

## PENENTUAN LOKASI SARANA PENGHUBUNG JAWA - BALI (SELAT BALI) SESUAI DENGAN KONDISI OPTIMAL GEOLOGI KELAUTAN

Ediar Usman

Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan

Jl. Dr. Junjuran No. 236 Bandung 40174, Telp. 022.6017887, Email: ediarusman@yahoo.com

### SARI

Untuk memutuskan penempatan lokasi terowongan atau jembatan yang menghubungkan Pulau Jawa - Bali, hasil survei geologi kelautan di dasar laut Selat Bali yang mencakup morfologi dan geologi harus menjadi pertimbangan.

Lembah pada kedalaman 140 meter sebagai data hasil rekaman batimetri dapat diamati. Di samping itu, rekaman seismik pantul memberi suatu penafsiran jelas dan bersih tentang material pembentuk dasar laut, yang terdiri atas sedimen lepas fragmen karang dan pasir dengan tipe berbukit-bukit kecil dan longsoran. Batuan dasar ini ditemukan juga pada cekungan yang sempit dengan lereng curam pada kedalaman 100 hingga 140 meter berarah utara selatan.

Kata kunci: geologi kelautan, batimetri, interpretasi seismik, lokasi penghubung, Jawa - Bali

### ABSTRACT

*To decide the preferable location of a bridge or tunnel site connecting Jawa - Bali, marine geological survey on the sea floor of Bali Strait encompassing morphology and geology should be taken into consideration.*

*Depression of 140 meters deep as a result of bathymetrical data recording can be observed. Besides this, the result of reflection seismic record gave a clear interpretation about materials constructing the sea floor, which consists of unconsolidated sediments of coral fragments and sands (such as mounded and slump type). The basement rocks were also found in a narrow basin with cliffs of about 100 to 140 metres deep going north - south direction.*

*Keywords: marine geology, bathymetry, seismic interpretation, bridge location, Jawa - Bali*

### PENDAHULUAN

Selat Bali yang memisahkan Pulau Jawa dengan Pulau Bali, dan untuk menghubungkannya digunakan sarana penyeberangan kapal-kapal feri antara Pelabuhan Ketapang di Banyuwangi dan Pelabuhan Gilimanuk di Pulau Bali.

Peningkatan volume kegiatan penyeberangan tersebut sejalan dengan peningkatan industri pariwisata, baik di Bali maupun di Banyuwangi, dan menimbulkan arus penyeberangan dan antrian yang cukup panjang. Arus Selat Bali terkenal cukup kuat di samping cuaca buruk sering menimbulkan gangguan perjalanan kapal-kapal feri. Di samping itu, perairan Selat Bali yang bertektonik aktif sering mengalami peningkatan seismisitas dan gelombang besar, sehingga perlu diantisipasi sedini mungkin bagi keselamatan penyeberangan.

Untuk mengantisipasi peningkatan volume kegiatan penyeberangan dan mengingat kondisi alam yang sering mengganggu kelancaran penyeberangan tersebut, serta untuk menambah kenyamanan

penyeberangan, Pemerintah Pusat, Pemerintah Daerah Provinsi Jawa Timur, dan Pemerintah Daerah Provinsi Bali telah mengupayakan cara pengembangan jalur perhubungan antar pulau tersebut (Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Banyuwangi, 2004). Guna mendukung rencana tersebut, telah dilakukan penelitian aspek geologi kelautan di perairan Selat Bali (Usman dkk., 2003). Data geologi kelautan ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan jalur penghubung Jawa - Bali.

Lokasi penelitian terletak di perairan Selat Bali antara Pulau Jawa dan Pulau Bali, pada koordinat 114°21' - 114°29' BT dan 08°05' - 08°12' LS (Gambar 1).

Pada saat ini lokasi penelitian merupakan jalur penghubung pelabuhan Ketapang dan pelabuhan Gilimanuk. Untuk mendapatkan gambaran yang lebih jelas dalam penentuan lokasi yang lebih tepat, lokasi penelitian tidak hanya di sekitar daerah jalur penyeberangan Ketapang - Gilimanuk, tetapi diperluas ke arah utara di sekitar Tanjung Lampumerah.

Maksud penelitian geologi kelautan di perairan Selat Bali adalah untuk mendapatkan data dan informasi geologi kelautan bagi rencana pengembangan jalur penghubung (jembatan atau terowongan) antara Jawa dan Bali. Tujuan penelitian adalah untuk membahas data geologi bawah permukaan dan morfologi dasar laut yang memberikan pilihan terbaik bagi pengembangan jalur penghubung Jawa - Bali.

## KONDISI GEOLOGI

### Geologi Ketapang, Banyuwangi (Jawa) dan Gilimanuk, Jembrana (Bali)

Penelitian geologi perairan Selat Bali belum banyak dipublikasikan, terutama yang menyangkut litologi dan stratigrafi di wilayah perairan. Untuk mendapatkan pemahaman kondisi geologi perairan Selat Bali, perlu dipelajari kondisi geologi daerah Ketapang dan geologi daerah Gilimanuk. Sumber data geologi adalah Peta Geologi Lembar Banyuwangi, Jawa (Sidarto dkk., 1993) dan Peta Geologi Lembar Bali, Nusatenggara (Purbo-Hadiwidjojo dkk., 1998) (Gambar 2).

Penyebaran satuan litostratigrafi di daerah Ketapang meliputi Formasi Kalibaru (Qpvk), Batuan Gunung api Merapi (Qvm), Batugamping Terumbu (QI) dan aluvium (Qa).

Formasi Kalibaru (Qpvk) adalah formasi tertua yang tersusun oleh breksi lahar, konglomerat, batupasir tufan, dan tuf. Breksi lahar dan konglomerat berwarna kelabu kecoklatan berkomponen andesit, basal, dan di beberapa tempat dijumpai fragmen dasit berukuran kerikil berdiameter sampai 50 cm, terpilah buruk dengan masa dasar tuf, berkemas terbuka, berlapis kurang baik, serta di beberapa tempat menunjukkan struktur aliran.

Batupasir tufan berwarna kelabu - coklat, terpilah buruk sampai cukup baik, urai, dan berlapis baik. Tuf berwarna coklat keabu-abuan, berukuran halus, rapuh, dan banyak mengandung batuapung. Formasi Kalibaru yang berlapis hampir mendatar ( $2^{\circ}$  -  $4^{\circ}$ ) terhampar di dataran rendah. Batuan dan struktur sedimen mengindikasikan pengendapan pada lingkungan darat yang jauh dari sumbernya; sebagai endapan lahar Gunung Api Ijen tertua yang berumur Pliosen Tengah.

