

IDENTIFIKASI LEVEL KERENTANAN PROVINSI BALI DENGAN METODE *PAIRWISE COMPARISON*

IDENTIFICATION OF VULNERABILITY LEVEL OF BALI PROVINCE WITH PAIRWISE COMPARISON METHOD

Huda Bachtiar¹⁾, Franto Novico²⁾, Fitri Riandini³⁾

^{1), 3)}Peneliti Puslitbang-SDA, Kementerian Pekerjaan Umum

²⁾Peneliti Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan, ESDM

Email: huda.bachtiar@gmail.com

Diterima: 18 Juli 2012; Disetujui: 11 Maret 2013

ABSTRAK

Identifikasi kerentanan di Provinsi Bali telah dilakukan menggunakan metode perbandingan berpasangan. Metode ini berdasarkan proses analisis hirarki, yaitu membandingkan suatu elemen objek dengan pembobotan untuk mengklasifikasikan suatu level. Parameter yang ditinjau dalam identifikasi kerentanan ini adalah tata guna lahan, infrastruktur, elevasi, kemiringan, dan kerentanan total. Tujuan dari makalah ini adalah untuk mengevaluasi level kerentanan terhadap parameter yang ditinjau. Identifikasi level kerentanan total tahun 2012 menunjukkan daerah Bali Selatan (Denpasar) memiliki level tinggi karena besarnya populasi penduduk dan lengkapnya fasilitas infrastruktur pendukung pariwisata, sedangkan level rendah terdapat di daerah Bali Utara. Pada tahun 2030, level tinggi dari kerentanan total di Kota Denpasar meluas karena meningkatnya jumlah penduduk dan rencana pengembangan tata guna lahan. Selain itu, level kerentanan di Kabupaten Badung berubah dari level rendah menjadi level moderat karena adanya perluasan area pariwisata. Berdasarkan hasil simulasi dapat diketahui wilayah dengan tingkat kerentanan paling tinggi, yaitu wilayah yang memiliki genangan paling luas. Dalam hal ini, deliniasi wilayah-wilayah tersebut harus tampak jelas pada peta sehingga dapat diterapkan dalam rencana tata ruang kota/wilayah.

Kata kunci: Kerentanan, metode perbandingan berpasangan, analisis hirarki, deliniasi, rencana tata ruang

ABSTRACT

Vulnerability assessment in the Bali province was conducted by using pairwise comparison method, which is based on the Analytical Hierarchy Process (AHP) comparing an object element with weighting for the classification of vulnerability level. The observed parameters in the identification of vulnerability comprised among others land-use, infrastructure, elevation, slope, (population ?) and total vulnerability. The objection of this study is to evaluate the vulnerability level to the observed parameters in a particular area. Identification of total vulnerability level in 2012 showed that the southern part of Bali (Denpasar) tends to have a high level of vulnerability due to the dense population rate and land-use condition, whereas the low vulnerability level was observed in the northern part of Bali. In 2030, it is predicted that the high level of total vulnerability in Denpasar will be distributed more widely due to the increasing of population and development of land-use plan. In addition, expansion of the tourist area in Kabupaten Badung had increased the vulnerability level from low to moderate. By using simulation results, zoning of the highest vulnerability level can be identified. In this case, delineation of these areas should be clearly visible on the maps so that it can be applied in spatial planning city/region.

Keywords: vulnerability, pairwise comparison method, analytical hierarchy process, delineation, spatial planning

PENDAHULUAN

Perubahan iklim telah memberikan dampak terhadap komunitas, baik itu dengan meningkatnya potensi bahaya maupun menjadikan suatu komunitas menjadi lebih rentan (Chamber,

2009). Identifikasi kerentanan merupakan rangkaian kajian dalam melakukan perhitungan risiko terhadap suatu bahaya, baik itu ancaman bahaya yang bersifat global maupun regional. Kenaikan muka air laut akibat perubahan iklim maupun kejadian badai di laut merupakan bentuk

ancaman potensi bahaya di kawasan pesisir pantai yang dapat berdampak terhadap meningkatnya trend sedimentasi maupun meningkatnya luas area genangan (Latief, *et al.*, 2010).

Area kajian dalam identifikasi kerentanan ini adalah seluruh Pulau Bali. Pemilihan lokasi ini disebabkan oleh kenyataan bahwa Bali merupakan salah satu area yang dianggap penting, karena potensi pariwisata yang ada telah mendorong perekonomian dan pembangunan infrastruktur yang sangat cepat. Berdasarkan pertumbuhan Produk Domestik Regional Bruto (PDRB), pada tahun 2011, PDRB Bali meningkat sebesar 6,49 persen dibanding tahun 2010. Peningkatan tersebut terjadi di semua sektor ekonomi (BPS Provinsi Bali, 2011). Dengan demikian, mitigasi bencana merupakan salah satu isu yang harus diperhitungkan selanjutnya untuk mengetahui kawasan yang berisiko terhadap potensi bahaya yang ada, sehingga dapat mengurangi dampak terhadap bencana yang diindikasikan dapat terjadi di Bali.

Tujuan dari penulisan makalah ini adalah untuk memberikan informasi secara spasial level kerentanan terhadap parameter bahaya yang ditinjau berdasarkan metode *Pairwise Comparison*. Hasil kajian ini diharapkan dapat dijadikan sebagai acuan dalam identifikasi kawasan yang berisiko terhadap bahaya di daerah pantai.

KAJIAN PUSTAKA

Metode *Pairwise Comparison*

Pairwise Comparison merupakan analisis yang bertujuan untuk mengidentifikasi faktor-faktor tinjauan dengan mengevaluasi faktor manakah yang memiliki pengaruh secara signifikan (Abdi, and William, 2010). Dalam penerapannya, analisis tersebut dapat dijadikan sebagai landasan dalam mengambil keputusan dalam kerangka penentuan level kerentanan. Terdapat beberapa prinsip utama dalam penentuan bobot penilaian terhadap suatu faktor, yaitu:

1) Dekomposisi

Dekomposisi adalah membagi suatu persoalan yang utuh menjadi bagian-bagian kecil. Untuk hasil yang akurat, pemecahan sebaiknya dilakukan hingga bagian-bagian terkecil sehingga tidak dapat dibagi lagi. Dengan demikian kita mendapatkan suatu tingkatan dalam suatu permasalahan.

2) Sintesis Prioritas

Proses ini bertujuan untuk mencari prioritas lokal dengan mencari vector eigen dari setiap matriks *pairwise comparison*, kemudian untuk mendapatkan prioritas global dilakukan sintesa

terhadap seluruh prioritas lokal. Sedangkan pengurutan elemen-elemen menurut kepentingan yang relatif melalui suatu prosedur sintesa dinamakan penentuan prioritas (Anggraeni, 2004).

