



ANALISIS TOPOGRAFI DALAM PENENTUAN JALUR EVAKUASI TSUNAMI DI KOTA PADANG

TOPOGRAPHIC ANALYSIS IN DETERMINING THE TSUNAMI EVACUATION PATH IN PADANG CITY

Denny Setyawan¹, Yudi Basuki²

¹Magister Perencanaan Wilayah dan Kota, Universitas Diponegoro; dens.inc@gmail.com

²Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota, Universitas Diponegoro; yudibasuki@yahoo.com

Info Artikel:

- Artikel Masuk: 12 Maret 2019
- Artikel diterima: 15 April 2019
- Tersedia Online: 31 Maret 2021

ABSTRAK

Sebagai salah satu upaya mitigasi bencana tsunami, Pemerintah Kota Padang telah membuat peta evakuasi tsunami pada tahun 2010. Namun, informasi terkait zona bahaya tsunami pada peta tersebut belum diperbaharui hingga saat ini. Perencanaan kegiatan mitigasi terfokus pada wilayah pesisir pantai di sisi utara hingga pusat perkotaan Kota Padang. Wilayah perbukitan dan persawahan di pesisir pantai membuat akses pergerakan evakuasi masyarakat di wilayah selatan Kota Padang menjadi terbatas. Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis penentuan jalur evakuasi potensial tsunami di wilayah selatan Kota Padang menggunakan metode kuantitatif melalui pendekatan GIS. Analisis yang dilakukan adalah analisis kesiapsiagaan masyarakat, pemodelan zona penggenangan tsunami, analisis tingkat bahaya, kerentanan, dan risiko bencana tsunami. Pada bagian akhir, berdasarkan hasil analisis dilakukan penentuan lokasi potensial shelter serta rute evakuasi potensial sebagai bentuk arahan dan rekomendasi terkait kegiatan mitigasi bencana tsunami di Kota Padang. Diusulkan sebanyak 53 lokasi potensial shelter evakuasi dengan rincian 18 lokasi di Kecamatan Bungus Teluk Kabung, 9 lokasi di Kecamatan Lubuk Begalung, dan 26 lokasi di Kecamatan Padang selatan. Untuk mendukung ke-53 lokasi potensial shelter tersebut juga direncanakan rute jalur evakuasi potensial sebanyak 52 jalur evakuasi menggunakan jaringan jalan eksisting dan 21 usulan jalur evakuasi menuju perbukitan terdekat.

Kata Kunci: tsunami, cost distance, network analyst, least cost path, shelter, jalur evakuasi, mitigasi, Kota Padang.

ABSTRACT

As one of the tsunami disaster mitigation efforts, the Padang City Government has made a tsunami evacuation map in 2010. However, information regarding the tsunami hazard zone on the map has not been updated to date. Planning for mitigation activities focuses on the coastal areas on the north to the urban centers of the city of Padang. The hilly and paddy fields on the coast make access to the movement of evacuation communities in the southern region of the city of Padang to be limited. Based on this background, this study aims to conduct an analysis of determining potential tsunami evacuation routes in the southern region of Padang City using quantitative methods through the GIS approach. The analysis carried out was community preparedness analysis, modeling of tsunami flooding zones, analysis of the level of danger, vulnerability and risk of a tsunami disaster. At the end, based on the results of the analysis carried out the determination of potential shelter locations and potential evacuation routes as a form of direction and recommendations regarding tsunami disaster mitigation activities in Padang City. 53 locations of potential evacuation shelters were proposed with details of 18 locations in Bungus Bay, Kabung District, 9 locations in Lubuk Begalung District, and 26 locations in Padang Selatan District. To support the 53 potential shelter locations, a potential evacuation route route is planned for 52 evacuation routes using the existing road network and 21 proposed evacuation routes to the nearest hills.

Keyword: tsunami, cost distance, network analyst, least cost path, shelter, evacuation route, mitigation, Padang City.