Batuan Gunung Api Merapi (Qvm) yang menjemari dengan Batugamping Terumbu (QI) terbentuk pada Holosen. Batuan ini terdiri atas breksi gunung api,

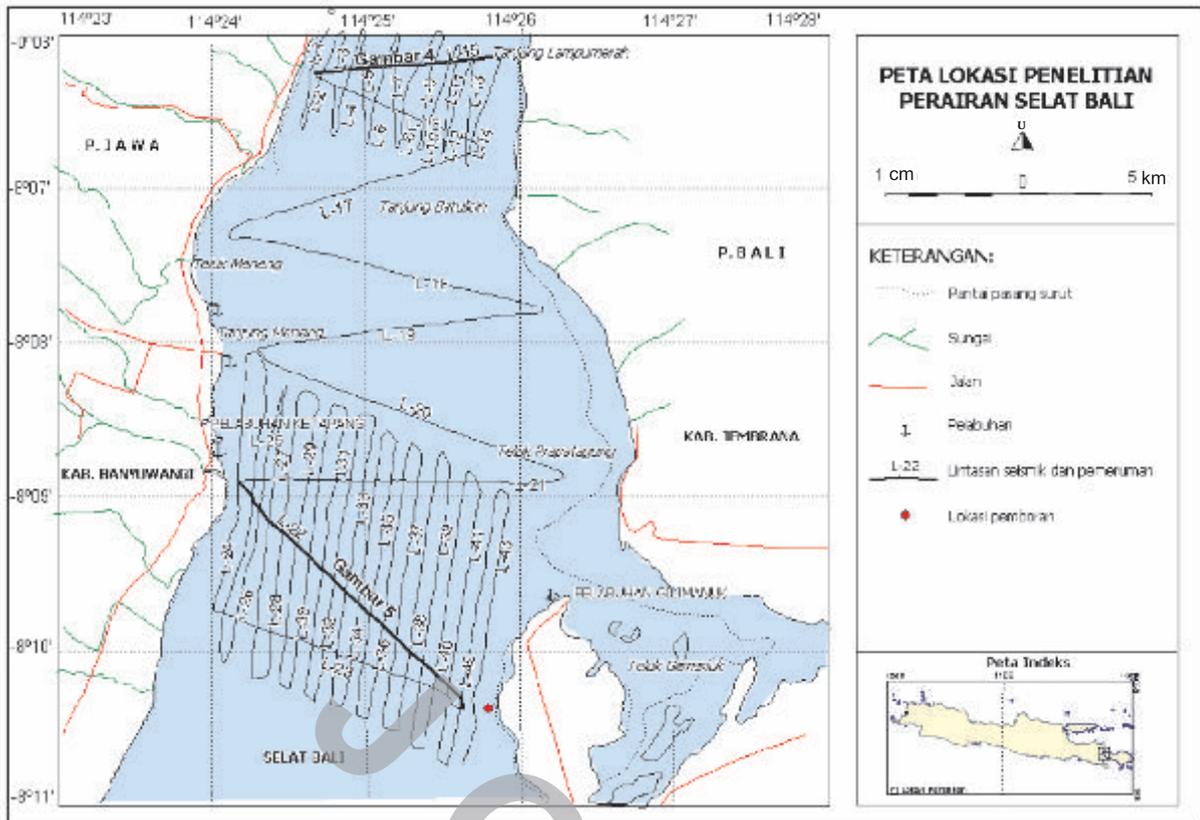
lava, lahar, dan tuf. Breksi gunung api berwarna kelabu kecoklatan, komponennya terdiri atas basal dan batuapung, berbutir kerikil sampai bongkah, menyudut tanggung, massa dasar tuf kasar dengan kemas terbuka dan terpadu.

Lava andesitik-basaltik, porfiritik, setempat berstruktur skoria dan fenokris plagioklas, piroksen, dan mineral mafik dalam massa dasar kaca gunung api. Lahar berwarna kelabu kecoklatan berkomponen andesit - basal dan pecahan batuan gunung api berbutir lumpur sampai bongkah dan berstruktur aliran. Tuf berwarna coklat kelabu, berukuran halus dan rapuh mengandung batuapung berukuran lapili sampai abu vulkanik. Batuan Gunung Api Merapi bersumber dari Gunung Merapi dan kerucut parasitnya Gunung Rante yang masih ada kawahnya dan diduga aktif pada kawah gunung api Ijen Tua.

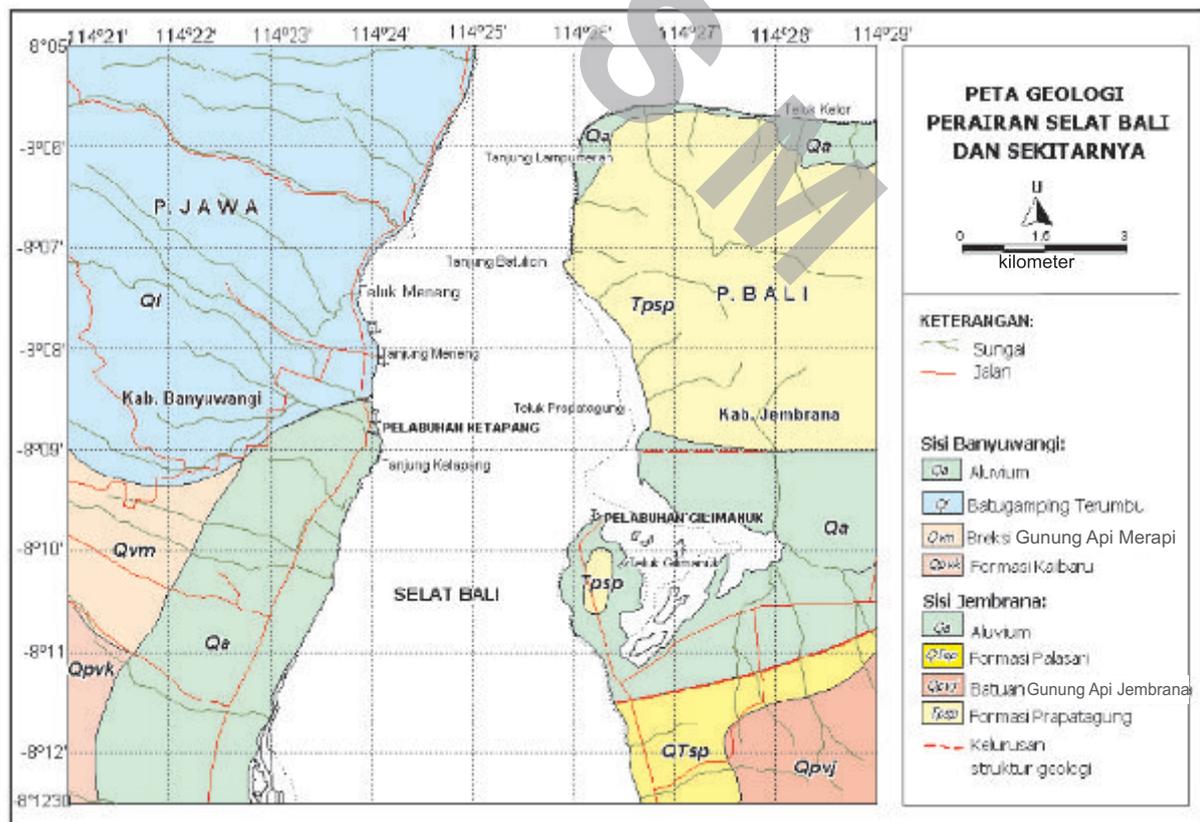
Batugamping Terumbu (QI) tersusun oleh batugamping terumbu, tuf, dan konglomerat. Batugamping terumbu berwarna kuning - putih, mengandung pecahan cangkang moluska dan koral, agak keras dan berongga, serta permukaannya kasar. Konglomerat berwarna hitam, putih hingga kelabu berukuran pasir kasar hingga kerakal, membundar tanggung, berkomponen pecahan andesit, basal, batugamping, kuarsa dan cangkang moluska dengan massa dasar pasir kuarsa gampingan agak padat. Litologi lainnya adalah tuf bersifat gampingan berwarna putih keruh hingga kuning keruh dan berbutir halus - menengah. Batuan ini diduga berumur Holosen berdasarkan litologi yang menjemari dengan batuan hasil erupsi Gunung Api Merapi yang terletak di bagian barat Ketapang. Sebaran batuan ini terletak di pantai timur bagian utara di daerah Teluk Meneng hingga Tanjung Meneng.

