



PEMODELAN SPATIAL TINGKAT RESIKO MULTI BENCANA DI SEKITAR DANAU SENTANI

AGUS EKO RAHARJO PEPEKAI DAN SEMUEL JEUJANAN

Dosen Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Cenderawasih Jayapura

E-mail: aguspekpeki@yahoo.com

ABSTRACT

This study aims to determine the level of multi-disaster risk and the spatial distribution of the level of multi-disaster risk around Lake Sentani. The research method uses survey methods and map analysis using the Geographic Information System (GIS) ArcGIS 10.4 application. The multi-disaster risk level studied is limited to landslide risk, flood risk and lake water level rise risk with the criteria of low, medium, and high risk classes.

This study shows that almost 64.30% of the area around Lake Sentani has a high level of landslide risk with an area of 43,151.72 ha, for moderate land landslide risk it covers 35.68% of the total area or an area of 23,944.16 ha with a distribution covering to the south of the slopes of the Cycloop Mountains and to the southeast of the hills that extend around Lake Sentani. The risk of flood disaster in most areas is near the river that flows from the slopes of the foothills of the Cycloop Mountains to the alluvial plains, all of which empties into Lake Sentani. This shows that the rivers that empties into Lake Sentani play a role in the flood disaster.

Keywords: *Spatial Modeling, Multi-disaster Risk, Sentani Lake*

PENDAHULUAN

Wilayah danau Sentani yang terbentang dari timur ke barat sepanjang 26,5 Km dengan luas mencapai mencapai 9.630 ha dengan kedalaman 52 m, dan terletak pada ketinggian 72 m di atas permukaan laut. Secara fisik kondisi fisiografi wilayah sekitar danau Sentani yang dikelilingi perbukitan dan dataran kaki penguungan Cycloop menjadikan wilayah danau Sentani dan sekitarnya sangat rentan terhadap bahaya geomorfik. Bahaya geomorfologi yang potensial pada wilayah perbukitan dan dataran rendah di sekitar danau Sentani antara lain longsor lahan, erosi dan sedimentasi. disamping banjir dan naiknya permukaan air danau.

Kejadian banjir bandang yang disertai longsor lahan dan naiknya permukaan air danau Sentani pada bulan maret 2019 mengingatkan betapa besarnya potensi multi bencana yang mengancam semua aspek kehidupan manusia dan lingkungan yang ada di sekitar danau Sentani. Kejadian multi bencana tersebut telah mengakibatkan banyak korban dan kerugian. Pasca bencana tersebut data BPBD Kabupaten Jayapura mencatat korban jiwa mencapai 112 orang dan ratusan mengalami luka berat dan ringan, sebanyak 11.556 jiwa mengungsi ketempat yang lebih aman. Sedangkan kerugian harta benda dan

fasilitas umum diperkirakan mencapai Rp 506 milyar rupiah.

Pasca banjir bandang tahun 2019 kejadian bencana masih sering terjadi hingga saat ini di beberapa wilayah sekitar danau sentani, terutama pada wilayah lereng kaki dan permukiman penduduk yang berada pada dataran rendah. Hasil identifikasi bahaya longsor menemukan disebagian besar wilayah sekitar danau Sentani memiliki tingkat longsor lahan tinggi dengan luas 38.577,74 ha atau hampir 50,4 % (Pepekai dan Jeujanen, 2018). Bencana longsor dan banjir pada beberapa titik disekitar danau Sentani juga menghambat jalur transportasi utama wilayah Sentani dan Kota Jayapura yang berdampak pada aktivitas penduduk dan ekonomi masyarakat. Sedangkan naiknya permukaan air danau akan mengancam banyak kampung yang berada di pulau pulau dan sekitaran danau Sentani

