05.00, guncangan bawah tanah yang lemah dirasakan di Lirung, Tomohon dan Donggala (Anon, 1910).</p> <p>Gutenberg, Richter (1954): 29 Maret 1907; 20:46.6; 3°LU-122°BT; 500 km; M=7.25.</p>
3.	9 Januari 1917 (malam)	1.57	122.717	Gempa Bumi	Sebuah kapal berada di posisi 1°34'LU – 122°43'BT, di lepas pantai utara Pulau Sulawesi, dekat Kwandang. Saat itu hujan deras, baik di laut maupun darat. Lautnya tenang, meskipun gelombang ringan bergerak maju dari utara. Angin dari arah variabel 1-2 poin. Pada pukul 21:30, laut tiba-tiba menjadi sangat kasar, dengan pusaran air yang sangat besar. Muncul gelombang besar di pantai dan menanamkan rasa takut. Air jatuh di geladak dengan pukulan berat. Goyangan sedemikian rupa menyebabkan kompas terbang dari titiknya. Palung yang terbentuk di permukaan laut tampak di mata mencapai kedalaman 4 m. Terutama gelombang kuat datang dari utara. Badai laut berlangsung hingga pukul 21:45, tetapi berakhir sepenuhnya pada pukul 22:00. Lonjakan apa pun telah benar-benar hilang pada pukul 24:00. Tekanan dan suhu udara bervariasi diabaikan selama fenomena ini. Redetermination lokasi kapal menunjukkan bahwa pada hari itu terletak di zona aliran barat dengan kecepatan sekitar 2 knot (Philipp, 1918).
4.	18 April 1990	1.2	122.82	Gempa Bumi	Gempa bumi berkekuatan Ms7.4, Mw7.6; kedalaman 36 km; berpusat di Laut Sulawesi (Rynn, 2002)
5.	20 Juni 1992	1.96	122.8	Gempa Bumi	Gempa berkekuatan Ms6.2; menimbulkan kenaikan muka air laut teramati di Kuandang

4.20 SULAWESI BARAT

Terdapat tiga peristiwa tsunami yang pernah terjadi di Wilayah Sulawesi Barat, yang diperkirakan berasosiasi dengan sistem pensesaran naik di perairan sebelah barat Sulawesi.



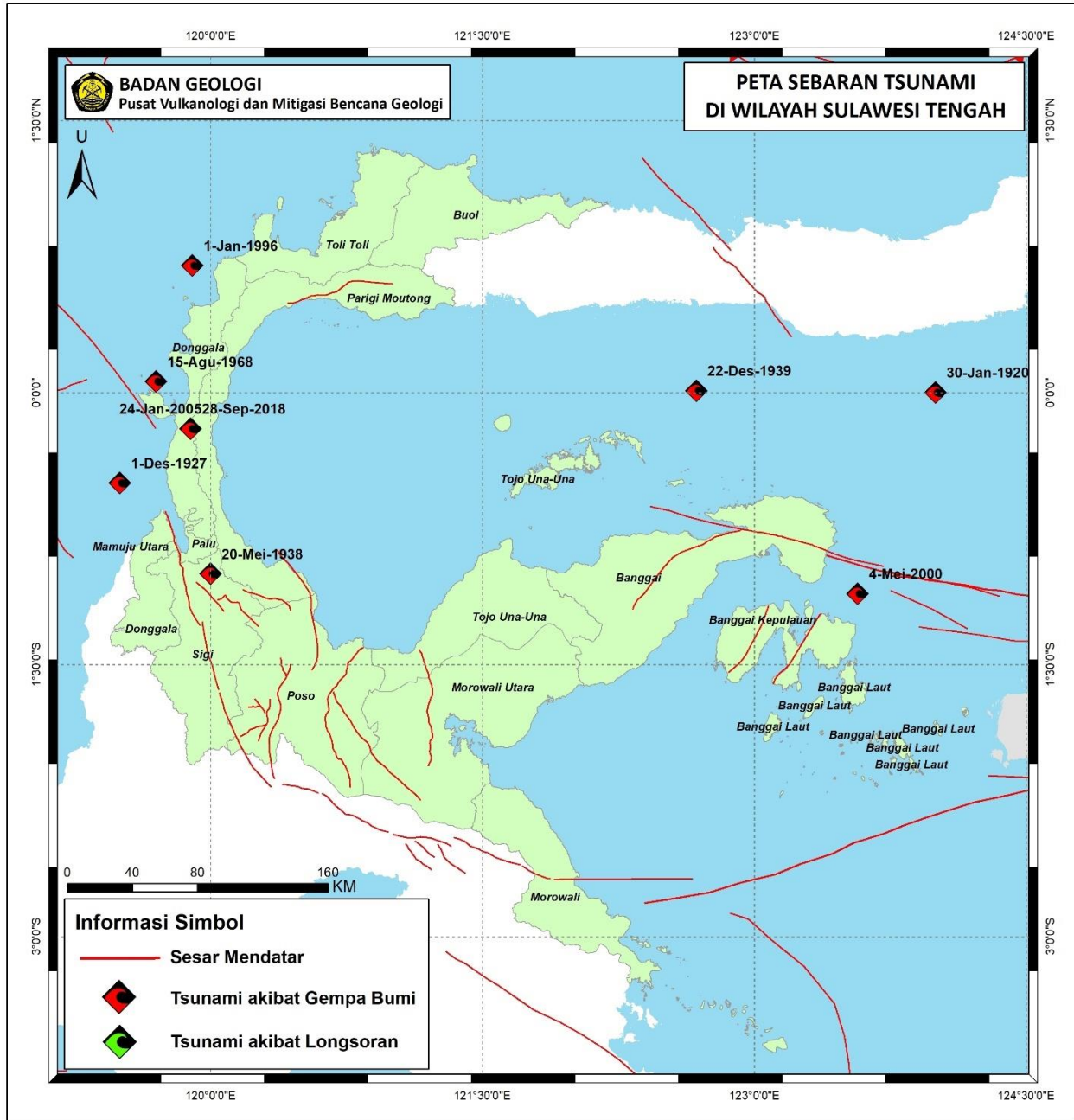
Gambar 67. Peta Sejarah Kejadian Tsunami di Wilayah Sulawesi Barat

Tabel 23. Daftar Kejadian Tsunami di Wilayah Sulawesi Barat

NO.	WAKTU KEJADIAN	POSISI SUMBER		PENYEBAB	KETERANGAN
		LAT	LONG		
1.	11 April 1967 (13:15 Waktu Setempat)	-3.47	119.07	Gempa Bumi	<p>Terjadi gempa bumi di Pulau Sulawesi di wilayah Tinambung dan Majene. Lima puluh delapan orang tewas dan 100 orang luka-luka di pesisir Teluk Mandar. Tsunami muncul dan menyebabkan kerugian material yang besar di pemukiman pesisir. Di Tinambung, menurut catatan, air tiba-tiba surut, lalu naik dua kali lipat ketinggian air pasang biasa. Tiga belas nelayan tenggelam dalam perahu yang sedang berlabuh di dekat muara Sungai Tinambung (Iida <i>et al.</i>, 1967; Hake, Cloud, 1969; Anon., 1970 b)</p> <p>Gempa bumi ini berkekuatan Ms5.8; Kedalaman hiposenter 19 km, menimbulkan tsunami di Tinambung, dengan ketinggian (<i>run up</i>) lebih dari 6 m di Tinambung (Rynn, 2002)</p> <p>USCGS: II.IX; 5h9m12s. 3,3°S., 119,4°BT; 20 km; M=5,5.</p>
2.	23 Februari 1969	-3.18	118.8	Gempa Bumi	<p>Gempa berkekuatan Ms 6.9; dengan skala intensitas VIII, kedalaman 60 km; menimbulkan tsunami dengan intensitas 1.5; dengan ketinggian tsunami 4 m di Paletoang, 1.5 m di Parasanga dan Palili, serta lebih dari 6 m di Majene; dan menimbulkan korban jiwa 600 orang, kerusakan pada 1287 bangunan. Tsunami yang melanda pemukiman di pantai utara Majene, menyebabkan rumah-rumah kayu tersapu, 80% rumah yang terbuat dari bata mengalami rusak serius, sebagian roboh. Terjadi penurunan muka tanah, sebelumnya terdengar suara dari arah laut dan guncangan gempa dirasakan hingga ke Ujung Pandang (Rynn, 2002).</p>
3.	8 Januari 1984	-2.9	118.7	Gempa Bumi	<p>Gempa berkekuatan Ms6.6 dengan kedalaman 43 km, memicu kenaikan muka air laut yang teramati di Mamuju, menimbulkan 2 orang korban jiwa dan 89 orang luka-luka, serta kerusakan pada 688 bangunan. Longsor dijumpai di Tapalang. Intensitas VII E.R. (Rynn, 2002).</p>

4.21 SULAWESI TENGAH

Terdapat setidaknya delapan peristiwa tsunami yang pernah terjadi di Wilayah Sulawesi Tengah, yang bersumber dari gempa bumi maupun longsor.



