



Penilaian keterancaman terhadap bencana bagi Pulau Makalehi, Sulawesi Utara, Indonesia

Mone Iye Cornelia Marschiavelli¹, Niendyawati¹

¹Pusat Survei Sumberdaya Alam Laut, Badan Koordinasi Survei dan Pemetaan Nasional (Bakosurtanal), Cibinong, Indonesia

Correspondence: Mone Iye Cornelia Marschiavelli (email: mone_ive@yahoo.com)

Abstrak

Pulau Makalehi adalah salah satu pulau luar Indonesia yang mempunyai peranan penting sebagai kawasan sempadan negara. Penilaian kerentanan serta penilaian bahaya dan keupayaan dalam pulau-pulau kecil diperlukan untuk membantu proses membuat keputusan dalam pengurusan bencana. Oleh itu, kertas ini mencuba membincangkan kerentanan dan keupayaan Pulau Makalehi dan mencadangkan beberapa alternatif bagi penilaian kerentanan bersepadu dalam pulau-pulau kecil. Kajian telah dilakukan pada tahun 2007 dengan mengumpul data asas, seperti tanah, sumber marin dan data demografi. Analisis yang digunakan dalam kajian ini adalah kualitatif deskriptif. Keputusan menunjukkan bahawa gambaran umum tentang kerentanan dan keupayaan Pulau Makalehi boleh digunakan sebagai satu input dalam pengurusan pulau kecil dan pembangunan di Indonesia. Pulau Makalehi memiliki kerentanan terhadap bencana, berkaitan dengan aspek fizikal, sosial, ekonomi dan persekitaran. Selain daripada itu, beberapa keupayaan yang telah dimiliki oleh Pulau Makalehi boleh ditingkatkan guna mengurangi dampak dari bencana yang mungkin menimpa pulau ini. Alternatif yang boleh dilakukan diantaranya adalah melalui Pengurusan Kawasan Pantai Terintegrasi (ICZM).

Katakunci: bencana, kawasan garis sempadan, Penilaian Kerentanan dan Keupayaan (VCA), Pengurusan Kawasan Pantai Terintegrasi (ICZM), Makalehi, Matriks VCA

An assessment of vulnerability to disaster for Makalehi Island, Northern Celebes, Indonesia

Abstract

Makalehi Island is one of Indonesia's outer islands which plays an important role as a national borderline. Since vulnerability assessment as well as hazard and capacity assessment for small islands are needed to help in the decision making process of disaster management, this paper describes the vulnerability and capacity of Makalehi Island. It also proposes some alternatives for integrated vulnerability assessment for small islands in general and for Makalehi in particular. The methodology involves a survey conducted in early 2007 to gather primary data pertaining to soil, marine resources, and demography. The analysis used in this study is qualitative descriptive. Results illustrate both the vulnerability and capacity of Makalehi Island which can be used as an input in Indonesian small island management and development. The Makalehi depicts vulnerability to environmental, economic and social disasters. Yet it does also possess certain capacities that may be enhanced to further mitigate the impacts of disasters should they befall the island. A mitigation alternative that may be explored is the Integrated Coastal Zone Management (ICZM).

Keywords: borderline, disaster, ICZM, Makalehi, VCA Matrix, Vulnerability and Capacity Assessment (VCA)

Pengenalan

Masa ini, isu perubahan iklim dan pemanasan global menjadi isu lingkungan dunia yang penting dan ramai dibincangkan. Mengikut data dari *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), kenaikan suhu dunia akan mengalami peningkatan secara signifikan selama beberapa abad mendatang. Keadaan ini akan menyebabkan kenaikan muka air laut purata global dari 1 - 2,5 mm/tahun hingga lebih kurang 5 mm/tahun (IPCC, 1996).

Mengikut Undang-undang No. 27/2007 (Departemen Dalam Negeri, 2007), Indonesia memiliki 92 pulau kecil yang merupakan pulau-pulau kecil terluar dan bersempadan dengan sepuluh negara jiran yakni Australia, Malaysia, Singapura, India, Thailand, Vietnam, Filipina, Palau, Papua Nugini dan Timor Leste. Pulau-pulau terluar berperan sebagai garis depan kedaulatan dan yurisdiksi Indonesia dan memiliki erti penting dalam penentuan had teritorial Negara Kesatuan Republik Indonesia dengan negara jiran.