Bertolak dari kejadian bencana yang pernah terjadi 2 (dua) tahun lalu di wilayah Sentani dan sekitarnya serta intensitas bencana yang sampai saat ini masih mengancam wilayah sekitaran danau Sentani, maka menjadikan hal tersebut sebagai isu penting yang harus dipertimbangkan bagi setiap pengambilan kebijakan dalam pemanfaatan serta pengelolaan lingkungan baik oleh pemerintah, serta seluruh komponen masyarakat. Kejadian multi bencana perlu diantisipasi sedini mungkin sehingga

diperlukan pengelolaan manajemen bencana yang lebih sistematis dan komprehensif serta dapat dilaksanakan. Sehubungan dengan hal tersebut, maka perlu dibuat Pemodelan Spasial Tingkat Resiko Multi Bencana di sekitar danau Sentani. Melalui kajian ini dapat memberikan informasi spasial lokasi multi bencana yaitu bencana longsor, banjir dan naiknya permukaan air danau. Sehingga akan menciptakan rasa aman, nyaman bagi penduduk yang bermukim di sekitar danau Sentani.

TINJAUAN PUSTAKA

Fenomena bencana alam dapat terjadi setiap saat dengan intensitas yang berbeda beda, serta faktor penyebab yang berbeda pula. Undang-undang no 24 tahun 2007 Tentang Penanggulangan Bencana mendefinisikan bencana sebagai peristiwa atau rangkaian peristiwa yang mengancam dan mengganggu kehidupan dan penghidupan masyarakat yang disebabkan, baik oleh faktor alam dan/atau non alam maupun faktor manusia sehingga mengakibatkan timbulnya korban jiwa manusia, kerusakan lingkungan, kerugian harta benda, dan dampak psikologis.

Bencana alam menimbulkan dampak bagi kehidupan manusia dan lingkungan, baik kerugian harta benda maupun korban jiwa manusia serta rusaknya ekosistem yang ada. Bencana banjir dan tanah longsor

merupakan salah satu bencana alam hidrometeorologi yang dapat menimbulkan korban jiwa dan kerugian material yang sangat besar. Badan Nasional Penanggulangan Bencana Nasional mendefinisikan tanah longsor merupakan salah satu jenis gerakan massa tanah atau batuan, maupun pencampuran keduanya, menuruni atau keluar lereng akibat terganggunya kestabilan tanah atau batuan penyusun lereng (BNPB, 2013). Lebih lanjut Noor, D (2006) menjelaskan longsor sebagai suatu gerakan tanah atau bantuan dari tempat asalnya karena pengaruh gaya berat (gravitasi). Sedangkan banjir merupakan limpasan air yang melebihi tinggi muka air normal, sehingga melimpas dari palung sungai menyebabkan adanya genangan pada lahan rendah di sisi sungai (BNPB, 2013)

Kajian Tingkat Resiko Bencana di kaji lebih lanjut dalam Perkap BNPB no 2 Tahun 2012 yang menjelaskan tentang Pedoman Umum Kajian Resiko Bencana. Tingkat Risiko adalah perbandingan antara Tingkat Kerugian dengan Kapasitas Daerah untuk memperkecil Tingkat Kerugian dan Tingkat Ancaman akibat bencana. Sedangkan Kajian Risiko Bencana adalah mekanisme terpadu untuk memberikan gambaran menyeluruh terhadap risiko bencana suatu daerah dengan menganalisis Tingkat Ancaman, Tingkat Kerugian dan Kapasitas Daerah.

Pengkajian risiko bencana disusun

berdasarkan komponen ancaman, kerentanan dan kapasitas. Komponen Ancaman disusun berdasarkan parameter intensitas dan probabilitas kejadian. Komponen Kerentanan disusun berdasarkan parameter sosial budaya, ekonomi, fisik dan lingkungan. Komponen Kapasitas disusun berdasarkan parameter kapasitas regulasi, kelembagaan, sistem peringatan, pendidikan pelatihan keterampilan, mitigasi dan sistem kesiapsiagaan (BNPB,2013).