Gambar 68. Peta Sejarah Kejadian Tsunami di Wilayah Sulawesi Tengah

Tabel 24. Daftar Kejadian Tsunami di Tsunami di Wilayah Sulawesi Tengah

NO.	WAKTU KEJADIAN	POSISI SUMBER		PENYEBAB	KETERANGAN
		LAT	LONG		
1.	30 Januari 1920 (23:00 waktu setempat)	0.00	124	Gempa Bumi	<p>di Donggala (Pulau Sulawesi), selama gempa bumi, inspektur mercusuar mencatat gelombang pasang, yang datang dari timur. Hal itu berlangsung 2 menit dan memiliki ketinggian 2 m.</p> <p>Terjadi gempa bumi di Kuandang dan Manado. Ada gelombang pasang di wilayah Corontalo. (Visser, 1921b)</p> <p>Kedua laporan ini mungkin menggambarkan peristiwa yang sama.</p>
2.	1 Desember 1927	-0.5	119.5	Gempa Bumi	<p>Terjadi gempa bumi berkekuatan Ms6.0, kedalaman 33 km; gempa ini menimbulkan tsunami dengan intensitas 3.0; dengan ketinggian run up maksimum 15 m di Palu, dan menimbulkan korban jiwa sebanyak 14 orang (Rynn, 2002).</p>
3.	20 Mei 1938 (1:00 Waktu Setempat)	-1	120	Gempa Bumi	<p>Terjadi gempa bumi yang merusak dengan sumber di Teluk Tomini. Hal itu dirasakan hampir di seluruh Pulau Sulawesi dan di ujung Pulau Kalimantan. Gempa tersebut memiliki kekuatan terbesarnya di wilayah Parigi. Di sini 942 rumah runtuh (lebih dari 50%) di 34 desa dan 184 rumah rusak. Di pemukiman Pelawa, pohon tumbang. Di pemukiman Marantale, tanahnya retak dan terbelah.</p> <p>Di perkebunan kelapa; satu rumah dan perkebunan pisang di sekitarnya bergeser 25 m. Jalan-jalan tertutupi oleh banyak retakan di sepanjang sepuluh meter dan lebar 50 cm; di sana-sini, lumpur mengalir keluar dari permukaan tanah; sebagian pantai mengalami surut. Di Parigi, sekolah dan gereja runtuh; sebagian besar struktur kayu, beton, dan bata tidak rusak. Di wilayah Palu dan Donggala kerusakannya ringan, sedangkan di wilayah Poso dan Tinombo tidak ada kerusakan sama sekali, meski terjadi gempa kuat. Ada banyak gempa susulan.</p> <p>Pasca gempa, gelombang pasang setinggi 2—3 m, menurut beberapa sumber, melonjak ke pantai teluk dari sekitar Toribulu hingga Parigi. Di Toribulu, laut tiba-tiba mundur 80 m dan kemudian kembali lagi dengan kekuatan. Antara Lemo dan Makatate, 14 desa dilanda gelombang. Di beberapa tempat, air merambah 40—80 m ke daratan. Tujuh belas orang tenggelam, satu di Ampibabo dan sisanya di Parigi. Di Parigi, sebuah dermaga hanyut, dan gudang serta sinyal navigasi rusak.</p> <p>Osilasi di permukaan laut dengan kisaran 8 cm (3 inch) dicatat oleh pengukur pasang surut di Santa Monica (California, AS) (Rothè, 1939; Berlage, 1940; Neumann, 1940; Heck, 1947; Anon., 1961; Soetadi, 1962; Ponyavin, 1965; lida <i>et al.</i>, 1967; Berninghausen, 1969; Cox, 1970).</p> <p>Gempa bumi berkekuatan Ms7.9; kedalaman 60 km; menimbulkan tsunami dengan magnitudo m0,5; dengan ketinggian gelombang mencapai 3 m di Tomini dan di Toribubu. Menimbulkan korban jiwa sebesar 18 orang (Rynn, 2002)</p> <p>Gutenberg, Richter (1954): I9.V; I7h8m2ls; 1° S., 120°BT; M=7,6.</p>

4.	22 Desember 1939 (5:01 Waktu Setempat)	0.01	122.68	Gempa Bumi	<p>Terjadi gempa bumi yang merusak dengan sumber di Teluk Tomini. Beberapa bangunan runtuh di Langoan*. Di Gorontalo, sejumlah bangunan rusak. Retakan muncul di dinding, pintu dan jendela terbuka; peti digulingkan; banyak warga yang luka ringan. Di Kolo, 21 rumah roboh, enam di antaranya roboh. Di Luwuk, retakan muncul di dinding batu; beberapa tumpukan rumah kayu roboh; tanah retak.</p> <p>Di distrik Bangai, beberapa pemukiman hancur total. Lereng pantai merosot ke dalam air dalam. Di Labuha, tiga rumah ambruk; tanah retak. Rumah juga berjatuh di desa Pasi Ipa* dan Cela di Kepulauan Sulu.</p> <p>Di tengah Pulau Sulawesi, di Mandar dan Meulaboh*, rumah-rumah bergoyang kuat dan retak. Zona gempa meluas ke timur Pulau Kalimantan, selatan Pulau Mindanao, pulau Seram dan Wetar. Gempa tersebut disertai oleh gempa-gempa susulan.</p> <p>Selama gempa, osilasi di permukaan laut tampaknya berkembang. Mereka secara khusus ditandai di pantai selatan Semenanjung Minahasa. Sawah tergenang air di Langoan* (Berlage, 1941).</p> <p>Terjadi gempa bumi berkekuatan Ms 8.6 yang menimbulkan tsunami dengan ketinggian gelombang lebih dari 2m (Rynn, 2022)</p> <p>Gutenberg, Richter (1954): 21.XII; 21h0m40s; 0° lintang, 123° BT; 150 km; M=8 [seiches?].</p>
5.	15 August 1968 (6:14 Waktu Setempat)	0.06	119.7	Gempa Bumi	<p>Terjadi gempa kuat di lepas pantai barat laut Pulau Sulawesi. Di wilayah Teluk Manimbaya*, antara Tandjung*, Manimbaya* dan Sabang, pergeseran sepanjang patahan menyebabkan pantai turun 2—3 m. Tsunami yang merusak muncul. Menurut Dinas Hidrografi Indonesia, gelombang setinggi 9—10 m jatuh di pantai di wilayah Donggala; mereka menembus 500 m ke daratan. Seratus enam puluh orang meninggal, 40 orang hilang dan 58 luka-luka; 800 rumah pesisir hancur dan sebagian besar perkebunan kelapa terendam banjir. Desa Tambu dan Mapaga* sangat menderita.</p> <p>Pulau Tuguan, tempat tinggal beberapa ratus orang, dibanjiri ombak dan sebagian surut. Peluncuran polisi, yang dikirim dari mercusuar di Tanjung Mankalihat, diduga tidak dapat menemukan jejak pulau atau penghuninya. Menurut sumber lain, Pulau Tuguan bangkit.</p> <p>Sedikit jejak tsunami dibuat dengan susah payah pada catatan pengukur pasang surut paling sensitif di pantai selatan Jepang: Tosashimizu, Kushimoto dan Mera (NL, 1968, vol. 1, No. 2; 1969, vol. II, No.2; Hatori, 19609 c; Coffman, Cloud, 1970; Cox, 1970).</p> <p>Gempa berkekuatan Ms7.7; Mw 7.3; Kedalaman Hiposenter 17 km; Intensitas tsunami 3; ketinggian tsunami 10 m di Donggala; menimbulkan korban jiwa 392 orang (Rynn, 2002).</p> <p>[14.VIII; 22h4m21s; 0,2°LU, 119,8°BT; M=7,4.].</p>

