



PROSIDING

SEMINAR NASIONAL TEKNIK SIPIL 2023

"PERAN TEKNIK SIPIL DALAM MITIGASI RESIKO BENCANA"

"MENGURANGI RESIKO BENCANA MELALUI
PENINGKATAN KEAHLIAN SARJANA TEKNIK SIPIL"

14

SEPTEMBER
2023

VOLUME 1

Oktober Tahun 2023



UNIVERSITAS
KRISTEN INDONESIA

Diterbitkan oleh:

UKI PRESS

Pusat Penerbit dan Percetakan

Universitas Kristen Indonesia

Jl. Mayor Jendral Sutoyo No.2, Cawang

Jakarta Timur 13630

PROSIDING SEMINAR NASIONAL TEKNIK SIPIL 2023
Peran Teknik Sipil Dalam Mitigasi Resiko Bencana
“Mengurangi Resiko Bencana Melalui Peningkatan Keahlian
Sarjana Teknik Sipil”

14 September 2023
Universitas Kristen Indonesia



UKI Press
2023

Daftar Isi

Kata Sambutan Dekan Fakultas Teknik UKI.....	i
Kata Sambutan Kaprodi Teknik Sipil FT UKI.....	ii
Kata Pengantar Ketua Pelaksana Seminar Nasional Teknik Sipil 2023.....	iii
Susunan Pelaksana Seminar Nasional Teknik Sipil 2023.....	iv
Susunan Acara Seminar Nasional Teknik Sipil 2023.....	vi
Technical Session Seminar Nasional Teknik Sipil 2023.....	ix
Daftar Isi	xi

BIDANG STRUKTUR

Metode Pelaksanaan Pembangunan Rumah Tinggal Sederhana Tahan Gempa (Soprianto R.S.Waruwu, Pinondang Simanjuntak)	1-6
Analisis Perilaku Struktur Bangunan Tinggi Dengan Optimalisasi Penempatan Shear Wall (Daniel Natamaro, Pinondang Simanjuntak, Agnes Sri Mulyani)	7-21
Analisis Kinerja Bangunan 2 Lantai Pada Wilayah Kota Cianjur menggunakan Metode Respons Spektrum (Dita Naomi, Sudarno P. Tampubolon).....	23-27
Pengaruh Penggunaan Limbah Sekam Padi Pada Uji Kuat Tekan Beton (Ruth Novitha Bunitte, Sudarno P. Tampubolon).....	29-35
Analisa Anggaran Biaya Dan Pengaruh Penggunaan Abu Batang Jagung Pada Beton Ramah Lingkungan (Michelle Graciella Tambunan, Sudarno P. Tampubolon)	37-42

BIDANG GEOTEKNIK, PERKERASAN JALAN, SUMBER DAYA AIR

Sistem Informasi Geografis Untuk Pemetaan Kawasan Rawan Longsor di Kota Kupang Nusa Tenggara Timur (Stella Samderubun, Gresia Enjelina Siahaan, Lolom Evalita Hutabarat).....	43-50
Mitigasi Bencana Longsor Di Kabupaten Nias Sumatera Utara Menggunakan Metode Pembobotan (Artikan Grace S. Telaumbanua, Lolom Evalita Hutabarat).....	51-57
Perbaikan Tanah Ekspansif Menggunakan Berbagai Bahan Tambahan Dan Alat Yang Berbeda (Albert Patar Selamat Manalu, Risma Masniari Simanjuntak, Lolom Evalita Hutabarat).....	59-66
Analisis Pengaruh Rendaman Pada Beton Aspal Menggunakan Berbagai Jenis Pasir (Paskalis Halawa, Risma Masniari Simanjuntak)	67-76
Efektivitas Saluran Kalimalang Dalam Menaggulangi Banjir (Desma Sari, Setiyadi)	77-85
Analisa Hujan Dengan Alat Ukur Hujan Otomatis (Satria Dayvano Mangelep, Setiyadi)	87-92

