

# DATA GEOLOGI DAN GEOFISIKA SELAT LEMBEH SEBAGAI PENDUKUNG PENGEMBANGAN INFRASTRUKTUR PELABUHAN

## GEOLOGICAL AND GEOPHYSICAL DATA IN LEMBEH STRAIT AS PORT INFRASTRUCTURE DEVELOPMENT SUPPORT

Nineu Yuyu Geurhaneu, Godwin Latuputty dan Delyuzar Ilahude

Puslitbang Geologi Kelautan, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral  
Jl. Dr. Junjuran No. 236, Bandung 40174  
Email : inu\_agiel@yahoo.com

Diterima : 06-05-2018, Disetujui : 30-10-2018

### ABSTRAK

Selat Lembeh sepanjang 16 km dengan lebar sekitar 1 km mempunyai kedalaman laut mencapai 380 m di bagian utaranya, memasuki selatnya mendangkal (20 m) dan ke arah selatannya mendalam (120 m). Dasar laut Selat Lembeh ditutupi oleh sedimen permukaan pasir kerikilan dan kerikil pasiran yang berkomposisi volkanoklastik dan bioklastik bersifat gampingan. Ke dua jenis sedimen ini relatif mempunyai kesesuaian dengan hasil interpretasi *sidescan sonar* dan seismik, masing-masing sebagai pasir dan sedimen berbutir sedang-kasar (Runtunan D). Daratannya, berdasarkan peta geologi Daerah Bitung dan sekitarnya didominasi oleh batuan gunungapi muda dengan kemiringan pantai antara 0-5° dan tidak ditemukan adanya indikasi sesar. Daerah penelitian mempunyai besaran kegempaan magnitudo kecil dan tsunami terlindung oleh Pulau Lembeh. Kawasan ini berdasarkan peta hidrogeologi termasuk kedalam akuifer setempat, produktif sampai produktif sedang penyebaran luas. Data dasar geologi dan geofisika ini sangat berperan dalam pengembangan Selat Lembeh terutama rencana pengembangan infrastruktur di kawasan Bitung dan sekitarnya.

**Kata kunci:** Kedalaman laut, sedimen permukaan, batuan gunungapi muda, topografi, akuifer dan pengembangan Selat Lembeh.

### ABSTRACT

*The Lembeh Strait with a length of 16 km and a width of about 1 km has a depth of 380 m in its northern part, entering the strait has a shallow depth of 20 m and to the south it has a depth of 120 m. The seabed of the Lembeh Strait is covered by surface sediment of gravelly sand and sandy gravel formed by volcanoclastic and bioclastic materials. The two types of sediments are relatively similar to the results of the side scan sonar and seismic interpretations, each of which is sand and medium-coarse grain sediments (Sequence D). In the mainland, based on the geological data of the Bitung Region and its surroundings, its lithology is dominated by young volcanic rocks with a slope on the coast between 0-5o and no indications of faults were found. This area is valued of seismicity relatively small magnitude and safe from tsunami waves because it is protected by Pulau Lembeh. This area based on hydrogeological data is classified into local aquifers, productive to medium productive with wide distribution. The basic data of the geological and geophysical aspects play a part in the development of the Lembeh Strait, especially the infrastructure development plan in the Bitung area and its surroundings.*

**Keywords:** *Depth of sea, surface sediment, young volcanic rocks, topography, aquifers and development of Lembeh Strait.*

## PENDAHULUAN

Selat Lembeh, Bitung, Sulawesi Utara diketahui sebagai kawasan Pelabuhan Nusantara yang memberikan kemudahan pergerakan arus barang dan produksi dalam bentuk Kawasan Ekonomi Khusus (Gambar 1). Disamping itu di daerah Bitung, lokasi yang dijadikan KEK adalah di kawasan industri Tanjung Merah yang memiliki luas 512 ha. Kawasan ini diproyeksikan untuk aktivitas ekonomi bagi tiga kelompok industri, yaitu industri berbasis sumber-sumber daya alam yang porsinya sekitar 20-25%, industri pendukung untuk pengolahan ikan 40%, dan industri kemasan 40% (Salim, dr., 2014).

Keadaan pantai sekitar pelabuhan Bitung umumnya curam dengan alur masuk pelabuhan dari Selatan dan Utara Selat Lembeh. Pelabuhan Bitung mempunyai panjang alur 9 mil, lebar 800 m, kedalaman minimum 16 m dengan luas kolam 4.32 Ha. Kedalaman kolam minimum 12 meter dengan dasar laut berupa tanah liat dan pasir (Dinas Hidro-Oseanografi, 2014).

Berikut ini disajikan *layout* Pelabuhan Bitung kondisi eksisting (Gambar 2) dan *masterplan* pengembangan sampai dengan tahun 2025 (Gambar 3).

Data dasar geologi dan geofisika perairan Selat Lembeh sangat penting untuk pengembangan pembangunan infrastruktur pelabuhan. Salah satu data dukung ini adalah data geologi wilayah pesisir dan laut daerah Bitung.

Lokasi penelitian geologi wilayah pesisir dan laut perairan Bitung disajikan pada Gambar 4.

### Geologi Regional

Tatanan geologi daerah Bitung ditutupi oleh Aluvium (Qal) yang terdiri atas kerakal, kerikil, pasir, dan lumpur. Breksi dan batupasir (Tps), terdiri dari breksi-konglomerat, berselingan dengan batupasir halus hingga kasar, lanau dan

lempung berwarna abu-abu kecoklatan batuan sedimen ini berumur Pliosen (Effendi & Bawono, 1997) (Gambar 5).

Di daerah Bitung dijumpai batuan gunungapi muda (Qv), terdiri dari: lava, bom, lapili dan abu yang membentuk gunung strato muda antara lain: G. Sopotan, G. Mahawu, G. Lokon, G. Klabat, G. Tongkoku dan Tufa Tondano (Qtv). Disamping itu juga batuan gunungapi berupa klastik kasar berkomporsi andesit serta batuan gunungapi (Tmv) yang terdiri dari breksi, lava dan tuf (Effendi dan Bawono, 1997).