6.	1 Januari 1996	0.7	119.9	Gempa Bumi	Gempa berkekuatan Ms7.7; Mw7.9; kedalaman 25 km; menimbulkan tsunami dengan intensitas 1.5 dan ketinggian tsunami (<i>run up</i>) 3.43 m di Palu dan menimbulkan korban jiwa 24 orang dan kerusakan.
7.	4 Mei 2000	-1.11	123.57	Gempa Bumi	Gempa berkekuatan Mw7.9; Ms8.0; kedalaman 33 km; menimbulkan tsunami dengan ketinggian 1.5 – 2 m di Kepulauan Banggai-Sula dan Pulau Peleng.
8.	28 September 2018	-0.20	119.89	Gempa Bumi dan Longsor	Gempa bumi dan tsunami Sulawesi 2018 adalah peristiwa gempa bumi berkekuatan 7,4 Mw diikuti dengan tsunami yang melanda pantai barat Pulau Sulawesi, Indonesia, bagian utara pada tanggal 28 September 2018, pukul 18.02 WITAs.

Tsunami yang terjadi pada tanggal 28 September 2018, disebabkan oleh longsor dataran pantai di Teluk Palu, akibat adanya penurunan muka tanah yang dipicu oleh gempa bumi yang berasosiasi dengan Sesar Mendatar Palu-Koro. Bukti-bukti geologi adanya penurunan terekam dengan jelas di dua lokasi, yaitu Labuan Beru, Kecamatan Palu Utara dan Lero Tatari, Kecamatan Sindue.

Di Labuan Beru 119.864383°BT – 0.79°LS, dataran pantai amblas dan jatuh ke dalam laut (longsor). Kemunduran garis pantai ke arah darat ini mencapai hampir 50 m. Indikasi yang dijumpai di lokasi ini antara lain, terdapat pohon yang ujung kanopinya terlihat di permukaan laut (Gambar 69), dan pepohonan kelapa yang berada di laut. Selain itu ditemukan indikasi penurunan di darat setinggi 0,62 m yang diukur pada jarak 24 m dari garis pantai yang baru terbentuk (Gambar 70).

Di lokasi Labuan Beru ini, dilakukan wawancara oleh saksi mata, yang menyaksikan adanya tiga tiga titik semburan air di tengah laut, yang didahului oleh bunyi ledakan. Ketinggian air kurang lebih 12 m di atas permukaan laut saat itu. Diduga longsor di lokasi ini telah mengganggu kolom air dan menjadi salah satu penyebab terjadinya tsunami yang melanda Pantai Talise.

Meskipun menjadi salah satu penyebab tsunami, namun dampak tsunami di lokasi ini tidak signifikan, hal ini karena penurunan tersebut, telah menyebabkan posisi pemukiman menjadi lebih tinggi (1,06 m), sedang ketinggian tsunami di lokasi ini relatif kecil.



Gambar 69. Indikasi penurunan dataran pantai (*subsidence*) berupa posisi kanopi pohon yang muncul di permukaan laut dan pohon kelapa yang semula di darat, kini terendam air laut di Labuan Beru (Yudhicara, *et al.*, 2018).



Gambar 70. Indikasi undak pantai akibat penurunan (*subsidence*) setinggi 0,62 m (Yudhicara, *et al.*, 2018)

Lokasi kedua berada di daerah Lero Tatari, Kecamatan Sindue ($119.8122^{\circ}\text{BT}-0.6303^{\circ}\text{LS}$). Di lokasi ini ditemukan indikasi penurunan berupa pohon-pohon kelapa yang tumbang akibat tanah tempatnya berpijak bergerak turun, dan sebagian berada di bawah laut (Gambar 71).

Indikasi lainnya adalah posisi rumah yang semula berada jauh dari garis pantai kini berada di air laut (Gambar 72). Indikasi penurunan juga ditemukan di darat berupa deformasi vertikal sejauh 1 m (Gambar 73).

Menurut keterangan saksi mata, indikasi lainnya adalah dua rumah yang semula berada di pinggir pantai, amblas dan masuk ke dalam laut. Berdasarkan hasil pengukuran jejak genangan dan cipratan gelombang tsunami, diperoleh *Run Up* Maksimum 7-8 m, dan ketinggian genangan (*flowdepth*) maksimum 4 m, dan jarak genangan (inundasi) mencapai hingga ~500 m.



Gambar 71. Indikasi penurunan dataran pantai (*subsidence*) dan mundurnya garis pantai di Lero Tatari, Kecamatan Sindue (Yudhicara *et al.*, 2018).



Gambar 72. Indikasi pantai yang amblas ke dalam laut, diperlihatkan oleh posisi pohon yang seharusnya di daratan, menjadi lautan (Yudhicara *et al.*, 2018).



Gambar 73. Indikasi penurunan yang terdapat di darat setinggi 1 m (Yudhicara *et al.*, 2018).



Gambar 74. Efek genangan tsunami pada dinding pagar bangunan (Yudhicara *et al.*, 2018)

Pada bangunan yang terdapat dekat laut menunjukkan indikasi gelombang tsunami tinggi, namun sangat setempat, hal ini diperlihatkan oleh adanya cipratan pada langit-langit gedung dan dinding (Gambar 74). Hal ini menunjukkan tsunami datang sangat tinggi dan setempat, setelah itu air menyebar ke segala arah (gelombang pendek), hal ini menjelaskan, ketinggian gelombang tsunami mengecil dengan cepat ke segala arah.

