

## KERENTANAN WILAYAH PESISIR BERDASARKAN GEOMORFOLOGI KOTA JAYAPURA, PAPUA

**BAIGO HAMUNA<sup>1</sup> DAN ANNISA NOVITA SARI<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Jurusan Ilmu Kelautan dan Perikanan, FMIPA Universitas Cenderawasih, Jayapura

<sup>2</sup>Jurusan Perencanaan Wilayah dan Kota, FT Universitas Cenderawasih, Jayapura

<sup>1</sup>Email: bhamuna@yahoo.com.sg

### ABSTRAK

Penelitian kerentanan pesisir Kota Jayapura, Provinsi Papua difokuskan pada perhitungan indeks kerentanan aspek geomorfologi yang terdiri dari bentuk tutupan lahan dan elevasi wilayah pesisir sehingga dapat meminimalkan dampak kerusakan wilayah pesisir. Daerah kajian adalah wilayah pesisir Kota Jayapura sepanjang 106,06 km. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu mengumpulkan dan menganalisis data tutupan lahan dan elevasi pesisir, kemudian menentukan nilai indeks kerentanan pesisir pada setiap sel yang dibagi menjadi tiga kelas kategori kerentanan pesisir. Kajian tingkat kerentanan wilayah pesisir Kota Jayapura memberikan gambaran wilayah yang rentan secara spasial. Dari aspek tutupan lahan, sekitar 16,29% (17,27 km) sangat rentan, 16,47% (17,47 km) rentan, 21,88% (23,21 km) sedang, 6,54% (6,93 km) kurang rentan dan 38,83% (41,17 km) tidak rentan. Aspek elevasi pesisir 12,52% (13,28 km) sangat rentan, 16,89% (17,91 km) rentan, 15,92% (16,88 km) sedang, 17,73% (18,81 km) kurang rentan dan 36,94% (39,17 km) tidak rentan. Berdasarkan analisis indeks kerentanan dari aspek geomorfologi, wilayah pesisir Kota Jayapura memiliki tingkat kerentanan dalam kategori rentan 21,26% (22,55 km), kategori sedang 34,08% (36,14 km) dan kategori tidak rentan 44,66% (47,36 km). Wilayah pesisir Kota Jayapura yang rentan meliputi wilayah pesisir Distrik Abepura dan Distrik Jayapura Selatan. Adapun wilayah pesisir dengan elevasi yang tinggi termasuk kategori tidak rentan.

***Kata Kunci:*** Geomorfologi, Tutupan Lahan, Elevasi, Kerentanan Pesisir, Kota Jayapura

### PENDAHULUAN

Permasalahan di wilayah pesisir sangat sensitif dan rentan terhadap fenomena alam. Menurut Pratt *et al.* (2004) bahwa wilayah pesisir merupakan suatu wilayah yang lemah atau rentan oleh faktor lingkungan seperti variabilitas iklim, perubahan iklim dan terhadap naiknya permukaan laut. Dampak yang diterima wilayah pesisir akibat fenomena ini merupakan hal yang perlu dikaji untuk

mengidentifikasi secara spasial tingkat kerentanan pantai dan memproyeksikan perubahan kerentanan wilayah pesisir dimasa yang akan datang.

Salah satu aspek yang berpengaruh dalam penilaian proses kerentanan wilayah pesisir terhadap kenaikan muka air laut adalah bentuk geomorfologi dan elevasi wilayah pesisir. Geomorfologi atau bentuk lahan pesisir menandakan ketahanan suatu wilayah pesisir terhadap erosi dan akresi akibat kenaikan muka air

laut. Terkait dengan dampak kenaikan muka air laut, tipe bentuk lahan perlu diketahui untuk mengindikasikan bentuk ketahanan atau resistensi suatu bagian pantai atau pesisir terhadap erosi atau akresi sebagai akibat kenaikan muka laut (Pendleton *et al.*, 2005). Sedangkan elevasi atau ketinggian wilayah pesisir berkaitan dengan kelemahan wilayah pesisir terhadap bahaya penggenangan dan kecepatan maju atau mundurnya garis pantai. Proses lainnya yang dapat berpengaruh terhadap tingkat kerentanan wilayah pesisir antara lain laju perubahan garis pantai, kemiringan pantai, gelombang, pasang surut dan kenaikan muka laut (Sakka *et al.*, 2014; Agustin *et al.*, 2016).