Pemodelan spasial adalah representasi ataupun model spasial dari data yang digunakan dan merupakan penggambaran suatu bagian muka bumi. (Suharyadi dan Danoedoro, 2004) Pemodelan spasial dapat digunakan untuk menyelesaikan suatu masalah dari dunia nyata dan memodelkannya. Pemodelan ini terdiri dari berbagai variabel yang dipetakan secara digital dan disesuaikan sistem proyeksi maupun koordinatnya dengan melibatkan aspek resolusi dan sistem klasifikasinya. Secara garis besar terdapat lima macam model dalam SIG (Sistem Informasi Geografi) yang digunakan untuk pemodelan lingkungan dan kewilayahan, yaitu : model biner, model indeks, model regresi, model proses, dan model jaringan,

Studi pendahuluan yang telah dilakukan sebelum dilakukan pengkajian resiko multi bencana, telah dilakukan beberapa penelitian terkait kebencanaan di kawasan sekitar danau

Sentani. Salah satu penelitian diantaranya adalah Pepekai dan Jeujan (2018) mengidentifikasi Kawasan Longsor Lahan di sekitar Danau Sentani dengan mengkaji faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya longsor lahan dan sebarannya di sekitar Danau Sentani dengan menggunakan 4 (empat) parameter penentuan longsor lahan yaitu parameter kemiringan lereng, parameter jenis tanah, parameter intensitas hujan dan parameter tutupan lahan. Keempat parameter ini kemudian diberi faktor pembobot kemudian dengan metode skoring maka diperoleh klasifikasi longsor lahan yang terbagi dalam 4 (empat) kelas Klasifikasi longsor lahan. Empat kelas klasifikasi longsor lahan yaitu : tingkat longsor rendah, tingkat longsor sedang, tingkat longsor tinggi dan tingkat longsor sangat tinggi. Dari penelitian tersebut disimpulkan terdapat dua faktor yang berpengaruh pada terjadinya longsor lahan wilayah sekitar Danau Sentani. Kedua faktor tersebut adalah faktor alamiah dalam hal ini intensitas curah hujan yang tinggi dan faktor non alami atau antropogen yaitu akibat aktivitas manusia.

Selanjutnya Pepekai dan Jeujan (2019) melakukan kajian terkait Tingkat Bahaya Erosi Lahan di Sekitar Danau Sentani, Tingkat bahaya erosi merupakan perbandingan nilai total erosi dengan nilai besaran erosi diperbolehkan (EDP). Tingkat bahaya erosi merupakan tingkat ancaman

kerusakan yang diakibatkan oleh erosi pada suatu lahan. Erosi tanah dapat berubah menjadi bencana apabila laju erosi lebih cepat daripada laju pembentukan tanah. Pembagian klasifikasi tingkat bahaya erosi mengacu pada Arsyad (2010) yang membagi tingkat bahaya erosi menjadi 4 kelas klasifikasi yaitu tingkat bahaya erosi ringan, sedang, berat dan sangat berat.

Pepekai dan Jeujan (2020) juga melakukan Pengukuran Debit Aliran yang dilakukan pada beberapa sungai yang bermuara di danau sentani. Debit (Q) adalah volume air yang mengalir melalui suatu penampang melintang sungai per satuan waktu, dalam satuan (m³/detik). Pengukuran Debit aliran dilakukan pada tiga kali yang bermuara di perairan Danau Sentani, ketiga kali ini mewakili masing-masing satuan lahan yang mengalami proses bahaya geomorfik pada bagian hulu yang terdapat rangkaian pegunungan Cycloop.

METODE PENELITIAN

1. Teknik Pengumpulan Data, Analisa Data dan Hasil

Komponen pengkajian risiko bencana terdiri dari ancaman, kerentanan dan kapasitas. Komponen ini digunakan untuk memperoleh tingkat risiko bencana suatu kawasan dengan menghitung potensi jiwa terpapar, kerugian harta benda dan kerusakan

lingkungan. Perhitungan Tingkat Risiko Bencana mengacu pada Perka BNPB No 2 tahun 2012 sebagai berikut :

$$\text{Risiko Bencana} \approx \text{Ancaman} \times \frac{\text{Kerentanan}}{\text{Kapasitas}}$$

2. Analisa dan Hasil

a. Analisa Jenis Ancaman

Ancaman bahaya longsor , banjir dan kenaikan permukaan air danau.

b. Analisa Jenis Risiko Bencana

Risiko bencana banjir, longsor dan kenaikan permukaan air laut.

c. Klasifikasi Kriteria Tingkat Risiko Bencana

Peta hasil kelas Tingkat Risiko Bencana mengacu pada Perkap No 2 Tahun 2012 dengan 3 (tiga) klasifikasi yaitu : rendah, sedang dan tinggi.

d. Tahap Penyusunan Peta Tingkat Risiko Multi Bencana

Metoda Superimpose / Overlay Spasial digunakan untuk menganalisa model spasial tingkat risiko bencana.