3) Logika Konsistensi

Konsistensi ini memiliki dua pengertian:

- a) Objek yang serupa dikelompokkan sesuai dengan keseragaman dan relevansi
- b) Tingkat hubungan antara objek yang didasarkan pada kriteria tertentu
Dengan model *Analytical Hierarchy Process* (AHP) yang menggunakan persepsi pembuatan keputusan sebagai input, maka ketidakkonsistenan mungkin terjadi kesalahan dalam persepsi secara konsisten jika membandingkan dari berbagai macam kasus.

4) Perbandingan Komparatif

Perbandingan komparatif merupakan suatu proses penilaian mengenai kepentingan dari dua elemen atau faktor pada suatu tingkatan tertentu dalam kaitannya dengan tingkat di atasnya. Dalam melakukan pertimbangan ini diperlukan pemahaman menyeluruh tentang relevansi bagian-bagian yang dibandingkan terhadap suatu kriteria atau tujuan yang dipelajari (Anggraeni, 2004). Berikut merupakan contoh matriks yang menunjukkan perbandingan komparatif.

Tahap terpenting dalam metode perbandingan berpasangan ini adalah penilaian dengan membandingkan sejumlah kombinasi elemen yang ada pada setiap tingkatan sehingga kita dapat melakukan penilaian untuk mengetahui besarnya bobot dari setiap elemen ataupun faktor (lihat Tabel 1).

Kerentanan dalam Aspek Bencana

Kerentanan didefinisikan sebagai: (1) mudah terpengaruhnya suatu masyarakat atau ekosistem oleh kejadian bencana dan kemampuannya mengatasi bencana tersebut (UNEP 2006); (2) kepekaan ekosistem dan masyarakat, baik orang perorangan maupun kelompok, terhadap bencana, yaitu suatu kondisi yang muncul dari suatu sistem sosial, ekonomi, dan lingkungan, yang merupakan fungsi dari kemampuan adaptasi dan mengatasi bencana atau dengan istilah ketahanannya (Kaiser 2007); dan (3) kepekaan suatu masyarakat dan ekosistem yang merupakan fungsi dari kerawanan terhadap kehilangan dan kemampuan untuk pulih kembali (Kim, dkk 2009).

Tabel 1 Skala Perbandingan dalam Metoda *Pairwise Comparison*

| Intensitas kepentingan | Definisi | Keterangan |
|------------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Sama pentingnya | Kedua faktor berkontribusi sama pada suatu tinjauan objek |
| 3 | Faktor yang satu sedikit lebih penting dari yang lain | Pengalaman dan pertimbangan sedikit memihak suatu faktor dibandingkan yang lain terhadap tinjauan objek |
| 5 | Faktor yang satu lebih penting dari yang lain | Pengalaman dan pertimbangan kuat memihak suatu faktor dibandingkan yang lain terhadap tinjauan objek |
| 7 | Faktor yang satu jauh lebih penting dari yang lain | Pengalaman dan pertimbangan sangat kuat dan disukai dibandingkan faktor yang lain terhadap tinjauan objek. Hal ini penting untuk didemonstrasikan dalam praktek |
| 9 | Faktor yang satu mutlak lebih penting dari yang lain | Bukti bahwa suatu faktor penting dan disukai dibandingkan faktor lainnya memiliki tingkat validitas kemungkinan tertinggi |
| 2,4,6,8 | Nilai tengah di antara kedua faktor berpasangan | Nilai diberikan bila diperlukan dua pertimbangan |

(Sumber: Saaty, 1980)

Kerentanan dalam suatu proses kebencanaan didefinisikan sebagai fungsi dari pola tingkah laku manusia. Tingkat kerentanan dapat dideskripsikan dari sistem sosial ekonomi daerah tersebut rentan atau tahan dari dampak bencana alam, teknologi yang terkait, serta bencana lingkungan.

Tingkat kerentanan dapat diperoleh dari kombinasi beberapa faktor, antara lain: kesadaran masyarakat akan bahaya, kondisi permukiman dan infrastruktur, kebijakan pemerintah, dan kemampuan berorganisasi dalam segala aspek penanganan bencana (*International Strategy of Disaster Reduction/ ISDR, 2001*).

Kajian kerentanan menurut ISDR itu sendiri dapat ditinjau dari beberapa parameter, diantaranya adalah :

1) Faktor Fisik

Konsep ini berorientasi pada materi yang berada pada daerah tersebut, termasuk perencanaan tata guna lahan, infrastruktur, dan segi arsitektur bangunan. Kerentanan fisik dapat diperoleh dari berbagai aspek seperti densitas populasi masyarakat, sebaran permukiman, desain dan material yang digunakan untuk rumah dan infrastruktur.

2) Faktor Sosial

Kerentanan sosial berkaitan dengan kesejahteraan individu, komunitas, dan masyarakat. Hal ini termasuk dengan tingkat pendidikan, keamanan, buta huruf, sistem pemerintahan yang baik, kepercayaan, dan sistem keorganisasian secara menyeluruh. Beberapa aspek yang penting dalam faktor sosial ini adalah kesehatan masyarakat dan

kesejahteraan diri. Kerentanan sosial ini berkaitan pula dengan faktor sosial-politik, kekuasaan, serta struktur organisasi ataupun pemerintah.