Pulau Makalehi merupakan salah satu pulau kecil terluar yang terletak di Laut Sulawesi, Propinsi Sulawesi Utara. Secara geografis, titik tengah pulau ini terletak pada 125° 09' 28" T dan 2° 44' 15" U. Keluasan daratannya 305.12 hektar, dengan garis pantai sepanjang 8,796 kilometer. Pulau ini memiliki banyak potensi sumberdaya alam yang dapat dikembangkan samaada bagi tujuan pariwisata mahupun ilmu pengetahuan (Rajah 1).



Rajah 1. Lokasi Pulau Makalehi, Sulawesi Utara, Indonesia

Perubahan iklim mengakibatkan dampak yang besar bagi pulau-pulau kecil terkait dengan kawasan laut dan ekosistem di sekitarnya, misalnya fenomena kenaikan muka air laut, cuaca yang ekstrim, kekurangan air bersih, serta pemutihan karang. Oleh itu, diperlukan suatu penilaian kerentanan (*vulnerability assessment*) guna mitigasi bencana akibat perubahan iklim ini. Salah satu metode penilaian kerentanan adalah metode *Vulnerability and Capacity Assessment* (VCA) yang melihat kerentanan dan keupayaan dari suatu kawasan pada empat aspek, iaitu: aspek fizikal, sosial, ekonomi dan persekitaran (ADPC, 2004).

Berasakan keadaan yang dihurai di atas, kajian ini bertujuan untuk memberikan gambaran mengenai kerentanan dan keupayaan yang dimiliki oleh Pulau Makalehi dalam menghadapi perubahan iklim melalui penilaian kerentanan dan memberikan beberapa alternatif dalam rangka meningkatkan kesedaran masyarakat dan kerajaan tempatan serta meminimalisir kerugian yang mungkin timbul akibat perubahan iklim.

Landasan teori

Pengambilan data terumbu karang dilakukan berdasarkan metode *Line Intercept Transect* (LIT) (English S et al., 1994). Transek garis sepanjang 100 meter dibentangkan sejajar garis pantai pada tiga titik pengamatan, selanjutnya pencatitan data dilakukan pada setiap transisi perubahan bentuk pertumbuhan karang. Dari hasil pencatitan, dilakukan perkiraan peratusan litupan karang menggunakan persamaan:

$$\% \text{ cover} = \frac{li}{L} \times 100\% \quad (1)$$

dimana: li adalah panjang total *lifeform* ke-I, manakala L adalah panjang transek garis (100 m).

Selain melihat penutupan karang hidup, keadaan terumbu karang di kawasan kajian juga dikira dengan menggunakan Indeks Kematian Karang (IMK), menggunakan persamaan:

$$IMK = \frac{\text{karang mati} + \text{rubble}}{\text{Karang mati} + \text{rubble} + \text{karang hidup}} \quad (2)$$

IMK menggambarkan paras kerosakan terumbu karang yang berlaku di kawasan tersebut, atau IMK digunakan untuk melihat seberapa besar karang hidup mengalami perubahan menjadi karang mati atau pecahan karang (*rubble*).

Pengambilan data ikan karang menggunakan metode sensus visual pada garis transek. Penyelam melakukan banci visual di sepanjang garis transek 50 meter, dengan keluasan kawasan banci 50 x 10 m². Jenis dan perkiraan bilangan ikan dicatat pada sabak. Ikan karang dikelompokkan mengikut kategori: ikan indikator, ikan mayor dan ikan target. Ikan indikator merupakan ikan yang dapat dijadikan petunjuk kesihatan karang, seperti Famili *Chaetodontidae*. Ikan mayor merupakan kelompok ikan yang berperan dalam rantai makanan di ekosistem terumbu karang, mendominasi perairan karang, sama ada dalam bilangan individu mahupun bilangan jenis. Kelompok ikan mayor misalnya ikan-ikan Famili *Pomacentridae*, *Scaridae* dan *Acanthuridae*. Manakala ikan target adalah jenis-jenis ikan yang dapat dikonsumsi, contohnya ikan-ikan dari Famili *Lutjanidae* dan *Serranidae*. Langkah selanjutnya, ikan karang kemudian diidentifikasi menggunakan buku identifikasi (Kuitert, 1992).