BIDANG MANAJEMEN KONSTRUKSI, TRANSPORTASI

Analisis Manajemen Rekonstruksi Pasca Bencana Berbasis Teknologi (Pinondang Simanjuntak).....	93-101
Dampak Bencana Alam terhadap Infrastruktur Transportasi (Efendy Tambunan)	103-108
Analisis Pemilihan Moda Transportasi Mahasiswa Menuju Kampus Universitas Kristen Indonesia (Adriana Vania, Chitrai K.H. Atti, Clijster A. Mamoribo, Nabil F. Askar, Natasha Christiani, Revival R.N. Telaumbanua, Gidalti H. Sirait, Efendy Tambunan)	109-116
Analisis Kualitas Pelayanan Kawasan Parkir Berbayar di Kampus Universitas Kristen Indonesia (William T. Dachi, Erlin Ndruru, Hafis Giawa, Caleb C.D. Sarumaha, Elpidar Y. Laia, Goklas P. Sihombing, Edward Gultom, Efendy Tambunan)	117-128
Analisis Kemacetan Lalu Lintas di Ruas Jalan Cawang, Jakarta Timur (Evan Axel Diaz, Korintus Raja Pandapotan, Crespo Sinaga, Alventinus Bago, Enos Hulu, Joyman Buulolo, Efendy Tambunan).....	129-135
Analisis Kemacetan Lalu Lintas di Ruas Jalan Kalimalang Bekasi (Rio I. Silalahi, Ruth N. Bunitte, Michelle G. Tambunan, Putri R. B. Purba, Serina T. A. Aritonang, Stevany J. Simbiak, Efendy Tambunan)	137-144
Kajian Manajemen Resiko Bencana Alam Untuk Mendukung Penyandang Disabilitas (Putri Rimbun Berlian Purba, Candra Christianti Purnomo)	145-152
Analisa Faktor-Faktor Dominan Penyebab Keterlambatan Proyek Bangunan Apartemen LRT City (Fristi Tumiwa, Pinondang Simanjuntak)	153-159
Kajian Adaptasi Kontraktor Menghadapi Kondisi Pandemi Covid 19 (Matildah Pretty, Pinondang Simanjuntak).....	161-166
Kajian Manajemen Konstruksi Pada Mitigasi Bencana Akibat Gempa (Tri Alexander Sihombing, Candra Christianti Purnomo).....	167-173

DAMPAK BENCANA ALAM TERHADAP INFRASTRUKTUR TRANSPORTASI (STUDI KASUS: WILAYAH KOTA MEDAN)

Efendy Tambunan

Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Indonesia

Email: efendy.tambunan@uki.ac.id

Masuk: 10-09-2023, revisi: 25-09-2023, diterima untuk diterbitkan: 30-09-2023

ABSTRACT

Natural disasters are increasingly occurring in Indonesia, including earthquakes, floods, landslides, sea waves, high tides, and poor air quality. One of the impacts of natural disasters is damage to transportation infrastructure and building structures in the Medan City area. In this research, a study was carried out on the impact of natural disasters on the transportation sector in coastal areas by conducting a study of coastal vulnerability by observing tides and coastal aberrations due to high waves in certain seasons at Cermin Beach and Belawan Harbor and land subsidence in Medan City. The method used to measure sea level rise uses Satellite Altimetry, SRTM, tide gauge, and sea level data using level measurements and land subsidence using GPS observations. The research results show that tidal waves and coastal aberration impact settlements and the railway network near Belawan Harbor. Likewise, there is an average land subsidence in the Medan City area of around 1.9 cm per year (land subsidence), resulting in flooding on roads, damage to building structures, and inundation of residential areas.

