

SUMBER DAYA ALAM DI KAWASAN PESISIR PULAU NUSA PENIDA DAN SEKITARNYA, KABUPATEN KLUNGKUNG, NUSA TENGGARA BARAT

P. Astjario

Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan
Jl. Dr. Djunjunan 236, Bandung 40174

SARI

Pulau Nusa Penida, Pulau Lembongan dan Pulau Ceningan tersusun dari batugamping terumbu yang berdasarkan kandungan fosilnya berumur Pliosen. Batugamping tersebut setempat sebagai dolomit berwarna putih dan lunak. Di bagian selatan pulau Nusa Penida, batugamping ini berlapis, terhablur ulang dan lapuk. Morfologi kars merupakan ciri dari bentang alam pulau ini, akan tetapi morfologi tersebut telah mengalami erosi.

Kawasan pesisir Pulau Nusa Penida, Pulau Lembongan dan Pulau Ceningan telah dimanfaatkan sebagai kawasan pariwisata bahari, dan budi daya rumput laut. Kawasan ini masih menyimpan beragam sumber daya energi terbarukan yang belum di manfaatkan secara maksimal yang menunjang program pencanangan kawasan pulau Nusa Penida sebagai Taman Energi Terbarukan, yaitu energi arus laut yang cukup kuat di sekitar selat Ceningan yang dapat dimanfaatkan sebagai energi pembangkit listrik tenaga arus.

Kata Kunci: pesisir, energi terbarukan, arus dan batugamping.

ABSTRACT

Nusa Penida, Lembongan and Ceningan islands consist of Pliocene reef limestone at some place. The limestone forms dolomite characterized, white in color and soft. The southern coastal of Nusa Penida Island exposed bedded limestone, re-crystallization and weakened. Karts topography widely spread in this island, however it has been eroded.

The coastal zone of Nusa Penida, Lembongan and Ceningan islands have been utilized for sea water tourism and sea grass cultivation. However, these areas still have various renewable energy resources which have not yet been developed optimally. In order to support Renewable Energy Park Programs in Nusa Penida, the current energy of Ceningan strait can be used for electricity power energy.

Keywords: coastal, renewable energy, current and limestone.

PENDAHULUAN

Kabupaten Klungkung yang beribu kota di Semarapura adalah kabupaten terkecil di Propinsi Nusa Tenggara Barat. Sepertiga dari wilayah kabupaten ini berada di daratan pulau Bali (seluas $\pm 112,16 \text{ km}^2$) sedangkan duapertiganya terdiri atas pulau-pulau kecil, yang meliputi Nusa Penida, Lembongan dan Ceningan (seluas $\pm 202,84 \text{ km}^2$).

Pulau Nusa Penida, Pulau Lembongan dan Pulau Ceningan terletak di sebelah tenggara pulau Bali, dan dipisahkan oleh selat Badung. Pulau-pulau tersebut merupakan daerah kering yang tersusun oleh batugamping, dan membentuk bentang alam kars, namun sebagian telah mengalami penghabluran ulang dan tererosi. Lapisan soil yang tipis, mengandung banyak kapur, dan kandungan air sedikit menyulitkan kawasan ini untuk dijadikan lahan persawahan, walaupun matapecaharian masyarakat di pegunungan adalah bertani.

Kawasan pulau Nusa Penida sejak setahun lalu telah dicanangkan sebagai Taman Energi Terbarukan (*Renewable Energy Park*). Selain energi tenaga angin, tenaga surya dan gas biogenik yang telah dikembangkan di daerah ini, diharapkan tenaga arus pasang-surut yang cukup kuat, khususnya di selat Ceningan, dapat digunakan sebagai pembangkit tenaga listrik. Energi terbarukan tersebut diharapkan dapat dijadikan percontohan untuk daerah-daerah lain yang memiliki potensi alam yang sama, sebenarnya sumberdaya energi tersebut dapat di gunakan untuk kepentingan masyarakat setempat.

Penelitian kawasan pesisir Pulau Nusa Penida, Pulau Lembongan dan Pulau Ceningan dimaksud untuk mengetahui kondisi geologi dan oseanografi di kawasan pesisir pulau-pulau tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk memberi masukan kepada pemerintah daerah dalam menunjang program pengembangan wilayah kawasan pulau-pulau

tersebut yang berpotensi dalam pengembangan wisata bahari dengan memiliki beragam jenis terumbu karang serta biota laut lainnya.

Daerah penelitian terletak di kawasan Pulau Nusa Penida, Pulau Lembongan, Pulau Ceningan dan perairan disekitarnya, dan dibatasi oleh koordinat $08^{\circ}39'30'' - 08^{\circ}49'30''$ Lintang Selatan dan $114^{\circ}25'00'' - 114^{\circ}38'00''$ Bujur Timur (Gambar 1).

Pencapaian daerah penelitian dapat dilakukan dengan menggunakan kapal ro-ro yang menghubungkan dermaga Padangbai dengan dermaga Sampalan di pulau Nusa Penida. Kapal ro-ro ini hanya melakukan perjalanan ke Nusa Penida satu kali dalam sehari. Perahu motor yang dimiliki masyarakat juga dapat digunakan sebagai alat transportasi dari kota pesisir Kusamba di Bali langsung menuju desa Toyapakeh di pulau Nusa Penida. Perahu motor ini dapat berjalan setiap saat tergantung dari permintaan.