Data yang terkumpul kemudian dikira bilangan genus, bilangan jenis dan bilangan famili. Selain itu juga dikira nilai indeks keanekaragaman (H'), keseragaman (E), dan dominansi (D). Indeks keanekaragaman jenis yang digunakan iaitu indeks Shannon-Wiener, sesuai persamaan berikut:

$$H' = - \sum p_i \ln p_i \quad (3)$$

dimana: H' adalah indeks keanekaragaman jenis (Shannon-Wiener), p_i adalah proporsi individu spesies ke-i (n_i/N), n_i adalah bilangan individu spesies/jenis ke-i, dan N adalah bilangan total individu dalam komuniti.

Indeks keseragaman jenis (*equitability*) untuk menggambarkan penyebaran spesies yang berbeza dalam suatu komuniti dikira dengan rumus :

$$E = H' / H_{\max} \quad (4)$$

$$H_{\max} = \ln S \quad (5)$$

dimana: E adalah indeks keseragaman jenis dan S adalah bilangan jenis/spesies.

Perkiraan indeks dominansi jenis dilakukan dengan formulasi sebagai berikut:

$$D = \sum (p_i)^2 \quad (6)$$

dimana: D adalah indeks dominansi, dan p_i adalah proporsi individu spesies ke-i.

Metodologi kajian

Lokasi survei lapangan adalah di Pulau Makalehi, di mana secara pentadbiran termasuk dalam Kabupaten Sitaro. Survei dilakukan pada bulan Juni hingga Juli 2007. Alat yang digunakan dalam survei lapangan adalah lembar pengisian data lapangan, peralatan SCUBA, roll meter, sabak (untuk menuliskan hasil pencatitan data terumbu karang dan sensus ikan karang), pensil, buku identifikasi terumbu dan ikan karang, GPS dan peta hasil pengolahan citra yang akan diverifikasi. Data-data yang diperolehi dalam kajian ini, iaitu data demografi, data terumbu karang, data ikan karang dan data litupan tanah.

Data demografi didapatkan dari temu bual dengan tokoh masyarakat. Data terumbu karang diperolehi dengan menggunakan metode LIT, manakala pengambilan data ikan karang dilakukan dengan menggunakan metode sensus visual. Pengolahan data terumbu karang dan ikan karang dilakukan menggunakan Ms.Excel. Pemetaan litupan tanah Pulau Makalehi dilakukan dengan menggunakan gabungan teknik penderiaan jauh dan hasil survei lapangan. Citra yang digunakan adalah satelit *Quickbird*, hasil perekaman tanggal 6 Desember 2001. Pengolahan citra dilakukan menggunakan *ErMapper* 6.4 dan pembuatan peta litupan tanah dilakukan menggunakan software *ArcView* 3.3.

Penilaian kerentanan dilakukan menggunakan analisis VCA (*Vulnerability and Capacity Assessment*). VCA merupakan penilaian kerentanan dengan memperhatikan beberapa aspek, iaitu aspek fizikal (binaan, infrastruktur, perkhidmatan utama), aspek sosial (sosio-budaya, etnik, agama dan lain-lain), aspek ekonomi (pendapatan penduduk, pelaburan dan lain-lain) dan aspek persekitaran (sumberdaya alam, ketersediaan air bersih dan lain-lain) (ADPC, 2004).

Hasil dan perbincangan

Jumlah penduduk Pulau Makalehi adalah 1,438 orang, terdiri daripada 722 laki-laki dan 716 wanita. Sebahagian besar penduduk hanya mempunyai tahap pendidikan Sekolah Rendah. Fasiliti pendidikan di pulau ini sangat terhad; hanya terdapat 3 Sekolah Rendah dan 1 buah Sekolah Menengah. Bagi mereka yang ingin bersekolah lebih tinggi, mereka harus pergi ke Pulau Siau ataupun ke Bandar Manado. Mata pencaharian utama adalah sebagai nelayan.