Keywords: Natural disasters, transportation infrastructure. sea tide, land subsidence, Cermin beach

ABSTRAK

Bencana alam semakin intens terjadi di Indonesia yang merupakan serangkaian peristiwa gempa bumi, banjir, longsor, gelombang laut dan pasang naik, buruknya kualitas udara. Salah satu dampak bencana alam adalah rusaknya infrastruktur transportasi dan struktur bangunan di wilayah Kota Medan. Dalam penelitian ini, dilakukan studi dampak bencana alam terhadap sektor transportasi di wilayah pesisir pantai dengan melakukan studi kerentanan pantai melalui pengamatan pasang surut dan aberasi pantai akibat gelombang tinggi pada musim tertentu di Pantai Cermin dan Pelabuhan Belawan dan penurunan tanah Kota Medan. Metoda yang digunakan untuk mengukur naiknya permukaan laut dengan menggunakan Satelit Altimetri, SRTM, tide gauge, dan data tinggi muka air laut dengan pengukuran waterpas dan penurunan tanah melalui pengamatan GPS. Hasil penelitian menunjukkan bahwa gelombang pasang dan aberasi pantai berdampak hingga ke permukiman dan jaringan rel kereta api dekat Pelabuhan Belawan. Demikian juga terjadi penurunan tanah rata-rata di wilayah Kota Medan sekitar 1,9 cm per tahun (*land subsidence*) yang mengakibatkan banjir di jalan raya, kerusakan struktur bangunan, dan permukiman tergenang.

Kata kunci: bencana alam, infrastruktur transportasi, pasang surut, penurunan tanah, Pantai Cermin

1. PENDAHULUAN

Indonesia adalah salah satu wilayah yang rawan atau sering dilanda bencana alam yang diakibatkan oleh serangkaian peristiwa dari gempa bumi, perubahan cuaca ekstrim, longsor, banjir, aberasi pantai karena pasang naik dan hempasan gelombang laut, dan penurunan tanah (*land subsidence*).

Demikian juga kenaikan permukaan air laut kini menjadi isu strategis global. Menurut Panel antar pemerintah tentang Perubahan Iklim (IPCC) pada tahun 2001 (Houghton et al., 2001) kemungkinan besar pemanasan akan memberikan kontribusi signifikan terhadap kenaikan permukaan laut di masa depan. Namun, kenaikan permukaan laut tidak seragam

secara global (Nicholls et al., 1999). Indonesia merupakan negara kepulauan yang terdiri dari hampir 17.000 pulau dengan total panjang garis pantai melebihi 81.000 km. Perairan Indonesia memiliki variasi pasang surut dan kenaikan permukaan laut (*sea level rise*) yang besar. Meningkatnya *sea level rise* (SLR) merupakan salah satu dampak pemanasan global dan akan menyebabkan terjadinya genangan di banyak pulau-pulau kecil dan pesisir pantai di Indonesia. Permukaan laut di Indonesia telah meningkat sebesar 3-10 mm per tahun (Förster et al., 2011; Saidy & Azis, 2009; Strassburg et al., 2015). Dampak kenaikan permukaan air laut akibat pemanasan global juga merusak infrastruktur transportasi seperti jalan raya, jaringan rel kereta api, Pelabuhan dan bandara dekat Pantai.

Oleh karena itu, pemantauan kenaikan muka air laut dan analisa dampaknya terhadap wilayah pesisir sangat penting dilakukan. Meningkatkan perkiraan perubahan permukaan laut di masa depan diidentifikasi sebagai penelitian penting, yang dapat membantu memberikan informasi mengenai pilihan adaptasi dan respons bagi masyarakat yang bermukim di pesisir pantai. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui tren anomali tinggi muka laut rata-rata di perairan ECNS selama periode 23 tahun pengamatan satelit altimetri dan dampaknya terhadap infrastruktur transportasi dan permukiman.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Sumber Data