Untuk menghasilkan pemodelan spasial tingkat Risiko Multi Bencana meliputi tahapan langkah sebagai berikut :

1. Superimpose / Overlay (Join-UNION) setiap data peta indikator bencana terklasifikasi, sehingga menghasilkan peta digital baru.

2. Melalui analisis spasial di luar metode superimpose / overlay peta potensi ancaman, peta kerentanan, dan peta kapasitas, menghasilkan peta resiko bencana multi bencana terklasifikasi (sangat rentan, rentan, kurang rentan dan tidak rentan)

HASIL DAN CAPAIAN

1. Karakteristik Lokasi Penelitian sekitar Danau Sentani

Kawasan sekitar Danau Sentani memiliki topografi berupa dataran, perbukitan dan pegunungan yang merupakan bagian dari pegunungan Cycloops, Kemtuk dan Nimboran, lereng kawasan sekitar Danau Sentani memiliki kemiringan yang beragam yang didominasi oleh kemiringan yang curam berisar 0 – 40%. Sebagian besar merupakan daerah dengan topografi perbukitan bergelombang hingga pegunungan tersayat. Daerah dataran dan perbukitan bergelombang lemah umumnya terdapat pada ketinggian 150 m dpl, daerah perbukitan bergelombang sedang hingga bergelombang kuat berkisar antara 150 - 1.800 m dpl, dan daerah pegunungan tersayat berada pada ketinggian antara 500 – 2.000 m dpl.

Ditinjau dari morfologi wilayah di sekitar Danau Sentani termasuk berelief sedikit kasar, dengan klasifikasi kemiringan lereng dapat dibedakan menjadi 4 (empat) klas kemiringan

lereng yaitu sebagai berikut: 1. Kemiringan lereng (0 - 8)% berada di bantaran Danau Sentani yang merupakan daerah rawa sagu dengan beda tinggi antara 0 - 25 m. 2. Kemiringan lereng (8– 15)% berada di sebelah baratdaya Danau Sentani yang meliputi wilayah kota Sentani memanjang ke arah Barat, dengan beda tinggi lebih dari 75 m. 3. Kemiringan lereng (15 - 40)% berada pada bagian Barat dan Timur Danau Sentani dengan beda tinggi antara 75 - 300 m. 4. Kemiringan lebih dari 40% terletak di sebelah utara Danau Sentani dengan beda tinggi antara 300 - 500 m.

Morfogenesis Danau Sentani sendiri terbentuk sebagai hasil longsor atau bencana alam, tergambar dari bentuk morfologi danau yang berbentuk “S” yang memanjang arah Timur – Barat sejajar dengan pegunungan Cyclops di sebelah Utara. Kawasan perairan Danau Sentani di suplay oleh 12 sungai yang masuk (inlet) ke danau, yang semuanya berhulu di Pegunungan Cyclops. Sedangkan outlet hanya terdapat 1 sungai yang keluar yaitu sungai Jaifuri yang terletak di Kampung Yokiwa di sebelah Timur. Aliran sungai ini kemudian bergabung dengan sungai Skamto dan sungai Tami yang selanjutnya bermuara di pantai Utara wilayah Skow.

Secara geologi wilayah sekitar danau Sentani tersusun dari batuan sedimen belum terkonsolidasi yang berumur Kuartar, dan batuan sedimen yang berumur tersier

disamping itu juga terdapat batuan beku basa-ultrabasa serta batuan methamorfik yang berperan sebagai batuan dasar. Jenis batuan yang ada disekitar danau Sentani mempengaruhi proses longsor lahan dan hasil erosi yang tertransportasi kemudian mengalami sedimentasi yang masuk ke dalam tubuh perairan danau Sentani.