Saat ini, sebagian besar wilayah pesisir menghadapi berbagai tekanan dan perkembangan serta perubahan, tidak terkecuali wilayah pesisir Kota Jayapura. Dinamika wilayah pesisir yang tinggi akan membawa implikasi pada kehidupan dan pembangunan kawasan terutama pada perkembangan kota-kota pesisir. Terutama wilayah pesisir Kota Jayapura yang merupakan pusat pemerintahan dan perekonomian Jayapura, termasuk pusat pembangunan di Provinsi Papua yang sedang berkembang. Selain itu, kondisi fisik wilayah pesisir Kota Jayapura yang posisinya berhadapan langsung dengan laut lepas dan pemanfaatan wilayah yang multifungsi, seperti pusat pemerintahan, pemukiman, perekonomian dan industri, pelabuhan, pertambangan, pertanian dan pariwisata. Multifungsi wilayah pesisir tersebut mengakibatkan peningkatan kebutuhan lahan dan prasarana lainnya, sehingga akan timbul masalah-masalah baru di wilayah pesisir.

Perkembangan Kota Jayapura yang bervariasi sebagian terjadi melalui proses tertentu yang dipengaruhi oleh faktor fisik

dan non-fisik. Wilayah pesisir semakin menghadapi tekanan tinggi dari aktivitas alami dinamika pesisir termasuk angin dan gelombang yang berdampak pada dinamika bentang lahan (Beatley *et al.*, 2002). Berdasarkan data Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kota Jayapura 2013–2033 bahwa sepanjang 27,58 km kawasan pesisir pantai Kota Jayapura terancam oleh adanya bencana abrasi yang disebabkan oleh gelombang air laut. Selain itu, wilayah pesisir juga menerima berbagai dampak yang disebabkan oleh aktivitas manusia (Fletcher and Smith, 2007). Menurut Marfai and King (2008) dan Abidin *et al.* (2010), beban bangunan serta ekstraksi air tanah besar-besaran yang menyebabkan penurunan permukaan tanah dan dapat berdampak lebih buruk jika terjadi kenaikan muka air laut.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat kerentanan wilayah pesisir Kota Jayapura secara spasial yang ditinjau dari aspek geomorfologi (tutupan lahan) dan elevasi wilayah pesisir sehingga dapat meminimalkan dampak kerusakan wilayah pesisir. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran awal wilayah pesisir yang rentan terhadap dampak perubahan iklim, sehingga dapat mendorong untuk perencanaan pembangunan dan pengelolaan wilayah pesisir secara baik.

## **METODE PENELITIAN**

Wilayah kajian dalam penelitian ini meliputi wilayah pesisir Kota Jayapura, Provinsi Papua. Daerah kajian adalah wilayah pesisir Kota Jayapura sepanjang 106,06 km. Wilayah kajian dibatasi sejauh 500 meter dari garis pantai dan dibagi menjadi beberapa sel untuk memudahkan dalam proses analisis.

Variabel fisik pesisir yang dijadikan

masuk dalam mengkaji kerentanan pesisir dibatasi hanya pada bentuk geomorfologi dan elevasi wilayah pesisir. Data yang digunakan dalam penelitian ini antara lain (1) *Landuse* wilayah Jayapura skala 1:250.000 yang diperoleh dari Badan Informasi Geospasial (BIG), (2) peta penutupan lahan Indonesia tahun 2012, wilayah Jayapura skala 1:250.000 yang dikeluarkan oleh Kementerian Kehutanan 2013, dan (3) citra *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) cakupan wilayah Jayapura. Sedangkan *software* yang digunakan antara lain (1) Global Mapper 13 untuk analisis citra SRTM, (2) ArcGIS 10.5 untuk analisis data spasial, dan (3) Microsoft Excel.