1. PENDAHULUAN

Perencanaan sistem mitigasi bencana tsunami di Kota Padang menjadi sangat penting karena selain faktor letak geografis yang memiliki potensi gempa skala di atas 8,9 SR (gempa subduksi *megathrust*) di bawah Kepulauan Mentawai, Sumatera Barat, akibat pertemuan lempeng Indo-Australia dan lempeng Eurasia serta dilewati *ring of fire* dunia (Natawidjaja, 2007), (McCloskey et al., 2008) dan (Horspool et al., 2014), kepadatan penduduk yang cukup tinggi disertai pertumbuhan penduduk di pusat kota yang berdekatan dengan pesisir barat pantai Sumatera membuat waktu evakuasi vertikal menjadi sangat singkat kurang dari 30 menit (Singh et al., 2010), (Di Mauro et al., 2013) dan (Ashar et al., 2018). Sebagai salah satu upaya mitigasi bencana tsunami, Pemerintah Kota Padang telah membuat peta evakuasi tsunami pada tahun 2010. Namun, informasi terkait zona bahaya tsunami pada peta evakuasi tersebut belum diperbaharui hingga saat ini. Penetapan jalur evakuasi sebagai prasarana mitigasi bencana tsunami juga belum dilakukan. Kota Padang mengalami perkembangan infrastruktur yang terbilang pesat, terutama di wilayah pesisir pantai untuk destinasi wisata dan di jalur *bypass* sebagai prasarana pergerakan barang dan jasa.

Dampak kebencanaan pada suatu wilayah dapat menyebabkan kerusakan aset dan korban jiwa. Kerusakan wilayah yang terkena bencana dapat bervariasi tergantung pada besarnya intensitas kejadian, kekuatan infrastruktur yang terpapar, persiapan masyarakat terdampak, dan banyak faktor lain yang berkontribusi pada peningkatan atau pengurangan risiko bencana di sebuah wilayah (Schlurmann, et al., 2010). Pengembangan model evakuasi pejalan kaki dengan mengadopsi model antrian kendaraan MATSim (*software* pemodelan perencanaan transportasi) dengan menggunakan diagram Weidman telah dilakukan oleh Lämmel et al., (2010). Model ini mampu mensimulasikan sejumlah besar pejalan kaki dan menghitung solusi optimal (*semu*) melalui proses iterasi yang berhenti ketika '*Nash equilibrium*' tercapai. Studi lainnya, Post et al., (2009) melakukan penelitian berbasis GIS untuk menghitung kemungkinan waktu evakuasi berdasarkan jarak fisik ke tempat yang aman, penggunaan lahan dan karakteristik populasi, yang kemudian dibobotkan untuk menghitung kecepatan evakuasi potensial. Kecepatan evakuasi ini, kemudian dibandingkan dengan panjang rute evakuasi buatan (yang tidak sesuai dengan jalan fisik tetapi diperoleh dengan menerapkan algoritma *cost distance*) untuk menghasilkan distribusi waktu evakuasi. Studi lanjutan dilakukan oleh Imamura et al., (2012), yang menyatakan bahwa 100% dari populasi masyarakat di Kota Padang dapat mengungsi dalam waktu 30 menit. Namun penelitian ini, tidak memperhitungkan kondisi lalu lintas pejalan kaki yang seharusnya diterjemahkan dalam kecepatan evakuasi individu yang lebih rendah karena kapasitas jalan yang terbatas dan wilayah studi penelitian yang hanya mencakup bagian selatan kota.