2. Resiko Bahaya Longsor Lahan

Terdapat empat parameter terjadinya longsor lahan yaitu kemiringan lereng, parameter jenis tanah, parameter intensitas hujan dan parameter tutupan lahan. Dari keempat parameter ini parameter kemiringan lereng merupakan parameter yang menentukan potensi suatu wilayah berada pada kawasan rawan longsor atau tidak. Hal ini karena lereng merupakan tempat dimana gaya dorong dan gaya penahan longsor lahan bekerja. Gaya ini sangat dipengaruhi oleh gravitasi dan faktor pemberat yang berada pada lereng tersebut. Semakin besar sudut kemiringan lerengnya maka, gaya gravitasi yang ditimbulkannya juga akan semakin besar, sehingga hal ini akan berpotensi terjadinya longsor lahan. Berdasarkan kondisi tersebut maka dapat di asumsikan bahwa apabila semakin besar sudut kemiringan lereng maka semakin besar juga kerentanan suatu daerah terhadap longsor lahan hal ini berarti potensi terjadinya longsor lahan semakin besar. Van Zuidam & Concelado

1979 dalam Marfai dkk, (2016). telah menetapkan klasifikasi kelerengan dengan membagi gradien kemiringan menjadi lima kelas lereng yaitu, lereng datar – landai (0 – 8 %), lereng agak miring (8- 15%), lereng miring (15 -25 %), lereng terjal (25-45 %) dan sangat terjal (>45%). Berdasarkan hasil analisis dan interpretasi citra diperoleh kelas lereng dan luasannya di kawasan sekitar danau Sentani seperti pada tabel berikut

Tabel. 1. Sebaran Lereng di Lokasi Penelitian

No	LERENG	Luas (Ha)
1	0 - 2 %	21.221,03
2	2 - 8 %	33.210,65
3	8 - 15 %	154,17
4	15 - 25 %	14.444,43
5	25 - 40 %	6.261,19
6	> 40 %	1.183,82
Total Luas		76.475,30

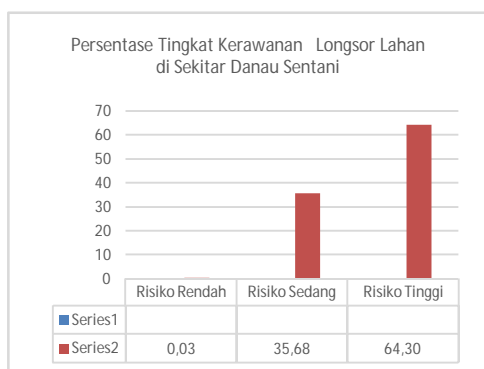
Sumber : Analisis data sekunder 2021

Berdasarkan luasannya maka sebagian wilayah kawasan sekitar danau sentani memiliki lereng (0-8 %) dengan bentuk lereng datar sampai landai memiliki luasan keseluruhan 54.431,03 ha, lereng ini berada pada dataran rendah tepi danau hingga kaki pengunungan Cycloop. Sedangkan lereng agak miring (8 – 15 %) seluas 154, 17 ha daerah ini sebagian merupakan perbukitan . Selanjutnya lereng miring (15 -25 %) memiliki luasan 14.444,43 Ha, sisanya merupakan daerah

dengan ketererangan terjal hingga sangat terjal dengan luasan 7.445,01 ha. Kondisi ketererangan ini sangat berpengaruh pada kerentanan bahaya longsor lahan terutama pada wilayah dengan lerengan miring hingga sangat terjal.