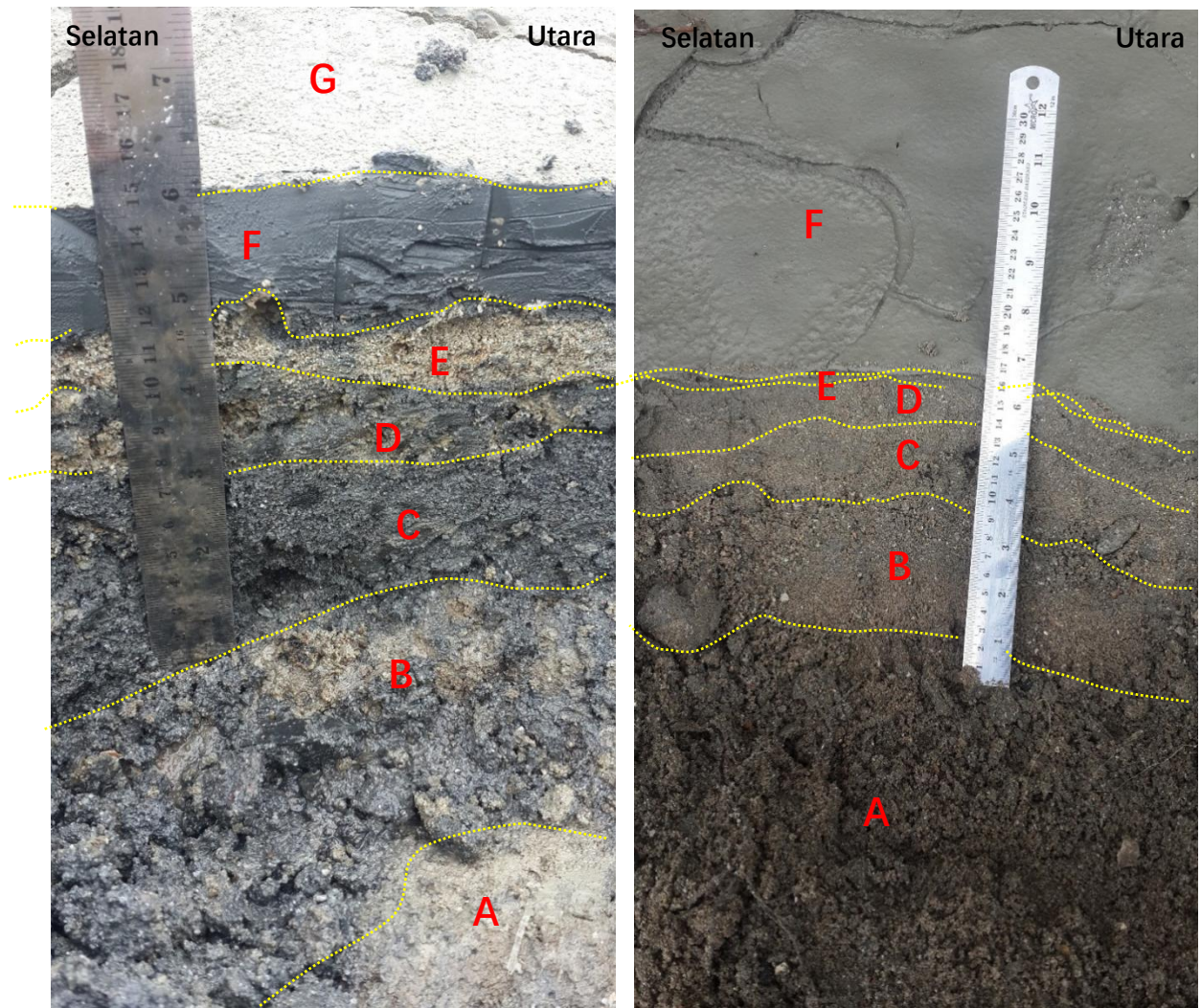


Gambar 75. Jejak cipratan (*splash*) gelombang tsunami di langit-langit (Yudhicara *et al.*, 2018)

Endapan tsunami yang dijumpai memperlihatkan karakteristik yang berbeda dengan endapan tsunami biasanya. Endapan tsunami di Pantai Lasehan memperlihatkan karakteristik yang cukup signifikan untuk tsunami yang terjadi di Teluk Palu ini.

Di lokasi ini dijumpai endapan tsunami yang cukup tebal, namun penyebarannya sangat khas, yaitu endapan tsunami cenderung lebih tebal di bagian tengah inundasi tsunami (yang seharusnya lebih tebal mendekati pantai), terutama endapan *back wash* (yang diendapkan oleh arus balik dari tsunami) (Gambar 75).

Endapan tsunami modern ini dijumpai di daerah lainnya di sepanjang pantai yang terdampak oleh gelombang tsunami, terutama di sepanjang pantai Teluk Palu bagian barat (Gambar 76). Sedangkan di sepanjang pantai Teluk Palu bagian timur endapan tsunami selain di Pantai Lasehan di atas, daerah yang terdampak umumnya terganggu karena daerah pemukiman (Gambar 77).



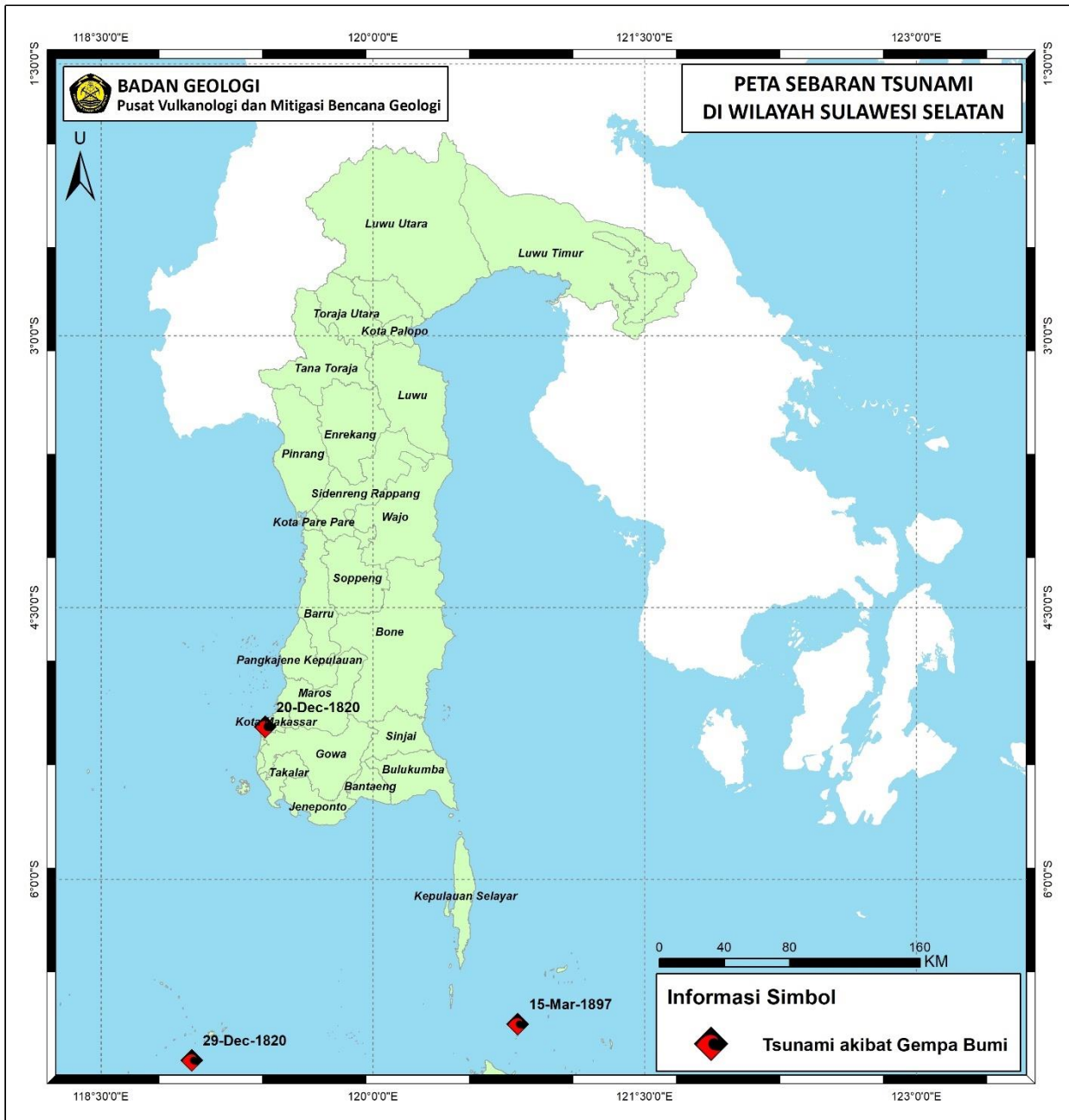
Gambar 76. Endapan tsunami di bagian tengah genangan lebih tebal dibandingkan dengan di tepi pantai Lasehan. Urutan huruf menunjukkan urutan pengendapan, A adalah permukaan tanah awal, B,C,D,E,F adalah endapan tsunami modern (Yudhicara *et al.*, 2018)



Gambar 77. Endapan Tsunami 2018 di Pantoloan (kiri) dan Rinda Permai (kanan) (Yudhicara *et al.*, 2018)

4.22 SULAWESI SELATAN

Terdapat tiga kejadian gempa bumi yang memicu tsunami yang melanda wilayah di Sulawesi Selatan.