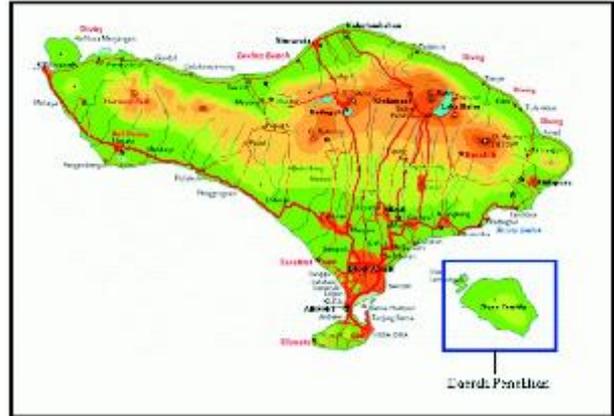
METODOLOGI PENELITIAN

Untuk mengetahui secara rinci keadaan fisik kawasan pesisir dan laut sekitar daerah penelitian digunakan beberapa metode pendekatan, antara lain analisis citra satelit landsat 7 ETM+ (2002) yang dilengkapi penelitian karakteristik pantai.

Metode analisis penginderaan jauh citra satelit digunakan dalam kegiatan ini, karena penginderaan jauh dapat dimanfaatkan sebagai alat bantu dalam melaksanakan kegiatan pemetaan dan eksplorasi, kemampuannya untuk mendeteksi gejala alam dalam kawasan yang sangat luas dan terpecah secara cepat dan akurat. Analisis yang tajam dari hasil pemrosesan data dan penafsirannya, dapat meningkatkan efisiensi dan menekan biaya eksplorasi (Suprpto, 2007).

Kegiatan analisis ini lebih mengutamakan penggunaan perangkat lunak ER Mapper dan untuk pengolahan data citra satelit, dan interpretasi visual pemetaan lingkungan pesisir di bagian daratan, khususnya pesisir hingga dasar laut yang masih terpengaruh antara kedua bentang alam tersebut. Kegiatan pengukuran kedalaman dasar laut (*sounding*) dan pengukuran kecepatan arus (*current meter*) di lakukan guna melengkapi inventarisasi kekayaan sumber daya alam di daerah penelitian.

Penelitian karakteristik pantai dilakukan untuk mendapatkan informasi lapangan tentang beberapa



Gambar 1. Peta lokasi penelitian di kawasan pesisir pulau-pulau Nusa Penida, Lembongan dan Ceningan, Kabupaten Klungkung, Propinsi Nusa Tenggara Barat.

parameter, antara lain pemerian litologi pembentuk pantai secara megaskopis, analisis morfologi secara rinci, bentuk dan bangunan pantai (Dolan, 1972), bahaya geologi dan genesa kawasan pesisir. Data visual penelitian karakteristik pantai dilengkapi dengan pemanfaatan lahan kawasan pesisir dan hasil interpretasi citra satelit.

Hasil pendekatan tersebut akan dipadukan dan disajikan menjadi suatu informasi, yang digunakan untuk menganalisis sumberdaya alam di daerah penelitian.

ANALISIS DAN HASIL PENELITIAN

Pulau Nusa Penida, Pulau Lembongan dan Pulau Ceningan merupakan pulau-pulau yang terdapat di tenggara pulau Bali. Ketiga pulau tersebut tersusun dari batugamping terumbu, setempat dolomit berwarna putih dan lunak. Di bagian selatan pulau Nusa Penida, batugamping ini berlapis, terhablur ulang dan lapuk. Morfologi kars merupakan ciri dari bentang alam pulau ini, akan tetapi morfologi tersebut telah mengalami erosi dan pelapukan yang membentuk bukit-bukit, dan ditutupi oleh padang rumput, ladang kering, hanya di bagian jejak torehan-torehan sungai kering dan tebing-tebing agak curam ditumbuhi beragam vegetasi. Morfologi ini tampak jelas pada puncak Malumbi ke arah selatan dan barat.

Satuan batugamping terumbu tersebut berdasarkan kandungan fosilnya berumur Pliosen Akhir yang juga tersebar luas di selatan pulau Bali, disebut sebagai Formasi Selatan. Satuan batuan ini dapat

dikorelasikan dengan Formasi Blambangan yang tersebar di Jawa Timur bagian selatan dan dapat juga di korelasikan dengan Formasi Akas di Pulau Lombok. Dolomit yang tersingkap di beberapa lokasi berwarna putih dan lunak di dimanfaatkan masyarakat sebagai material dasar untuk membuat batubata, patung dan pura. Pemukiman masyarakat di pulau Nusa Penida ini di bangun dengan menggunakan batubata berwarna putih dari meterial dasar dolomit.

Karakteristik kawasan pesisir di Pulau Nusa Penida, Pulau Lembongan dan Pulau Ceningan adalah pantai bertebing (tipe pantai I), pantai berpasir (tipe pantai II) dan pantai berbakau (tipe pantai III) (Gambar 2).