Geologi daerah Gilimanuk (Bali) belum banyak diteliti dan saat ini hanya berupa Peta Geologi Lembar Bali, Nusatenggara (Purbo-Hadiwidjojo dkk., 1998) yang bersifat regional. Berdasarkan peta tersebut, daerah Gilimanuk dan sekitarnya tersusun oleh Formasi Prapatagung (Tpasp), Batugamping Jembrana (Qpvj), Formasi Palasari (QTsp) dan aluvium (Qa).

Formasi Prapatagung (Tpasp) tersusun oleh batugamping, batupasir gampingan dan napal yang diendapkan pada Pliosen Awal. Batuan Gunung Api Jembrana (Qpvj) yang tersusun oleh lava, breksi gunung api, dan tuf terutama dihasilkan oleh



Gambar 1. Peta lokasi penelitian dan lintasan siemik di perairan Selat Bali (Usman dkk., 2003).



Gambar 2. Geologi daerah penelitian dan sekitarnya (Sidarto dkk., 1993 dan Purbo-Hadiwidjojo dkk., 1998).

Gunung Kelatakan, Merbuk, dan Gunung Patas (bagian timur Gilimanuk). Kemudian, diendapkan Formasi Palasari (QTsp) yang tersusun oleh konglomerat dan batugamping terumbu. Formasi Palasari berumur Plistosen Tengah. Satuan aluvium (Qa) terletak di sekitar Teluk Gilimanuk hingga ke arah timur, tersusun oleh kerakal, kerikil, pasir, lanau dan lempung; sebagai endapan danau dan pantai.

Struktur geologi yang terdapat di daerah penelitian pada Peta Geologi Daerah Bali (Purbo-Hadiwidjojo dkk., 1998) berupa kelurusan yang berarah barat - timur, yang telah tertutup oleh endapan aluvium. Kelurusan tersebut sebagai struktur sesar bawah permukaan terbentuk pada saat kegiatan tektonik yang diikuti oleh kegiatan gunung api Gunung Merbuk, Banyuwedang dan Gunung Sangiang di bagian timur Teluk Gilimanuk. Pada akhir Miosen sampai awal Plistosen Akhir, kegiatan tektonik dan gunung api menghasilkan Formasi Parapatagung.

## Kegempaan Regional

Penetapan lokasi penghubung dan pengembangan infrastruktur Jawa - Bali tidak terlepas dari faktor kegempaan. Untuk itu diperlukan kajian aspek kegempaan. Gambaran regional, kegempaan di Selat Bali dan sekitarnya terkait tektonik di selatan Jawa - Bali oleh penunjaman Lempeng Indo-Australia yang menyusup ke bawah Lempeng Asia (*Eurasian Plate*). Foci gempa berasal dari Zona Benioff di bawah Selat Bali dan Samudera Indonesia pada kedalaman antara 100 sampai 200 km (Kertapati dkk., 1999) berfrekuensi jarang.

Kegempaan yang sering terjadi di bagian selatan dan utara Jawa dan Bali dengan kekuatan 4 - 6 Skala Richter (SR) yang dapat dirasakan di Jawa Timur dan Bali, pada umumnya berupa gempa dangkal dari kedalaman 33 km di bawah dasar laut. Gempa berkekuatan lebih dari 7 SR jarang terjadi. Prediksi periode ulang gempa dengan kekuatan besar tersebut antara dua sampai empat kali dalam 100 tahun (Natawidjaya, 2005).

Kegempaan tektonik dangkal merupakan fenomena baru, karena sebelumnya terjadi pada jalur tumbukan antara Lempeng Indo-Australia dan Lempeng Eurasia pada kedalaman antara 100 - 200 km di perairan bagian selatan Bali (Kertapati dkk., 1999 dan Simandjuntak, 1999). Gempa dangkal merupakan aktivitas sesar lokal yang umumnya terjadi di bagian utara dan timur Bali akibat pengaruh patahan naik pada Busur Belakang Bali

(*Bali Back-Arc*) sebagai kelanjutan Patahan Flores (Simandjuntak, 1999). Pada umumnya gempa tersebut berpotensi menimbulkan bencana tsunami dengan daya merusak antara sedang sampai besar terhadap bangunan. Kondisi ini perlu mendapat perhatian dalam perencanaan lokasi dan jenis konstruksi yang akan dikembangkan dengan cara penanganan yang berbeda dibandingkan dengan daerah lain yang relatif lebih aman dari pengaruh kegempaan dan tsunami.