### Hidrogeologi

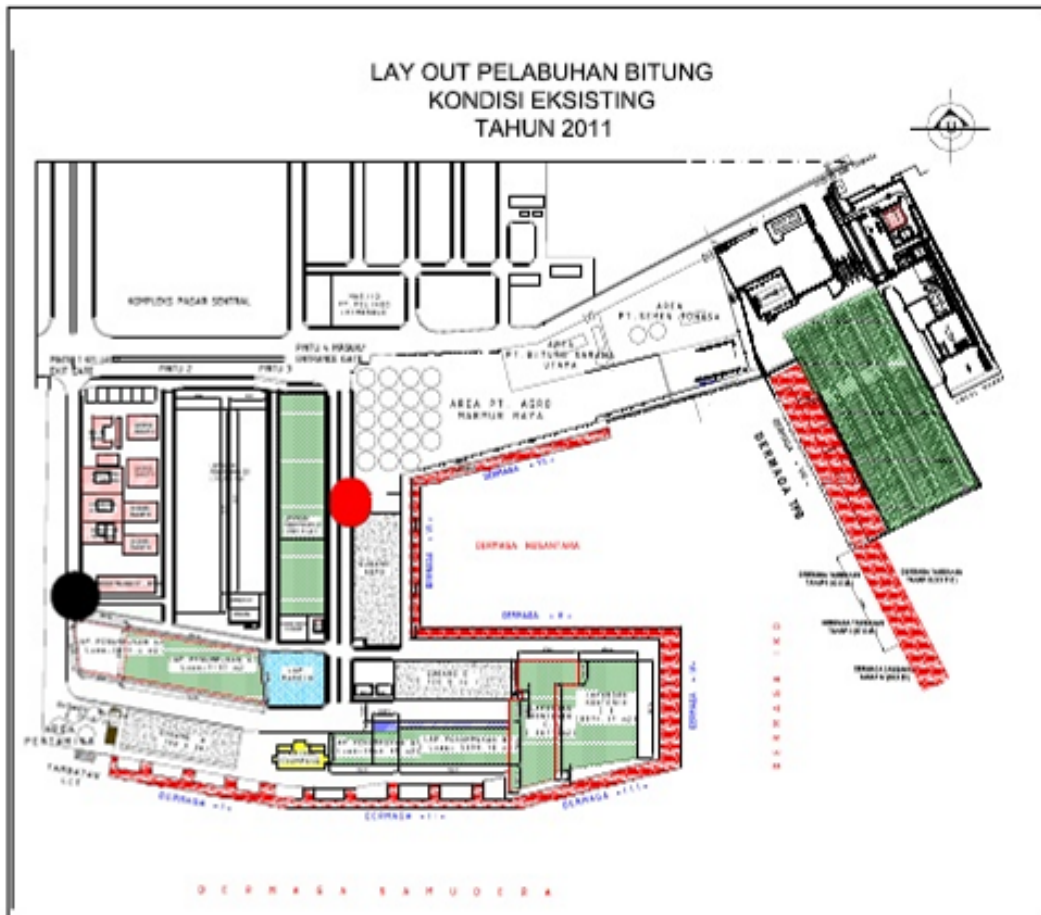
Berdasarkan peta hidrogeologi yang dikeluarkan oleh Badan Geologi (1983), kondisi akuifer di lokasi penelitian dapat dibagi menjadi empat (Gambar 6). Pertama, daerah air tanah langka dengan penyebaran di Gunung Duasaudara, Gunung Tangkoko, Gunung Klabat, Gunung Tatelu dan bagian tengah Pulau Lembeh. Kedua, setempat, daerah akuifer produktif dengan penyebaran di sekitar yang mengelilingi ketiga gunung (Tangkoko, Klabat, dan Tatelu). Ketiga, daerah akuifer produktif kecil, setempat berarti dengan penyebaran bagian sisi luar dari pulau Lembeh dan bagian utara lokasi penelitian. Keempat, daerah akuifer produktif sedang dengan penyebaran luas, yaitu di sepanjang pantai mulai dari Kema, Kauditan, Donowudu, Bitung dan Batuputih.

### METODE

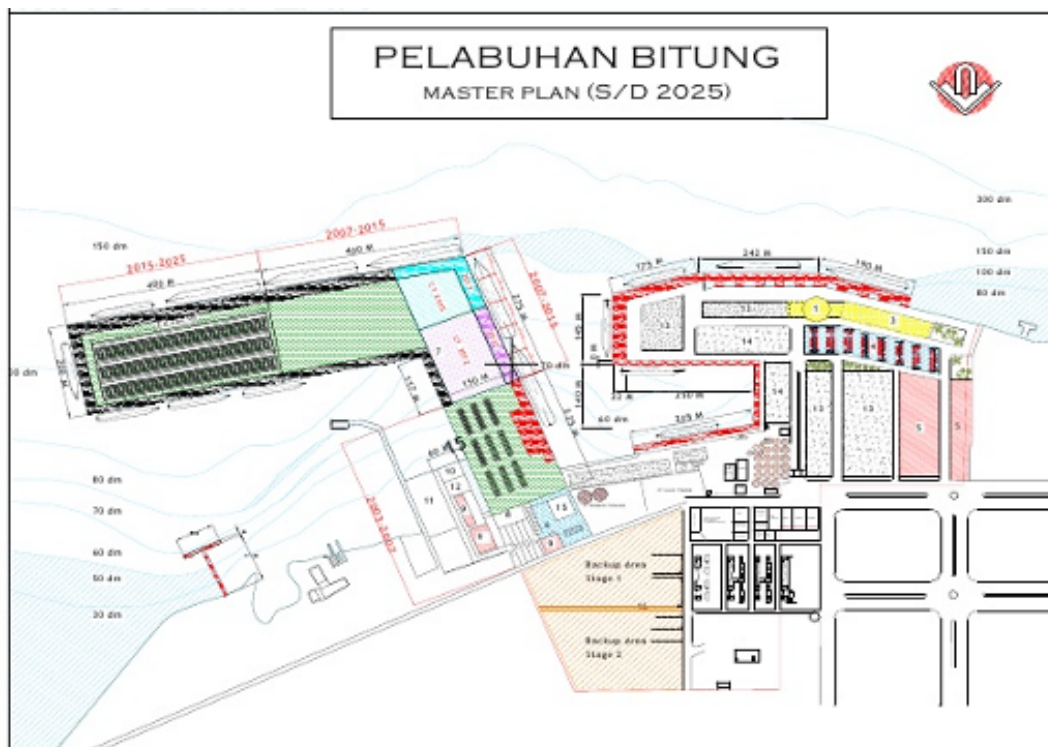
Metode pengumpulan data berdasarkan data primer dan Sekunder (Tabel 1). Data primer berupa seismic, *side scan sonar* dan batimetri. Data sekunder berupa geologi, hidrogeologi, sebaran gempa regional, daerah rawan tsunami, kemiringan lereng, curah hujan dan angin.