3) Faktor Ekonomi

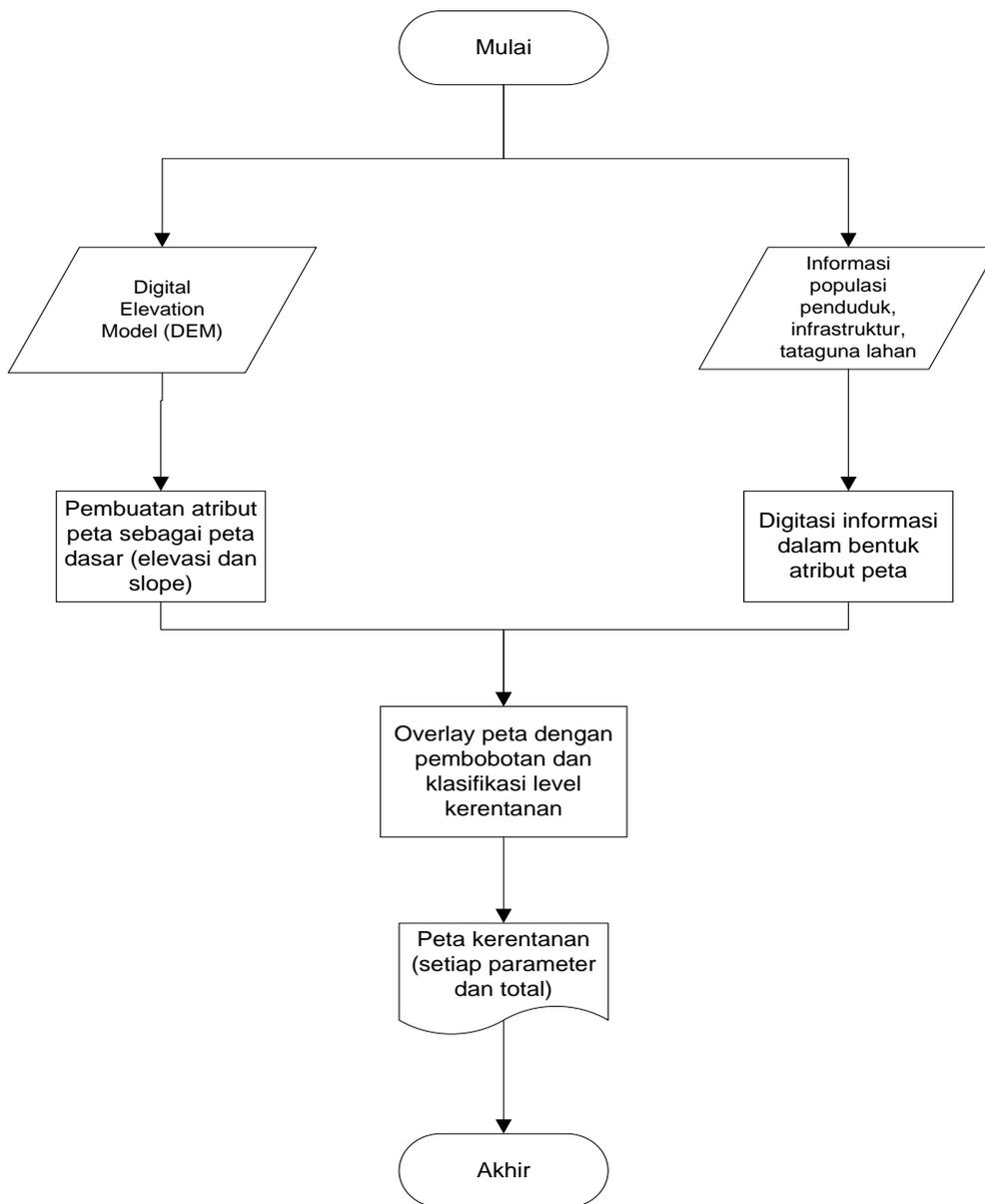
Tingkat kerentanan sangat bergantung pada status ekonomi secara individu, komunitas, dan negara. Kerentanan ekonomi ini meliputi tingkat cadangan ekonomi, akses kredit, pinjaman dan asuransi.

4) Faktor Lingkungan

Aspek penting dalam kerentanan lingkungan mencakup degradasi serta habisnya mineral dan sumber energi pada suatu wilayah. Rusaknya sistem ekologi dan sebaran racun berbahaya bagi lingkungan seperti limbah dan polutan merupakan elemen penting dalam memicu degradasi lingkungan dan meningkatkan level kerentanan.

METODOLOGI

Dalam identifikasi level kerentanan dilakukan peninjauan terhadap aspek kerentanan, meliputi: slope (kemiringan lahan), elevasi, infrastruktur, populasi, dan tata guna lahan. Data slope dan elevasi diperoleh dari hasil pengolahan data *Digital Elevation Model (DEM)*, informasi populasi penduduk diperoleh dari Badan Pusat Statistik - Provinsi Bali (BPS-Provinsi Bali), dan informasi infrastruktur dan informasi tata guna lahan serta pengembangan Provinsi Bali diperoleh dari Badan Pemerintah Daerah (Bappeda, Bali). Tahapan penyusunan peta kerentanan ditunjukkan skema pada Gambar 1.



Gambar 1 Diagram alir identifikasi level kerentanan

Peta Dasar

Peta dasar dalam kajian ini digunakan data elevasi secara spasial di Pulau Bali atau dikenal sebagai data DEM (*Digital Elevation Model*). Data tersebut didapat dari GLCF (*Global Land Cover Facility*) dengan tingkat akurasi 90 meter. Data tersebut diolah sedemikian rupa sehingga menghasilkan peta raster yang menyajikan informasi slope dan elevasi untuk setiap informasi dalam bentuk atribut peta.

Populasi Penduduk

Informasi populasi penduduk berdasarkan data yang diperoleh dari BPS-Bali. Berdasarkan hasil Registrasi Penduduk tahun 2010 tercatat jumlah penduduk di Bali sebanyak 3.522.375 jiwa

yang terdiri dari 1.760.556 jiwa (49,98%) penduduk laki-laki dan 1.761.819 jiwa (50,02%) penduduk perempuan. Jumlah penduduk tahun 2010 ini naik 1,45% dari sebelumnya 3.471.952 jiwa.

Dengan luas wilayah 5.636,66 km², maka kepadatan penduduk di Bali telah mencapai 625 jiwa/km². Di antara kabupaten/kota yang ada di Bali, Kabupaten Buleleng merupakan daerah yang berpenduduk terbesar dengan jumlah penduduk mencapai 662.920 jiwa atau 18,82% dari seluruh penduduk Bali. Informasi kepadatan penduduk di setiap kabupaten dan kota diperlihatkan pada Tabel 2.

Tabel 2 Informasi Populasi Penduduk Hasil Sensus 2010

| Kabupaten/kota | Kepadatan (jiwa/km ²) | Laju pertumbuhan penduduk 2000-2010 (%) |
|----------------|-----------------------------------|-----------------------------------------|
| 1. Jembrana | 311 | 1,22 |
| 2. Tabanan | 501 | 1,13 |
| 3. Badung | 1298 | 4,62 |
| 4. Gianyar | 1277 | 1,80 |
| 5. Klungkung | 541 | 0,94 |
| 6. Bangli | 413 | 1,06 |
| 7. Karang asem | 472 | 0,96 |
| 8. Buleleng | 457 | 1,12 |
| 9. Denpasar | 6171 | 4,01 |
| Jumlah | 690 | 2,14 |

Sumber: BPS-Bali, 2010

Data Infrastruktur dan Tata Guna Lahan

Materi muatan Peraturan Daerah tentang RTRWP Bali 2009-2029, didasarkan atas ketentuan dalam Pasal 23 Undang-Undang Nomor 26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang (Bappeda Provinsi Bali, 2009). Informasi infrastruktur dan tata guna lahan Provinsi Bali dijadikan sebagai acuan dalam perhitungan nilai kerentanan area kajian. Kerentanan infrastruktur 2012 dihitung berdasarkan data infrastruktur Provinsi Bali tahun 2009-2029, sedangkan perhitungan kerentanan terhadap infrastruktur tahun 2030 dihitung berdasarkan data rencana tata ruang wilayah Bali. Perhitungan kerentanan terhadap tata guna lahan tahun 2012 dilakukan berdasarkan asumsi data Pola Ruang Provinsi Bali Tahun 2008, sedangkan Rencana Pola Ruang Provinsi Bali Tahun 2009-2029 digunakan sebagai acuan dalam melakukan perhitungan kerentanan terhadap tata guna lahan tahun 2030.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembobotan dan Klasifikasi Level Kerentanan

Pembobotan dan klasifikasi kerentanan dilakukan berdasarkan pengembangan metode *Pairwise Comparison*. Dalam penerapannya, nilai pembobotan dihitung melalui perbandingan hierarki suatu elemen objek. Parameter kerentanan yang diperhitungkan dalam pembobotan dan klasifikasi level adalah slope, elevasi, infrastruktur, populasi, dan tata guna lahan. Selanjutnya dihitung kerentanan total yang merupakan perhitungan pembobotan dari semua parameter.