Data yang telah diperoleh kemudian dikelompokkan dalam kelas atau kategori tertentu. Untuk data vektor geomorfologi atau tutupan lahan dikelompokkan dalam kelompok berdasarkan jenis tutupan lahannya berdasarkan pembagian kelompok tutupan lahan mengacu pada Sakka dan Muzaki (2010), sedangkan

untuk pembagian tingkat elevasi wilayah pesisir mengacu pada Gornitz (1997).

Untuk mengkaji tingkat kerentanan wilayah pesisir dari bentuk geomorfologi dan elevasi pesisir, maka semua data input harus ditransformasi dalam bentuk numerik. Data geomorfologi merupakan variabel non-numerik (kualitatif) yang akan dikonversi menjadi variabel numerik, maka harus diubah menggunakan matriks transformasi untuk memperoleh data numerik variabel geomorfologi berupa ranking yang mewakili resistensi masing-masing kelompok bentuk lahan geomorfologi. Untuk keperluan analisis tingkat kerentanan secara spasial, maka dilakukan *overlay* semua variabel vektor, antara lain geomorfologi, elevasi dan cakupan wilayah kajian sebagai pembatas. Analisis tingkat kerentanan wilayah pesisir dari bentuk geomorfologi dan elevasi wilayah pesisir Kota Jayapura dianalisis berdasarkan perhitungan kriteria kerentanan sebagaimana disajikan dalam Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Kriteria Tingkat Kerentanan Aspek Geomorfologi dan Elevasi Pesisir

No	Variabel	Tidak	Kurang	Sedang	Rentan	Sangat
		Rentan	Rentan		Rentan	Rentan
		Skor 1	Skor 2	Skor 3	Skor 4	Skor 5
1.	Geomorfologi (Tutupan Lahan)	Bertebing tinggi	Bertebing sedang, pantai berlekuk	Bertebing rendah, dataran alluvial	Bangunan pantai, estuari, laguna	Penghalang pantai, pasir, berlumpur, mangrove, delta, karang, lamun
2.	Elevasi Pesisir (m)	>30	20,1-30,0	10,1-20,0	5,1-10,0	0-5,0

Sumber: Gornitz, 1997; Pendleton et al., 2005

Untuk menentukan nilai indeks kerentanan wilayah pesisir Kota dan Kabupaten Jayapura dari bentuk

geomorfologi dan elevasi pesisir pada setiap sel, maka dilakukan dengan mengkombinasikan nilai kedua aspek

tersebut untuk menghasilkan indikator kerentanan. Perhitungan nilai skor indeks kerentanan dilakukan berdasarkan konsep perhitungan nilai indeks kerentanan dalam metode *Coastal Vulnerability Index* (CVI), yakni merupakan akar dari perkalian tiap nilai bobot variabel dibagi jumlah variabel sebagai berikut (Pendleton *et al.*, 2010):

$$CVI = \frac{\sqrt{a \times b}}{2}$$

dimana CVI = nilai (skor) Indeks Kerentanan, *a* dan *b* adalah bobot variabel geomorfologi dan elevasi pesisir. Nilai indeks kerentanan wilayah pesisir yang diperoleh selanjutnya dikelompokkan tingkat kerentanannya menjadi 3 wilayah yaitu tidak rentan, sedang, dan rentan. Pembagian tingkat kerentanan tersebut dengan memodifikasi pembagian indeks yang dilakukan oleh Gornitz and White (1992) yang membagiannya berdasarkan persen dengan kisaran antar kelas kategori adalah 33,3%. Oleh karena aspek yang dikaji hanya bentuk geomorfologi dan elevasi pesisir, dimana nilai indeks kerentanan maksimum 3,55 dan minimum 0,7, maka pembagian skor indeks kerentanan wilayah pesisir pada kajian ini sebagai berikut:

1. Kelas Tidak Rentan : 0,70 – <1,65
2. Kelas Sedang :  $\geq 1,65$  – <2,60
3. Kelas Rentan :  $\geq 2,50$  – <3,55

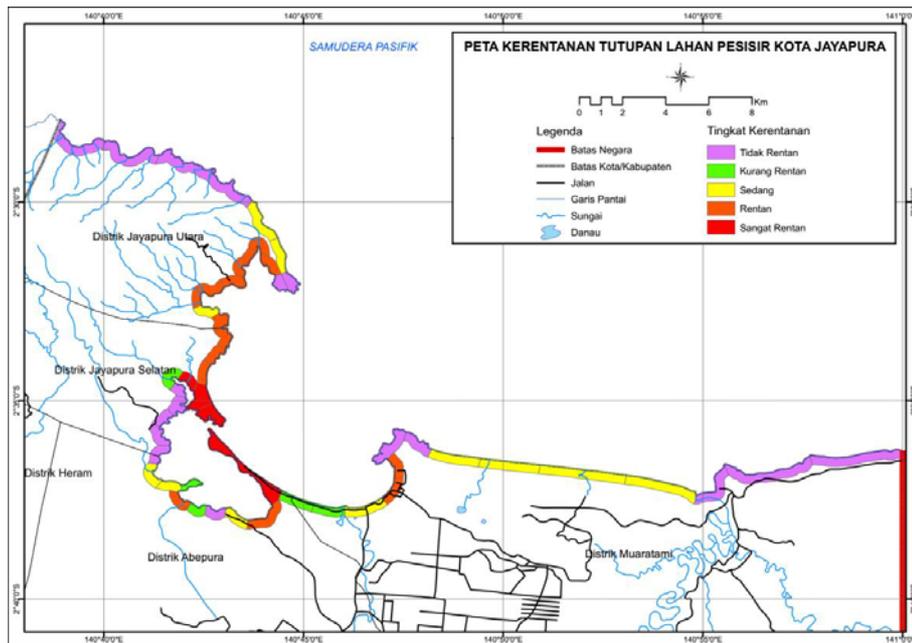
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### *Tingkat Kerentanan Geomorfologi Pesisir*

Secara umum, tutupan dan penggunaan lahan wilayah Provinsi Papua didominasi oleh hutan. Berdasarkan data BPS tahun 2011 yang diacu dalam Dwiprabowo *et al.* (2014) bahwa

penggunaan lahan di Provinsi Papua didominasi oleh kawasan hutan (78,71%), yang kemudian diikuti dengan pekarangan dan tegalan. Tutupan lahan Kota dan Kabupaten Jayapura berupa hutan, semak belukar atau savana, pemukiman dan perkebunan, serta dataran alluvial yang dimanfaatkan sebagai sawah dan tegalan atau ladang. Selain tutupan lahan tersebut, pantai berpasir juga ditemukan hampir sepanjang pantai Distrik Abepura dan Distrik Jayapura Selatan (kecuali bagian barat dalam Teluk Youtefa) serta sebagian kecil pantai Distrik Depapre di Kabupaten Jayapura, dan pantai berlumpur terbetang sepanjang pantai Distrik Muaralami.

Dari hasil analisa tingkat kerentanan tutupan lahan tiap sel wilayah kajian pada Gambar 1, tingkat kerentanan tutupan lahan pesisir Kota Jayapura lebih bervariasi, Berdasarkan tutupan lahannya, wilayah pesisir yang termasuk dalam kategori sangat rentan dan rentan merupakan wilayah pesisir dengan tutupan lahan berupa vegetasi mangrove dan pemukiman. Kategori tersebut banyak ditemukan di sepanjang pesisir Kota Jayapura, hal ini disebabkan karena wilayah pesisir Kota Jayapura merupakan kawasan pusat berbagai kegiatan (pemerintahan, ekonomi dan pariwisata). Sedangkan wilayah pesisir dalam kategori tidak rentan dan kurang rentan merupakan wilayah pesisir yang sebagian besar berupa perbukitan atau dataran dataran tinggi yang terdapat hampir di sepanjang wilayah pesisir utara Distrik Jayapura Utara, Kota Jayapura. Selain itu, beberapa titik pemukiman di wilayah pesisir dalam wilayah kajian berada pada wilayah perbukitan tergolong dalam kategori tersebut.