Dari sejarah kegempaan yang terjadi di Bali, sederetan gempa yang telah menimbulkan tsunami terjadi di selatan Klungkung pada tahun 1818, utara Jembrana dan selatan Pulau Nusa Penida tahun 1930 (Hamilton, 1979) serta di utara Selat Lombok pada tahun 1979 dengan korban jiwa 27 orang (Simandjuntak, 1999). Berdasarkan Peta Zonasi Tsunami Indonesia dari Pusat Litbang Sumber Daya Air (Natawidjaya, 2005), perairan Selat Bali termasuk ke dalam Zona 2 dan Zona 3. Pada Zona 2, tinggi rayapan gelombang antara 2 - 4 meter dan daya rusak sedang, dan pada Zona 3 tinggi rayapan antara 4 - 6 meter dan daya rusak besar.

## METODE PENELITIAN

Metode yang dipergunakan pada penelitian ini adalah pemeruman (pengukuran batimetri), seismik pantul (*reflection seismic*), dan pemboran inti.

### Pemeruman

Metoda pemeruman dilaksanakan untuk mendapatkan kedalaman laut sebagai dasar dalam pembuatan peta batimetri. Data ini juga memberikan gambaran tentang morfologi dasar laut untuk perencanaan tapak dan tiang konstruksi penghubung Jawa - Bali. Pengukuran dilakukan secara digital dan analogis untuk mendapatkan data yang disimpan di dalam komputer dan direkam secara grafis pada kertas rekaman *odom hydrotrac*. Data kedalaman yang diperoleh tersebut dikoreksi dengan data fluktuasi pasang surut (*mean sea level*) untuk mendapatkan data kedalaman terkoreksi.

Untuk memperoleh data batimetri terperinci, ditentukan lintasan survei berarah tegak lurus terhadap garis pantai (barat - timur) yang memotong bidang kedalaman. Namun, karena arus yang kuat, maka sebagian lintasan diambil sejajar garis pantai (utara - selatan). Dari pola tersebut diperoleh angka kedalaman secara lengkap untuk penyusunan peta batimetri.

## Seismik Pantul

Untuk mendapatkan data (batuan) yang meliputi penyebaran/ketebalan batuan dan sedimen bawah dasar laut dipergunakan metode seismik pantul (*reflection seismic*). Selanjutnya metode *Continuous Shallow Seismic Reflection Profiling System* dilakukan untuk mengungkap kejelasan profil seismik sedimen dan struktur geologi, baik permukaan maupun bawah dasar laut.

Metode seismik bekerja dengan prinsip pengiriman gelombang akustik yang ditimbulkan oleh *sparker* ke bawah permukaan laut, lalu diterima oleh hidrofon melalui sinyal yang dipantulkan kembali setelah melalui media lapisan bawah dasar laut. Sinyal yang diterima direkam sebagai penampang horizon-horizon seismik pada kertas rekaman.

Selanjutnya, geologi bawah dasar laut ditafsirkan berdasarkan data seismik pantul berkaidah prinsip-prinsip Seismik Stratigrafi, melalui pengenalan ciri-ciri reflektor batas atas, batas bawah, bagian dalam (*internal reflector*). Pengenalan dan penamaan ciri-ciri reflektor mengacu pada Sangree and Wiedmier (1979). Pada umumnya ciri-ciri reflektor menunjukkan longsoran (*slump*), terumbu karang (tonjolan) dengan bentuk reflektor berbukit-bukit (*mounded*), dan penebalan sedimen berbentuk miring (*progradation*). Makin ke arah bawah reflektor seismik menghilang, yang disebabkan oleh faktor kedalaman laut dan batuan yang belum terkonsolidasi (*loose* dan *porous*), sehingga gelombang seismik tidak terpantulkan (*free reflector*).

## Pemboran Inti

Kegiatan pemboran inti dilakukan untuk mendapatkan data sedimen bawah dasar laut secara vertikal. Data ini penting untuk mengkonfirmasi hasil interpretasi dan korelasi batuan pada rekaman seismik. Pada pemboran ini, kedalaman pemboran mencapai 21 meter di bawah dasar laut. Lokasi pemboran telah diupayakan pada lintasan seismik terdekat untuk mempermudah interpretasi dan korelasi batuan pada seismik. Namun, kondisi dasar laut yang curam dan dalam, serta sedimen permukaan dasar laut yang belum padu mengakibatkan tiang ponton bergerak dan beberapa kali ambles, maka lokasi pemboran digeser ke arah pantai yang relatif lebih aman.

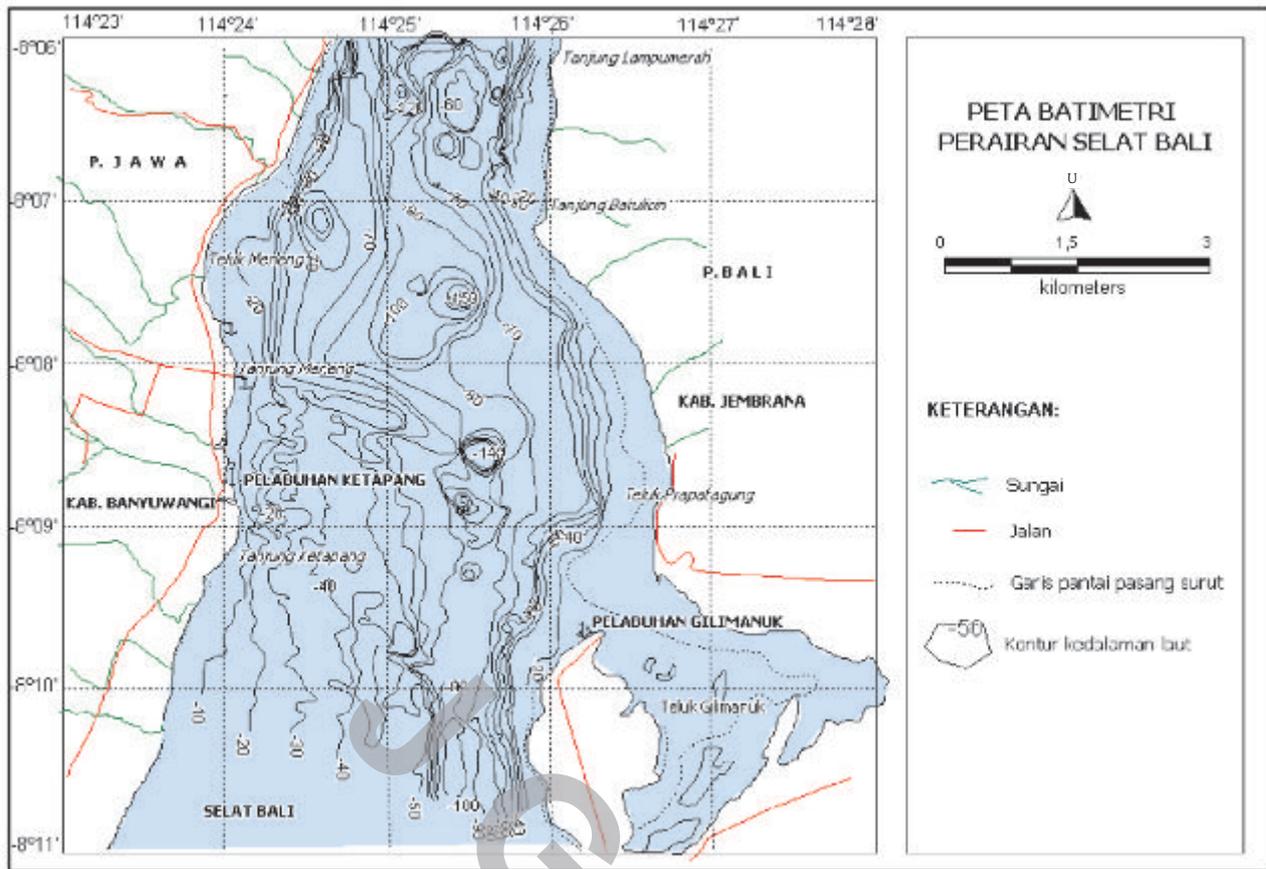
## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