Pantai bertebing (tipe pantai I), karakter pantai ini menempati hampir 70% dari ketiga pulau tersebut. Khususnya di kawasan pesisir selatan pulau Nusa Penida, selatan pulau Lembongan dan tenggara pulau Ceningan. Kemiringan tebing dikawasan pesisir tersebut mencapai 70° hingga 90° . Untuk tebing di tenggara pulau Ceningan dan pantai barat laut pulau Nusa Penida, kemiringan antara 80° hingga 90° berlanjut hingga kedasar laut mencapai kedalaman lebih dari -200 meter, di tafsirkan sebagai gawir sesar normal (*hanging wall*) yang berarah timur laut - barat daya. Pada gawir pulau Nusa Penida maupun pulau Ceningan, di kawasan selat Ceningan, tampak takik (*notches*) sedalam 1 - 2 m memanjang sepanjang pantai akibat gerusan gelombang sebagai jejak tinggi muka laut saat ini.

Di Kawasan pesisir desa Paguyangan, selatan pulau Nusa Penida, tebing setinggi lebih dari 200 m diatas muka laut menyingkapkan perlapisan batugamping berselang-seling antara batugamping yang telah terhablur, napal, pada perlapisan ini dijumpai fosil berumur Miosen Akhir. Perlapisan batugamping tersebut memiliki rekahan-rekahan yang mudah lepas dan runtuh kelaut akibat aktivitas gelombang laut selatan yang tinggi dan berenergi kuat membentuk pulau-pulau kecil (Gambar 3).

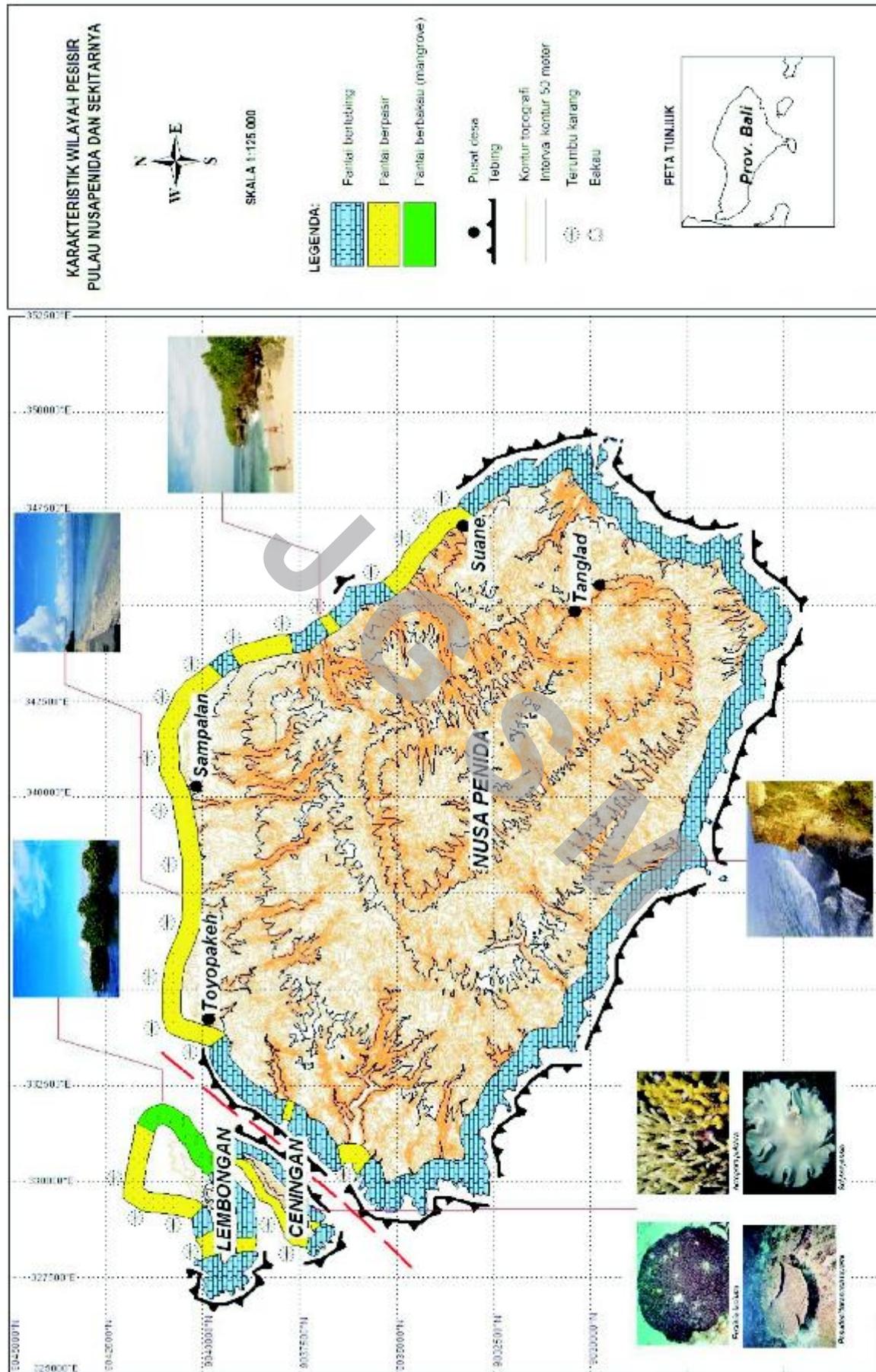
Karakter pantai bertebing rendah tidak tersebar luas di kawasan pesisir pulau Nusa Penida, pulau Lembongan maupun pulau Ceningan. Pantai bertebing rendah biasanya berbatu berada pada pantai timur merupakan batugamping yang menjorok kearah laut di antara pantai berpasir. Batugamping bersifat getas ini, karena hempasan gelombang pecah menjadi bongkahan-bongkahan batu yang

tersebar di garis pantai. Kawasan pantai berbatu pada bagian punggungnya ditutupi oleh beragam vegetasi (perdu) yang tumbuh pada rekahan-rekahan batugamping serta soil yang tipis di atasnya.