Pendeskripsian level kerentanan untuk tiap parameter ditunjukkan dengan warna berbeda. Level kerentanan terhadap tata guna lahan diperlihatkan pada Tabel 3. Komponen objek tata guna lahan yang memiliki peran sangat vital adalah bandara dan permukiman warga. Hal ini karena bandara merupakan infrastruktur yang penting bagi transportasi di Bali, demikian juga permukiman merupakan daerah yang sebagian besar dihuni oleh masyarakat sehingga diberikan bobot yang lebih besar.

Tabel 4 memperlihatkan pendeskripsian level kerentanan terhadap infrastruktur, elevasi, kemiringan, dan populasi. Bandara dan kilang minyak memiliki bobot yang besar, karena bandara merupakan infrastruktur transportasi dan memiliki nilai aset yang besar yang mendukung perkembangan pariwisata di Bali. Selain itu, genangan yang terjadi pada kilang minyak mempunyai risiko terhadap degradasi lingkungan sehingga diberi bobot yang tinggi.

Semakin rendah elevasi permukaan tanah, maka tingkat kerentanan dan bobot yang diberikan semakin tinggi. Hal ini terkait dengan genangan yang akan terjadi akibat kenaikan muka laut tentunya akan terlebih dahulu menggenangi daerah dengan elevasi topografi yang lebih rendah dahulu, selanjutnya disusul dengan genangan pada daerah yang elevasinya lebih tinggi.

Kemiringan atau kelandaian suatu dataran turut memengaruhi level kerentanan suatu daerah. Semakin kecil sudut kemiringan suatu dataran maka semakin landai pula dataran tersebut, sehingga berpengaruh pada luasan daerah yang rentan akan bahaya genangan, demikian pula sebaliknya.

Daerah dengan kepadatan yang lebih tinggi tentunya memiliki tingkat kerentanan yang lebih besar. Ketika terjadi bencana akan timbul banyak korban jiwa di daerah padat penduduk sehingga tingkat kerentanannya menjadi tinggi. Hal sebaliknya, pada suatu daerah dengan tingkat populasi yang sangat rendah, meskipun terjadi bahaya, dampaknya tidak terlalu signifikan karena minimnya korban jiwa. Tabel 5 memperlihatkan kerentanan total yang merupakan total dari keseluruhan dari parameter kerentanan. Tata guna lahan dan populasi diberikan bobot terbesar, karena kedua parameter kerentanan tersebut bersifat sangat dinamis. Selain itu, seiring berjalannya waktu tingkat populasi di daerah Bali tentunya akan terus meningkat, terutama di tahun 2030. Demikian pula tata ruang akan mengalami perubahan yang signifikan seiring dengan berjalannya waktu, mengikuti target pembangunan jangka panjang yang ditetapkan oleh Pemerintah Daerah.

Tabel 3 Pembobotan dan klasifikasi level kerentanan tata guna lahan

| No | Tipe Tata Guna Lahan | Tata guna Lahan Berdasarkan Kerentanannya | Level | Bobot |
|----|---------------------------------|-------------------------------------------------|-------|-------|
| 1 | Bandara | Daerah Pemukiman dan Infrastruktur yang Penting | 1 | 0,4 |
| 2 | Permukiman | | | |
| 3 | Perkebunan | Agrikultur | 2 | 0,3 |
| 4 | Pertanian Lahan Kering | | | |
| 5 | Pertanian Lahan Kering Campuran | | | |
| 6 | Sawah | | | |
| 7 | Rawa | Ekosistem Air | 3 | 0,2 |
| 8 | Tembok Penahan Air | | | |
| 9 | Tubuh Air | Area Hutan dan Non Hutan | 4 | 0,1 |
| 10 | Hutan Lahan Kering Utama | | | |
| 11 | Hutan Lahan Kering Sekunder | | | |
| 12 | Hutan Lindung | | | |
| 13 | Hutan Bakau Utama | | | |
| 14 | Hutan Bakau Sekunder | | | |
| 15 | Perkebunan Hutan | | | |
| 16 | Ladang Terbuka | | | |

(Sumber: Latief, dkk., 2010)

Tabel 4 Pembobotan dan klasifikasi level kerentanan terhadap parameter

| No | Parameter | | | | Level | Bobot |
|----|---------------|-------------|----------------------|---------------------------------|-------|-------|
| | Infrastruktur | Elevasi (m) | Kemiringan (x^0) | Populasi (jiwa/m ²) | | |
| 1 | Bandara | 0-1 | 0-2,5 | >4 | 1 | 0,31 |
| 2 | Kilang Minyak | 1-2 | 2,5-5 | 3-4 | 2 | 0,31 |
| 3 | Pelabuhan | 2-3 | 5-7,5 | 2-3 | 3 | 0,20 |
| 4 | Jalan | 3-5 | 7,5-10 | 1-2 | 4 | 0,12 |
| 5 | Angkatan Laut | >5 | >10 | <1 | 5 | 0,07 |

(Sumber: Latief, dkk., 2010)

Tabel 5 Pembobotan dari Total Parameter Kerentanan

| No | Elemen Kerentanan | LU | P | Inf | E | ST | Bobot | Normalisasi Bobot |
|--------------|-------------------------------------------|------|------|------|-----|----|-------|-------------------|
| 1 | Tataguna Lahan (TL) | 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 11 | 0,31 |
| 2 | Populasi (P) | 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 11 | 0,31 |
| 3 | Infrastruktur dan Fasilitas Penting (Inf) | 0,5 | 0,5 | 1 | 2 | 3 | 7 | 0,20 |
| 4 | Elevasi (E) | 0,33 | 0,33 | 0,5 | 1 | 2 | 4,17 | 0,12 |
| 5 | Slope Topografi (ST) | 0,25 | 0,25 | 0,33 | 0,5 | 1 | 2,33 | 0,07 |
| Total | | | | | | | 35,5 | 1 |

(Sumber: Latief, dkk., 2010)

Identifikasi Level Kerentanan Tahun 2012

Identifikasi level kerentanan merupakan hasil pembobotan dan klasifikasi level kerentanan untuk setiap parameter kerentanan dan kerentanan total.