Sumber api pulau ini adalah dengan menggunakan diesel yang hanya mampu menyediakan elektrik dari pukul 17.30 hingga 01.30 dinihari. Manakala keperluan air bersih diperolehi daripada perigi-perigi dan Danau Makalehi. Komunikasi di pulau ini hanya dapat menggunakan telefon satelit manakala sinyal telefon bimbit hanya boleh diterima pada beberapa lokasi di sekitar mercusuar.

Secara umum, keluasan total petempatan di Pulau Makalehi adalah sekitar 10.29 ha (3.37% dari keluasan total pulau). Di beberapa pulau kecil, kawasan yang datar biasanya dijadikan tempat bagi mendirikan petempatan sekaligus infrastruktur, seperti fasiliti perkhidmatan sosial, fasiliti pariwisata, pelabuhan, jalan, *Pusat Listrik Negara* dan fasiliti utama lainnya. Ini adalah untuk mendukung keperluan ekonomi dan sosial pulau tersebut. Keadaan ini juga ditemukan di Makalehi, di mana petempatan infrastruktur bertumpu di kawasan pesisir pantai yang relatif datar dan memiliki pola distribusi linear berkorelasi dengan jalan dan Danau Makalehi (Foto 1). Petempatan dan infrastruktur penting di pulau ini berada pada kawasan yang beresiko tinggi kerana wujudnya unjuran laju kenaikan muka air laut dan perubahan cuaca yang ekstrim seperti badai dan banjir akibat gelombang laut.



Foto 1. Citra Quickbird Tiga Dimensi (3D) Pulau Makalehi

Daripada maklumat sejarah, diketahui bahawa Pulau Makalehi merupakan pulau yang rawan bencana gempa dan tsunami. Dalam Peta Geomorfologi Indonesia yang dibuat oleh Verstappen (1999), pulau ini terletak di jalur vulkanik daripada sistem Sulawesi. Kawasan ini juga

merupakan jalur pertemuan antara Lempeng Laut Sulawesi dengan Lempeng Maluku Utara. Zona tumbukan antara kedua lempeng ini berpotensi sebagai sumber gempa bumi yang boleh mengakibatkan tsunami, utamanya apabila magnitudenya lebih besar daripada 6.5 SR dengan kedalaman gempa kurang daripada 40 meter serta terjadinya perubahan dasar laut secara vertikal (dislokasi) (Bakosurtanal, 2007).

Beberapa gempa bumi yang cukup besar pernah terjadi di kawasan ini dan menyebabkan banyak kerugian (Jadual 1). Gempa paling besar terjadi pada tanggal 8 Februari 1845 sebesar 6.2 – 6.9 SR. Bagaimanapun, tiada maklumat yang jelas mengenai kerosakan yang timbul akibat gempa ini. Manakala gempa yang dilaporkan menimbulkan dampak paling besar adalah gempa yang terjadi pada 14 Mei 1932, di mana sebanyak 6 orang meninggal dunia, 115 orang terluka, dan sebanyak 592 rumah roboh.

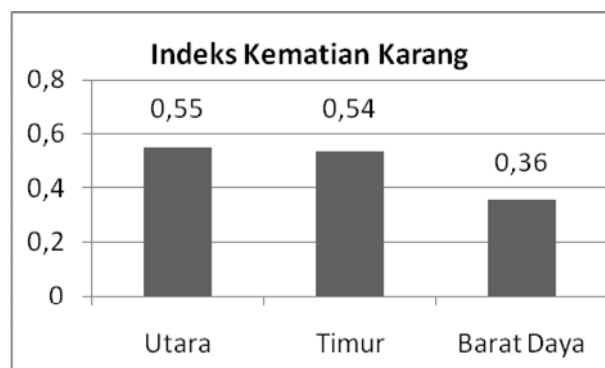
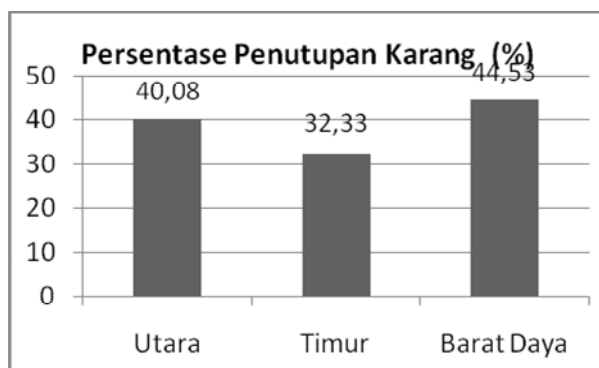
Jadual 1. Sejarah gempa di Pulau Sulawesi