Pantai berpasir (tipe pantai II), karakter pantai ini tersebar luas di kawasan pesisir utara, di kawasan dermaga desa Toyapakeh memanjang hingga ke kawasan pesisir timur desa Suane menerus hingga desa Semaye dan di kawasan pantai timur pulau Lembongan. Kawasan pesisir tersebut terdiri atas pasir kasar, pemilahan buruk, tidak kompak (*uncosolidated*) berwarna putih kekuningan tersusun dari rombakan terumbukarang berukuran pasir kasar hingga kerakal dan pecahan cangkang binatang laut (Gambar 4). Bentuk kawasan pantai ini landai dengan sudut antara 2° hingga 3° dimanfaatkan masyarakat sebagai kawasan pemukiman dan budidaya rumput laut.

Pada kawasan pantai berpasir bagian utara pulau Lembongan diperuntukan sebagai kawasan wisata pantai dan bahari. Hempasan gelombang dari arah laut lepas yang tinggi merupakan daya tarik tersendiri bagi wisatawan asing. Selat Lembongan yang sempit dan dangkal, tidak lebih dalam dari 1,5 m dalamnya, yang diapit oleh pulau Lembongan dan pulau Ceningan membentuk morfologi pantai berpasir berselingan dengan batugamping yang menjorok hingga garis pantai membentuk tebing-tebing rendah.

Hampir di seluruh kawasan pantai berpasir dibangun penahan gelombang bermahkota (*sea wall*) setinggi 2 m sejajar dengan garis pantai. Bangunan penahan gelombang di bangun guna menangkal abrasi yang cukup kuat, serta melindungi kawasan pemukiman dan transportasi darat yang memanjang dari desa Toyapakeh hingga desa pantai Suane. Dengan *Issue* pemanasan global yang saat ini sedang dibicarakan di kalangan ilmuwan, mengakibatkan naiknya muka air laut, maka kawasan pantai berpasir adalah kawasan pesisir yang sangat rentan terhadap kenaikan muka laut sebab morfologinya yang sangat landai, material pembentuk pantai yang tidak kompak (*uncosolidated*), segala kepentingan masyarakat termasuk pemukiman, sarana transportasi dan kawasan wisata berada di wilayah ini. Dengan di banggunya *sea wall* setinggi 2 m dari muka laut rata-rata merupakan langkah tindak nyata dan positif dalam melindungi kawasan pantai ini dari kemungkinan naiknya muka air laut akibat pemanasan global.



Gambar 2. Peta karakteristik Pantai di kawasan Nusa Penida dan sekitarnya.



Gambar 3. Tipe pantai bertebing pada kawasan pantai selatan Pulau Nusa Penida.



Gambar 4. Tipe pantai berpasir yang terdapat di pantai utara Pulau Nusa Penida.

Seluruh kawasan pantai berpasir mengalami abrasi di pulau Nusa Penida karena selain arus yang bergerak dari arah utara sangat kuat ke arah selat Ceningan dan sebagian ada yang berkelok ke arah pantai timur pulau Nusa Penida memperkuat energi arus sejajar pantai. Selain itu dengan dibangunnya dermaga kapal ro-ro serta dermaga di Toyapakeh yang menjorok ke laut mengakibatkan abrasi disekitar dermaga tersebut bertambah kuat. Dengan adanya kegiatan budidaya rumput laut, masyarakat menghancurkan terumbu karang yang tumbuh disekitar pantai sejauh 100 - 150 m dari garis pantai mengakibatkan energi gelombang semakin kuat.

Pantai berbakau (tipe pantai III), untuk kawasan pesisir timur pulau Lembongan pantai berpasir tersebar ke arah laut (akerasi) sejauh 1,5 km, dangkal dan ditumbuhi bakau jenis *Myrtle mangrove* (Lovelock, 1993). Tumbuhan bakau ini memiliki akar bercabang diatas permukaan air, berdaun lebar, berwarna hijau dan pada bagian belakangnya berwarna hijau muda. Bakau jenis ini dapat mencapai ketinggian 20 m, tumbuh di pesisir dan gosong pasir karena tumbuhan bakau ini membutuhkan salinitas air laut yang tinggi. Akar bercabang pada tumbuhan ini berfungsi sebagai jebakan material sedimen serta tempat pemijahan ikan (Gambar 5 dan 6).

Selat Ceningan yang curam dan dalam, diapit oleh dua pulau Nusa Penida dan pulau Ceningan, memiliki arus yang sangat kuat. Arus tersebut dapat menggerus/erosi beragam material yang tumbuh pada dasar laut mengakibatkan terumbu karang yang tumbuh di dalam selat tersebut tidak dapat tumbuh dan berkembang dengan sempurna. Akan tetapi pada teluk-teluk dangkal di pulau Nusa Penida, seperti teluk Gamat dan teluk Penida, beragam

terumbu karang dapat tumbuh dengan baik dan sempurna. Beberapa jenis terumbu karang yang dapat dikenali adalah, *Pectinia lactuca*, *Acropora pulchra*, *Pseudosiderastrea tayami*, *Solytaryensis* serta banyak lagi lainnya. Terumbu karang jenis *Pseudosiderastrea tayami* (bercabang) dan *Acropora pulchra* (berbentuk meja) juga berkembang dengan sangat luas pada kedalaman 2 - 7 m (laut dangkal yang terlindung) pada kawasan pantai berpasir (Gambar 7 a,b,c dan d). Foto terumbu karang ini diambil dengan melakukan penyelaman hingga kedalam -10 m di bawah permukaan laut dengan menggunakan camera khusus bawah air.