Penelitian dilakukan di ECNS (03°39'00"S - 98°38'00"BT hingga 03°53'00"S - 98°58'00" BT). Penelitian ini menggunakan data multi sumber seperti satelit altimetri, SRTM, tide gauge, dan data tinggi muka air. Tren permukaan laut rata-rata regional dianalisis dari data satelit altimetri selama periode 1993-2016 (<http://sealevel.colorado.edu/>). Data model elevasi digital (DEM) digunakan untuk memprediksi wilayah yang akan tergenang akibat kenaikan permukaan air laut. Kami menggunakan Misi Topografi Radar Antar-Jemput NASA (SRTM) 30 m (<https://earthexplorer.usgs.gov/>). Beberapa langkah dalam pengolahan data DEM telah dilakukan seperti pembacaan data, cropping data, ekstraksi data, integrasi. Dampak peningkatan permukaan laut rata-rata, variasi pasang surut, hempasan gelombang besar, perubahan iklim (hidro-oseanograf) dapat mengubah bentuk garis Pantai Cermin.

Selain mengukur tren permukaan laut rata-rata regional, penelitian tambahan tanggal 11-12 September tahun 2023 juga dilakukan untuk menentukan tingkat penurunan tanah (*land subsidence*) di wilayah Kota Medan dengan pengamatan utuh GPS menggunakan CORS di Kota Medan. Hasil pengamatan dengan GPS tersebut dibandingkan dengan pengamatan GPS tahun 2010 (Nugroho, 2010).

Hasil pengumpulan data sebanyak 100 titik benchmark (BM) diperoleh dari Dinas Tata Ruang dan Tata Bangunan, Pemerintah Kota Medan. Data ini diidentifikasi keberadaan dan kondisi fisiknya serta posisinya. Dari hasil identifikasi lapangan, terdapat sejumlah patok yang sudah rusak. Pengamatan GPS untuk penurunan tanah hanya berlangsung selama 2 hari dan hanya 7 titik yang dipakai sebagai BM untuk pengamatan GPS.

2.2. Analisis Data

Data pasang surut per jam selama periode 6 September 2016 hingga 6 Oktober 2016 dianalisis untuk menghitung tinggi muka air laut rata-rata (MSL), Ketinggian Air Terendah (LWL), Rata-rata Mata Air Rendah (MWLS), Neap Air Tinggi Rata-Rata (MHWN), Rata-rata Air Tinggi Neap (MHWN), dan Mean High Water Spring (MHWS). Jenis pasang surut dihitung menggunakan Nomor Formzahl seperti yang ditunjukkan pada persamaan berikut:

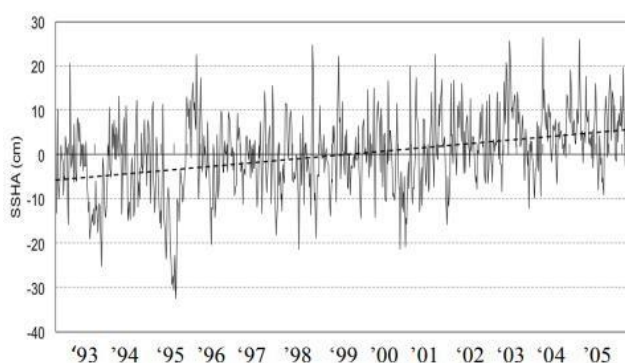
$$F = \frac{(O1 + K1)}{(M2 + S2)} \quad (1)$$

dimana, M2 adalah Bulan utama, K1 adalah Luni-solar diurnal, S2 Matahari utama, O1 adalah Harian bulan utama. Wilayah pesisir yang berpotensi terkena dampak skenario kenaikan muka air laut sebesar 1 dan 2 m adalah dihitung menggunakan perangkat lunak Sistem Informasi Geografis (GIS).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