Tarikh	Magnitude (MMI)	Skala Richter (SR)*	Lokasi yang terkena dampak gempa
8 Februari 1845	VIII-IX	6.2 – 6.9	Manado, Tomohon, Tonsarongsong, Tondano, dan Tanawangko.
13 Disember 1859	VII	5.5 – 6.1	Ternate, Tidore, Halmahera, Talaud, dan Banggai. Sebanyak 15 rumah roboh.
14 Mei 1932	Tidak diketahui	-	Langowan, Poso, Tondano, Waluyama, Rembokan, Koya, dan Likupang
22 Februari 1980	VI-VII	4.9 – 6.1	Manado
17 Ogos 1988	VII	5.5 – 6.1	Manado

* dipinda dari MMI mengikut www.fema.gov/kids/intense.htm

Terumbu karang di Pulau Makalehi termasuk tipe karang tepi (*fringing reef*) dan tersebar di sekeliling pulau. Fungsi terumbu karang adalah sebagai penahan gelombang; tempat memijah, tempat berkembang biak dan tempat mencari makan bagi ikan. Selain daripada itu, terumbu karang juga berperan sebagai habitat bagi berbagai biota laut dan ikan karang serta menjadi daya tarik pariwisata laut.

Data keadaan terumbu karang diperolehi dengan perkiraan menggunakan rumus (1) dan (2). Secara am, keadaan terumbu karang di Pulau Makalehi dikategorikan dalam kelas sedang, dengan kadar litupan karang sekitar 32.33 – 44.53% dan IMK berkisar antara 0.36 – 0.55 (Rajah 1, Rajah 2).



Rajah 1. *Persentase litupan karang di Pulau Makalehi*

Rajah 2. *Indeks Kematian Karang di Pulau Makalehi*

Titik pengamatan di sebelah Barat Daya pulau memiliki terumbu karang yang paling sihat dengan kadar litupan karang paling tinggi (44.53%), manakala IMK-nya paling rendah (0.36). Kadar litupan karang paling rendah ditemukan di bahagian timur pulau sebesar 32.33% dan memberikan petunjuk keadaan karang yang kurang sihat berbanding dengan kedua lokasi lainnya.

IMK di utara pulau lebih tinggi, iaitu sebesar 0.55 berbanding dengan IMK di timur pulau sebesar 0.54. Keadaan ini boleh wujud kerana bahagian utara pulau merupakan lokasi karang yang menghadap arah datangnya angin (*windward*). Oleh itu gelombang yang relatif lebih besar menghantam terumbu karang di lokasi ini dan mengakibatkan kematian karang atau terumbu karang pecah menjadi *rubble*. Sebaliknya bahagian timur pulau merupakan lokasi yang terlindung (*leeward*) dan berhadapan langsung dengan Pulau Siau. Energi gelombang tereduksi dan menyebabkan impaknya tidak terlalu besar pada terumbu karang di lokasi ini.

Secara am, bilangan jenis ikan karang ditemukan pada ketiga lokasi pengamatan (Utara, Timur, dan Barat) berkisar antara 131 – 226 spesies. Data hasil pengolahan data sensus visual ikan karang dimuatkan pada Jadual 2. Indeks keanekaragaman Shannon didapati melalui persamaan (3) berkisar antara 3.70 – 4.15 dan termasuk kategori keanekaragaman yang tinggi dan menandakan suburnya perairan ekosistem karang di perairan Pulau Makalehi. Indeks keseragaman berdasarkan hasil perkiraan menggunakan persamaan (4) dan (5) berkisar antara 0.74 – 0.77 dan dikategorikan dalam keseragaman tinggi.

Indeks dominansi yang dihasilkan menggunakan persamaan (6), secara umum berkisar antara 0.03 – 0.05 dan dikategorikan rendah di mana ianya menandakan tiada dominasi satu jenis spesies dalam komuniti ikan karang di kawasan ini. Mengikut semua aspek ekologis seperti yang terdapat dalam Jadual 2 (indeks Shannon, indeks keseragaman, dan indeks dominansi) didapati bahawa status keadaan komuniti ikan karang di Pulau Makalehi masih stabil dan belum mengalami tekanan.