### Batimetri dan Morfologi Dasar Laut

Dari hasil pemeruman di sepanjang lintasan diperoleh data kedalaman laut yang bervariasi, berkisar antara 10 hingga 180 meter. Hasil koreksi dengan fluktuasi pasang surut terhadap kedudukan permukaan laut rata-rata (*mean sea level*) kemudian diplot pada peta skala dasar dengan interval kontur 10 meter (Gambar 3).

Berdasarkan peta batimetri tersebut, maka perubahan kedalaman daerah penelitian dapat dibedakan menjadi tiga kelompok satuan morfologi yaitu:

- Bagian utara mempunyai perubahan kedalaman dari 10 sampai 140 meter membentuk morfologi lereng yang curam. Lembah bagian utara dipisahkan oleh bentuk tinggian (*submarine dome*) pada kedalaman 60 meter. Bagian utara sekitar Tanjung Lampumerah merupakan daerah paling sempit dengan lebar selat sekitar 2,2 km. Hasil ini menunjukkan adanya dua lembah bawah laut (*submarine depression*) dengan kedalaman 140 meter yang dipisahkan oleh punggung (*submarine dome*) dengan kedalaman 60 meter. Dinding kedua lembah membentuk dinding yang curam bertingkat dengan arah utara - selatan.
- Bagian tengah mempunyai perubahan kedalaman yang seragam membentuk lembah membulat secara terpisah. Daerah paling dalam membentuk lembah membulat berkedalaman 140 meter. Di sekitar Tanjung Meneng garis kontur tidak mengikuti pola garis pantai utara - selatan, tetapi membelok ke arah tenggara. Kondisi ini menggambarkan lereng yang semula berarah utara - selatan mulai bagian utara Teluk Meneng, di daerah Tanjung Meneng membelok ke tenggara. Bila dari pembelokan tersebut ditarik garis lurus maka terbentuklah kelanjutan dengan struktur kelurusan yang terdapat di Jembrana. Walaupun demikian, kelanjutan kelurusan dengan keberadaan struktur serupa di darat perlu kajian lebih mendalam, karena dalam rekaman seismik struktur kelurusan tersebut tidak tergambar secara jelas. Hal ini disebabkan selain oleh faktor kedalaman laut dan sumber energi pada seismik yang terbatas, juga oleh faktor batuan di bagian permukaan yang belum terkonsolidasi (*porous*), sehingga gelombang seismik tidak terpantulkan secara baik (*free reflector*).



Gambar 3. Peta batimetri perairan Selat Bali (Usman dkk., 2003).

- Bagian selatan mempunyai variasi kedalaman 10 sampai 100 meter. Di bagian barat (perairan Ketapang) mulai kedalaman 10 - 50 meter morfologi seragam sedangkan di bagian timur (perairan Gilimanuk) mulai dari kedalaman 10 meter morfologi langsung berubah curam mencapai kedalaman 100 meter. Bagian selatan yang menghubungkan Ketapang dan Gilimanuk berjarak 3,92 km (lebih lebar dibandingkan di bagian utara).

**Geologi Bawah Dasar Laut**

**Bagian Utara Daerah Penelitian**

Kondisi geologi bawah dasar laut di bagian utara merupakan hasil interpretasi beberapa rekaman seismik. Secara umum dapat digambarkan pada Lintasan 15 (L-15) dengan arah Timur - Barat yang memotong kedalaman perairan Selat Bali bagian utara (Gambar 4).

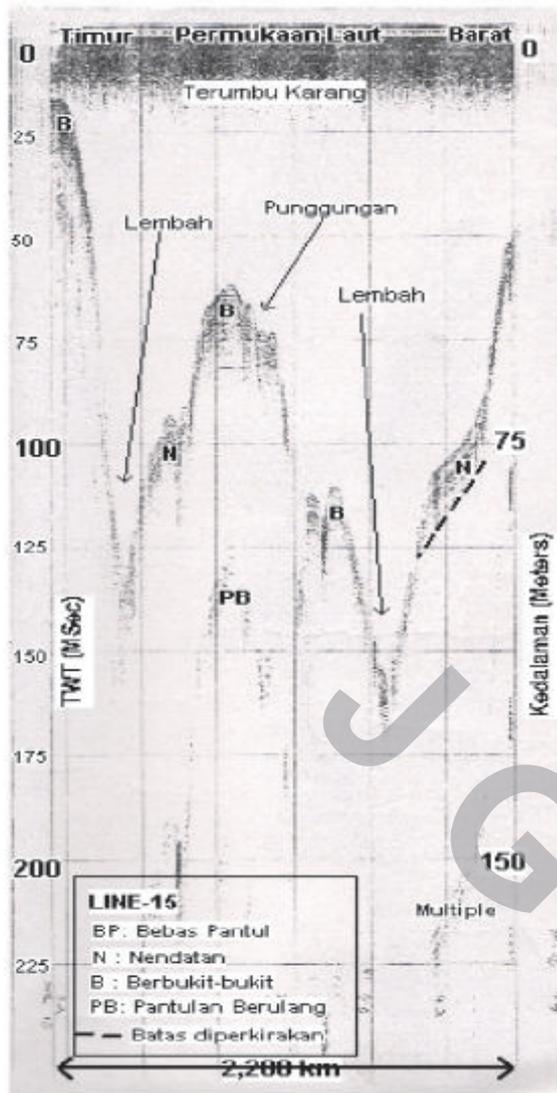
Berdasarkan ciri-ciri reflektor seismik, batuan sedimen dicirikan oleh bentuk hubungan selaras,

laminasi dan kadang-kadang berbentuk miring (*progradation*), nendatan, dan tonjolan terumbu karang.