Gambar 1. Pelabuhan Umum Bitung

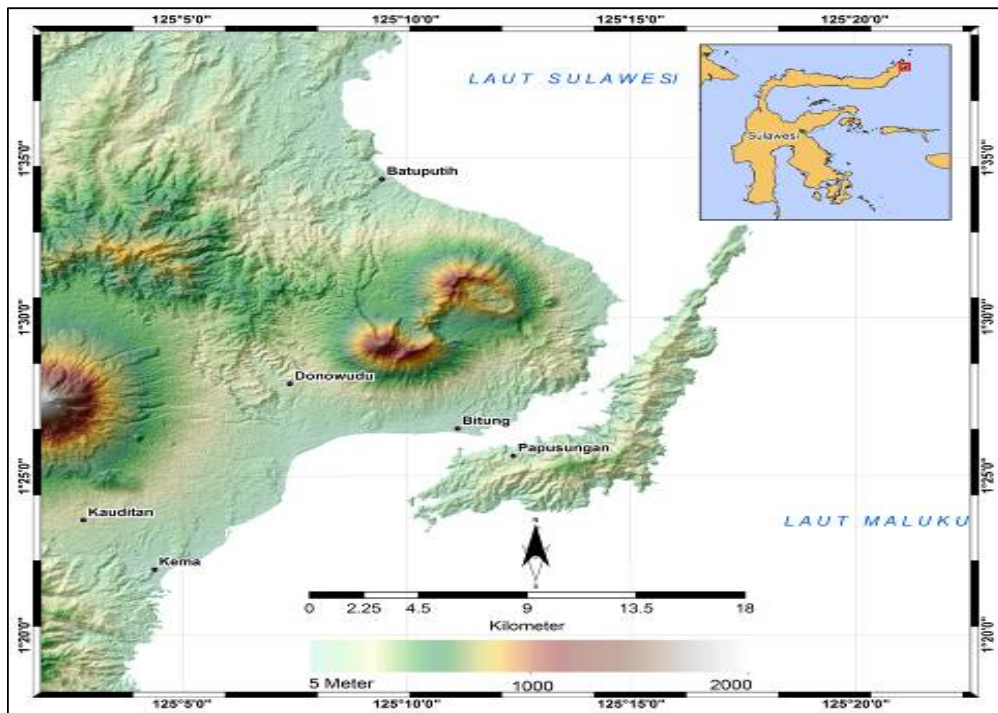


Gambar 2. Layout Pelabuhan Bitung kondisi eksisting (PT. Pelindo IV, 2011)

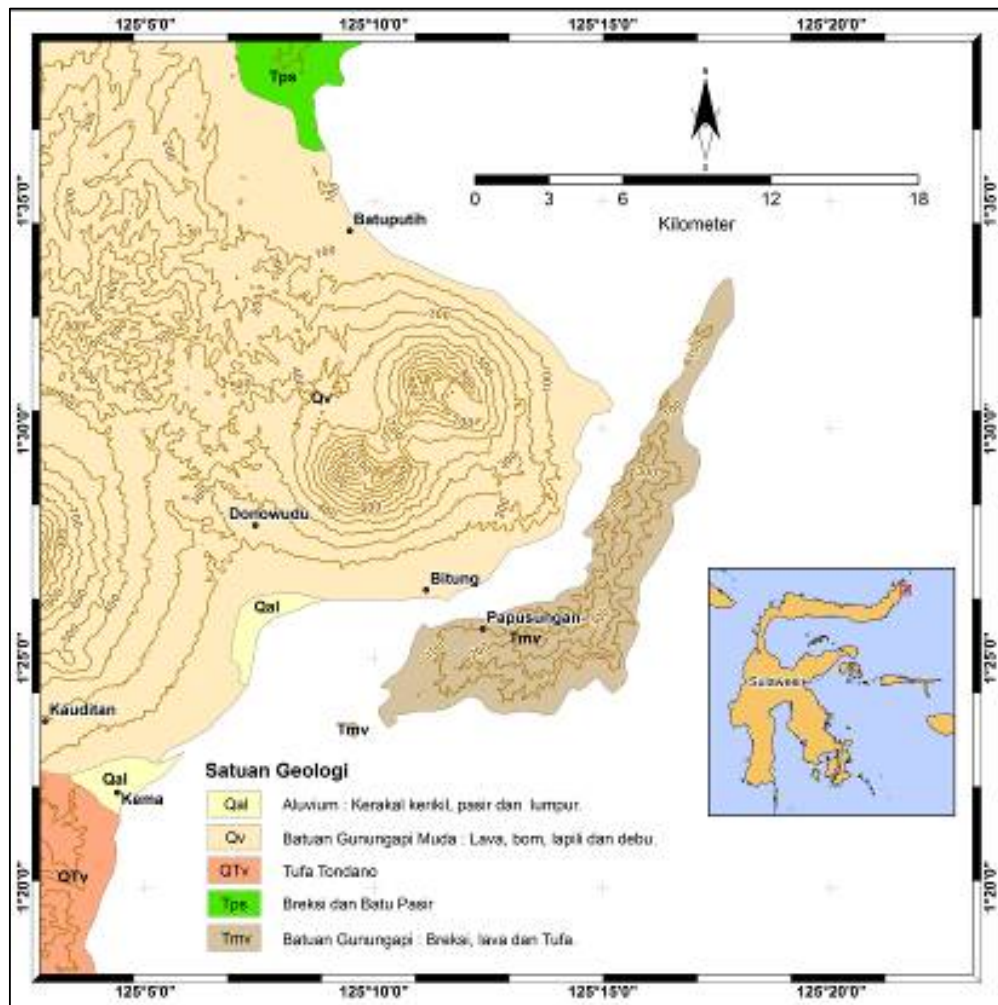


Gambar 3. Masterplan pengembangan Pelabuhan Bitung sampai dengan tahun 2025 (PT. Pelindo IV, 2011)