Gambar 1. Peta Kerentanan Tutupan Lahan Pesisir Kota Jayapura

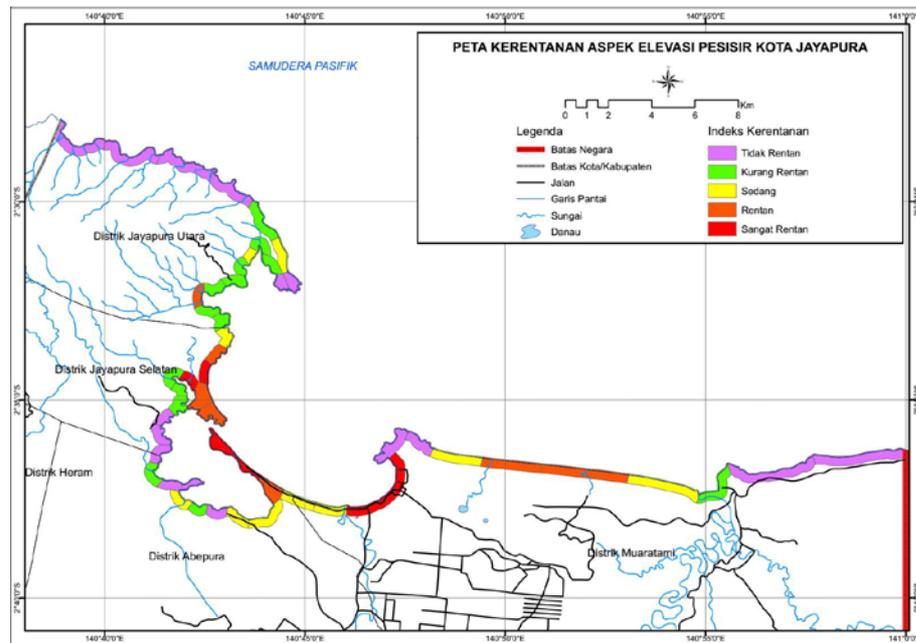
### ***Tingkat Kerentanan Elevasi Pesisir***

Wilayah Kota Jayapura memiliki bentuk elevasi yang relatif bervariasi, dimana terdapat sejumlah dataran rendah dan pantai, juga terdapat perbukitan dan gunung-gunung, dengan tingkat kemiringan sekitar 40 derajat. Elevasi tertinggi wilayah Kota Jayapura sekitar >1500 meter dpl (diatas permukaan laut), dimana wilayah tersebut sebagian kecil masih termasuk dalam wilayah Pegunungan Cyclops. Rata-rata tertinggi wilayah Kota Jayapura sekitar 500 meter dpl yang terdapat di Distrik Jayapura Utara, Sedangkan wilayah lainnya rata-rata berada pada ketinggian 100-10 meter dpl.

Aspek elevasi wilayah pesisir merupakan salah satu parameter yang dapat menentukan potensi terhadap genangan air. Elevasi dapat mempengaruhi seberapa luas genangan air laut yang diakibatkan oleh kenaikan muka laut. Menurut Marwasta & Priyono (2007), apabila terjadi gelombang pasang maka pantai atau pesisir dengan morfologi landai (elevasi rendah) dapat

menyebabkan air akan masuk ke daratan relatif jauh sehingga luapan airnya sangat luas. Oleh karena itu, dari hasil analisa bahwa sebagian wilayah pesisir Kota Jayapura termasuk kategori yang cenderung rentan terhadap terjadinya genangan akibat kenaikan muka air laut.

Dari hasil analisa tingkat kerentanan ketinggian elevasi tiap sel wilayah kajian pada Gambar 2, sebagian besar wilayah kajian pesisir Kota Jayapura merupakan wilayah pesisir yang landai. Hampir sebagian wilayah pesisir Distrik Abepura dan Distrik Jayapura Selatan termasuk dalam kategori rentan karena berada pada elevasi yang rendah (0-10 meter). Kategori tidak rentan berada pada wilayah pesisir yang berupa perbukitan tinggi (>30 meter) yang terdapat di bagian utara Distrik Jayapura Utara, bagian timur Distrik Muararata dan dalam kawasan Teluk Youtefa (termasuk dalam wilayah Distrik Abepura dan Distrik Jayapura Selatan).