Gambar 78. Peta Sejarah Kejadian Tsunami di Wilayah Sulawesi Selatan

Tabel 25. Daftar Kejadian Tsunami di Tsunami di Wilayah Sulawesi Selatan

NO.	WAKTU KEJADIAN	POSISI SUMBER		PENYEBAB	KETERANGAN
		LAT	LONG		
1.	20 Desember 1820	-5.1605	119.4055	Gempa Bumi	Terjadi gempa bumi yang menimbulkan tsunami di Makassar (Rynn, 2002)
2.	29 Desember 1820	-7	119.00	Gempa Bumi	<p>Ada gempa kuat yang berlangsung 2,5 menit di Makassar. Hal itu juga dirasakan di tempat lain di baratdaya Pulau Sulawesi. Gempa tersebut diikuti oleh gelombang pasang, yang kemudian berulang. Tsunami terkuat terjadi di pantai dari Bonthain di barat hingga Bulukumba di timur; di sini banyak pemukiman pesisir yang hancur dan banyak orang meninggal.</p> <p>Ada penjelasan rinci tentang peristiwa-peristiwa di Bulukumba ini. Gempa dimulai dengan getaran yang lemah, tetapi secara bertahap meningkat. Rumah komandan benteng bergoyang ke segala arah. Senjata di benteng melompat dari gerbong mereka. Gempa bumi berlangsung selama 4-5 menit, ketika tampaknya tembakan meriam terdengar dari barat. Sebuah sekoci yang dikirim untuk mengintai belum sempat kembali dengan laporan bahwa tidak ada kapal di cakrawala, ketika tembok air setinggi 20-25 m tiba dengan siulan dan pada saat yang sama gemuruh menggelegar dan membanjiri segalanya. Melonjak 300-400 m ke daratan, air menghancurkan barak benteng dan desa Nipanipa dan Terangterang. Empat hingga lima ratus orang tenggelam, termasuk tiga orang Eropa. Kapal-kapal di lepas pantai terlempar ke sawah. Osilasi di level berulang beberapa kali, dan air surut beberapa kilometer dari pantai selama pasang surut.</p> <p>Gempa kuat yang berlangsung selama 2 menit disertai gemuruh yang keras terasa di Bima. Itu diikuti oleh tsunami yang melemparkan kapal-kapal yang berlayar di pelabuhan jauh ke pedalaman; beberapa kapal bahkan terlempar ke atas atap oleh ombak.</p> <p>Gempa juga dirasakan di Pulau Palu di Laut Flores. Gempa kuat berdurasi 1 menit terasa di Sumenep. Tsunami yang agak kuat juga diamati di sini pada pukul 15:00 (Mallet, 1853; Wichmann, 1918; Sieberg, 1932; Heck, 1934, 1947; Ponyavin, 1965; Iida <i>et al.</i>, 1967; Berninghausen, 1969; Cox, 1970).</p>
3.	15 Maret 1897 (6:30 Waktu Setempat)	-6.8	120.8	Gempa Bumi	<p>Terjadi gempa kuat di Pulau Kayuadi yang disertai dengan raungan gemuruh yang datang dari air. Tanah retak di sana-sini; retakan selebar jari kelingking memotong dataran rendah di tenggara pulau. Batu-batu dengan ukuran berbeda terbang turun dari perbukitan. Guncangan lemah terasa di Selayar. Banyak guncangan berulang terjadi dan berlanjut pada bulan April, meskipun pada interval 7-10 hari.</p> <p>Menurut seorang saksi mata, setengah jam setelah dimulainya getaran, kering naik sehingga air naik. Sesampainya di pantai, dia melihat bahwa rol lebar gelombang muncul jauh dari pantai. Gelombang tersebut, lalu pecah menjadi tiga gelombang. Gelombang pertama pergi ke laut; gelombang kedua menuju pemukiman Bonelamber, di sisi barat pulau, tetapi pecah di karang yang menonjol dari air di sini. Gelombang ketiga bergulung ke pantai di pemukiman dan maju melampaui garis pasang yang biasa, tetapi</p>

					<p>tidak mencapai rumah-rumah. Airnya berwarna hijau yang tidak biasa (Figue, 1898b).</p> <p>Gempa bumi ini berkekuatan Ms5.5; kedalaman 15 m; menimbulkan tsunami dengan magnitudo tsunami 1, intensitas 2.5; ketinggian tsunami 6 m di Jolo dan <i>run up</i> 1 m di Isabela, dengan korban jiwa 100 orang (Rynn, 2002).</p>
--	--	--	--	--	--

4.23 PAPUA

Tujuh kejadian tsunami yang pernah melanda Papua, dan enam diantaranya bersumber dari gempa bumi sedang satu lainnya dipicu oleh longsoran.



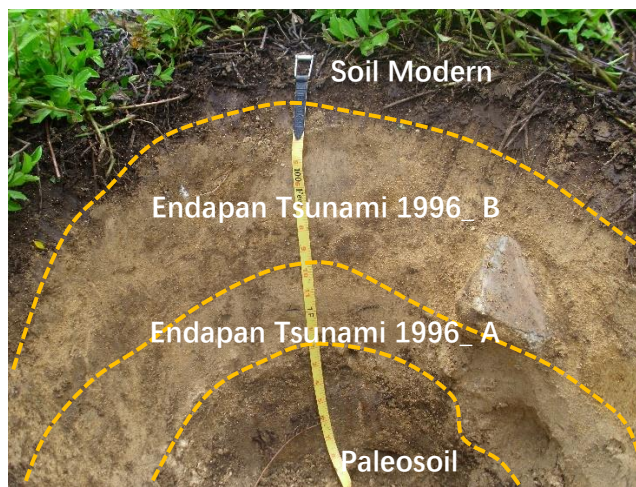
Gambar 79. Peta Sejarah Kejadian Tsunami di Wilayah Papua