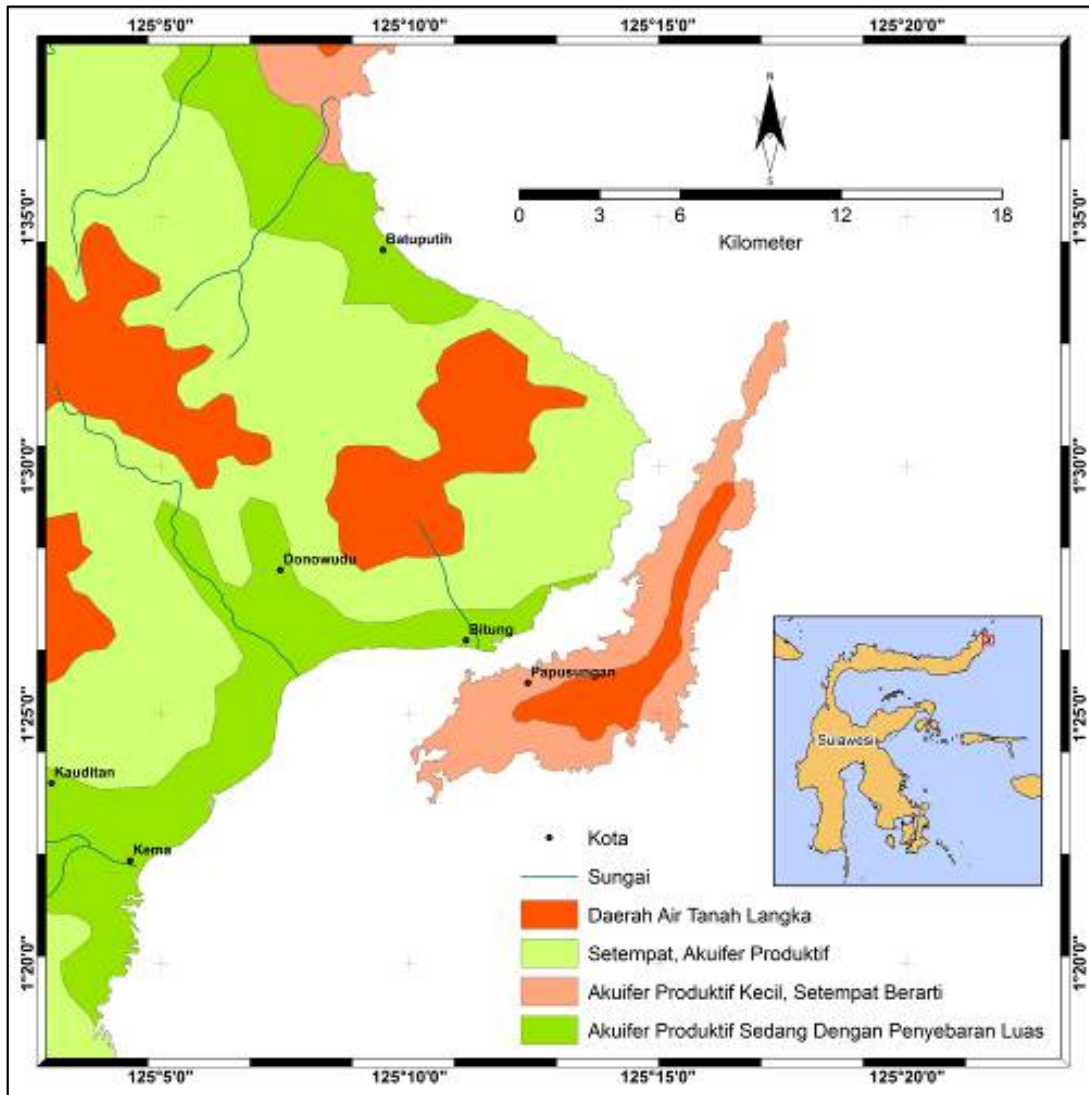




Gambar 4. Lokasi studi perairan Bitung dan sekitarnya



Gambar 5. Peta geologi daerah Bitung dan sekitarnya (Effendi & Bawono, 1997)



Gambar 6. Peta hidrogeologi daerah Bitung dan sekitarnya (Sukrisno, 1983)

Tabel 1. Daftar data aspek geologi, oseanografi, dan klimatologi

No	Parameter	Tahun	Penerbit	Keterangan
1	Geologi	1997	P3G	Lembar peta Peta Geologi Lembar Manado, Sulawesi Utara Skala 1:250.000
2	Hidrogeologi	1983	GTL	Peta skala 1:250.000
3	Sebaran gempa regional		PVMBG	Peta skala 1:5.000.000
4	Daerah rawan tsunami	2003	P3GL	Wilayah Rawan Bencana Tsunami Sulawesi Utara
5	Kemiringan lereng	2009	<a href="https://www.asf.alaska.edu/sar-data/palsar/">https://www.asf.alaska.edu/sar-data/palsar/</a>	Resolusi spasial : 12,5 m
6	Kedalaman laut	2000	Pushidrosal	Lembar peta no.344 Skala 1:200.000
7	Seismik	2006	P3GL	Rekaman
8	<i>Side scan sonar</i>	2006	P3GL	Rekaman
9	Curah hujan	2004-2013	BMKG	
10	Angin	2004-2013	BMKG	

Data dasar tersebut di atas dianalisis secara deskriptif untuk dijadikan sebagai masukan bagi pengembangan kawasan Selat Lembeh dan sekitarnya.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Mokoagouw (2000), mengatakan bahwa gelombang merupakan salah satu sumber energi terpenting di pantai, untuk transportasi sedimen dari pantai dan ke pantai. Pada umumnya, gelombang disebabkan oleh angin yang bertiup di atas permukaan laut. Peran gelombang akan sangat nyata apabila mendekati garis pantai, sebab pada bagian tersebut energi gelombang bergerak ke pantai yang menyebabkan pergerakan sedimen di sepanjang pantai.

Daerah perairan Selat Lembeh cukup terlindung dari penetrasi gelombang. Gelombang yang terjadi umumnya dipengaruhi oleh angin lokal dengan arah dominan dari Selatan, Barat Daya dan Timur Laut. Maksimum gelombang yang diprediksi pada bagian Tengah Selat Lembeh adalah 0,5 m, sedangkan pada bagian ujung Barat Selat Lembeh adalah 1,91 m (Mokoagouw D, 2000). Dari data arus pasang surut menunjukkan kecepatan arus maksimum di permukaan sampai menengah antara 1,34-2,26 m/det dan di bagian bawah 1,3-1,7 m/det. Kecepatan arus maksimum terjadi pada saat *spring tide* jam 10:20:16 WITA dengan arah timurlaut-baratdaya (Ilahude drr., 2016).

Dari aspek topografis, sebagian besar daratan Kota Bitung berbukit 45,06 %, bergunung 32,73 %, daratan landai 4,18 % dan berundulasi 18,03 %. Di bagian timur mulai dari pesisir pantai Aertembaga sampai dengan Tanjung Merah di bagian barat, memiliki topografi pantai relatif datar dengan kemiringan 0-5° (Gambar 7), sehingga secara fisik dapat dikembangkan sebagai wilayah perkotaan, industri, perdagangan dan jasa.

Pulau Lembeh, yang berada di seberang Pelabuhan Bitung dapat berfungsi sebagai *breakwater* alamiah sehingga melindungi pelabuhan dari gangguan angin dan gelombang bagi kapal-kapal yang berlabuh di Pelabuhan Bitung. Disamping itu, daerah Bitung termasuk dataran rendah yang berlatar belakang pegunungan berapi Minahasa yang menerus ke Mindanao melalui punggung Sangihe. Di beberapa tempat terdapat sesar yang merupakan celah tempat keluarnya sumber air panas. Gunung-gunung yang menjulang di sekitar Bitung adalah Gunung Dua Saudara (1.136 m di sebelah Barat dan 1.185 m di

sebelah Timur), Gunung Batu Angus Baru (441 m) dan Gunung Klabat (2.022 m). Kaki-kaki gunung ini merendah hingga membentuk dataran rendah pantai (Effendi & Bawono, 1997).