Hasil pembobotan dan klasifikasi level kerentanan terhadap tata guna lahan Provinsi Bali

pada tahun 2012 menunjukkan area yang memiliki level kerentanan sangat tinggi adalah Kabupaten Denpasar (Bali Selatan), hal ini disebabkan Denpasar merupakan area yang memiliki daerah permukiman terpadat. Sedangkan, kabupaten yang memiliki level kerentanan terendah adalah Kabupaten Karangasem dan Bangli (Bali Timur), karena daerah permukiman di kedua wilayah

tersebut tidak terlalu luas dan tidak memiliki infrastruktur yang dianggap penting (lihat Gambar 2).

Kerentanan elevasi dan kemiringan menunjukkan level kerentanan terhadap profil topografi baik itu elevasi suatu profil topografi maupun kemiringannya. Kondisi tersebut dianggap sebagai kondisi eksisting Provinsi Bali yang tidak mengalami perubahan fisik dari profil topografi tersebut (level dan kemiringan). Identifikasi level kerentanan terhadap elevasi menunjukkan area yang memiliki level kerentanan sangat tinggi dan level kerentanan tinggi berada di area pesisir pantai yang secara umum memiliki profil elevasi +0,0 sampai +2,0 meter. Sedangkan level kerentanan yang sangat rendah di tunjukan di daerah selain kawasan pesisir, karena memiliki nilai elevasi di atas 3 meter (lihat Gambar 3). Identifikasi level kerentanan terhadap kemiringan menunjukkan hampir seluruh area Provinsi Bali memiliki nilai kerentanan sangat tinggi dengan nilai kemiringan 0° - 2.5° , sedangkan area yang memiliki level kerentanan rendah cenderung berada di lokasi perbukitan dan pegunungan yang memiliki nilai kemiringan di atas 7.5° seperti di kawasan utara Bali (lihat Gambar 4).

Identifikasi kerentanan populasi Provinsi Bali menunjukan level kerentanan sangat tinggi berada di Kota Denpasar. Hal tersebut sesuai dengan data statistik populasi penduduk, dimana Kota Denpasar merupakan area yang memiliki jumlah penduduk paling tinggi di Provinsi Bali (lihat Gambar 5). Besarnya laju pertumbuhan penduduk tentunya akan menambah potensi kerentanan wilayah tersebut. Sedangkan, area yang memiliki nilai elevasi rendah adalah Kabupaten Badung dan Gianyar.

Kerentanan total pada tahun 2012 menunjukkan Kota Denpasar merupakan area yang memiliki level kerentanan tinggi, karena Kota Denpasar memiliki populasi penduduk yang padat dan memiliki fasilitas infrastruktur pendukung pariwisata yang lebih lengkap dibanding kawasan lain. Level kerentanan moderat cenderung didominasi area di kawasan Bali Selatan. Sedangkan area yang memiliki level kerentanan rendah berada di kawasan Bali Utara, karena rendahnya jumlah populasi penduduk dibanding kawasan di Bali Selatan (lihat Gambar 6).

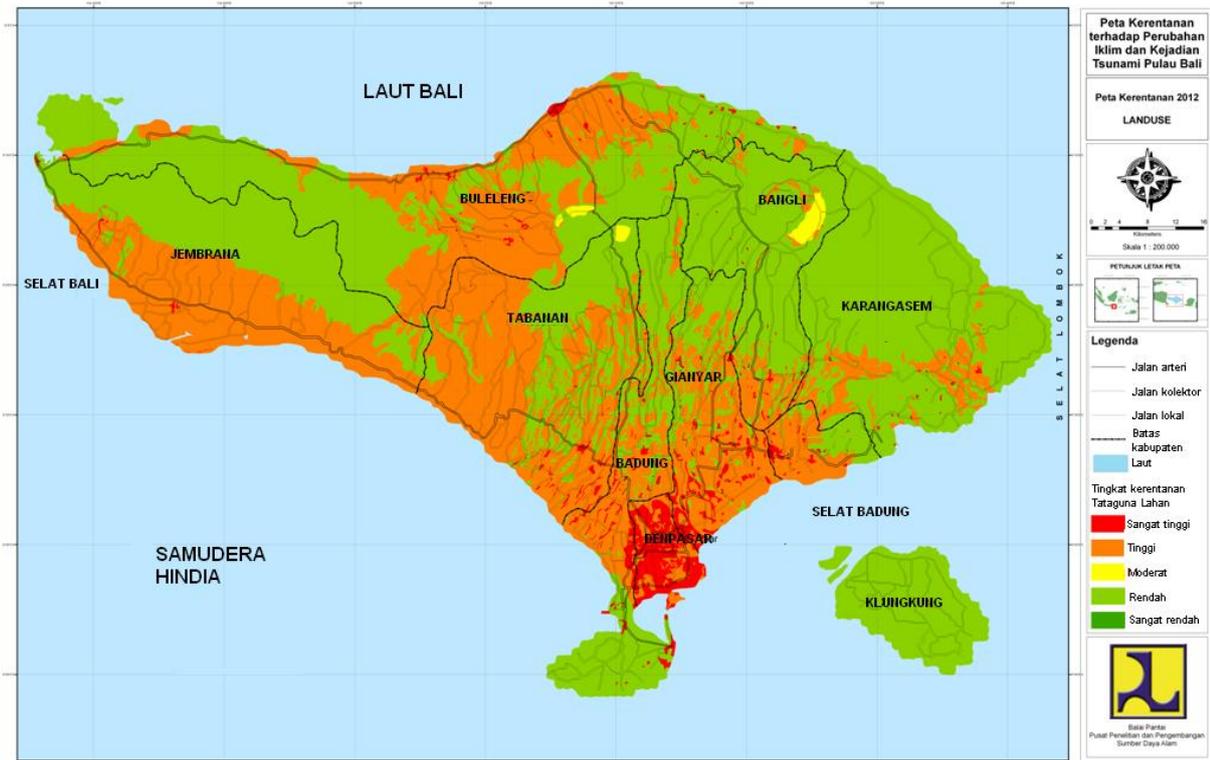
Prediksi Level Kerentanan Tahun 2030

Rencana tata ruang Provinsi Bali terus berkembang yang mengakibatkan naiknya luas level kerentanan untuk di setiap kabupaten di Bali. Hal tersebut terlihat dari meningkatnya luas area yang memiliki level kerentanan yang sangat tinggi pada tahun 2030. Sebagai contoh, kerentanan Kabupaten Karang Asem pada tahun 2012 berada pada level rendah, namun pada tahun 2030 kerentanannya menjadi level sangat tinggi karena bertambahnya daerah permukiman penduduk. Begitu juga untuk daerah Bali Selatan, yang pada tahun 2012 memiliki kecenderungan level kerentanan yang tinggi meningkat menuju level sangat tinggi (lihat Gambar 7).