Jadual 2. Keadaan komuniti ikan karang di Pulau Makalehi

Kategori	Titik pengambilan data		
	Utara	Timur	Barat Daya
Taksonomi ikan karang			
- Bilangan etnik (<i>family</i>)	29	42	33
- Bilangan marga (<i>genus</i>)	67	104	74
- Bilangan jenis (<i>species</i>)	131	226	131
Keadaan komuniti ikan karang			
- Indeks keanekaragaman / Shannon (H')	3.58	4.15	3.70
- Indeks keseragaman (E)	0.74	0.77	0.76
- Indeks dominansi (D)	0.05	0.03	0.05
- Kepadatan (individu/m ²)	5.00	8.04	4.30
Komposisi ikan karang			
- Kadar peratusan ikan target (%)	34.62	35.56	32.82
- Kadar peratusan ikan mayor (%)	49.23	54.22	53.44
- Kadar peratusan ikan indikator (%)	15.38	10.22	13.74

Dilihat daripada komposisi ikan karang, kadar peratusane kelompok ikan target banyak ditemukan di ketiga lokasi. Kadar peratusan paling tinggi ditemukan Perairan Timur Pulau Makalehi iaitu sebanyak 35.56%. Keadaan ini memberikan peluang bagi prospek ekonomi perikanan tangkap yang cukup baik di kawasan ini. Kadar peratusan tertinggi untuk kelompok ikan mayor juga ditemukan di Perairan Timur Pulau Makalehi sebanyak 54.22%, manakala untuk kelompok ikan indikator, kadar peratusan tertinggi ditemukan di Perairan Utara Pulau Makalehi sebanyak 15.38%.

Berdasarkan hasil interpretasi citra satelit dan survei lapangan, peta litupan tanah di Pulau Makalehi dapat dilihat pada Foto 2, manakala keluasan bagi masing-masing litupan tanah dimuatkan Jadual 3.

Litupan tanah yang paling luas di Pulau Makalehi adalah kebun campuran (66.40%), diikuti dengan hutan (7.12%), danau (6.63%), dan padang rumput (5.74%). Sumber air minum utama di Pulau Makalehi adalah berasal dari air Danau Makalehi, yang memiliki keluasan 20.4 ha dan

volume 2,182,949.29 m³. Hasil analisa menggunakan data kontur, Quickbird, pengukuran di lapangan dan temu bual beberapa responden, menunjukkan bahawa volume air Danau Makalehi semakin berkurangan; selama 40 tahun terakhir volume air menyusut sebesar 252,367 m³ (bakosurtanal, 2007).

Mengikuti hasil pengamatan di lapangan, didapati bahawa beberapa kawasan di pulau ini rentan akan bahaya erosi. Erosi yang terjadi disebabkan kerana mekanisme pengelolaan tanah yang kurang tepat. Penduduk Makalehi belum menerapkan sistem rotasi dalam sistem pertaniannya. Oleh itu, masih banyak kawasan yang kurang efektif pengurusan tanahnya. Wujudnya perubahan iklim, berlakunya fenomena Sumber air minum utama di Pulau Makalehi adalah berasal dari air Danau Makalehi, yang memiliki keluasan 20.4 ha dan volume 2,182,949.29 m³.