Hail pengukuran kedalaman laut menunjukkan Selat Lembeh sepanjang 16 km dari timur laut ke baratdaya dengan lebar tersempit sekitar 1 km mempunyai kedalaman bervariasi antara 20-400 m. Di bagian utara mencapai kedalaman 380 m, dan memasuki Selat Lembeh pada penampang A-B terlihat mendangkal hingga mencapai 20 m dan ke arah selatannya mendalam hingga 120 m (Gambar 8 dan 9).

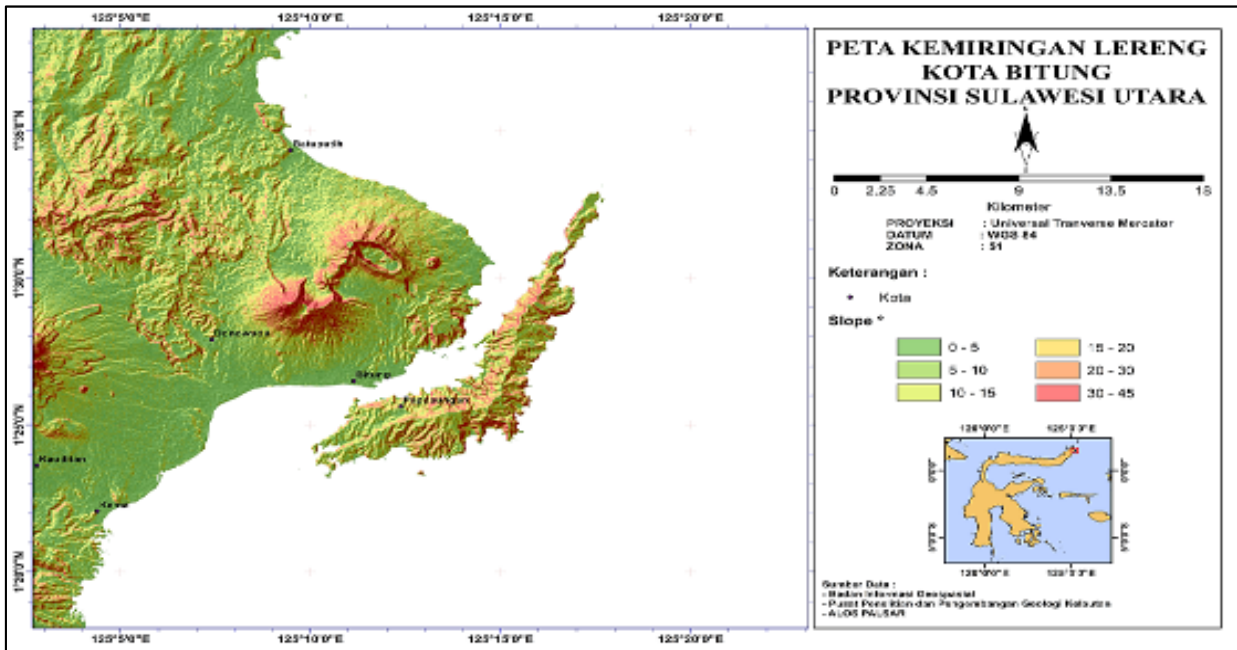
Data seismik berupa *analog record*, digunakan untuk mengetahui tatanan geologi bawah permukaan dan ketebalan lapisan sedimen (Gambar 10). Dengan mengacu konsep seismik stratigrafi (Ringis, 1986), maka pembagian karakter pantulan menjadi runtunan dilihat berdasarkan kontak ketidakselarasan dalam rekaman seismik. Kontak ketidakselarasan dapat berupa pemat erosi (*erosional truncation*) atau kontak membaji (*onlap*).

Hasil rekaman seismik di perairan Selat Lembeh sangat kontras antara perairan dangkal dan dalam yang terlihat pada lintasan L-21 A (Gambar 11). Pada lintasan L-21 A yang diambil di perairan Selat Lembeh, rekaman seismik tersebut memperlihatkan paling tidak, ada empat runtunan yang dapat diidentifikasi yaitu runtunan A, B, C dan D. Runtunan A di bagian bawah, kemudian secara berurutan di atasnya diendapkan runtunan B, C dan D. Sedimen pada runtunan D diduga merupakan sedimen berbutir sedang hingga kasar dengan ketebalan bervariasi.