Tabel 26. Daftar Kejadian Tsunami di Wilayah Sulawesi Selatan

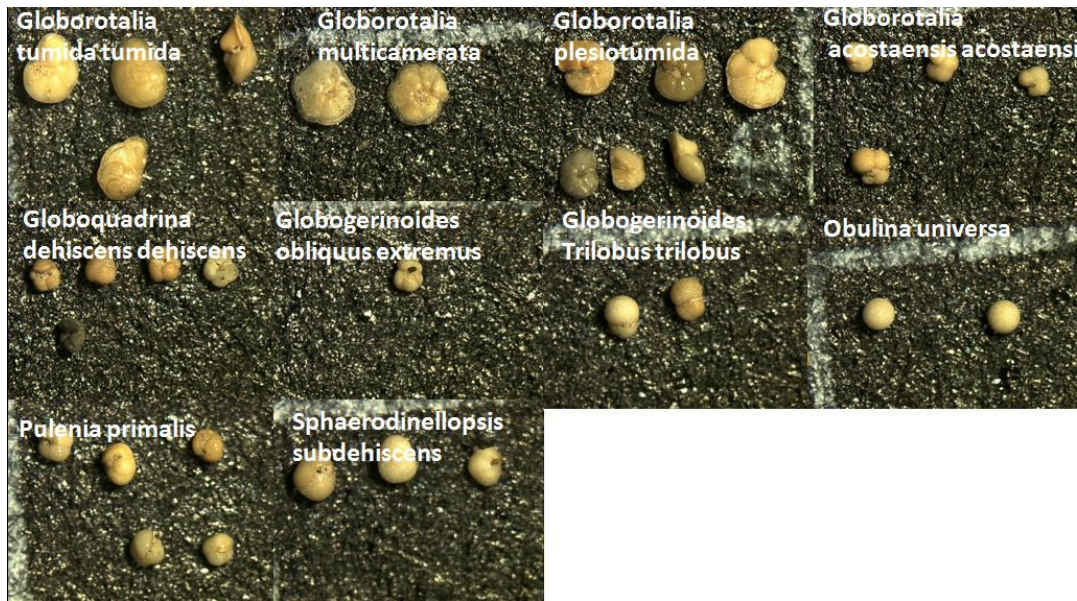
NO.	WAKTU KEJADIAN	POSISI SUMBER		PENYEBAB	KETERANGAN
		LAT	LONG		
1.	23 Mei 1864	-1	135	Gempa Bumi	Gempa Bumi berkekuatan Ms7,8 yang diikuti tsunami dengan magnitudo tsunami 1,5, intensitas 1,5, ketinggian tsunami maksimum 3 m di Geelvink, dengan <i>run up</i> maksimum 12 m di Geevink, dan menimbulkan korban jiwa sebanyak 250 orang (Rynn, 2002).
2.	8 Oktober 1900	-3.5	136	Gempa Bumi	Gempa berkekuatan Ms7,8; dengan kedalaman 33 km terjadi di Irian Jaya, menghasilkan tsunami setinggi 1,5 m; dan <i>run up</i> lebih dari 6 m di Napan dan teramati di Illana, menyebabkan 5 orang korban tewas dan kerusakan parah Rynn, 2002).
3.	23 Mei 1915 (5:50 Waktu Setempat)	-1	135	Gempa Bumi (Ms7.8)	Di Kaimana (Papua), dirasakan gempa bumi dengan durasi 2-3 detik. Kemudian tiga guncangan kuat lainnya terasa. Bangunan bergoyang kuat. Pada malam hari tanggal 22-23 Mei, ada badai petir yang kuat dan hujan lebat. Permukaan laut naik 50 cm di atas. Permukaan laut (Rynn, 2002).
4.	6 November 1937 (18:30 Waktu Setempat)	-3	132	Longsoran Bawah laut	Di Fakfak, terjadi gempa laut lemah disertai gelombang pasang setinggi 50 cm (De Boer, 1939).
5.	2 Februari 1938 (3:34 Waktu Setempat)	-5.10	131.53	Gempa Bumi	<p>Terjadi gempa kuat di Indonesia bagian timur, termasuk di bagian barat <i>New Guinea</i>, dengan intensitas maksimal 7 derajat (VIII — Rossi—Forel). Di Kepulauan Kai di Tual, plesteran dinding rumah terkelupas, peralatan rumah tangga hancur dan jam berhenti. Di New Guinea, Fakfak, mercusuar tidak berfungsi.</p> <p>Di Tanah merah, osilasi teratur, tetapi tidak terlalu kuat, terjadi sekitar 1,5 menit; beberapa warga tidak bangun; botol kosong jatuh dari rak. Di Tanah tinggi, gempa dirasakan agak lebih kuat.</p> <p>Gempa bumi tersebut dirasakan di seluruh bagian barat <i>New Guinea</i>, sejauh Merauke, dan bahkan di Darwin (Australia). Ada banyak gempa susulanng.</p> <p>Laporan diterima bahwa, di dekat pusat gempa, pada 5° 43' S., 132° 37' BT, di gugusan pulau Kai, sebuah pulau kecil baru muncul dari air. Pulau itu memiliki panjang 56 m, lebar 52 m, dan tinggi 5—6 m.</p> <p>Di daerah pusat gempa, kerusakan terbesar terjadi bukan karena gempa bumi, tetapi karena tsunami yang ditimbulkannya. Di pemukiman Djamru* di Kepulauan Tajandu, 24 rumah hancur dan delapan rusak berat. Di Banda, ketinggian gelombang diperkirakan mencapai 1 m, jembatan hanyut dan tambatan rusak. Di Bandaneira, dermaga umum dan gudang barang rusak; kerusakan bangunan milik pribadi sedikit.</p> <p>Tsunami juga muncul di Fakfak, yang hanya mengalami sedikit kerusakan (Berlage, 1940; Soetadi, 1962; Berninghausen, 1969; Cox, 1970).</p>

					Gutenberg, Richter (1954): 1.II; 19h4m18s; 5,25° S.,1305° BT; 11=8,2.
6.	13 Februari 1938 (3:35 Waktu Setempat)	-3.0	132.0	Gempa Bumi	Terjadi gempa bumi di Pulau Pandjang di Fakfak. Batuan runtuh; motor berhenti di mercusuar, dan kap lampu terlepas dari lampu; semen retak sedikit di rumah. Antara pukul 04.00 dan 08.00, penjaga mercusuar mengamati gelombang pasang setinggi sekitar 50 cm (Berlage, 1940).
7.	17 Februari 1996	-0.95	136.94	Gempa Bumi	<p>Pada tanggal 17 Februari 1996, terjadi gempa besar yang terjadi sekitar 60 km timur laut pulau Biak dengan kekuatan Mw8.2 pada pukul 14:59 waktu setempat. Gempa ini diikuti tsunami dengan ketinggian maksimum 7,7 m di atas permukaan laut di Madori, Biak Barat dan 5,4 m di Korem, Biak Utara. Gempa dan tsunami ini telah menyebabkan 107 orang meninggal dunia, 51 orang hilang, 55 orang luka berat dan lebih dari 2.700 rumah hancur (1996).</p> <p>Gempa bumi ini merupakan gempa dengan mekanisme sesar naik, di zona subduksi curam. Patahannya sepanjang 270 km (170 mi) di palung Nugini. Distribusi gesernya sangat tidak seragam. Pergeseran terbesarnya mencapai ~12 m di dekat kedalaman hiposentrum dan pergeseran rata-rata di wilayah sesar seluas 230x100 km mencapai 4 m.</p> <p>Total panjang pantai yang mengalami landaan ketinggian <i>run up</i> lebih besar dari 4 m adalah sepanjang 20 km, mulai dari Korem hingga Warsa di pantai utara. Kondisi morfologi pantai utara Pulau Biak yang landai, mengakibatkan daerah landaannya cukup luas dibandingkan dengan pantai lainnya. bahkan ketinggian <i>run up</i> 2 m saja, menyebabkan daerah genangan yang cukup luas. Sebagai contoh, tsunami dengan ketinggian <i>run up</i> 2 m di Mansoben bisa menembus 120 m ke arah pedalaman.</p> <p>Ketinggian <i>run up</i> maksimum mencapai 7,7 m ditemukan di Farusi (Mardori). Desa ini terletak di sisi berlawanan dari pantai yang dihadapi sumber tsunami. Ketinggian <i>run up</i> ini jauh lebih besar daripada di tempat-tempat lain di pantai terlindung, maupun daerah sempit dengan <i>run up</i> yang tinggi. Ketinggian <i>run up</i> di daerah Mardori ini sangat tinggi dengan waktu tiba gelombang tsunami lebih cepat dibandingkan dengan di daerah lainnya. Ini menunjukkan adanya mekanisme lain di dasar laut yang menyebabkan tsunami selain adanya patahan yang memicu terjadinya gempa bumi. Mekanisme selain gempa bumi ini dicurigai adanya longsoran bawah laut yang terjadi di perairan barat Pulau. Merujuk pada pola waktu kedatangan tsunami dan pola batimetri, kemungkinan longsoran akan terjadi pada beberapa titik tertentu.</p> <p>Ketinggian <i>run up</i> tertinggi di pantai utara ditemukan di daerah Korem, yang terletak di bagian bawah sebuah teluk sempit menghadap sumber tsunami, yaitu 5,4 m, diukur pada dinding rumah yang menghadap ke laut di tanah yang datar dan luas. Rumah yang terletak pada jarak 270 m dari garis pantai. Sebuah <i>run up</i> setinggi 2,5 m terukur pada batas genangan pada jarak 450 m dari garis pantai. Dari daerah Korem, gelombang kemudian</p>