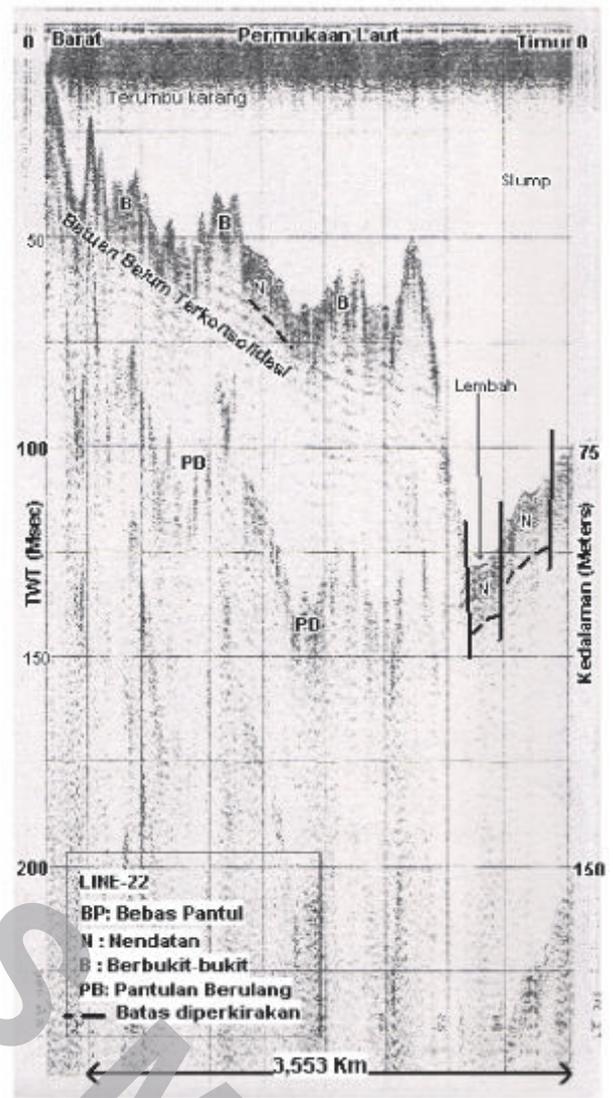
**Bagian Selatan Daerah Penelitian**

Kondisi geologi bawah dasar laut di bagian selatan merupakan hasil interpretasi beberapa rekaman seismik. Secara umum dapat digambarkan pada Lintasan 22 (L-22) dengan arah barat laut - tenggara yang memotong kedalaman perairan Selat Bali bagian selatan (Gambar 5).

Sama halnya dengan lintasan seismik di bagian utara (L-15), pada Lintasan 22 di bagian atas dinding tersebut terdapat sedimen nendatan yang belum terkonsolidasi yang dicirikan oleh bentuk struktur reflektor seismik nendatan. Di sekitar lepas pantai Ketapang pada umumnya reflektor seismik berbentuk tonjolan sebagai penciri terumbu karang. Pada bagian barat lembah (lepas pantai Ketapang) terumbu karang tumbuh dengan baik, tetapi makin dalam terumbu tersebut tidak berkembang.



Gambar 4. Interpretasi rekaman seismik di bagian utara daerah penelitian (L-15) arah Timur - Barat dengan dua lembah yang dipisahkan oleh punggungan dan slump.



Gambar 5. Interpretasi rekaman seismik di bagian selatan daerah penelitian (L-22) dengan arah Barat - Timur yang menunjukkan dinding lembah menghadap ke timur lebih curam.

Ciri-ciri reflektor seismik lainnya adalah bentuk miring (*progradation*) batuan sedimen dengan ciri-ciri bentuk hubungan selaras, kadang-kadang laminasi dan bentuk nendatan.

### Batuan Bawah Dasar Laut

Korelasi data hasil pemboran bawah dasar laut dengan data batuan di darat dilakukan untuk menentukan kelanjutan lateral perlapisan batuan.

Pemboran dilakukan di sekitar garis pantai karena dasar laut yang curam dan tidak stabil. Hasil pemboran sampai kedalaman 21 meter dari dasar laut menunjukkan sedimen sebagai percampuran fragmen terumbu karang dengan ukuran yang

bervariasi, pasir, dan pecahan cangkang moluska terpilah buruk, berukuran mulai dari fraksi pasir sedang sampai kerakal yang belum padu (Tabel 1).

Keberadaan terumbu karang di perairan Selat Bali mengarahkan interpretasi bahwa sedimen nendatan tersebut berasal dari ketinggian yang ditumbuhi oleh terumbu karang yang mengalami rombakan. Pada umumnya sedimen di lokasi pemboran bersifat lepas, terpisah dari fragmen terumbu karang yang selalu muncul sampai kedalaman 21 meter berukuran fraksi pasir sedang sampai kerakal. Hasil pemboran ini tidak lebih dari kedalaman 21 meter karena medan yang sulit.

## Hasil Interpretasi Seismik dan Pemeruman

Ciri-ciri reflektor seismik (Sangree and Wiedmier, 1979) menunjukkan gambaran kondisi geologi bawah permukaan antara lain adalah: 1) lembah dengan kedalaman antara 10 sampai 140 meter di bawah permukaan laut, 2) satu punggungan di bagian utara dengan kedalaman 60 meter, dan 3) daerah berpotensi longsor (Gambar 6).