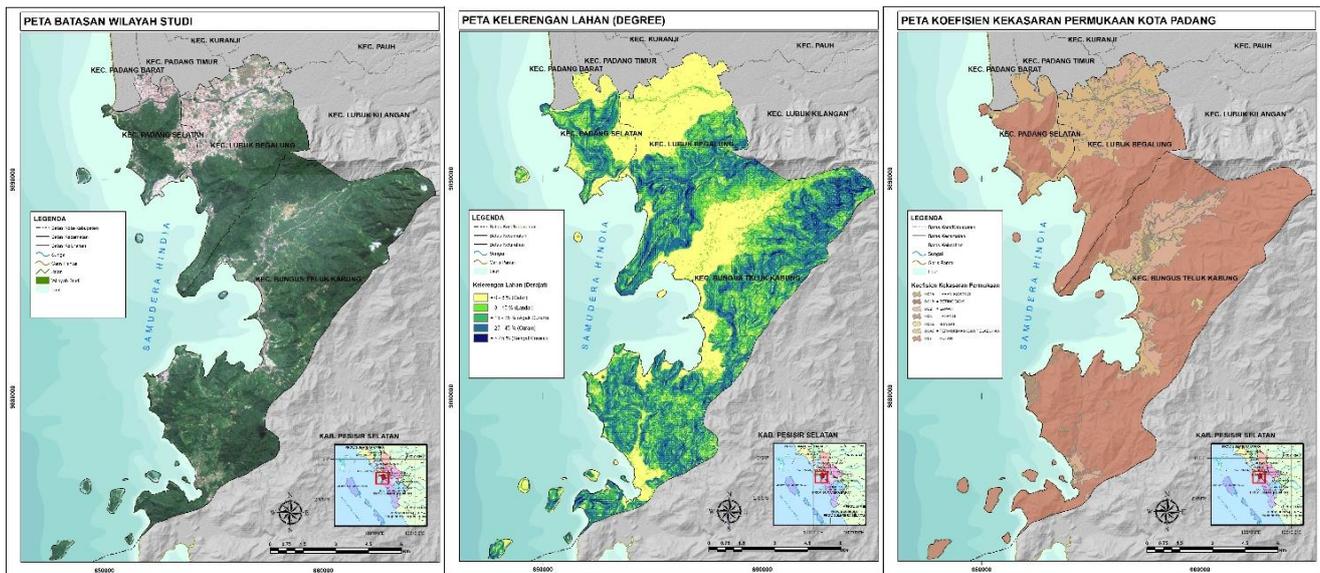
Studi mengenai pemilihan tempat penampungan (*shelter*) dilakukan oleh Ashar et al., (2014), menggunakan analisis GIS dengan metode analisis *buffer*, pengukuran dilakukan terhadap berbagai layanan dari satu unit TES (tempat penampungan sementara) dan empat belas P-TES (TES potensial). Area layanan radius penyangga dalam analisis ini adalah 450 m, 900 m, dan 1.350 m. Ini berarti bahwa populasi yang berada di dalam lingkaran akan dapat mencapai tempat penampungan dengan tepat waktu. Hasilnya ke-15 tempat penampungan dapat menampung pengungsi dalam radius 450 m dan 900 m, dan hanya beberapa pengungsi yang dapat diakomodasi dalam radius 1.350 m. Pada tahun 2018, Ashar et al., (2018), kembali meneliti mengenai rute evakuasi tsunami menggunakan analisis jaringan *network analyst* sebagai substitusi analisis *buffer*. Analisis *buffer* cenderung menggunakan jarak lurus tanpa hambatan, sedangkan pengungsi pada umumnya memanfaatkan jaringan jalan sebagai prasarana evakuasi sehingga perlu dilakukan analisis lebih lanjut untuk menentukan area layanan dari setiap tempat penampungan ke jaringan jalan atau rute evakuasi yang tersedia.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis penentuan jalur evakuasi tsunami di Kota Padang menggunakan metode analisis spasial. Dengan demikian, pada akhir penelitian ini dihasilkan suatu arahan dan rekomendasi terkait kegiatan mitigasi bencana tsunami yang ada di Kota Padang. Metode yang digunakan adalah metode kuantitatif menggunakan pendekatan GIS dengan perangkat *software* ArcGIS.

2. METODE

2.1. Batasan Wilayah Studi

Wilayah studi pada penelitian ini berada sisi selatan Kota Padang yang berada di Kecamatan Padang Selatan, Kecamatan Lubuk Begalung, dan Kecamatan Bungus Teluk Kabung. Kondisi topografi wilayah berupa perbukitan dengan penggunaan lahan didominasi persawahan dan permukiman yang terpusat di sepanjang pantai, membuat ketiga wilayah kecamatan ini sangat rawan terhadap potensi ancaman bencana tsunami. Berdasarkan peta evakuasi tsunami dan potensi vertikal *shelter* Kota Padang (BPBD Kota Padang, 2019) belum ada pembangunan *shelter* maupun bangunan potensial *shelter* di wilayah ini dan luasnya area persawahan membuat akses tempat evakuasi dan jaringan jalan untuk evakuasi menjadi terbatas. Kondisi topografi dan luas penggunaan lahan dapat dilihat pada Gambar 1 dan Tabel 1 berikut.