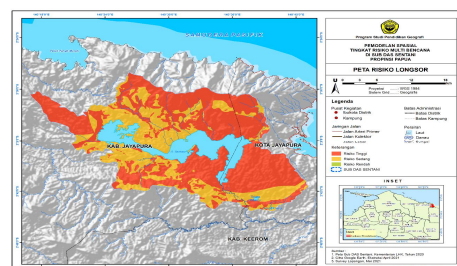
Berdasarkan analisa data citra diketahui sebagai besar wilayah sekitar danau sentani atau sebesar 64,30 % dari luas wiayah memiliki resiko longsor lahan tinggi dengan luasan 43.151, 72 ha dan selanjutnya adalah wilayah dengan resiko longsor lahan sedang sebesar 35,68 % dari luas wilayah atau seluas 23.944,16 ha. Adapun wilayah dengan resiko rendah longsor lahan hanya sebesar 0,03 % seluas 18,41 ha. Secara keseluruhan wiayah sekitar danau sentani memiliki tingkat resiko longsor lahan sedang samapi tinggi. Berikut adalah Persentase wilayah resiko longsor lahan di sekitar Danau Sentani

Gambar. 1. Grafik Tingkat Kerawanan Longsor Lahan di sekitar Danau Sentani



Kejadian longsor lahan di wilayah penelitian sebagai besar terjadi pada daerah lereng pengunungan cycloop dan perbukitan denudasional. Kondisi ini disebabkan karena kemiringian lereng yang cukup terjal dan karakteristik fisik lahan yang merupakan material batuan banyak mengalami pelapukan. Ditambah lagi dengan pemanfaatna lahan yang rentan terhadap bahaya longsor. Berdasarkan peta sebaran dapat diketahui bahwa sebagaian besar wilayah resiko longsor lahan merupakan wilayah dengan ketererangan lebih dari 25 % yang tersebar sebagian besar berada lereng pengunungan Cycloop bagian selatan dan sebelah tenggara perbukitan yang mengelilingi danau Sentani. Secara lengkap sebaran resiko longsor lahan dapat dilihat pada gambar peta Resiko Longsor lahan berikut :

Gambar 4. Peta Risiko Longsor Lahan



3. Resiko Bahaya Banjir

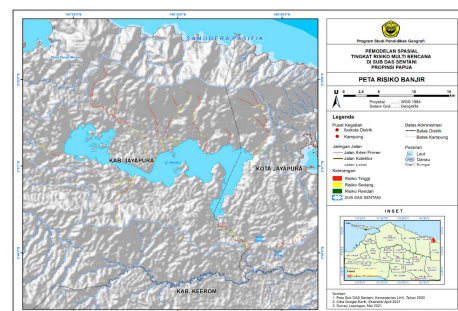
Penyebab terjadinya banjir di wilayah Sentani dan sekitarnya adalah tingginya intensitas curah hujan dibandingkan dengan kapasitas infiltrasi tanah yang ada di daerah tangkapan hujan yang terletak di hulu sungai sehingga sebagian besar air hujan berubah menjadi limpasan permukaan (*run off*). Intensitas curah hujan di kawasan danau tergolong tinggi dengan kisaran antara 1000 – 2000 mm. Mengacu pada peta isohiyet kawasan Danau Sentani, sebagian besar memiliki intensitas curah hujan cukup tinggi (1500 – 2000 mm).

Intensitas curah hujan yang tinggi menyebabkan limpasan permukaan yang semakin banyak, limpasan permukaan tersebut terkumpul ke dalam saluran sungai sungai yang mempunyai kapasitas penyaluran yang terbatas. Apabila aliran air yang ada di dalam saluran melebihi dari kapasitas penyaluran maka terjadilah banjir. Pengamatan atas morfologi sungai sungai yang mengalir yang bermuara di danau Sentani, menunjukkan di beberapa tempat mengalami pelebaran namun ada juga tempat yang lain terjadi penyempitan, hal ini menunjukkan bahwa sungai ini terpengaruh oleh proses geomorfik terutama longsor lahan pada bagian hulu dan sedimentasi pada bagian hilir sungai.