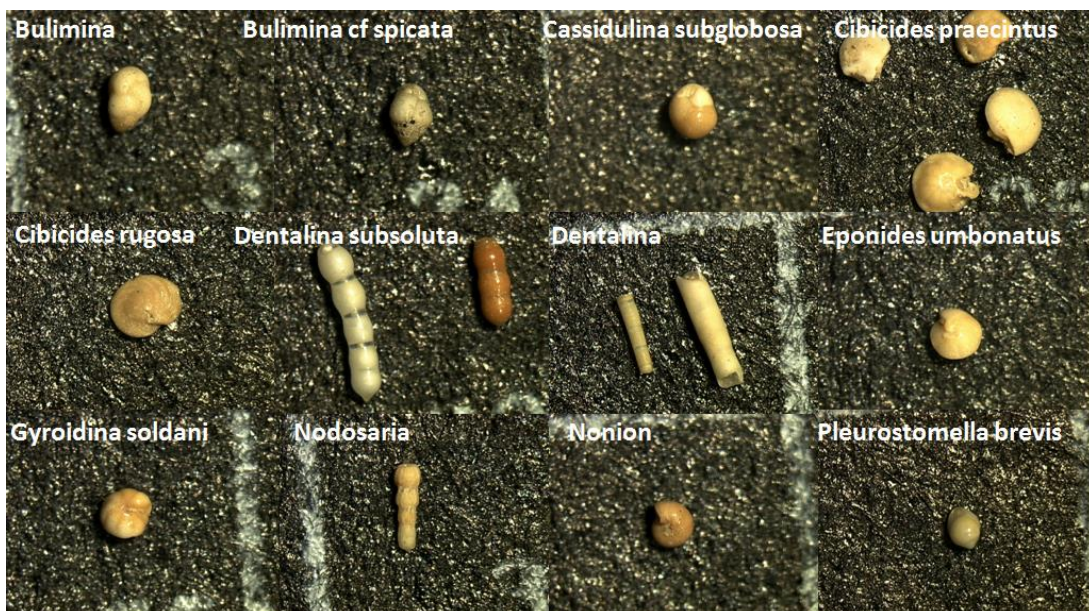
				<p>dibelokan ke segala arah sepanjang pantai dengan ketinggian runup yang berangsur menurun.</p> <p>Ketinggian <i>run up</i> maksimum juga dijumpai di wilayah selatan yaitu di daerah terlindung di Pulau Pai, dengan ketinggian 2,9 m, terukur di dinding rumah yang menghadap laut dengan morfologi datar dan luas. Rumah itu terletak pada jarak sekitar 50 m dari garis pantai.</p> <p><i>Run up</i> setinggi 1,0 m terukur pada batas genangan terdalam pada jarak dari 150 m dari garis pantai. Sebuah terumbu karang raksasa terbentuk di depan daerah tersebut, dan kedalaman air dangkal. Menurut saksi mata, tsunami datang ke terumbu dari dua arah yaitu dari utara dan selatan, bertemu di depan wilayah tersebut, pecah di dekat garis pantai, dan lalu merambat di atas permukaan tanah.</p> <p>Tsunami diawali dengan surut laut secara tiba-tiba, diikuti dengan penurunan permukaan tanah sebesar 10-30 cm di daerah Sansundi di pantai utara Biak. Ada perbedaan yang luar biasa antara waktu kedatangan dan periode gelombang di pantai utara dengan di pantai selatan dan barat. Di pantai utara, tsunami pertama tiba dalam 10-15 menit setelah gempa, dengan periode gelombang sekitar 10 menit. Evolusi gelombang jangka pendek disaksikan di Korem. Di pantai selatan dan barat, waktu kedatangan itu 1-5 menit. kecuali untuk Marsam, dan periode gelombang adalah 2-3 menit. Ini adalah awal dan lebih pendek dari kejadian di pantai utara, meskipun pantai ini terlindung oleh pulau itu sendiri terhadap sumber tsunami. Periode gelombang pendek sekitar Pulau Owi dapat disebabkan oleh keberadaan pulau-pulau kecil dan karang-karang raksasa (Matsutomi, 2001)</p>
--	--	--	--	---



Gambar 80. Sisa bangunan yang diterpa tsunami di Korem, Biak 1996 (kiri), endapan tsunami di Korem, Biak, 1996 (kanan) (Yudhicara, 2012).



Gambar 81. Fosil foraminifera planktonic dalam kondisi *reworks* dan warna keruh yang mengindikasikan terpindahkan oleh gelombang tsunami Biak, tahun 1996 (Yudhicara, 2012).



Gambar 82. Fosil foraminifera bentonik yang menjadi penunjuk lingkungan pengendapan tempat sedimen terbawa oleh gelombang tsunami yaitu dari laut dangkal (Yudhicara, 2012).

DAFTAR PUSTAKA

- Anonimous, 2006. *Pangandaran Diterjang Gempa dan Tsunami*. - News Liputan6.com
- Anonimous, 2018. thejakartapost.com with the title "*Anak Krakatau shrinks to a third its size after eruptions*"
<https://www.thejakartapost.com/news/2018/12/29/anak-krakatau-shrinks-to-a-third-its-size-after-eruptions.html>.
- Anonimous, 2018. *Gempa Pulau Seram BMKG Temukan Bukti Dugaan Penyebab Tsunami*
<https://tekno.tempo.co/read/1474453/gempa-pulau-seram-bmkg-temukan-bukti-dugaan-penyebab-tsunami>
- Azanella, L.A., Hardiyanto, S., 2019. *Hari Ini dalam Sejarah: Tsunami Terjang Flores, Lebih dari 1.300 Orang Meninggal*. <https://www.kompas.com/tren/read/2019/12/12/055500665/hari-ini-dalam-sejarah--tsunami-terjang-flores-lebih-dari-1.300-orang>.
- Berninghausen, W.H., 1966. *Tsunamis and Seismic Seiches Reported from regions Adjacent to the Indian Ocean*. Bulletin of the Seismological Society of America, 56, 1, 69-74.
- Berninghausen, W.H., 1969. *Tsunamis and Seismic Seiches of Southeast Asia*. Bulletin of the Seismological Society of America, 59, 1, 289-297.
- Cox, D.C., 1970. Discussion of "*Tsunamis and Seismic Seiches of Southeast Asia*" by William H. Berninghausen. Bulletin of the Seismological Society of America, 60, 1, 281-287.
- Germany – Indonesia Tsunami Survey Team (GITST), 2010. *Tsunami Survey Post the 25 Oktober 2010, Mentawai Earthquake*. Dipublikasikan dalam beberapa jurnal ilmiah nasional internasional.
- Gusiakov, V.K. and Hagemeyer. P. (Coordinators), 2000. *Historical Tsunami Database for the US Pacific Coast (HUDBIUS) CDROM*. Jointly produced by Intergovernmental Oceanographic Commission, US National Weather Service Pacific Region and Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics of the Siberian Division Russian Academy of Science, November 2000.
- Gusman , A.R., Tanioka, Y., Matsumoto, H., dan Iwasaki, S.I., 2009. *Analysis of the tsunami Generated by the Great 1977 Sumba Earthquake that Occurred in Indonesia*. Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 99, No. 4, pp. 2169–2179, August 2009, doi: 10.1785/0120080324
- Harris, R. dan Major, J., 2000. *Waves of Destruction in the East Indies the Wichmann: Catalogue of Earthquake and Tsunami in the Indonesian Region from 1538 to 1877*. <http://sp.lyellcollection.org/>, <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.c.2860405.v1>
- Heck, N.H., 1947. *List of Seismic Sea Waves*. Bulletin of the Seismological Society of America, 37, 4, 269-286.