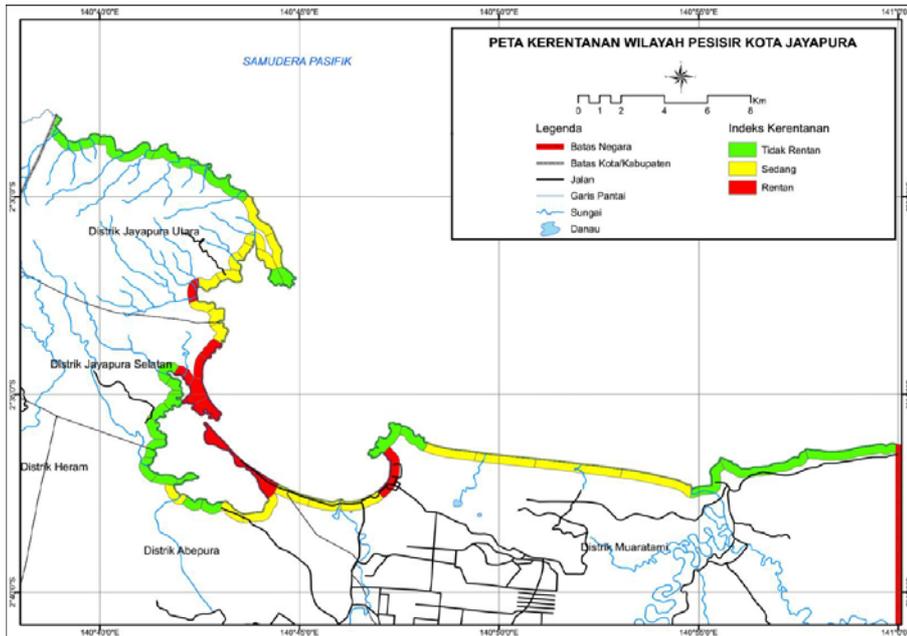
Gambar 2. Peta Kerentanan Elevasi Wilayah Pesisir Kota Jayapura

### ***Indeks Kerentanan Wilayah Pesisir Kota Jayapura***

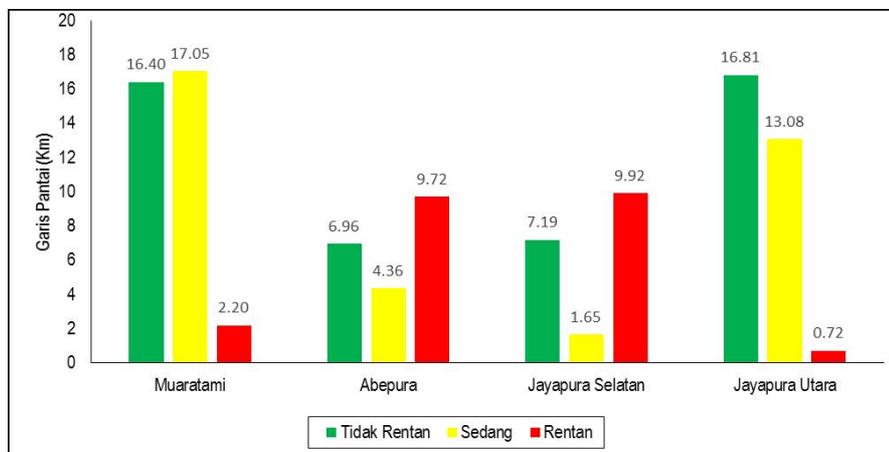
Indeks kerentanan dapat digunakan sebagai indikator tingkat kerentanan. Tingkat kerentanan merupakan suatu hal yang penting untuk diketahui karena dapat berpengaruh terhadap terjadinya bencana. Proporsi tiap kategori indeks kerentanan dapat menjadi petunjuk karakteristik spasial jenis variabel ataupun cakupan tingkat atau kategori kerentanan pada suatu kawasan.