Di sekitar lepas pantai Gilimanuk, hasil interpretasi menunjukkan keberadaan lembah bawah laut pada kedalaman 100 meter berarah utara - selatan membentuk dinding lembah yang lebih curam menghadap ke bagian timur. Di bagian utara kedalaman lembah berkisar antara 100 sampai 110 meter, di bagian tengah 125 sampai 140 meter, dan di bagian selatan antara 85 sampai 100 meter. Bagian terdalam terdapat di bagian tengah daerah penelitian yaitu di sekitar bagian timur lepas pantai Pelabuhan Ketapang dengan kedalaman lebih 140 meter. Lereng lembah-lembah tersebut di bagian barat mulai terbentuk pada kedalaman 50 meter, sedangkan di bagian timur pada kedalaman 10 meter. Di bagian timur daerah lembah lebih dekat ke arah pantai dibandingkan dengan di bagian barat yang pada umumnya tertutup oleh terumbu karang. Secara umum bentuk lembah memanjang arah utara selatan, sedangkan lembah-lembah terdalam pada umumnya terdapat secara setempat-setempat dan membulat, kecuali di bagian tengah yang bersifat memanjang.

## DISKUSI

Hasil penelitian geologi kelautan di perairan Selat Bali diharapkan dapat memberikan masukan kepada Pemerintah Pusat dan Daerah dalam menetapkan lokasi jalur penghubung (berupa jembatan atau terowongan) antara Jawa dan Bali. Beberapa aspek yang perlu diperhatikan adalah kondisi geologi bawah permukaan (morfologi dan batuan) dan jarak antar dua tapak konstruksi.

Hasil penelitian geologi kelautan tersebut memberikan gambaran tentang perbedaan antara karakteristik perairan Selat Bali di bagian utara dengan bagian selatan. Di bagian utara lebar selat hanya sekitar 2,2 km. Di sini terdapat punggungan (*submarine dome*) berkedalaman 60 meter yang memisahkan dua lembah, yaitu punggungan di sebelah utara berkedalaman 100 meter dan

punggungan di sebelah selatan berkedalaman 110 meter. Keberadaan punggungan ini membantu penempatan tiang pondasi antar dua tapak untuk jembatan, sedangkan di bagian selatan lebar selat sekitar 3,92 km tanpa keterdapatan punggungan, tetapi beberapa lembah yang memanjang berkedalaman 100 meter.

Hasil pemboran memperlihatkan batuan sedimen permukaan dasar laut sampai kedalaman 21 meter merupakan sedimen nendatan bersusunan fragmen terumbu karang, pasir, dan pecahan cangkang moluska. Bila tapak konstruksi terowongan atau jembatan ditempatkan pada massa batuan yang labil tersebut, maka tapak konstruksi akan mudah bergerak ke arah bawah akibat *bearing capacity* yang rendah. Kondisi ini berbahaya, sehingga penempatan tapak konstruksi memerlukan pemboran lebih dalam sampai lapisan batuan yang lebih keras (*end bearing*).

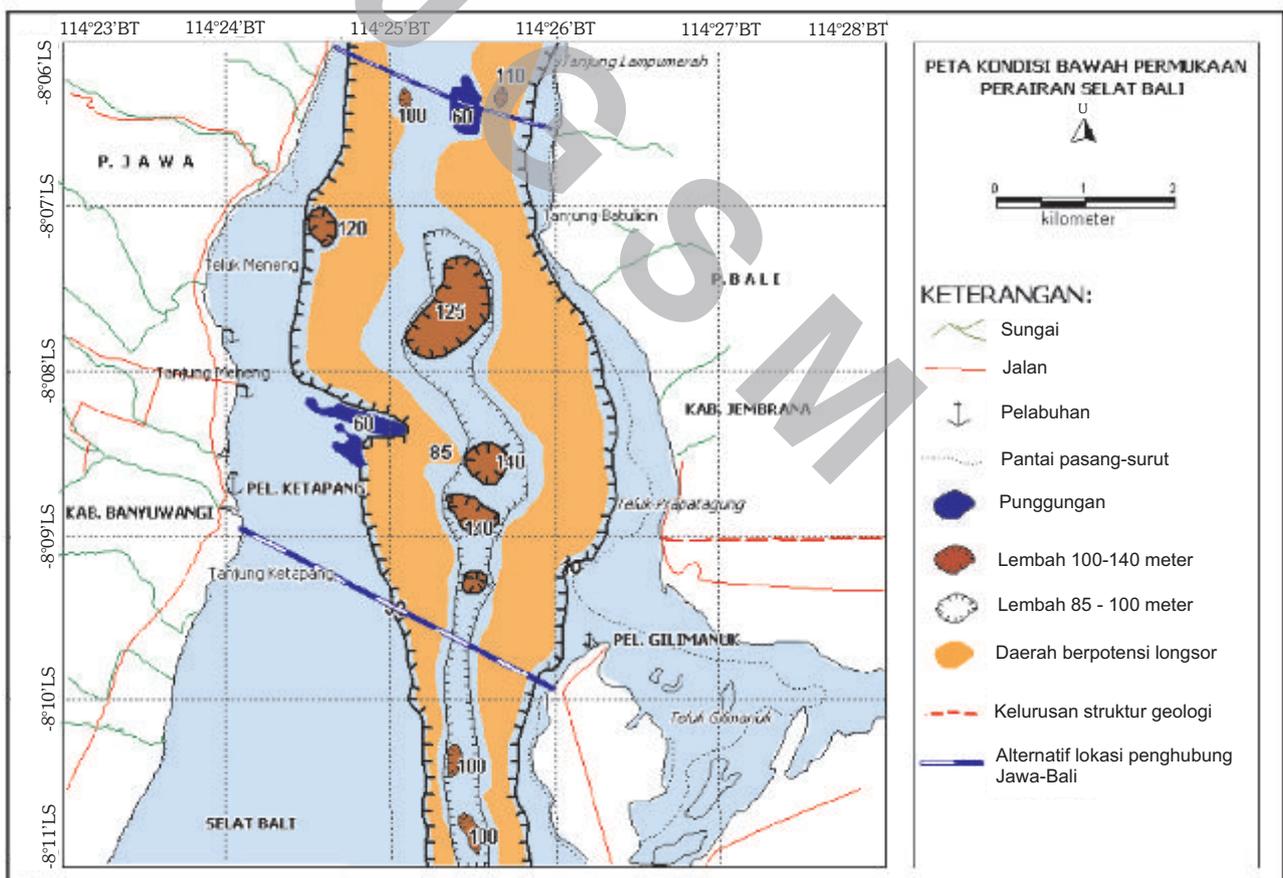
Selanjutnya, hasil korelasi perlapisan batuan di laut dan di darat memperlihatkan kesamaan antara batuan Formasi Palasari (QTsp) dengan batuan di lokasi pemboran. Kesamaan litologi tersebut mengindikasikan Formasi Palasari yang tersusun oleh konglomerat dan batugamping terumbu (Purbo-Hadiwidjojo dkk., 1998) telah mengalami perombakan dan transportasi ke arah laut melalui lereng yang terjal dan membentuk sedimen nendatan.