Pengamatan di sepanjang saluran sungai menggambarkan bahwa telah terjadi proses-

proses agradasi berupa erosi dan transportasi material yang intensif di daerah hulu yang terletak di Pengunungan Cycloop. Dari sudut hidrologis keberadaan lapisan tanah yang tipis dalam jumlah yang besar akan menyebabkan permasalahan banjir yang serius di daerah hilir karena sebagian besar hujan akan langsung menjadi aliran permukaan yang semuanya akan bermuara ke Danau Sentani. Bencana banjir bandang yang terjadi pada bulan Maret 2019 telah menyebabkan kerugian harta benda dan korban jiwa yang banyak. Kejadian ini sangat berdampak pada wilayah sentani dan sekitarnya, hal ini menunjukkan bahwa sebageian besar wilayah sekitar danau Sentani merupakan wilayah dengan tingkat kerentanan banjir yang cukup tinggi. Berdasarkan peta resiko bencana banjir terlihat sebagian besar wilayah yang beresiko banjir tinggi adalah wilayah dekat aliran sungai yang mengalir mulai lereng kaki pengunungan hingga dataran aluvial hal ini menunjukkan bahwa sungai sungai yang bermuara pada danau sentani berperan dalam kejadian banjir. Berikut peta sebaran resiko banjir di sekitar wilayah danau Sentani :

Gambar 2. Peta Resiko Banjir di sekitar Danau Sentani



5.1.

KESIMPULAN

1. Hampir 64,30 % wilayah sekitar danau sentani memiliki tingkat resiko bencana Longsor lahan tinggi dengan luasan 43.151, 72 ha , Untuk resiko longsor lahan sedang mencakup 35,68 % dari luas wilayah atau seluas 23.944,16 ha dengan sebaran meliputi berada pada sebelah selatan lereng pengunungan Cycloop serta sebelah tenggara perbukitan yang memanjang di sekitar danau sentani.
2. Resiko bencana banjir sebagian besar wilayah berada pada dekat aliran sungai yang mengalir mulai lereng kaki pengunungan Cycloo hingga dataran aluvial tepian dan bermuara di danau Sentani. Hal ini menunjukkan bahwa sungai sungai yang bermuara pada danau sentani berperan pada kejadian banjir.

DAFTAR PUSTAKA

Arsyad, S. 2010. *Konservasi Tanah dan Air*. IPB Press, Institut Pertanian Bogor.

Asmiyati Uzlifatul, Poernomo S. Nofita, 2019. Penilaian Multi Bencana di Jakarta, Indonesia, *Jurnal Pendidikan Mandala*, Vol. 4. No. 5.

BNPB. 2013. Indeks Risiko Bencana Indonesia (IRBI). Jakarta: BNPB.

Marfai Muh. Aris, Dibyosaputro S, Fatucrohman H., 2016. Analisis Bencana Menunjang Pembangunan Daerah, Studi

Kabupaten Batang, Penerbit Gadjah Mada University Press.

Noor, Djauhari. 2006, *Geologi Lingkungan*, Penerbit Graha Ilmu Yogyakarta.

Prasetyo, Arif. 2011. *Modul Dasar ArcGIS 10, Aplikasi Pengelolaan Sumberdaya Alam*. Bogor : Fakultas Kehutanan IPB

Pertiwi R D, Nugraha A L, Haniah., 2016. Pemetaan Multi Bencana Kota Semarang. *Jurnal Geodesi Undip*.

Pepekai Agus Eko R, Jeujan S, 2018. Identifikasi Daerah Rawan Longsor Lahan di Sekitar Danau Sentani Menggunakan Citra Pengideraan Jauh Landsat7 TM+ dengan Sistem Informasi Geografi. *Prosiding Seminar Hasil Penelitian Pengembangan IPTEKS dan Sains, Edisi V Juli 2019 LPPM Uncen*.

Pepekai Agus Eko R, Jeujan S, 2019. Penentuan Tingkat Bahaya Erosi pada Satuan lahan di Sekitar Danau Sentani. *Prosiding Pengembangan IPTEKS dan Sains Edisi VI. 2020 LPPM Uncen Jayapura*.

Perkap BNPB No 2. Tahun 2012, Perhitungan Tingkat Resiko Bencana.

Suharyadi dan Danoedoro, 2004. *Sistem Informasi Geografis : Konsep Dasar dan Beberapa Catatan Perkembangannya Saat ini*. Jurusan Kartografi dan Penginderaan Jauh Fakultas Geografi. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.