Pada tahun 2030 kerentanan total yang memiliki nilai kerentanan tinggi tetap berada di Kota Denpasar dan distribusi kerentanan merata dibanding distribusi kerentanan level tinggi pada tahun 2012. Level kerentanan moderat cenderung meluas pada tahun 2030 di Kabupaten Badung karena adanya perubahan tata guna lahan di wilayah tersebut berupa perluasan kawasan pariwisata yang tentunya akan dilengkapi infrastruktur yang lengkap dalam mendukung perkembangan pariwisata di Provinsi Bali, begitu pula di kawasan pesisir Bali Utara karena adanya perubahan tata guna lahan di wilayah tersebut (lihat Gambar 9).

Pengembangan Kawasan Rentan Menjadi Kawasan Strategis

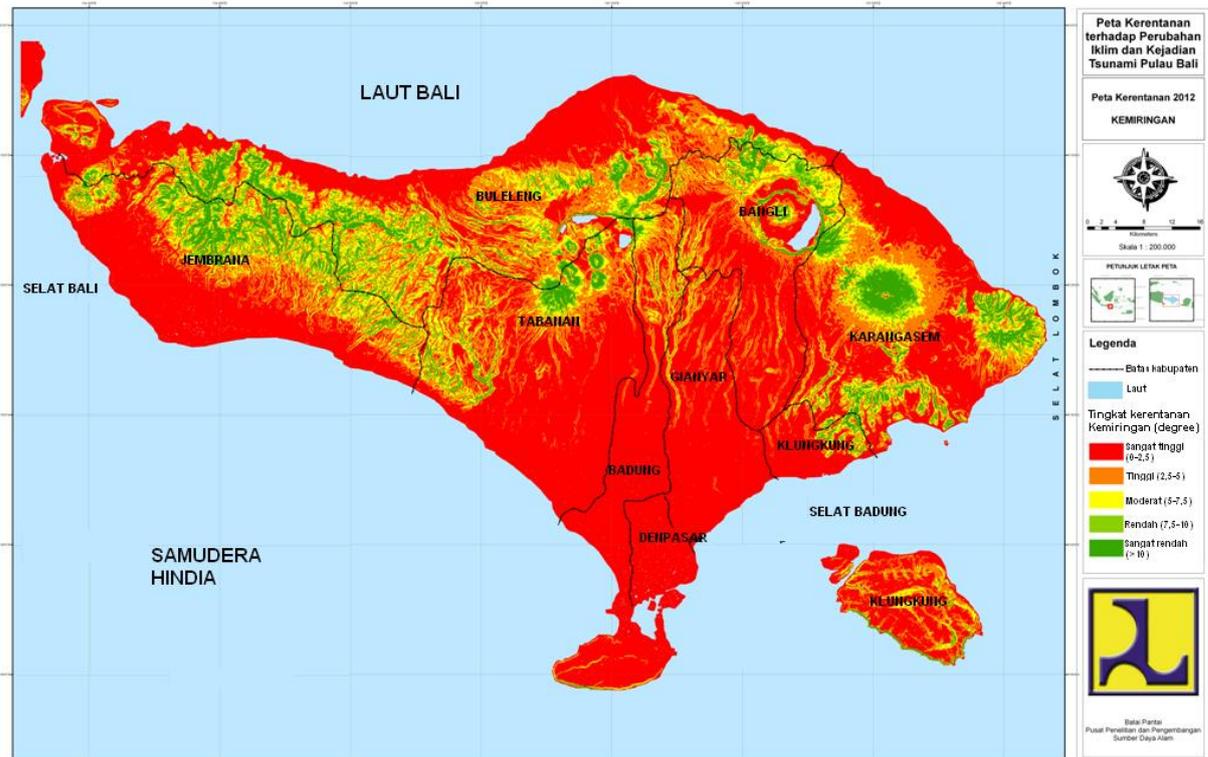
Salah satu kelemahan yang menyebabkan tingginya level kerentanan suatu wilayah adalah kurangnya kesadaran dan partisipasi masyarakat dalam mengelola wilayahnya masing-masing. Namun demikian, adanya komitmen yang kuat antara pemerintah dan masyarakat untuk melindungi pariwisata Bali menjadi kekuatan yang harus terus dipertahankan. Selain itu, makin terbukanya peluang untuk pengembangan pariwisata, baik wisata domestik maupun mancanegara ditambah dengan bantuan dana dari pemerintah harus selalu dikembangkan untuk mengurangi ancaman-ancaman terhadap pariwisata, seperti abrasi pantai atau hilangnya keanekaragaman hayati perairan pantai Bali karena *illegal fishing*, dan hilangnya lapangan pekerjaan bagi masyarakat asli Bali karena masuknya tenaga kerja dari luar Bali.



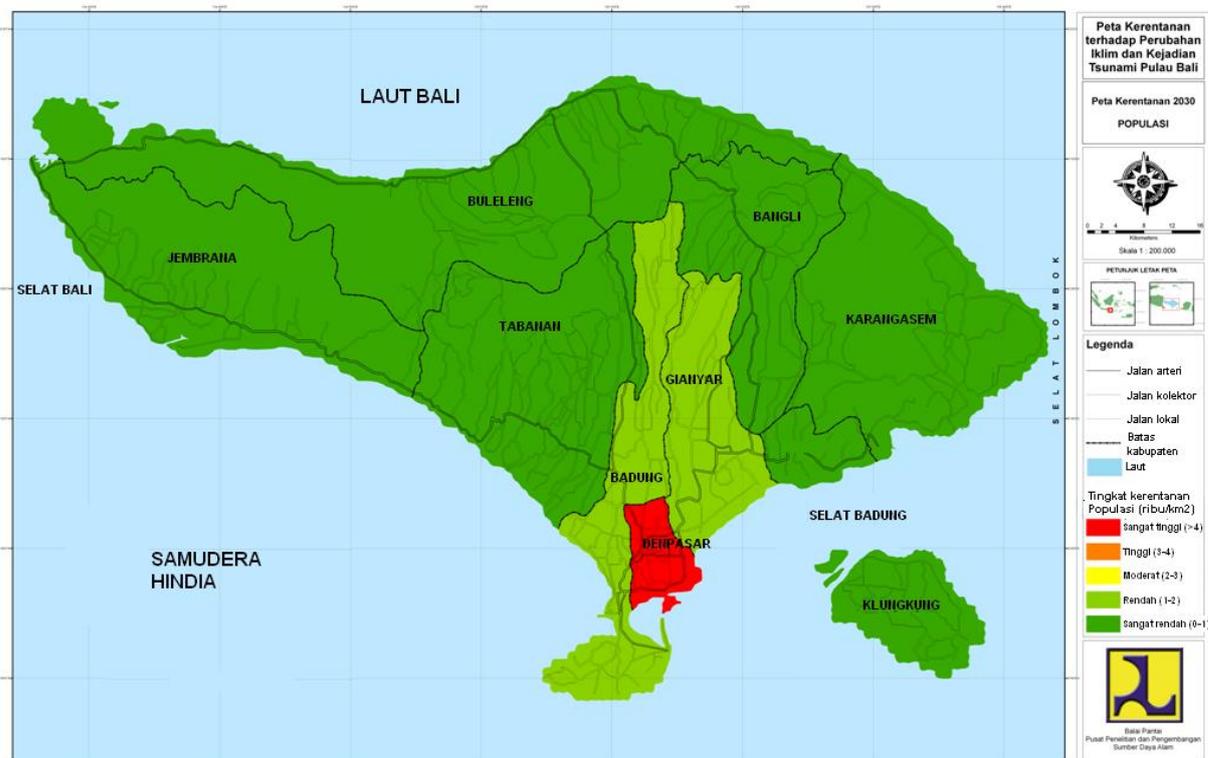
Gambar 2 Level kerentanan berdasarkan tata guna lahan Provinsi Bali 2012