Sumber : Hasil Analisis, 2019

Gambar 1. Peta Batasan Wilayah Studi (kiri), Kelerengan Lahan (tengah) dan Penggunaan Lahan (kanan)

Table 1. Luas Penggunaan Lahan Wilayah Studi

No.	Penggunaan Lahan	Luas Wilayah Kecamatan (Ha)			Koefisien Kekasaran Permukaan
		Bungus Teluk Kabung	Lubuk Begalung	Padang Selatan	
1	Betinggisik	1,02	0,62	5,71	0,018
2	Hutan	7.100,10	1.574,33	919,26	0,07
3	Kebun	94,12	72,83	16,37	0,035
4	Ladang	102,50	0,00	0,00	0,03
5	Lahan Kosong	7,10	4,25	1,18	0,015
6	Pelabuhan	17,48	10,87	53,71	0,045
7	Permukiman	331,80	1.024,14	450,03	0,045
8	Sawah	819,32	379,71	15,16	0,02
9	Sungai	63,63	34,67	23,79	0,035

Sumber : RTRW Kota Padang Tahun 2008-2028 & Bappeda Kota Padang, 2008) dan (Modifikasi dari Putra, 2008)

2.2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif menggunakan pendekatan GIS dengan perangkat *software* ArcGIS. Analisis tingkat kesiapsiagaan masyarakat dalam penelitian ini mengikuti pedoman kajian kesiapsiagaan masyarakat dalam mengantisipasi bencana gempa bumi dan tsunami (Sopaheluwakan, 2006)

yang terdiri atas 5 parameter kesiapsiagaan untuk mengantisipasi bencana alam, terutama gempa bumi dan tsunami, yakni pengetahuan dan sikap terhadap risiko bencana, kebijakan dan panduan, rencana tanggap darurat bencana, sistem peringatan bencana, dan kemampuan untuk memobilisasi sumber daya. Perhitungan dilakukan dengan metode skoring dan pembobotan untuk mengetahui tingkat kesiapsiagaan masyarakat setiap parameter (IP) dan Indeks Kesiapsiagaan Masyarakat (IKB) dalam menghadapi potensi bencana tsunami di daerah tersebut.

Pemodelan penggenangan *run-up* tsunami dilakukan dengan bantuan *tools cost distance* dengan skenario *run-up* tsunami 11 meter, mengikuti Panduan Nasional Pengkajian Risiko Bencana Tsunami Indonesia (BNPB, 2011). Parameter yang digunakan adalah data kelerengan lahan yang diturunkan dari data DEMNAS BIG dengan resolusi spasial 0.27-arcsecond (± 8.1 meter) dan koefisien kekasaran permukaan lahan berdasarkan data penggunaan lahan eksisting dengan menggunakan persamaan Berryman, (2005) seperti berikut ini.

$$H_{\text{loss}} = (167 n^2 / H_0^{1/3}) + 5 \sin S \dots\dots\dots \text{Persamaan (1)}$$

Dimana, H_{loss} adalah kehilangan ketinggian tsunami per 1 m jarak genangan/inundasi, H_0 adalah ketinggian gelombang tsunami di garis pantai, n adalah koefisien kekasaran permukaan, dan S besarnya lereng permukaan yang dinyatakan dalam satuan derajat. Analisis tingkat bahaya, kerentanan, dan resiko bencana tsunami menggunakan *tools spatial analyst*, dan penentuan lokasi potensial *shelter* serta rute evakuasi potensial menggunakan *tools network analyst* dan *least cost path* dengan metode pembobotan terhadap parameter data kelerengan lahan dan penggunaan lahan.