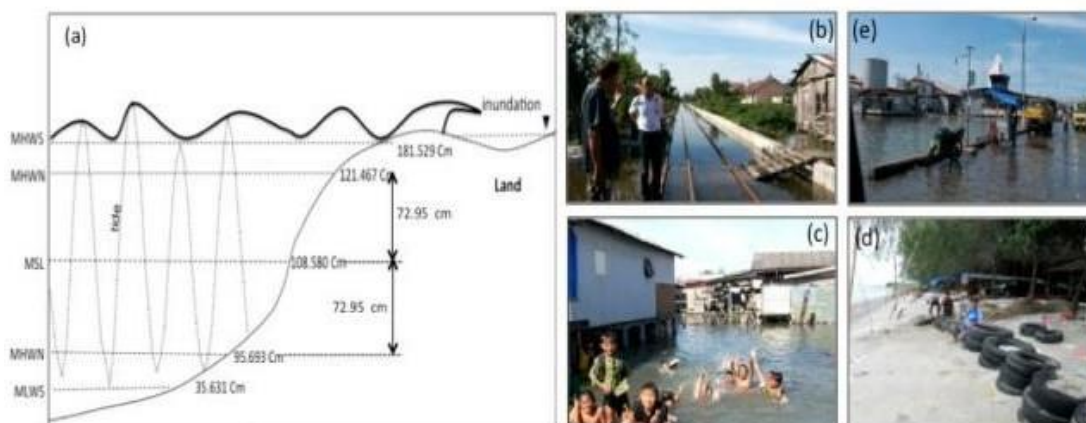
Tren rata-rata tinggi muka air laut selama periode 1993-2016 diperkirakan dari altimetri satelit adalah 5,0 mm/tahun di ECNS (Gbr. 1). Tren ini lebih tinggi dibandingkan tren permukaan laut rata-rata global sebesar 3,4 mm/tahun (Nerem et al., 2010). Wilayah Pesisir Timur Sumatera Utara menunjukkan tren permukaan laut yang sangat bervariasi selama periode 1993-2016. Peningkatan nilai tren ini di wilayah laut Asia Tenggara bagian tenggara meliputi Perairan Indonesia sangat tinggi dalam 2 dekade terakhir. Hal ini dapat dipengaruhi oleh perubahan sirkulasi atmosfer atau samudera (Han et al., 2010). Angin barat khatulistiwa yang lebih kuat terjadi terutama selama monsun musim panas di Asia, sehingga menyebabkan kenaikan permukaan laut di dekat Sumatra dan di Teluk Benggala (Han et al., 2010). Permukaan laut dikendalikan oleh yaitu: volume air laut, volume cekungan laut, dan sebaran air, dan permukaan tanah, yang dipengaruhi oleh deformasi kerak dan pemadatan sedimen (FitzGerald et al., 2008).

Tren naiknya permukaan laut dan gelombang besar menyebabkan tergenangnya infrastruktur jaringan jalan dan rel kereta api, dan mengancam kehidupan jutaan orang yang bermukim di wilayah pesisir. Selain menggenangi pesisir dataran rendah, pasang tertinggi akan meningkatkan kerentanan wilayah pesisir terhadap banjir yang ditimbulkan oleh gelombang badai, dan gelombang pasang astronomi yang ekstrem. Saat permukaan pasang laut naik, badai akan terjadi dan menghasilkan wilayah genangan yang lebih luas.



Gambar 1. Anomali dan Tren Tinggi Muka Laut di Pantai Timur Sumatera Utara

Banjir terlihat di wilayah pantai pesisir, yaitu Pantai Cermin akibat tingginya air pasang saat survei lapangan pada bulan September 2016. Di kota Belawan terjadi banjir besar wilayah pesisir termasuk pelabuhan perikanan, pemukiman, jalan raya dan jalur kereta api (Gbr. 2). Gelombang pasang juga terkena dampak seperti kawasan pertanian dan tempat wisata di sepanjang pantai. Di daerah-daerah ini, kenaikan permukaan air laut akan meningkatkan pengaruh air pasang musiman sehingga menyebabkan area terendah terendam air laut.