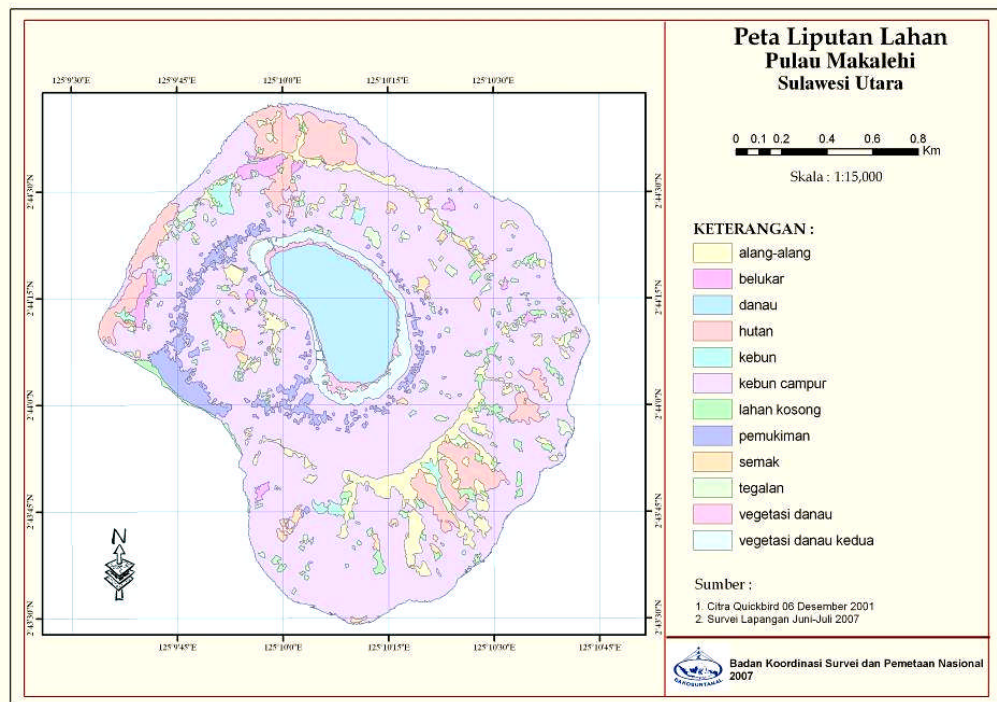


Foto 2. Peta liputan tanah Pulau Makalehi

Jadual 3. Jenis dan keluasan litupan tanah Pulau Makalehi

Litupan tanah	Keluasan		
	Kilometer	Hektar	Peratusan
Vegetasi danau (apu-apu)	26,649.69	2.67	0.87
Semak	27,940.20	2.79	0.92
Kebun (kelapa)	31,223.57	3.12	1.02
Belukar	33,726.02	3.37	1.11
Tegalan	44,585.64	4.46	1.46
Tanah terbiar	79,547.50	7.96	2.61
Vegetasi danau (lotus)	83,599.89	8.36	2.74
Petempatan	102,939.99	10.29	3.37
Padang rumput	175,274.80	17.53	5.74
Danau	202,415.27	20.24	6.63
Hutan	217,167.11	21.72	7.12
Kebun campuran	2,026,153.69	202.62	66.40
Jumlah	3,051,223.36	305.123	100.00

Hasil analisa menggunakan data kontur, Quickbird, pengukuran di lapangan dan temu bual beberapa responden, menunjukkan bahawa volume air Danau Makalehi semakin berkurangan; selama 40 tahun terakhir volume air menyusut sebesar 252,367 m³ (bakosurtanal, 2007).

Mengikut hasil pengamatan di lapangan, didapati bahawa beberapa kawasan di pulau ini rentan akan bahaya erosi. Erosi yang terjadi disebabkan kerana mekanisme pengelolaan tanah yang kurang tepat. Penduduk Makalehi belum menerapkan sistem rotasi dalam sistem pertaniannya. Oleh itu, masih banyak kawasan yang kurang efektif pengurusan tanahnya. Wujudnya perubahan iklim, berlakunya fenomena kenaikan muka air laut dan intrusi air laut akan banyak mengakibatkan dampak negatif bagi pengeluaran hasil pertanian di kawasan ini.

Dari hasil-hasil di atas, selanjutnya boleh disusun matriks VCA (*Vulnerability and Capacity Assessment* – Penilaian Kerentanan dan Keupayaan) terkait empat aspek, iaitu fizikal, sosial, ekonomi dan persekitaran. Matriks VCA secara lengkap dimuatkan pada Jadual 4.