Pada kawasan pesisir pulau Nusa Penida tidak dijumpai terumbu karang lunak (*soft coral*) yang beraneka warna akan tetapi lebih berkembang terumbu karang keras (*hard coral*) seperti jenis *Pseudosiderastrea tayami* yang pada ujung-ujungnya memancarkan warna-warni yang berbeda-beda (merah, biru dan kuning). Terumbu karang jenis ini memiliki sifat getas atau mudah patah oleh hampasan gelombang atau sentuhan benda keras, mengakibatkan banyak sekali rombakan-rombakan terumbu karang jenis ini tersebar di dasar laut bahkan dalam ukuran kerikil hingga kerakal tersebar diantara pantai berpasir.

Dengan derasnya arus laut pasang surut di kawasan penelitian mengakibatkan beberapa kawasan pesisir mengalami erosi khususnya kawasan pantai berpasir (tipe pantai II) yang sangat rentan terhadap proses laut ini. Dengan menggunakan citra satelit memudahkan dalam mengidentifikasi kawasan yang rentan terhadap proses laut tersebut. Data citra satelit landsat 7 ETM+ (2002) dapat memberikan gambaran tentang morfologi baik di darat maupun di kawasan pesisir (Gambar 8).

Identifikasi vegetasi, pola aliran sungai, pemukiman dan lahan terbuka dapat menggunakan citra satelit Landsat 7 ETM +, dengan cara mengubah susunan komposit warna (*Band*). Tampilan citra akan berubah dan memberikan informasi yang diperlukan. Akan tetapi tafsiran geologi yang berkembang di kawasan penelitian tidak seluruhnya dapat teridentifikasi dengan baik. Data citra SRTM tersedia dapat memberikan informasi tentang elevasi daerah penelitian dengan tampilan *Digital Elevation Model* (DEM) (Gambar 9). Dengan menggunakan DEM tersebut akan memudahkan para geologiawan dalam melakukan penafsiran bentuk morfologi dan gejala struktur geologi permukaan.

Data ketinggian darat dan data batimetri dasar laut dapat memberikan gambaran secara keseluruhan bentang alam dari darat hingga dasar laut (Gambar 6). Kawasan yang memiliki morfologi dasar laut yang sangat dalam dan curam serta bentang alam perbukitan bergelombang batugamping di pulau Nusa Penida yang telah mengalami perubahan bentuk, dapat di sajikan dengan jelas pada data *digital elevation model* (DEM). Warna merah menunjukkan morfologi perbukitan tertinggi, sedangkan warna biru tua adalah perbukitan rendah hingga kawasan pesisir (Gambar 9). Pada DEM kedalaman laut, warna kuning menunjukan kawasan yang dangkal, dekat kawasan pesisir, dan semakin dalam warna berubah secara gradasi ke warna hijau dan biru (Gambar 10).

Dalam pengembangan wilayah di perlukan data visual tentang bentang alam secara keseluruhan, yang meliputi daya dukung alam yang ada dan ketersediaan lahan baik di pegunungan maupun di kawasan pesisir. Dengan menggunakan perangkat lunak Global Mapper tampilan tiga dimensi ini dapat disajikan dalam berbagai sudut pandang (rotasi 360°) (Gambar 11 a dan b). Dari data DEM yang telah di olah dengan menggunakan perangkat ER Mapper di ekspor ke program Global Mapper untuk proses lebih lanjut.

Dengan melakukan proses rotasi data DEM maka dapat dengan mudah diidentifikasi kawasan pantai yang datar memiliki lahan yang agak sempit. Berdasarkan pengamatan di lapangan, kawasan tersebut merupakan jalan utama yang menghubungkan desa-desa di Pulau Nusa Penida dan tempat pemukiman penduduk yang cukup padat. Walaupun kawasan pegunungan dijumpai

banyak desa tetapi kawasan pesisir merupakan kawasan perekonomian masyarakat di Nusa Penida. Pantai utara Pulau Lembongan yang memiliki bentuk morfologi pantai yang datar, gelombang laut yang cukup tinggi serta sebaran terumbu karang yang kondisinya masih sangat baik banyak dikembangkan kawasan wisata bahari yang sangat baik, demikian pula dengan desa Toyapakeh di Pulau Nusa Penida.

Dari hasil analisis citra satelit dan data *digital elevation model* (DEM) tampak kawasan pesisir di selatan pulau Nusa Penida sangat curam. *Ground check* pada kawasan pantai selatan tersebut menunjukkan tebing vertikal setinggi ± 200 m yang menyingkapkan batugamping berlapis (Gambar 3). Beberapa pulau-pulau kecil yang terdiri atas batugamping berlapis terpisah dari pulau Nusa Penida merupakan bongkah batugamping yang runtuh ke laut. Pantai utara pulau Nusa Penida membentuk dataran rendah yang tersusun dari pasir lepas hasil rombakan terumbu karang dan cangkang biota laut. Tebing-tebing yang agak curam dikawasan ini tidak terlampaui tinggi, kurang lebih 5 m tingginya, menyingkapkan batugamping kompak dengan beberapa rekahan.