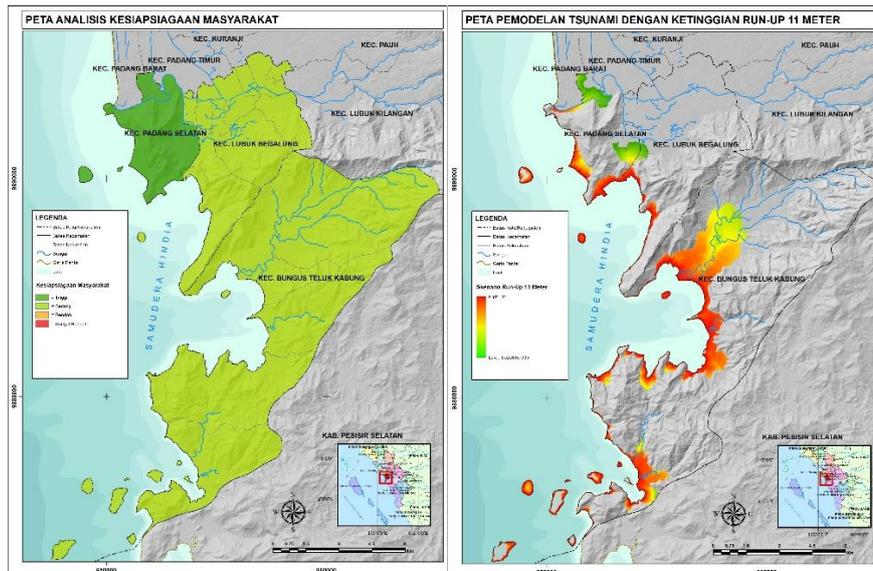
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Analisis Kesiapsiagaan Masyarakat

Hasil perhitungan analisis kesiapsiagaan masyarakat di ketiga wilayah menghasilkan tingkat kesiapsiagaan tinggi berada di Kecamatan Padang Selatan dengan nilai IP 100,00 dan IKB 100,00 dan tingkat kesiapsiagaan sedang berada di dua kecamatan lainnya, yakni Kecamatan Lubuk Begalung dengan nilai IP 60,00 dan IKB 64,00, dan Kecamatan Bungus Teluk Kabung dengan nilai IP 80,00 dan IKB 78,17. Hal ini disebabkan oleh perencanaan mitigasi bencana tsunami di Kecamatan Padang Selatan lebih lengkap dibandingkan Kecamatan Lubuk Begalung maupun Kecamatan Bungus Teluk Kabung. Perencanaan yang dimaksud adalah banyaknya bangunan potensial *shelter* yang ada didukung oleh jaringan jalan yang memadai memudahkan masyarakat dalam melakukan proses evakuasi sedangkan di Kecamatan Lubuk Begalung dan Kecamatan Bungus Teluk Kabung hampir tidak ditemui bangunan *shelter* maupun bangunan potensial *shelter* yang diakibatkan kondisi topografi berupa perbukitan lebih dominan daripada wilayah dataran rendah sehingga menyulitkan untuk dilakukan pembangunan *shelter* dan bangunan bertingkat lainnya. Penggunaan lahan berupa persawahan yang luas di pesisir pantai juga membuat akses jaringan jalan menjadi terbatas sehingga membatasi pergerakan evakuasi masyarakat ke zona yang lebih aman. Arah evakuasi masyarakat lebih diprioritaskan menuju perbukitan terdekat. Peta hasil analisis kesiapsiagaan masyarakat terhadap potensi ancaman bahaya tsunami dapat dilihat pada Gambar 2.

3.2. Pemodelan zona genangan tsunami

Jangkauan genangan gelombang tsunami terjauh berada di Kecamatan Bungus Teluk Kabung, berada di tiga kelurahan yaitu Kelurahan Bungus Barat, Kelurahan Bungus Selatan, dan Kelurahan Bungus Timur yang mencapai ± 4.313 meter dari garis pantai (Gambar 2). Kecamatan Bungus Teluk Kabung memiliki luasan genangan tsunami yang paling besar, yakni 1.469,49 Ha atau 2,11% dari luas total wilayah Kota Padang. Luas genangan tsunami terkecil berada di Kecamatan Lubuk Begalung dengan luas genangan sebesar 136,29 Ha (Tabel 2).



Sumber : Hasil Analisis, 2019

Gambar 2. Peta Analisis Kesiapsiagaan Masyarakat (kiri) dan Pemodelan Run-Up Tsunami 11 Meter (kanan)

Table 2. Wilayah Genangan Tsunami dengan Skenario Run-Up 11 Meter

No.	Kecamatan	Luas Genangan (Ha)	Persentase Luas (%)	Keterangan
1.	Bungus Teluk Kabung	1.469,49	2,11	Daerah pantai masih alami, lahan kosong di daerah datar, permukiman, dan area persawahan
2.	Lubuk Begalung	136,29	0,20	Daerah pelabuhan (Teluk Bayur) dan permukiman yang berada lebih rendah dari area perbukitan
3.	Padang Selatan	444,39	0,64	Daerah pantai yang belum ada pemecah ombak (Pantai Air Manis), Pelabuhan Teluk Bayur, kawasan permukiman di sekitar sungai Bukit Gado-Gado, dan kawasan permukiman di sekitar Pelabuhan Teluk Bayur
Luas Kota Padang		69.653,68	100,00	