Berdasarkan peta kerentanan pesisir dari bentuk geomorfologi dan elevasi pesisir pada Kota Jayapura pada Gambar 3, diketahui bahwa wilayah-wilayah yang termasuk kategori rentan adalah sebagian wilayah pesisir Distrik Abepura, Distrik Jayapura Selatan dan sebagian kecil Distrik Jayapura Utara, Kota Jayapura.

Pada wilayah-wilayah tersebut didominasi oleh hutan mangrove yang sangat rentan terhadap perubahan dan terdapat pada wilayah pesisir dengan elevasi yang sangat rendah. Wilayah pesisir yang termasuk kategori sedang sebagian besar dipengaruhi oleh elevasi pesisir yang rendah. Sedangkan wilayah pesisir dalam kategori tidak rentan pada umumnya berada pada wilayah pesisir dengan elevasi tinggi. Berdasarkan analisis indeks kerentanan geomorfologi pesisir, wilayah pesisir Kota Jayapura memiliki tingkat kerentanan dalam kategori rentan 21,26% (22,55 km), kategori sedang 34,08% (36,14 km) dan kategori tidak rentan 44,66% (47,36 km). Adapun panjang wilayah pesisir untuk tiap kategori kerentanan disajikan pada Gambar 4.



Gambar 3. Peta Indeks Kerentanan Wilayah Pesisir Kota Jayapura



Gambar 4. Distribusi Indeks Kerentanan Pesisir Berdasarkan Distrik di Kota Jayapura

Kondisi tingkat kerentanan wilayah pesisir yang dihasilkan tersebut diprediksi masih bisa mengalami perubahan seiring dengan tingginya tingkat pembangunan, terutama di wilayah pesisir Kota Jayapura, dimana wilayah pesisir tersebut merupakan wilayah yang dijadikan sebagai pusat pengembangan infrastruktur, kegiatan perekonomian Kota Jayapura dan Provinsi Papua, serta adanya perluasan wilayah. Kondisi ini akan berakibat pada terjadinya tekanan yang cukup besar terhadap kondisi lingkungan di sekitar pesisir dan sepanjang wilayah pesisir Kota Jayapura. Selain itu, wilayah pesisir Kota Jayapura

merupakan kawasan yang rawan gelombang pasang dan tsunami. Ketinggian elevasi wilayah pesisir diduga memberikan pengaruh yang sangat besar terhadap tingkat kerentanan pesisir Kota Jayapura, dimana aspek elevasi pesisir dapat menandakan tingkat kelemahan suatu wilayah pesisir tersebut terhadap bahaya penggenangan air dan kecepatan perubahan garis pantai. Oleh karena itu, apapun bentuk tutupan lahan suatu wilayah pesisir dan berada pada ketinggian elevasi yang rendah maka akan memberikan peluang atau berdampak akan terjadinya genangan air laut.

## KESIMPULAN

Kajian tingkat kerentanan wilayah pesisir Kota Jayapura menghasilkan luaran berupa gambaran wilayah rentan secara spasial, baik kondisi kerentanan dari aspek geomorfologi, elevasi maupun indeks tingkat kerentanan dari kedua aspek tersebut. Dari aspek tutupan lahan, sekitar 16,29% (17,27 km) sangat rentan, 16,47% (17,47 km) rentan, 21,88% (23,21 km) sedang, 6,54% (6,93 km) kurang rentan dan 38,83% (41,17 km) tidak rentan. Aspek elevasi pesisir 12,52% (13,28 km) sangat rentan, 16,89% (17,91 km) rentan, 15,92% (16,88 km) sedang, 17,73% (18,81 km) kurang rentan dan 36,94% (39,17 km) tidak rentan. Berdasarkan analisis tingkat kerentanan dari aspek geomorfologi, wilayah pesisir Kota Jayapura memiliki tingkat kerentanan dalam kategori rentan 21,26% (22,55 km), kategori sedang 34,08% (36,14 km) dan kategori tidak rentan 44,66% (47,36 km). Wilayah pesisir Kota Jayapura yang rentan meliputi wilayah pesisir Distrik Abepura dan Distrik Jayapura Selatan. Adapun wilayah pesisir dengan elevasi yang tinggi termasuk kategori tidak rentan.