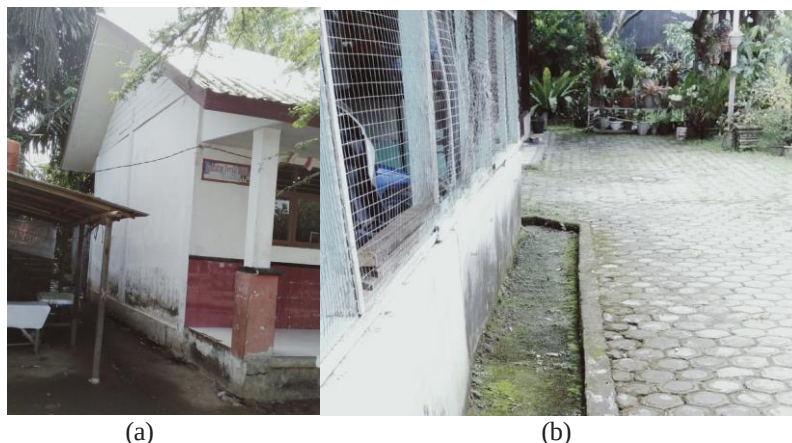


Gambar 2. (a) Ilustrasi genangan di ECNS dan banjir di (b) rel kereta (c) permukiman (d) tempat wisata, dan (e) pelabuhan perikanan, 18-21 Oktober 2017

Wilayah pesisir yang berpotensi terkena dampak skenario kenaikan permukaan laut sebesar 1 dan 2 m dihitung dalam GIS dan dapat merusak infrastruktur transportasi dan permukiman warga pesisir. Tren naiknya permukaan laut rata-rata dan penurunan tanah akan berdampak banjir rob di wilayah pesisir pantai. Survey lapangan yang dilakukan tanggal 11 September 2023 menunjukkan bahwa penurunan tanah mengakibatkan struktur bangunan yang berlokasi dekat pantai rusak (lantai turun dan dinding retak) seperti Gedung Dinas Perikanan di Belawan. Tingkat kerusakan bangunan akibat rob dan penurunan tanah terjadi di Kawasan Pariwisata Pantai Cermin. Banyak tempat rekreasi di wilayah pesisir rusak dan tergenang air laut. Demikian juga lahan pertanian seperti cabe dan jagung di wilayah pesisir tergenang air laut yang akan merusak pertumbuhan tanaman tersebut.

Penurunan tanah di wilayah Kota Medan tidak sama setiap lokasi. Dari tahun 2010 hingga tahun 2023, rata-rata penurunan tanah sekitar 25,28 cm atau 1,9 cm/tahun. Berdasarkan wawancara yang dilakukan per tanggal 12 September 2023 terhadap karyawan Sub-Puskesmas Kelurahan Gedung Johor, setiap turun hujan dengan intensitas tinggi, maka lokasi Gedung Sub-Puskesmas tersebut selalu tergenang air. Genangan air terjadi karena tinggi lahan Gedung Sub-Puskesmas tersebut lebih rendah dari sekitarnya (Gamba 3a). Penurunan tanah tidak hanya menyebabkan genangan dan banjir di wilayah Kota Medan tetapi juga menyebabkan gedung sekolah SD Negeri 064 di Jalan Bunga Rampai, Kecamatan Medan Tuntungan terlihat miring ke arah belakang karena penurunan tanah tidak merata di lahan sekolah tersebut. (Gambar 3b).

Penurunan tanah disebabkan oleh meningkatnya intensitas tata guna lahan seperti perubahan peruntukan lahan dari tanah kosong menjadi bangunan rumah dan gedung, eksploitasi air tanah dalam skala massif, menyusutnya ruang terbuka hijau, dan kondisi geologis wilayah Kota Medan terdiri dari endapan bongkah-bongkah, kerikil, pasir lanau, dan lempung.