- Hutchings, S. J., & Mooney, W. D. (2021). *The seismicity of Indonesia and tectonic implications*. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 22, e2021GC009812. <https://doi.org/10.1029/2021GC009812>.
- Iida, K., Cox, D.C. and Pararas-Carayannis, G., 1967. *Preliminary Catalogue of Tsunamis Occurring in the Pacific Ocean*. Hawaii Institute of Geophysics.
- International Tsunami Survey Team (ITST), 2005. *Tsunami Survey Post 26 December 2004 Sumatra Earthquake*. Dipublikasikan secara terpisah dalam lingkup nasional dan internasional.
- Irsyam, M., Sengara I.W., Adiamar, F., Widiyantoro, S., Triyoso, W., Natawidjaja, D.H., Kertapati, E., Meilano, I., Suhardjono, Asrurifak, M., dan Ridwan, M. 2010. *Ringkasan Hasil Studi Tim Revisi Peta Gempa Indonesia*, Bandung.
- Kertapati, E.K., Soehaimi, A., Djuhanda, A., Effendi, I., 1998. *Peta Seismotektonik Indonesia*, Skala 1 : 5.000.000. Pusat Survei Geologi. Bandung, Indonesia.
- Latief, H., L. Puspita, N.T. and Imamura, F., 2000. *Tsunami Catalogue and Zones in Indonesia*. *Journal of Natural Disaster Service*, 22, 1, 25-43.
- Locat, J., dan Lee, H.J., 2000. *Submarine Landslides: Advances and Challenges*. *Canadian Geotechnical Journal* 39 (1): 193-212. DOI:10.1139/t01-089.
- Matsutomi, H., Shuto, H., Imamura, F., and Takahashi, T., 2001. *Field Survey of the 1996 Irian Jaya Earthquake, in Biak Island*, *Natural Hazards*, 24, p. 199 - 212, Kluwer Academic Publishers.
- Pararas-Carayannis, G., 1969. *Catalogue of Tsunamis in the Hawaiian Islands*. US Department of Commerce, NOAA National Geophysical Center, Boulder, USA, World Data Center A for Solid Earth Geophysics Publication, 94pp.
- Prambada, O., 2023. *The 2018 Anak Krakatau Tsunami Mechanism*. Personal Interview.
- Rachman, G., Santosa, B.J., Nugraha, A.D., Rohadi, S., Rosalia, S., Zulfakriza, Sungkono, Sahara, D.P., Muttaqy, F., Suspendi, P., Ramdhan, M., Ardianto, Afif, H., 2022. Seismic Structure Beneath the Molucca Sea Collision Zone from Travel Time Tomography based on Local and Regional BMKG Networks. *Appl. Sci.* 2022, 12(20), 10520; <https://doi.org/10.3390/app122010520>
- Rinowati, 2019. *Saksi Bisu Keganasan Tsunami Banyuwangi*, Steemit.com – <https://siagabencana.com/post/saksi-bisu-keganasan-tsunami-banyuwangi>
- Rynn, J., 2002. *A Preliminary Assessment of Tsunami Hazard and Risk in The Indonesian Region*. *The International Journal of the Tsunami Society*, Volume 20 Number 4 Published Electronically. ISSN 8755-6839

- Slamet, M.F., 2021. *Ternyata Tsunami Sempat Terjang Tehoru-Maluku Tengah, Air Naik Setengah Meter Hingga Daratan*, Tribun Ambon, 17 Juni 2021, <https://ambon.tribunnews.com/2021/06/17/ternyata-tsunami-sempat-terjang-tehoru-maluku-tengah-air-naik-setengah-meter-hingga-daratan>
- Soloviev dan Ch.Go, 1974. *Catalogue of Tsunamis on the Western Shore of the Pacific Ocean*. Canadian Translation of Fisheries and Aquatic Sciences No. 5077. Katalog tsunami na zapadnom poberezh'e tikhogo okeana. Nauka Publishing House, Moscow, 310 pp., 1974. Original language: Russian
- Soloviev, S.L., Go, C.N. and Kim, K.S., 1992. *Catalogue of Tsunamis in the Pacific 1969-1982*. Academy of Sciences of the USSR, Soviet Geophysical Committee, Moscow. Translated by Amerind Publishing Co. Pty Ltd, New Delhi.
- Tanioka, Y., 2023. *The Mechanism of Tsunami Triggered by Volcano Eruption*. Personal Interview.
- Ubaya, T., 2020 dalam tulisan Harlina N. di Liputan 6, *Mengenang 94 Tahun Tsunami di Danau Singkarak*. <https://www.liputan6.com/regional/read/4290926/mengenang-94-tahun-tsunami-di-danau-singkarak?page=2>
- Yudhicara, Bani, Phillipson, Darmawan, Alwin., 2015. *Geothermal System as the Cause of the 1979 Landslide Tsunami in Lembata Island*
- Yudhicara, Supartoyo, Surono, 2007, *Buru Earthquake, March 14, 2006*, diterbitkan dalam edisi khusus Pusat Survei Geologi No. 33, 2007, Indonesian Geology: Geodynamics and Its Products, ISSN: 0852-873X
- Yudhicara, Suantika G., Solikhin, A., 2007, *South Java Tsunami, July 17, 2006*, diterbitkan dalam edisi khusus Pusat Survei Geologi, No. 33, 2007, ISSN: 0852-873X
- Yudhicara, 2008, *Geological Evidence of Sub Marine Landslide triggered by the 28 January 2006 Earthquake along the Southern Coast of Ceram Island*, dipresentasikan dalam Asian Seismological Commission, 24-28 November 2008, Tsukuba, Japan.
- Yudhicara, Budiono, K., 2008, *Tsunamigenik di Selat Sunda, Kajian Katalog Tsunami Soloviev*, diterbitkan dalam Jurnal Geologi Indonesia, Vol. 3, No. 4, Desember 2008
- Yudhicara, 2010. *Two Seismological Events which have Triggered Underwater Landslide and Tsunami Indicated by Geological Evidences Onshore and Offshore South of Seram, Indonesia*, diterbitkan dalam prosiding Submarine Paleoseismology: The Offshore Search of Large Holocene Earthquakes, Austria 11-16 September 2010
- Yudhicara, 2010, *Jejak tsunami 25 Oktober 2010 di Kepulauan Mentawai berdasarkan penelitian kebumian dan wawancara*, Widjo Kongko, Velly Asvaliantina, Suranto, Sapto Nugroho, Andrian Ibrahim, Widodo, S.

- Pranowo, Nils B. Kerpen, Knut F. Krämer, dan Oliver Kunst , diterbitkan dalam Jurnal Lingkungan dan Bencana Geologi, Vol. 1, No. 3, Desember 2010, ISSN: 2086-7794, hal. 165-181.
- Yudhicara, 2011, *Prediksi Landaan Tsunami untuk Kawasan Pantai di Kabupaten Pacitan, Jawa Timur*, diterbitkan dalam Buletin Geologi Tata Lingkungan, Vol. 21, No. 1, April 2011, page 43-59, ISSN: 1410-1969
- Yudhicara, 2012, *Tsunami characteristics along the coast of Biak Island based on the 1996 Biak Tsunami Traces*, diterbitkan dalam Journal of Indonesian Geology, Vol. 7, No. 1, March 2012, ISSN: 1907-2953, page 55-66.
- Yudhicara, Philipson Bani dan Alwin Darmawan, 2015. *Geothermal system as the cause of the 1979 landslide tsunami in Lembata island, Indonesia*. terbit di Indonesian Journal on Geoscience, Vol. 2, No. 2, Agustus 2015, ISSN: 2355-9314. DOI: 10.17014/ijog.2.2.91-99.
- Yudhicara, Sulaeman, C., Turjono, G., Rohmana, H.I., 2018. *Penyelidikan Pasca Tsunami Palu dan sekitarnya*, Laporan Intern Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, Badan Geologi, Kementerian Energi dan Sumberdaya Mineral.
- Yudhicara, Kurniapraja, N., Rohmana, H.I., Tudi, 2020. *Analisis Bahaya Tsunami di Teluk Lada, Banten*, Laporan Intern Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, Badan Geologi, Kementerian Energi dan Sumberdaya Mineral.
- Yudhicara, 2022. *Temuan Endapan Paleotsunami di Pulau Ternate: Bersiap untuk Selamat*. Prosiding Pertemuan Imiah Tahunan Ikatan Sarjana Oseanologi Indonesia, Manokwari, 14-15 Desember 2022, Indonesia.
- Yudhicara, 2023. *Granulometric Analysis of Paleotsunami Deposits Candidate in Ternate Island, North Maluku*. Bulletin of Marine Geology, Balai Besar Survei dan Pemetaan Geologi Kelautan.
- Yulianto, E., Atwater, B., Yudhicara, Marliyani, G.I., Cipta, A., BPPT, LIPI, KESDM, UGM, Unpad, 2007. *Penelitian Endapan Tsunami di Pantai Selatan Jawa*.