Sumber : Hasil Analisis, 2019

3.3. Analisis Tingkat Bahaya Tsunami

Analisis yang dijadikan acuan dalam pembentukan zona bahaya tsunami menggunakan pemodelan genangan tsunami dengan skenario run-up 11 meter karena peta evakuasi tsunami Kota Padang dibangun dengan skenario run-up yang sama (BNPB, 2011). Klasifikasi tingkat bahaya yang digunakan meliputi bahaya rendah (0 -1 meter), bahaya sedang (1 -2 meter), bahaya tinggi (2 – 5 meter), dan sangat tinggi (5 – 11 meter). Dari hasil analisis diketahui bahwa tingkat zona bahaya tsunami tinggi dan sangat tinggi dengan luasan terbesar berada di Kecamatan Bungus Teluk Kabung, luas masing-masing adalah 182,03 Ha dan 1.285,64 Ha. Luasan terkecil tingkat zona bahaya tsunami tinggi dan sangat tinggi berada di Kecamatan Lubuk begalung dengan luas masing-masing 8,10 Ha dan 110,71 Ha. Luasan terbesar untuk tingkat zona rendah dan sedang berada di Kecamatan Padang Selatan dengan luas masing-masing 53,37 Ha dan 50,17 Ha. Luasan terkecil untuk tingkat zona rendah dan sedang berada di Bungus Teluk Kabung dengan luas masing-masing 0,64 Ha dan 1,17 Ha. Informasi lebih detil mengenai luasan zona bahaya tsunami dapat dilihat pada Tabel 3 dan Gambar 3.

Table 3. Luasan Analisis Zona Bahaya Tsunami

No.	Kecamatan	Rendah		Sedang		Tinggi		Sangat Tinggi	
		Ha	%	Ha	%	Ha	%	Ha	%
1.	Bungus Teluk Kabung	0,64	0,00	1,17	0,00	182,03	0,26	1.285,64	1,85
2.	Lubuk Begalung	9,99	0,01	7,48	0,01	8,10	0,01	110,71	0,16
3.	Padang Selatan	53,37	0,08	50,17	0,07	76,87	0,11	263,98	0,38
	Total Luas	64,00	0,09	58,82	0,08	267,00	0,38	1660,33	2,39

Sumber : Hasil Analisis, 2019

3.4. Analisis Zona Kerentanan Tsunami

Parameter yang digunakan dalam analisis kerentanan tsunami ini adalah kepadatan bangunan, kepadatan penduduk, penduduk usia balita, penduduk wanita, dan penduduk usia manula. Berdasarkan kelima parameter pembentuk kerentanan tsunami di atas, disusunlah peta analisis kerentanan tsunami gabungan untuk mendapatkan model kerentanan komprehensif yang dapat mewakili nilai-nilai kerentanan dari kelima parameter tersebut. Metode yang digunakan adalah *overlay*, pembobotan, dan skoring dari nilai maksimal analisis kerentanan tsunami dibagi dengan klasifikasi kerentanan yang ada (Tabel 4).

Table 4. Luasan Analisis Zona Kerentanan Tsunami

No.	Kecamatan	Rendah		Sedang		Tinggi		Sangat Tinggi	
		(Ha)	(%)	(Ha)	(%)	(Ha)	(%)	(Ha)	(%)
1.	Bungus Teluk Kabung	8.536,67	1226	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2.	Lubuk Begalung	1.911,63	2,74	769,26	1,10	345,93	0,50	74,63	0,11
3.	Padang Selatan	713,20	102	591,83	0,85	91,23	0,13	88,82	0,13
	Total Luas	11.161,50	16,02	1.361,09	1,95	437,16	0,63	163,45	0,23

Sumber : Hasil Analisis, 2019

Hasil analisis kerentanan tsunami dari kelima parameter menunjukkan luasan kerentanan dengan klasifikasi sangat tinggi berada di Kecamatan Padang Selatan sebesar 88,82 Ha (Kelurahan Alang Laweh, Kelurahan Ranah Parak Rumbio, dan Kelurahan Pasa Gadang), dan Kecamatan Lubuk Begalung sebesar 74,63 Ha (Kelurahan Koto Baru) (Gambar 3). Ketiga kecamatan yang memiliki klasifikasi kerentanan sangat tinggi berada di daerah pemukiman yang padat dan berdekatan dengan sungai.