## KESIMPULAN

Hasil penelitian geologi kelautan telah memberikan gambaran kondisi geologi bawah permukaan di sekitar lokasi rencana penghubung Jawa - Bali. Secara umum, morfologi Selat Bali adalah lembah berkedalaman sampai 140 meter. Di samping itu, keberadaan faktor kegempaan lokal dan regional di Selat Bali dan sekitarnya dengan magnitudo 4 - 7 SR perlu dijadikan bahan pertimbangan. Hasil pemboran menunjukkan batuan sedimen permukaan dasar laut sampai kedalaman 21 meter pada umumnya berupa sedimen nendatan yang bersusunan fragmen terumbu karang, pasir, dan pecahan cangkang moluska. Endapan ini bersifat lepas, belum padu, sehingga membahayakan untuk tapak konstruksi, yang lebih aman lebih, dalam dari 21 meter sampai menembus lapisan batuan dasar yang lebih keras.

Tabel 1. Deskripsi Sedimen Hasil Pemboran di Bagian Selatan Pelabuhan Gilimanuk, Bali

No	Tebal (m)	Deskripsi
1	1	Pasir halus, lepas, hitam, terpilah baik, mengandung pecahan moluska dan mineral besi.
2	3	Pasir, abu-abu kehitaman, mengandung fragmen batuan beku berukuran kerikil-kerakal, pecahan moluska, mineral hitam, sedikit lanau terpilah jelek.
3	6	Pasir kasar, coklat kehitaman, mengandung fragmen batuan beku berukuran kerikil, pecahan moluska, mafik dan felsik mineral, pemilahan sedang.
4	9	Pasir kasar, putih, pecahan terumbu, sedikit kuarsa, lanau, terpilah baik mengandung felsik mineral.
5	12	- tidak ada data -
6	15	Pasir lanauan, abu-abu, fragmen koral, terpilah jelek, sisipan pasir lanauan.
7	18	Pasir lanauan, abu-abu, fragmen terumbu, terpilah jelek, sisipan pasir lanauan.
8	21	Pasir kasar, abu-abu keputihan, fragmen terumbu, terpilah jelek, sisipan pasir lanauan.



Gambar 6. Peta kondisi bawah permukaan berdasarkan hasil interpretasi rekaman seismik.

Untuk lokasi pembangunan jalur penghubung Jawa - Bali diusulkan dua alternatif, yaitu di bagian utara dan bagian selatan. Di bagian utara secara umum dicirikan oleh lebar selat yang hanya 2,2 km (dua lembah sempit) dan dipisahkan oleh punggung, sedangkan di bagian selatan oleh lebar selat yang mencapai 3,92 km (lembah lebar). Berdasarkan pembagian ciri-ciri tersebut, bagian utara dapat dijadikan salah satu tapak konstruksi atau lokasi jalur penghubung Jawa - Bali.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Ir. Subaktian Lubis, M.Sc., Kepala Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan atas izin untuk melakukan penelitian di Selat Bali. Ucapan terima kasih disampaikan pula kepada Prof. Dr. Febri Hirnawan dan Ir. Untung Sudarsono, M.Sc. atas kesediaan mengoreksi tulisan ini. Terima kasih juga penulis sampaikan kepada Prof (Ris). Mimin Karmini, APU. dan Kris Budiono, M.Sc. atas diskusi dan kritiknya. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada anggota tim Selat Bali lainnya, yaitu: D. Setiady, P. Raharjo, A. Yuningsih, F. Novico, dan N. Yuyu serta rekan-rekan peneliti lainnya atas saran dan kerja samanya.

## ACUAN

- Bappeda Kabupaten Banyuwangi, 2004, Inventarisasi dan Pemetaan Sumber Daya Kelautan Kabupaten Banyuwangi, Bappeda Kabupaten Banyuwangi (Lap. Intern), 190 hal.
- Hamilton, W., 1979, Tectonic of the Indonesian Regions. *United States Geological Survey Prof. Paper DC*, 1078:345 pp.
- Kertapati, E.K., Setiawan YB., Ipranta, 1999. *Peta Bahaya Gempabumi Indonesia*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Natawidjaya, D.H., 2005, Panduan Menghadapi Bencana, *Harian Umum Pikiran Rakyat*, 29 Desember 2005.
- Purbo-Hadiwidjojo, M.M., Samodra, H. dan Amin, T.C., 1998. *Peta Geologi Lembar Bali, Nusatenggara, Skala 1 : 250.000*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Sangree, J.B. and Wiedmier, JM., 1979. Interpretation Facies from Seismic Data. *Geophysics*, 2:131-157.
- Sidarto, T. Suwanti dan D. Sudana, 1993. *Peta Geologi Lembar Banyuwangi - Jawa*, Skala 1 : 100.000. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Simandjuntak, TO., 1999, Tsunami dan Gempabumi dalam Pinggiran Lempeng Aktif Indonesia. *Seminar Sehari Masalah Tsunami di Indonesia dan Aspek-aspeknya*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung :42 - 77.
- Usman, E., D. Setiady, P. Raharjo, A. Yuningsih, F. Novico dan N. Yuyu, 2003, Laporan Penelitian Aspek Geologi dan Geofisika Selat Bali dan Sekitarnya. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan, Bandung (Lap. Intern).

Naskah diterima	: 15 Agustus 2006
-----------------	-------------------

Revisi terakhir	: 20 Juli 2007
-----------------	----------------

No	Tebal (m)	Deskripsi
1	1	Pasir halus, lepas, hitam, terpilah baik, mengandung pecahan moluska dan mineral besi.
2	3	Pasir, abu-abu kehitaman, mengandung fragmen batuan beku berukuran kerikil-kerakal, pecahan moluska, mineral hitam, sedikit lanau terpilah jelek.
3	6	Pasir kasar, coklat kehitaman, mengandung fragmen batuan beku berukuran kerikil, pecahan moluska, mafik dan felsik mineral, pemilahan sedang.
4	9	Pasir kasar, putih, pecahan terumbu, sedikit kuarsa, lanau, terpilah baik mengandung felsik mineral.
5	12	- tidak ada data -
6	15	Pasir lanauan, abu-abu, fragmen koral, terpilah jelek, sisipan pasir lanauan.
7	18	Pasir lanauan, abu-abu, fragmen terumbu, terpilah jelek, sisipan pasir lanauan.
8	21	Pasir kasar, abu-abu keputihan, fragmen terumbu, terpilah jelek, sisipan pasir lanauan.