Berdasarkan bentang alam yang ada secara visual di duga Pulau Nusa Penida mengalami pengangkatan yang tidak merata (*tilting*). Hal tersebut akibat tektonik aktif (*subduction*) yang berada di selatan pulau Nusa Penida yang sangat kuat menekan kearah utara mengakibatkan proses pengangkatan yang sangat cepat di bagian selatan. Praduga ini perlu pembuktian dengan melakukan penanggalan fosil terumbu karang baik dari pantai selatan maupun pantai utara Pulau Nusa Penida yang dikaitkan terhadap perubahan paras air laut pada Glasial Akhir.

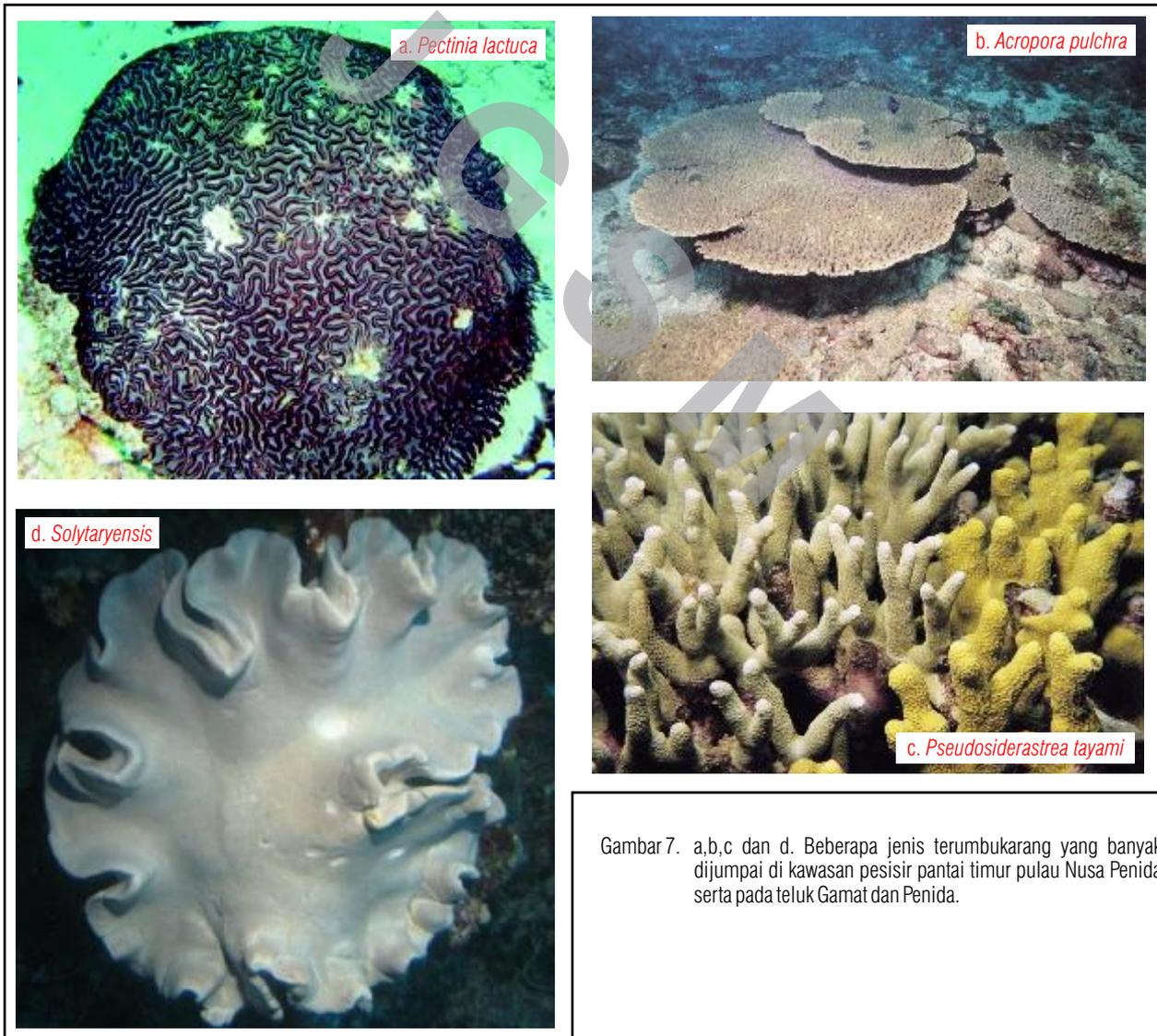
Pulau Ceningan adalah pulau yang tersusun dari batugamping yang memiliki morfologi pantai yang curam di seluruh sisinya. Pemukiman masyarakat hanya di kawasan pesisir utara yang sangat terbatas. Pulau ini memiliki selat yang sangat sempit dan sangat dangkal. Disaat pasang-surut terendah selat ini dapat dilintasi dengan berjalan kaki. Selat Lembongan yang sempit dan dangkal tersebut memiliki daya tarik wisatawan asing untuk melakukan kegiatan wisata di kawasan ini. Tetapi kegiatan wisata bahari lebih dipusatkan di bagian utara pulau Lembongan.



Gambar 5. Tipe pantai berbakau di kawasan pantai selatan Pulau Lembongan.