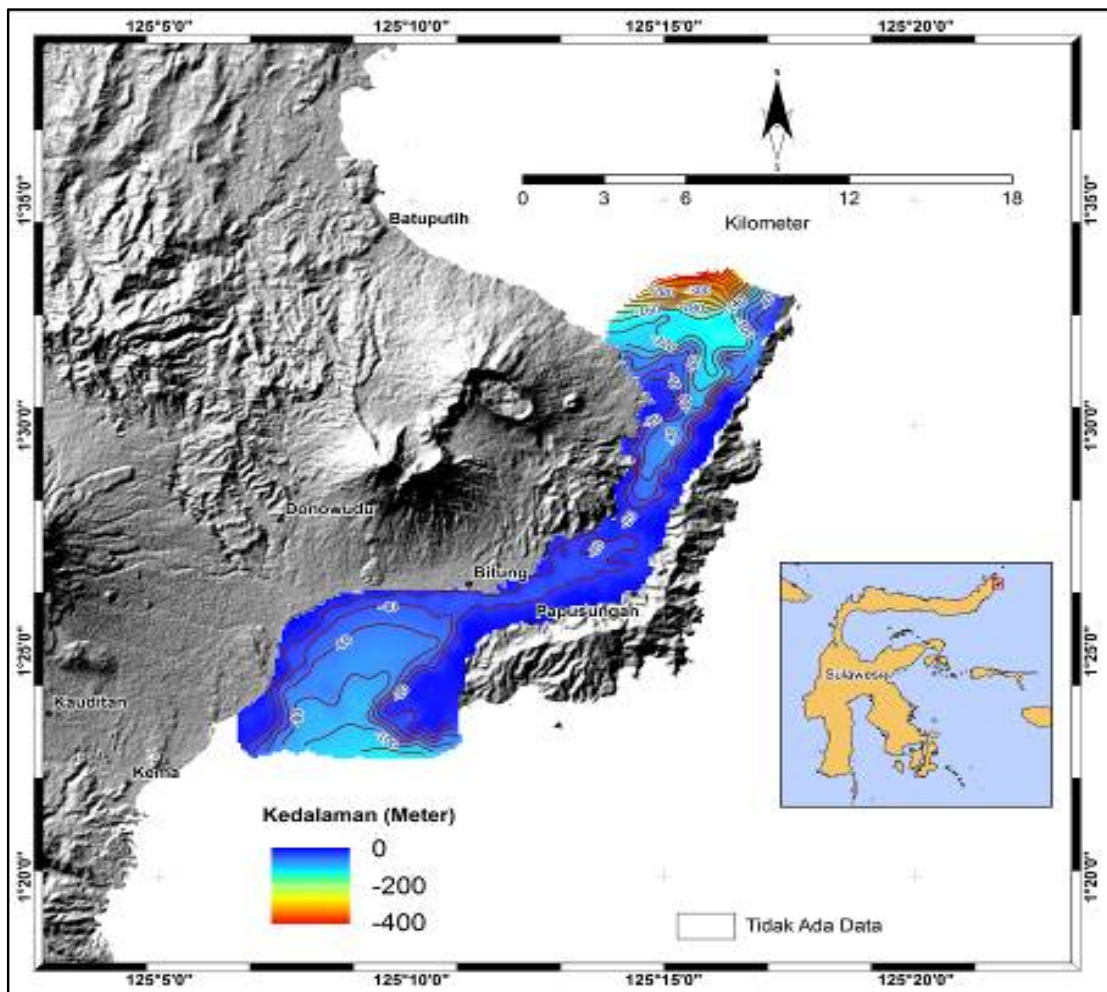
Side scan Sonar hanya dilakukan pada kedalaman laut antara 10-100 m dengan arah lintasan relatif sejajar garis pantai. Dengan aplikasi metode tersebut maka berdasarkan Blondel dan Murton, (1997) serta Fish dan Carr (1990), bahwa sistem ini telah memberikan hasil optimal terutama untuk mengidentifikasi benda-benda di dasar laut yang dapat mengganggu alur pelayaran, khususnya yang menuju pelabuhan Bitung dan sekitarnya (Gambar 11). Demikian juga beberapa lokasi yang telah mengalami penggalian untuk pembangunan infrastruktur di kawasan pelabuhan Bitung dapat dengan mudah teridentifikasi (Gambar 12).

Hasil rekaman *sidescan sonar* memperlihatkan bahwa endapan sedimen permukaan dasar laut di sekitar Perairan Selat Lembeh dibentuk oleh pasir. Kondisi ini relatif

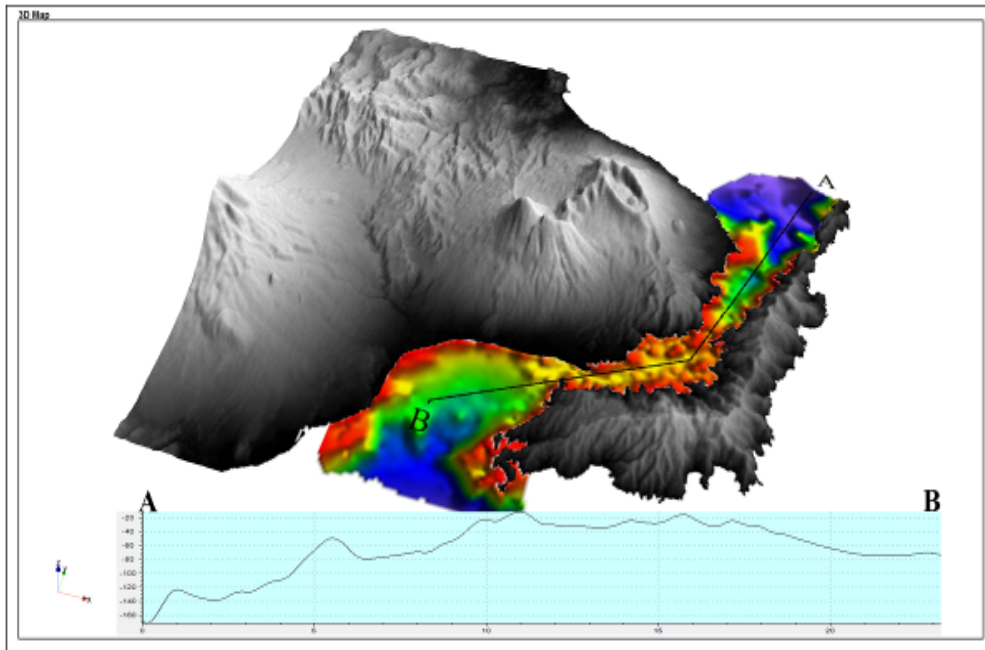




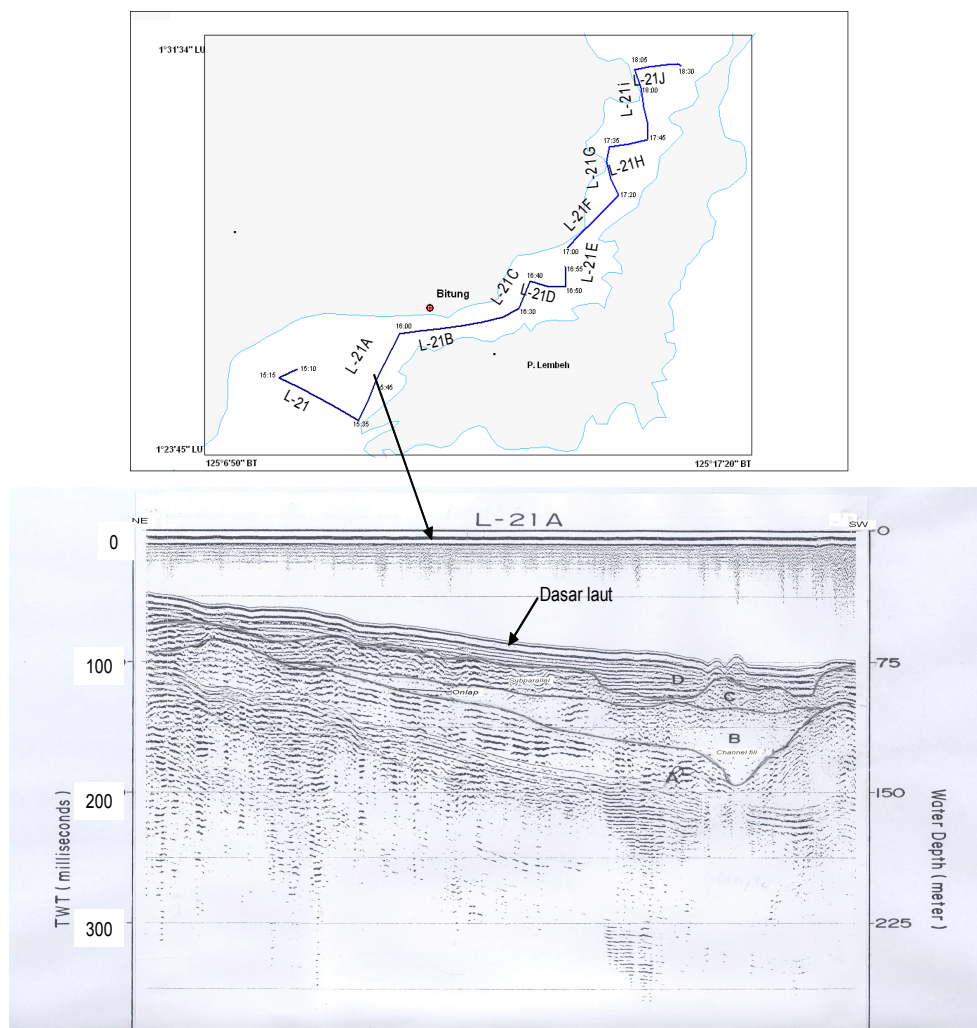
Gambar 7. Peta kemiringan lereng daerah Bitung