Gambar 3. (a) Gedung SD Negeri 064 Jalan Bunga Rampai, Medan Tuntungan, miring ke arah belakang (3b) Bekas genangan air (tembok warna hitam) akibat penurunan muka tanah di Sub-Puskesmas Kelurahan Gedung Johor, 12 September 2023

4. KESIMPULAN

Bencana alam yang sering terjadi akhir-akhir ini di wilayah pesisir Pantai Cermin dan Kota Medan berdampak besar terhadap kesehatan, lahan pertanian dan infrastruktur transportasi. Penelitian ini menunjukkan bahwa pemanasan global dan perubahan cuaca yang ekstrem mengakibatkan air laut naik 1-2 meter dalam waktu 20 tahun dan berdampak terhadap jaringan rel kereta api dekat Pelabuhan Belawan. Demikian juga jalan raya di kota Medan sering tergenang banjir oleh banyak hal, salah satunya terjadinya penurunan tanah. Selain itu, bencana alam ini berdampak besar terhadap banjir pada permukiman penduduk di wilayah pesisir.

DAFTAR PUSTAKA

- FitzGerald, D. M., Fenster, M. S., Argow, B. A., & Buynevich, I. V. (2008). Coastal impacts due to sea-level rise. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 36(January 2018), 601–647. <https://doi.org/10.1146/annurev.earth.35.031306.140139>
- Förster, H., Sterzel, T., Pape, C. A., Moneo-Lain, M., Niemeyer, I., Boer, R., & Kropp, J. P. (2011). Sea-level rise in Indonesia: On adaptation priorities in the agricultural sector. *Regional Environmental Change*, 11(4), 893–904. <https://doi.org/10.1007/s10113-011-0226-9>
- Han, W., Meehl, G. A., Rajagopalan, B., Fasullo, J. T., Hu, A., Lin, J., Large, W. G., Wang, J. W., Quan, X. W., Trenary, L. L., Wallcraft, A., Shinoda, T., & Yeager, S. (2010). Patterns of Indian Ocean Sea-Level Change in A Warming Climate. *Nature Geoscience. LETTERS.PUBLISHED ONLINE: 11 JULY 2010 | DOI: 10.1038/NCEO901. Www.Nature.Com/Naturegeoscience*, 3(8), 546–550. <https://doi.org/10.1038/ngeo901>
- Houghton, J. T., Ding, Y., Griggs, D. J., Noguer, M., Linden, P. J. van der, Dai, X., Maskell, K., & Johnson, C. A. (2001). Climate Change 2001: The Scientific Basis. In *Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Published for the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. ISBN 0521 80767 0 hardback* (Issue January). <http://www.metoffice.gov.uk>
- Nerem, R. S., Chambers, D. P., Choe, C., & Mitchum, G. T. (2010). Estimating Mean Sea Level Change from the TOPEX and Jason Altimeter Missions. *Marine Geodesy*, 33, 435–

446. <https://doi.org/10.1080/01490419.2010.491031>
- Nicholls, R. J., Hoozemans, F. M. J., & Marchand, M. (1999). Increasing flood risk and wetland losses due to global sea-level rise: Regional and global analyses. *Global Environmental Change*, 9(SUPPL.). [https://doi.org/10.1016/S0959-3780\(99\)00019-9](https://doi.org/10.1016/S0959-3780(99)00019-9)
- Saidy, a. R., & Azis, Y. (2009). Sea Level Rise in South Kalimantan, Indonesia - An Economic Analysis of Adaptation Strategies in Agriculture. In *Economic Analysis*.
- Strassburg, M. W., Hamlington, B. D., Leben, R. R., Manurung, P., Gaol, J. L., Nababan, B., Vignudelli, S., & Kim, K. Y. (2015). Sea Level Trends in Southeast Asian Seas. *Climate of the Past*, 11(5), 743–750. <https://doi.org/10.5194/cp-11-743-2015>