Jadual 4. Matriks VCA (*Vulnerability Capacity Assessment*)

Aspek	Kerentanan	Keupayaan
Fizikal	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pola distribusi petempatan bertumpu di kawasan pantai dan rentan akan fenomena kenaikan muka air laut, cuaca ekstrim dan banjir akibat gelombang laut. 2. Infrastruktur yang masih terhad. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ekosistem terumbu karang di sekeliling pulau boleh melindungi pulau ini dari hempasan gelombang dan arus laut.
Sosial	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kurangnya kemampuan dan rendahnya tahap pendidikan. 2. Sebahagian besar penduduk dikategorikan sebagai penduduk yang berpenghasilan rendah. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kepemimpinan lokal. 2. Tersedianya maklumat sejarah gempa bumi.
Ekonomi	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pertanian sistem '<i>mono-crop</i>'. 2. Tiada diversifikasi ekonomi (sebahagian besar bekerja sebagai nelayan). 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Memiliki sumberdaya alam laut yang potensial untuk dikembangkan sebagai obyek wisata.
Persekitaran	<ol style="list-style-type: none"> 1. Rawan tsunami, gempa bumi dan badai. 2. Sumber air minum utama adalah air danau yang sensitif akan perubahan pola curah hujan dan intrusi air laut. 	<p>Keanekaragaman sumberdaya alam.</p>

Berdasarkan matrik VCA di atas, didapati gambaran umum kerentanan dan keupayaan Pulau Makalehi. Keadaan ini boleh ditindaklanjuti dengan alternatif untuk mengurangkan kerentanan sekaligus meningkatkan keupayaan yang sedia ada melalui Pengelolaan Kawasan Pantai Terintegrasi (*Integrated Coastal Zone Management - ICZM*), yang antara lain meliputi: pemanfaatan terumbu karang dan ikan karang di perairan Makalehi untuk dijadikan obyek wisata terutama di Bahagian Timur Pulau Makalehi yang kaya akan keanekaragaman ikan karang dan keadaan gelombang yang lebih tenang dengan tetap memperhatikan kelestarian persekitaran sehingga tidak merosak keadaan ekosistem yang pada masa ini masih dalam keadaan baik dan stabil; pembangunan tembok penghalang air laut untuk melindungi pantai dari kenaikan muka air laut utamanya di kawasan pesisir pantai yang memiliki ketinggian 0-5 meter; pemindahan petempatan dan infrastruktur ke lokasi yang memiliki ketinggian lebih tinggi agar lebih aman dari ancaman kenaikan muka air laut; pengembangan pengelolaan dan infrastruktur pertanian, diversifikasi pertanian dan ekonomi; pembangunan binaan dengan struktur yang tahan bencana; melaksanakan pelatihan-pelatihan serta kempen kesedaran persekitaran untuk meningkatkan kesedaran masyarakat akan adaptasi terhadap perubahan iklim serta didukung oleh institusi di peringkat lokal guna mendampingi masyarakat umum dalam mengembangkan pelan aksi dan strategi mitigasi di peringkat lokal.

Kesimpulan

Pulau Makalehi memiliki kerentanan terhadap bencana, berkaitan dengan aspek fizikal, sosial, ekonomi dan persekitaran. Selain daripada itu, beberapa keupayaan yang telah dimiliki oleh Pulau Makalehi boleh ditingkatkan guna mengurangi dampak dari bencana yang mungkin menimpa pulau ini. Alternatif yang boleh dilakukan diantaranya adalah melalui Pengelolaan Kawasan Pantai Terintegrasi (ICZM).

Penghargaan

Terima kasih kepada Tim Survei Pusat Survei Sumberdaya Alam Laut BAKOSURTANAL yang telah banyak membantu dalam pengumpulan dan pengolahan data.

Rujukan

- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (1996) Summary for Policy Makers. In: *Climate Change 1995. The Science of Climate Change*.
- Departemen Dalam Negeri (2007) Undang-undang No. 27/2007 [Cited 10 Oktober 2007]. Available from: www.depdagri.go.id/konten.php.
- ADPC (2004) A framework for reducing risk. In: *CBDRM Field Practitioners Handbook*. Bangkok, Thailand.
- English S, Wilkinson C, Baker V (1994) *Survey manual for tropical marine resources*. Australian Institut of Marine Science, Townsville. p.34-80.
- Kuiter RH (1992) *Tropical reef-fishes of the Western Pacific Indonesia and adjacent waters*. Gramedia, Jakarta.
- Bakosurtanal (2007) *Sumberdaya alam Pulau Kecil Terluar: Pulau Makalehi*. Pusat Survei Sumberdaya Alam Laut (PSSDAL), Bakosurtanal, Bogor.