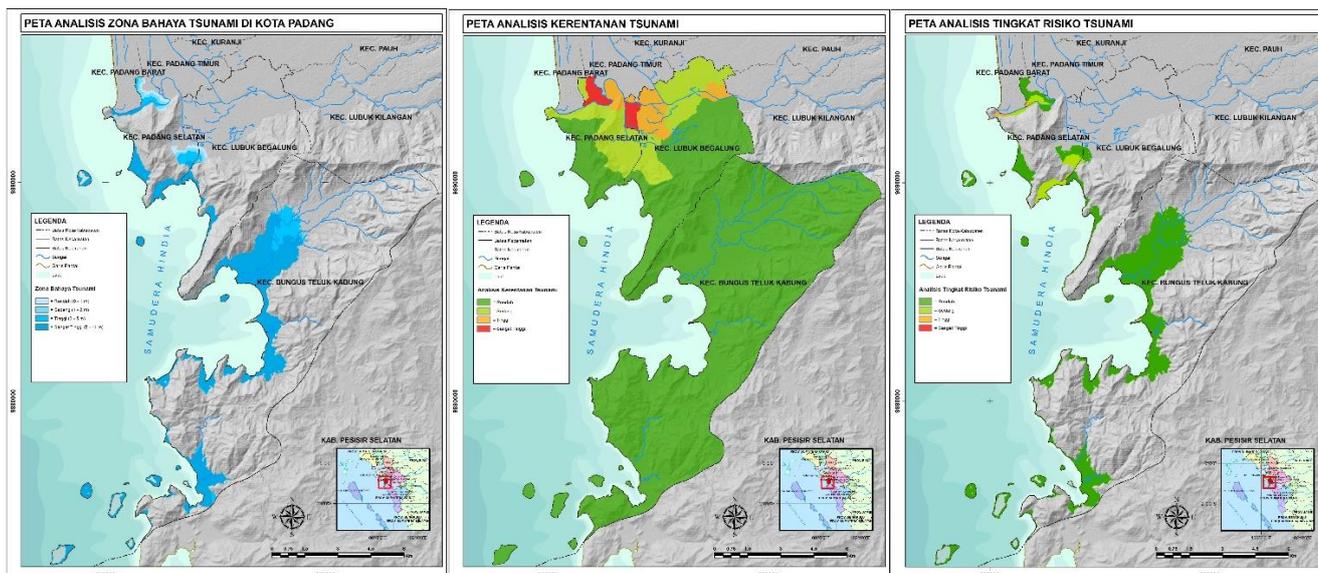
3.5. Analisis Zona Risiko Tsunami

Analisis tingkat risiko tsunami merupakan interaksi antara hasil analisis ancaman bahaya tsunami dan hasil analisis kerentanan tsunami dengan melakukan *overlay* dan skoring dari kedua hasil analisis yang dimaksud. Hasil analisis tingkat risiko tsunami menunjukkan klasifikasi risiko sedang dan tinggi berada di Kecamatan Padang Selatan dengan luas masing-masing 133,77 Ha (Kelurahan Batang Arau, Kelurahan Pasa Gadang, Kelurahan Teluk Bayur, dan Kelurahan Rawang) dan 16,82 Ha (Kelurahan Batang Arau, Kelurahan Pasa Gadang, dan Kelurahan Rawang) (Tabel 5). Kecamatan ini memiliki kepadatan bangunan dan penduduk yang terkonsentrasi di pesisir sungai dan pantai (Gambar 3).