Gambar 3 Level kerentanan berdasarkan elevasi Provinsi Bali 2012



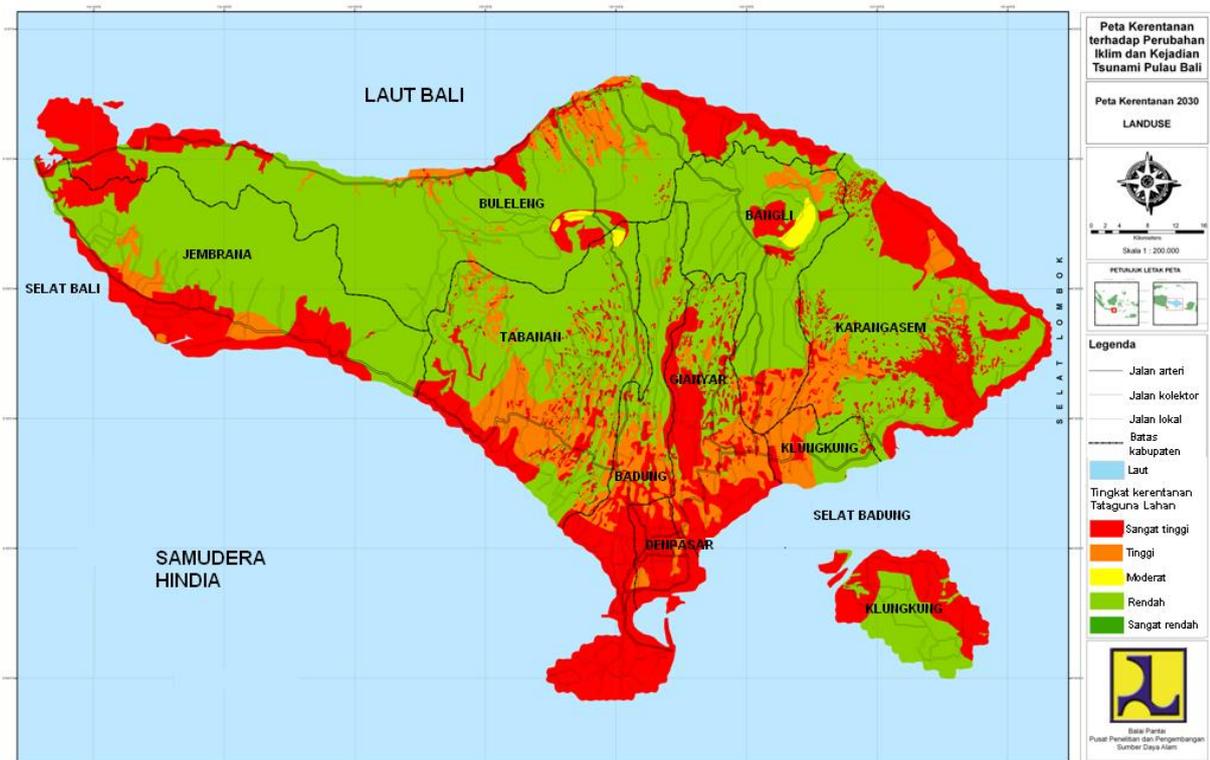
Gambar 4 Level kerentanan berdasarkan kemiringan Provinsi Bali 2012



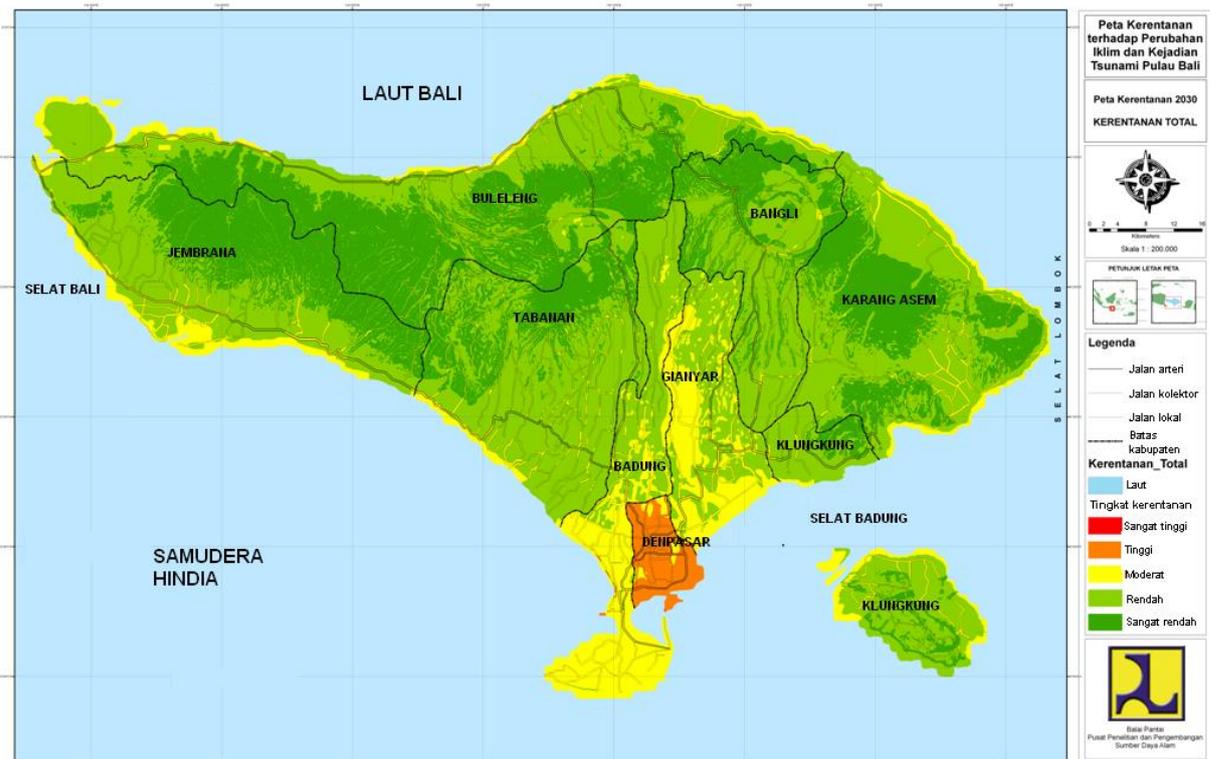
Gambar 5 Level kerentanan berdasarkan populasi penduduk Provinsi Bali 2012