## DAFTAR PUSTAKA

Abidin, H. Z., Andreas, H., Gumilar, I., Sidiq, T. P., Gamal, M., Murdohardono, D., Supriyadi, & Fukuda, Y. (2010). Studying land subsidence in Semarang (Indonesia) using geodetic methods. *FIG Congress 2010 Facing the Challenges Building the Capacity*. Australia.

Agustin, Syamsidik, S., & Fatimah, E. (2016). Penilaian indeks kerentanan fisik wilayah pesisir pantai barat-selatan Aceh. *Jurnal Teknik Sipil*, 5(1), 71-80.

Beatley, T., Browser, D. J., & Schwab, A.

K. (2002). *An introduction to coastal zone management second edition*, chapter-1 pp.1-12, Island Press.

Dwiprabowo, H., Djaenudin, D., Alviya, I., & Wicaksono, D. (2014). *Dinamika tutupan lahan: pengaruh faktor sosial ekonomi*. Yogyakarta: Penerbit Kanisius.

Fletcher, S., & Smith, H.D. (2007). Geography and coastal management. *Coastal Management*, 35(4), 419-427.

Gornitz, V. (1997). *Global coastal hazards from future sea level rise*. *Palaeogeography. Palaeoclimatology. Palaeoecology (Global and Planetary Change Section)*. Amsterdam: Elsevier Science Publisher B.V.

Gornitz, V. M., & White, T. W. (1992). *A coastal hazard data base for the US east coast*. ORNL/CDIAC-45, NDP-043A. Tennessee: Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge.

Marwasta, D., & Priyono, K. D. (2007). Analisis karakteristik permukiman desa-desa pesisir di Kabupaten Kulonprogo. *Forum Geografi*, 21(1): 57-68.

Pendleton, E. A., Robert, E., & Jeffress, S. (2005). *Coastal vulnerability assessment of gateway national recreation area (GATE) to sea-level rise*. Open File Report 2004. U.S. Virginia: Department of the Interior and U.S. Geological Survey.

Pendleton, E. A., Thieler, E. R., & Williams, S. J. (2010). Importance of coastal change variables in determining vulnerability to sea- and lake-level change. *J Coast Res*, 26(1), 176-183.

*Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia Nomor 23/Permen-Kp/2016 tentang Perencanaan Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil*. Kementerian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia.

Pratt, C. R., Kaly, U. L., & Mitchell, J. (2004). *Manual: how to use*



*environmental vulnerability index (EVI)*. SOPAC Technical Report 383. United Nation Environmental Programme (UNEP)-SOPAC.

*Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kota Jayapura 2013-2033*. Pemerintah Daerah Kota Jayapura.

Richards, S. J., & Suryadi, S. (2002). *A biodiversity assessment of Yongsu-Cyclops Mountains and the Southern Mamberamo Basin, Papua, Indonesia*. RAP Bulletin of Biological Assessment 25. Washington, DC: Conservation International.

Sakka, & Muzaki, A. A. (2010). *Modul Pelatihan Pembangunan Indeks Kerentanan Pantai (PPIKP), pengolahan data geomorfologi pantai*.

Sakka, Paharuddin, & Rupang, E. (2014). Analisis kerentanan pantai berdasarkan coastal vulnerability index (CVI) di pantai Kota Makassar. *Torani (Jurnal Ilmu Kelautan dan Perikanan)*, 24(3), 49-53.

Ward, P. J., Marfai, M. A., Yulianto, R., Hizbaron, D. R., & Aerts, J. C. J. H. (2011). Coastal inundation and damage exposure estimation: a case study for Jakarta. *Natural Hazards*, 56, 899-916.