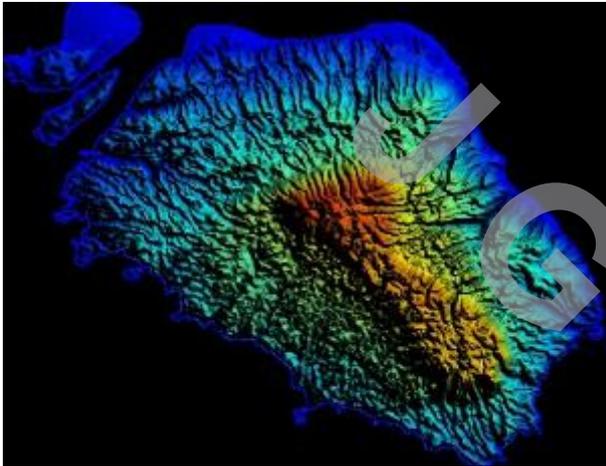
Gambar 6. Myrtle Mangrove



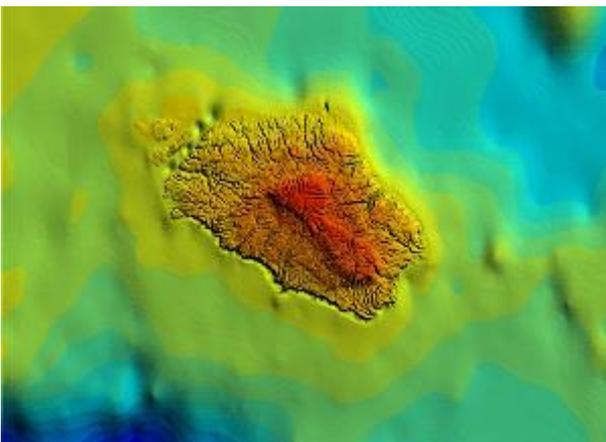
Gambar 7. a,b,c dan d. Beberapa jenis terumbu karang yang banyak dijumpai di kawasan pesisir pantai timur pulau Nusa Penida serta pada teluk Gamat dan Penida.



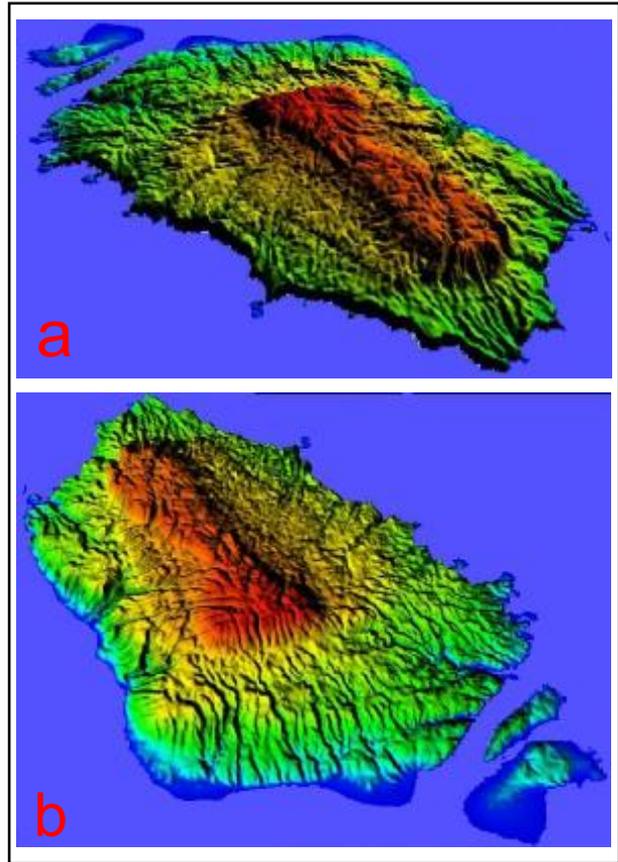
Gambar 8. Citra satelit *landsat* daerah pulau-pulau Nusa Penida, Lembongan dan Ceningan



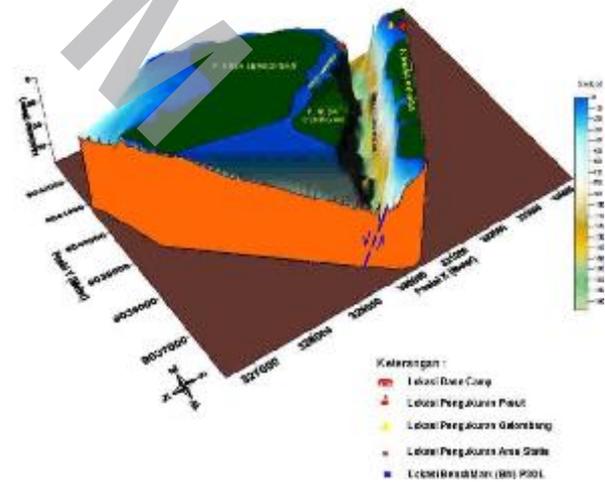
Gambar 9. *Digital Elevation Model* (DEM) pulau-pulau Nusa Penida, Lembongan dan Ceningan.



Gambar 10. *Digital Elevation Model* (DEM) gabungan antara data ketinggian di darat dan data kedalaman laut.



Gambar 11. a dan b. Tampilan DEM pulau-pulau Nusa Penida, Lembongan dan Ceningan yang disajikan dari arah selatan dan utara.



Gambar 12. Tampilan tiga dimensi dari morfologi Selat Ceningan yang ditafsirkan sebagai sesar.