Gambar 6 Level Kerentanan Total Provinsi Bali 2012



Gambar 7 Level kerentanan berdasarkan tata guna lahan Provinsi Bali 2030



Gambar 8 Level Kerentanan Total Provinsi Bali 2030

Dengan mengetahui kelemahan, kekuatan, peluang, dan ancaman terhadap kawasan rentan di Provinsi Bali, dapat dipilih strategi-strategi tertentu yang berfungsi untuk mengembangkan kawasan rentan tersebut. Di antara strategi yang dapat dilakukan adalah:

- 1) Melakukan sosialisasi terkait kawasan rentan bencana dan memasang sistem peringatan dini serta penataan wilayah sesuai dengan level kerentanannya. Membuat suatu wilayah yang bebas dari bencana adalah sesuatu yang tidak mungkin, karena bencana adalah proses alam yang tidak bisa dihindari. Hal yang dapat dilakukan adalah mengurangi dampak yang mungkin timbul dari bencana tersebut. Dengan demikian, diharapkan masyarakat telah waspada dan siap siaga ketika bencana terjadi.
- 2) Melakukan konservasi pada zona penyangga, dalam hal ini adalah pantai yang berbatasan dengan daratan. Dengan melakukan konservasi terhadap pantai, diharapkan pantai terhindar dari erosi, bahkan bila mungkin luasnya akan bertambah. Kawasan pantai sepanjang Kota Denpasar yang memiliki tingkat kerentanan paling tinggi dapat dikembangkan dengan mengembalikan fungsi lindungnya seoptimal mungkin. Hal ini dapat dilakukan dengan memanfaatkan pantai yang luas untuk melindungi daratan dari genangan. Salah satu cara untuk mempertahankan luas pantai yang

ada saat ini adalah melakukan melakukan pengamanan pantai dengan *soft protection*, melalui proyek pengisian pasir yang dikombinasikan dengan *hard protection* yaitu pembangunan struktur-struktur penahan pasir sehingga pasir yang sudah diisikan ke pantai tidak cepat hilang.

- 3) Berdasarkan hasil simulasi dapat diketahui zonasi wilayah dengan tingkat kerentanan paling tinggi, yaitu wilayah yang memiliki luas genangan paling luas. Dalam hal ini, deliniasi wilayah-wilayah tersebut harus tampak jelas pada peta sehingga dapat diterapkan dalam rencana tata ruang kota/wilayah, sehingga dapat dilakukan pengaturan terhadap pemanfaatan wilayah, mulai dari wilayah dengan tingkat kerentanan tinggi sampai dengan yang rendah.

KESIMPULAN

Identifikasi level kerentanan merupakan hasil pembobotan dan klasifikasi level kerentanan untuk setiap parameter kerentanan.

Berdasarkan hasil perhitungan, kawasan yang memiliki level kerentanan paling tinggi untuk setiap parameter adalah Kota Denpasar yang terletak di Bali Selatan. Hal ini disebabkan oleh karena kota tersebut memiliki populasi penduduk yang padat dan memiliki fasilitas infrastruktur

pendukung pariwisata yang lebih lengkap dibandingkan dengan wilayah lainnya.

Hasil simulasi level kerentanan pada tahun 2030 menunjukkan bahwa level kerentanan suatu wilayah cenderung meningkat karena bertambahnya populasi penduduk di kawasan tersebut dan perkembangan infrastruktur untuk mendukung pariwisata.

Dengan mengetahui kelemahan, kekuatan, peluang, dan ancaman terhadap kawasan rentan di Provinsi Bali, dapat dipilih strategi-strategi tertentu yang berfungsi untuk mengembangkan kawasan rentan tersebut. Di antara strategi yang dapat dilakukan adalah sosialisasi kawasan rentan dan pemasangan peringatan dini, konservasi pantai sebagai zona penyangga daratan, dan penerapan kawasan rentan pada rencana tata ruang kota/wilayah, sehingga dapat dilakukan pengaturan terhadap pemanfaatan wilayah, mulai dari wilayah dengan tingkat kerentanan tinggi sampai dengan yang rendah.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdi, H., and Lynne J. William. 2010. *Newman-Keuls Test and Tukey Test. In Neil Salkind (Ed.), Encyclopedia of Research Design.* Thousand Oaks, CA: Sage. The University of Texas, Dallas, USA.
- Anggraeni, D. 2004. *Tugas Akhir: Kajian Risiko Tsunami Flores 1992 Menggunakan Pemodelan Numerik dan Sistem Informasi Geografis.* Fakultas Ilmu Kebumihan dan Teknologi Mineral Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Chamber, R. 2009. *Climate Vulnerability and Capacity Analysis Handbook.* University of Sussex, UK.
- GLCF. 2012. *Peta Topografi Bali Resolusi 90 meter.* University of Maryland, USA. (alamat Website, <http://glcf.umiacs.umd.edu/>; diakses 1 Februari 2012).
- Indrawan, B. 2011. *Tugas Akhir : Kajian risiko kenaikan muka laut di pulau Tarakan.* Program Studi Oseanografi, Institut Teknologi Bandung, Bandung
- Kaiser, C. 2007. *Coastal Vulnerability to Climate Change and Natural Hazards.* Forum DKKV/CEDIM: Disaster Reduction in Climate Change. Karlsruhe University, Kiel.
- Kim, S., C. A. Arrowsmith, and J. Handmer. 2009. Assessment of Socioeconomic Vulnerability of Coastal Areas from an Indicator Based Approach, *Journal of Coastal Research*, 21(5): 942-952.
- Latief, H. et al. 2010. *Synthesis Report Risk and Adaptation Assessment to Climate Change in Lombok Island, West Nusa Tenggara Province.* Ministry of Environment, Indonesia.
- Latief, H., I. Sofyan, dan M. S. Fitriyanto. 2010. *Basis Sains Perubahan Iklim Berkenaan dengan Kenaikan Muka Air Laut dan Kejadian Iklim Ekstrem.* Slide Presentasi, Pusat Pengembangan Kawasan Pesisir dan Laut, Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumihan Institut Teknologi Bandung, Bandung
- Saaty, T. L. 1980. *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation.* McGraw-Hill International Book, New York.
- UNEP (United Nations Environment Programme). 2006. *Assessing Coastal Vulnerability: Developing Global Index for Measuring Risk,* New York.