Gambar 8. Peta kedalaman laut selat Lembeh (Ilahude, dr., 2006)

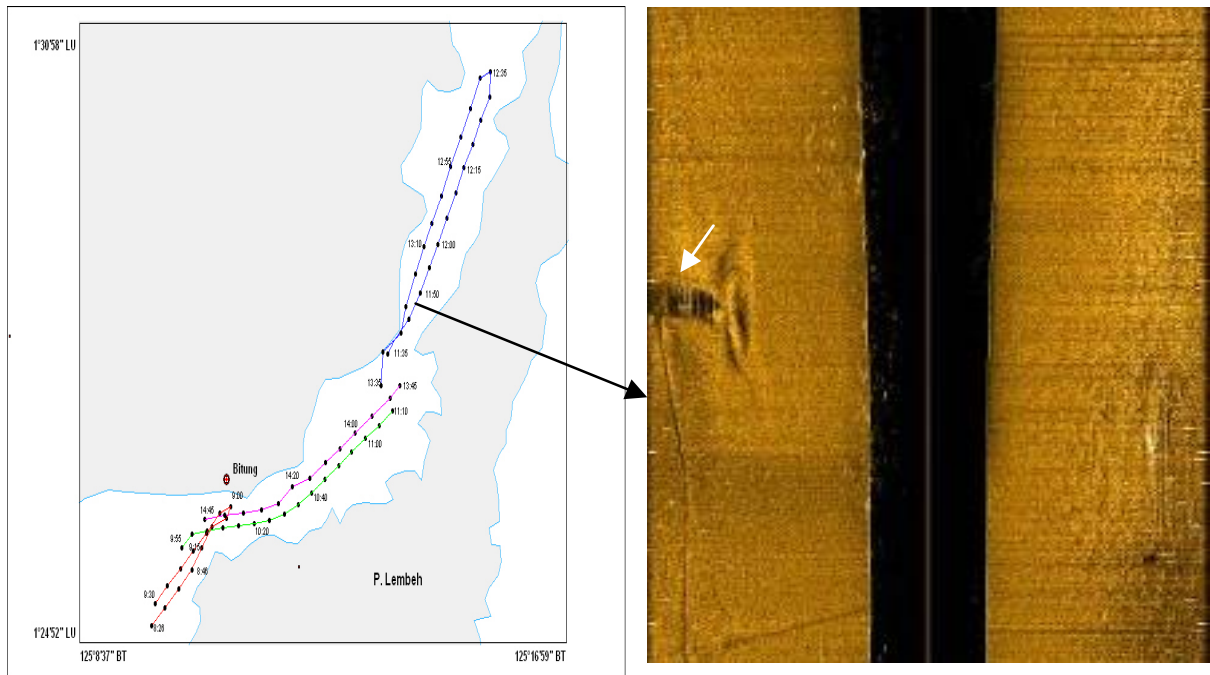


Gambar 9. Profil kedalaman Selat Lembeh (Ilahude, drr., 2006)

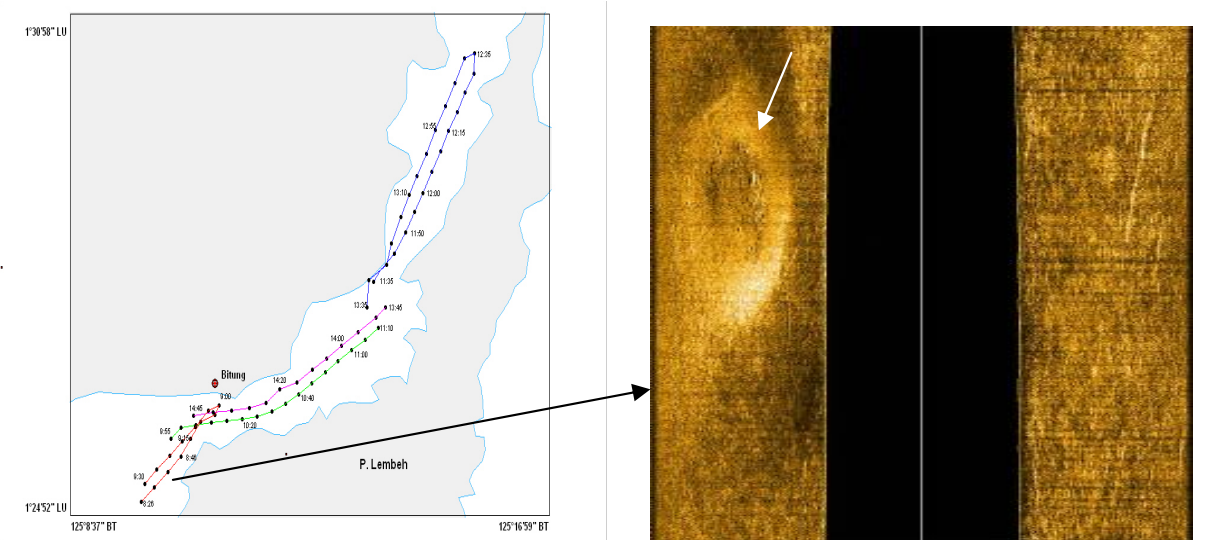


Gambar 10. Contoh rekaman seismik lintasan L-21 A di perairan Selat Lembeh (Ilahude, drr., 2006)





Gambar 11. Lintasan survei side scan sonar yang memperlihatkan bangkai kapal yang tenggelam di perairan Selat Lembeh di bagian timurlaut Pelabuhan Bitung (Ilahude, drr, 2006).