DISKUSI

Interpretasi data ketinggian (SRTM) dan data kedalaman menghasilkan data DEM yang dapat menunjukkan morfologi darat dan morfologi dasar laut (Gambar 10). Morfologi dasar laut khususnya di teluk Ceningan, yang memisahkan antara pulau-pulau Ceningan dan Nusa Penida, menunjukkan bentukan yang curam dan sangat dalam. Dengan melakukan pengukuran kedalaman laut (*sounding*) mencapai lebih dari -200 m sepanjang selat tersebut.

Pada citra satelit di pesisir barat laut pulau Nusa Penida yang berhadapan dengan selat Ceningan terlihat adanya kelurusan dengan tebing yang sangat curam, kelurusan ini ditafsirkan sebagai sesar bawah laut yang memanjang dari timur laut - barat daya (Gambar 2 dan 12). Kedalaman hingga mencapai -200 m dan terlihat lebih dalam dari morfologi dasar laut di sekitar pulau-pulau Nusa Penida, Lembongan dan Ceningan, memperkuat adanya sesar bawah laut tersebut.

Arus pasang-surut yang bergerak melalui selat Ceningan sangat deras. Pengukuran kecepatan arus dengan memasang alat pengukur arus bawah laut (*current meter*) menunjukkan kecepatan arus kearah selatan minimal 2 meter/detik, kecepatan maksimalnya dapat mencapai 6 meter/detik. Arus yang sedemikian deras yaitu adanya aliran arus kuat dari arah selatan di pagi hari, dan aliran arus dari arah utara di siang - sore hari, dan bentukan morfologi dasar laut yang dalam di selat ini mengakibatkan kecepatan arus pasang-surut tersebut menjadi lebih besar.

Kecepatan arus pasang-surut tersebut merupakan sumber daya energi yang sangat potensial untuk pembangkit tenaga listrik. Sesuai dengan penancangan pulau Nusa Penida menjadi Taman Energi Terbarukan (*Renewable Energy Park*), maka sumber daya energi arus laut tersebut dapat dijadikan alat penggerak turbin pembangkit tenaga listrik.

SIMPULAN

Di lingkungan kawasan pesisir pulau-pulau Nusa Penida, Lembongan dan Ceningan dapat diidentifikasi tiga buah tipe pantai serta sebarannya,

yaitu tipe pantai I yang terdiri atas pantai bertebing, tipe pantai II yang terdiri atas pantai berpasir dan tipe pantai III yang ditumbuhi oleh tumbuhan bakau (*mangrove*).

Dari analisis data citra satelit, dengan menggunakan perangkat lunak ER Mapper, dapat dihasilkan data *digital elevation model* (DEM) untuk daerah penelitian dengan cukup teliti. Dengan DEM gabungan antara pulau-pulau tersebut dengan morfologi dasar laut disekitarnya memberikan gambaran morfologi kawasan perbukitan, pesisir dan dasar laut secara menyeluruh pada kawasan penelitian.

Paduan dari metode-metode tersebut menghasilkan informasi yang padat, tepat dan baik untuk dapat digunakan sebagai informasi dasar dalam pengembangan wilayah. Hasil analisis dan interpretasi data citra satelit ini, menggambarkan tentang bentang alam (morfologi) baik di darat maupun di dasar laut, karakteristik pantai, sebaran batuan, tafsiran struktur geologi, terumbu karang dan energi alternatif yang ada pada daerah penelitian.

Kecepatan arus laut di sekitar selat Ceningan merupakan sumber daya energi yang sangat potensial hingga kini belum dimanfaatkan. Untuk menunjang program penancangan kawasan pulau Nusa Penida sebagai Taman Energi Terbarukan (*Renewable Energy Park*) maka energi arus laut di sekitar selat Ceningan dapat dimanfaatkan sebagai energi penggerak turbin pembangkit tenaga listrik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada rekan-rekan tim Nusa Penida yang telah membantu pada saat infentarisasi data serta diskusinya yang konstruktif. Terima kasih juga disampaikan kepada Tjoek Aziz Suprpto yang telah memberikan masukan dan diskusi teknis yang sangat berarti khususnya dalam pengolahan citra satelit. Terimakasih kami sampaikan kepada Kepala Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan atas kesempatan yang diberikan kepada kami hingga makalah ilmiah ini dapat kami terbitkan.

ACUAN

- Astjario, P., 1995. *Buku Panduan Penelitian Pantai Dengan Permasalahannya*, Sie Geol. Wil. Pantai, Bid. Geol. Kelautan, Pusat Pengembangan Geologi Kelautan.
- Dolan, R. Hayden, B.P., Hornberger, G., Zeiman J., and Vincent, M.K., 1972. *Classification of the coastal environment of the world*. 1. The Americas charlottesville, Va: Department of environmental Sciences, University of Virginia, Tech.Rept. 1, 163 p.
- Lovelock, C., 1993. *Field guide to the Mangroves of Queensland*, Published by the Australian Institute of Marine Science.
- Suprpto, TA., 2007. *Buku Pegangan Pengolahan Data Digital Citra untuk Pemetaan Geologi Lingkungan Pesisir Dengan Perangkat Lunak ER Mapper*, Bid.Prog.Inf, Puslitbang Geologi Kelautan.

Naskah diterima : 14 Juli 2008
Revisi terakhir : 17 Nopember 2008

J
G
S
M