Gambar 12. Lintasan survei side scan sonar yang memperlihatkan jejak penggalian di sekitar perairan Selat Lembeh bagian selatan. (Ilahude, drr., 2006)

mempunyai kesesuaian dengan sebaran sedimen hasil klasifikasi sedimen.

Sebaran sedimen Perairan Selat Lembeh tersebut di atas didominasi oleh fraksi sedimen ukuran pasir hingga kerikil (*skala wentworth*) dengan jenis pasir kerikil dan kerikil pasiran. Ke dua jenis sedimen ini umumnya disusun oleh bioklastik dan litik/batuan. Dominasi material bioklastik bersifat gampingan berada didekat terumbu karang sekitar kepulauan. Sebaliknya dominasi material litik/batuan berada di sekitar Selat Lembeh dan sekitar pantai dengan singkapan batuan vulkanik.

Tatanan batuan di perairan Selat Lembeh sangat mendukung untuk pengembangan pembangunan infrastruktur di Selat Lembeh. Selain itu didukung juga oleh jenis sedimen permukaan dasar laut, dan runtunan A, B, C, dan D hasil interpretasi rekaman seismik. Interpretasi rekaman seismik menunjukkan karakter lapisan sedimen berbutir sedang hingga kasar, ketebalan bervariasi dan tidak dijumpai indikasi adanya sesar (Gambar 10). Berdasarkan data SBP Perairan Selat Lembeh (Solikin dr., 2017) dikatakan sedimen permukaan ini memiliki ketebalan 4 m dengan kedalaman perairan antara 17-21 m.

Secara regional daerah penelitian merupakan daerah rawan gempa bumi namun potensi besarnya kecil sehingga pengembangan infrastruktur perlu mendapatkan perhatian terutama dalam perencanaan desain dan kualitas bangunannya. Demikian juga di pesisir pantai utara, timur dan selatan Sulawesi Utara rawan terhadap gelombang tsunami, akan tetapi karena perairan Bitung merupakan perairan tertutup dan terlindung oleh Pulau Lembeh maka efek gelombang tsunami dapat diredam oleh Pulau Lembeh.

Berdasarkan data hidrogeologi menunjukkan daerah Bitung berada pada daerah akuifer setempat, produktif sampai produktif sedang penyebaran luas sehingga kebutuhan air bisa terpenuhi.

## KESIMPULAN

Data dasar beraspek geologi berupa sedimen permukaan dasar laut yang terdiri atas pasir kerikil dan kerikil pasiran, dominasi batuan gunungapi muda yang terdiri atas lava, bom, lapili dan abu vulkanik; kemiringan pantai yang relatif datar, tidak adanya indikasi sesar, rawan gempa bumi dengan besaran kecil dan hidrogeologi tergolong akuifer setempat,

produktif sampai produktif sedang penyebaran luas. Data beraspek geofisika berupa kedalaman laut antara 20-400 m, hasil interpretasi *sidescan sonar* sebagai pasir dan interpretasi seismik Runtunan D sebagai sedimen berbutir sedang-kasar, dan rawan tsunami akan tetapi terlindung oleh Pulau Lembeh.

Data dasar beraspek geologi dan geofisika tersebut di atas memiliki nilai strategis yang dapat memberikan kontribusi bagi akselerasi pertumbuhan ekonomi nasional pada umumnya dan Sulawesi Utara pada khususnya. Pengembangan infrastruktur di Selat Lembeh akan berperan aktif dalam hubungan antar daerah, sehingga dengan demikian akan terwujud kondisi sosial ekonomi yang merata serta mendukung kawasan ekonomi khusus (KEK).

## DAFTAR ACUAN

- Dinas Hidro-Oseanografi, 2014. *Kepanduan Bahari Indonesia Wilayah II, 2014*, Dinas Hidro-Oseanografi, Jakarta.
- Dinas Hidro-Oseanografi, 2000. *Peta Laut Indonesia, Lembar Sulawesi – Pantai Utara dan Pantai Timur Laut Tanjung Mariri hingga Tanjung Tolu*, Dinas Hidro-oseanografi, Jakarta.
- PT. Pelindo IV, 2011. Rencana, Strategi Implementasi Dan Roadmap Pembangunan Pelabuhan Di Kawasan PT. Pelindo IV (Persero).
- Blondel, P., and B. J. Murton, 1997. *Handbook of Seafloor Sonar Imagery*. Wiley, 314 pp.
- Dwinovantyo, A., Manik, H.M., Prariono, T., Susilohadi, and Ilahude, D., 2017. Estimation of Suspended Sediment Concentration from Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP) Instrument : A Case Study of Lembeh Strait, North Sulawesi, *IOP Conf. Ser : Earth and Environ Sci* 54:1-8.
- Fish, J. P. and Carr, H. A., (1990). Sound Underwater Images, A Guide to the Generation and Interpretation of Side Scan Sonar Data, American Under-water Search and Survey, *Lower Cape Publishing, Orleans, MA*, 188p.
- Mokoagouw, D., 2000. Kajian Peredaran Logam Berat (Hg, Cd, Pb, Cu, dan Zn) Pada Perairan Pantai Di Kodya Bitung, Propinsi Sulawesi Utara, *Thesis S2. IPB*, Bogor.

- Peraturan Presiden Tentang Cetak Biru Pengembangan Sistem Logistik Nasional, Perpres No. 26 Tahun 2012.
- Pramana, P.E., Pangemanan, S., dan Egeten, M., 2017. Kebijakan Pemerintah Kota Salam Menggali Pendapatan Asli Daerah Di Sektor Perikanan Kota Bitung, *J. Jurusan Ilmu Pemerintahan* 2(2):1-12, UNSRAT, Manado.
- Ringis, J., 1986, Seismic Stratigraphy in Very High Resolution, Shallow Marine Seismic Data, *UNDP/ESCAP Technical Support to CCOP*
- Salim, Z., E. Mychelida, & A. Zahra, 2014. Pembangunan Bitung Sebagai Pelabuhan Hubungan Internasional, *J. Ekonomi dan Pembangunan* 22(2):107-116, LIPI, Jakarta.
- Salim, Z., E. Mychelida, & A. Zahra, 2015. Bitung Sebagai Pelabuhan Hubungan Internasional, *Warta Pengkajian Perdagangan*, 3(8):19-23, LIPI, Jakarta,
- Solikin, S., Manik, H.M., Pujiati, S., dan Susilohadi, 2017. Pemrosesan Sinyal Data Sub-bottom Profiler Substrat Dasar Perairan Selat Lembeh, *J. Rekayasa Elektrika* 13(1):42-47.
- Sukrisno, 1983. *Peta Hidrogeologi Indonesia*, skala 1:250.000, Direktorat Geologi Tata Lingkungan, Bandung,