Table 5. Luasan Analisis Zona Risiko Tsunami

No.	Kecamatan	Rendah		Sedang		Tinggi		Sangat Tinggi	
		(Ha)	(%)	(Ha)	(%)	(Ha)	(%)	(Ha)	(%)
1.	Bungus Teluk Kabung	1.450,83	2,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2.	Lubuk Begalung	130,93	0,19	5,26	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00
3.	Padang Selatan	293,64	0,42	133,77	0,19	16,82	0,02	0,00	0,00
	Total Luas	1.875,68	2,69	139,03	0,20	16,83	0,02	0,00	0,00

Sumber : Hasil Analisis, 2019



Sumber : Hasil Analisis, 2019

Gambar 3. Peta Analisis Bahaya (kiri), Peta Analisis Kerentanan (tengah), dan Peta Analisis Risiko (kanan)

3.6. Analisis Lokasi Potensial Shelter Evakuasi Tsunami

Proses perencanaan lokasi evakuasi diawali dengan proses penentuan lokasi asal (rawan tsunami) atau titik awal evakuasi. Pemilihan lokasi titik awal evakuasi tsunami memperhatikan kawasan permukiman yang berada di zona bahaya tsunami, tingkat kerentanan, infrastruktur jalan, dan ketersediaan bangunan bertingkat atau *shelter* sebagai tempat evakuasi tsunami. Berdasarkan kriteria persyaratan bangunan yang memiliki ketahanan bencana tsunami dan survei yang dilakukan di lapangan, diperoleh sebanyak 46 titik lokasi asal evakuasi dan 53 lokasi potensial *shelter* maupun arah usulan evakuasi tsunami sebagai berikut.

Table 6. Analisis Lokasi Asal dan Lokasi Potensial *Shelter* Evakuasi Tsunami

No.	Kecamatan	Lokasi Asal Evakuasi Tsunami					Jumlah	Lokasi Potensial Shelter Evakuasi Tsunami					Jumlah	
		Jenis Bangunan						Jenis Bangunan						
		Permukiman	Pendidikan	Kesehatan	Perdagangan	Pariwisata		Pendidikan	Kesehatan	Perdagangan	Pemerintahan	Olahraga	Peribadatan	
1	Bungus Teluk Kabung	4	7	1	1	0	13	0	0	0	18	0	0	18
2	Lubuk Begalung	3	2	0	1	0	6	0	1	1	5	2	0	9
3	Padang Selatan	19	5	0	1	2	27	1	0	2	21	0	2	26
Jumlah		26	14	1	3	2	46	1	1	3	44	2	2	53

Sumber : Hasil Analisis, 2019

Kecamatan yang memiliki lokasi potensial *shelter* terbanyak berada di Kecamatan Padang Selatan. Hal ini disebabkan oleh wilayah yang masih berada di pusat perkotaan dengan banyak pilihan bangunan potensial *shelter* yang ada. Salah satunya adalah bangunan Hotel Grand Zuri Padang yang telah berkerjasama dengan BPBD Kota Padang untuk menyediakan *shelter* bagi masyarakat apabila terjadi bencana gempa dan tsunami. Rincian lokasi potensial *shelter* yang ada di Kecamatan Padang Selatan adalah 6 bangunan potensial *shelter*, 1 usulan bangunan *shelter* (TES), dan 19 usulan arah evakuasi yang berada di daerah permukiman sepanjang sungai di sisi utara Bukit Gado-Gado dan Pantai Air Manis.

Di urutan kedua, kecamatan yang memiliki lokasi potensial *shelter* terbanyak berada di Kecamatan Bungus Teluk Kabung dengan jumlah 18 lokasi *shelter*. Rinciannya adalah 1 bangunan potensial *shelter*, 2 usulan bangunan *shelter* (TES), dan 15 usulan arah evakuasi. Wilayah Kecamatan Bungus Teluk Kabung merupakan perbukitan dan area persawahan yang berdekatan dengan pantai. Hal ini membuat akses jaringan jalan menjadi terbatas untuk prasarana evakuasi masyarakat. Usulan arah evakuasi lebih diprioritaskan menuju ke arah perbukitan terdekat.

Kondisi pesisir pantai di Kecamatan Lubuk Begalung merupakan area pelabuhan (Pelabuhan Teluk Bayur) dengan konsentrasi permukiman yang diapit oleh pantai di sisi barat dan perbukitan di sisi selatan mengakibatkan akses pergerakan satu-satunya masyarakat adalah jaringan jalan yang berada di sepanjang pantai dan pelabuhan. Pergerakan evakuasi masyarakat diarahkan melalui jalur yang berada di antara pelabuhan dan permukiman warga menuju 2 bangunan potensial *shelter* (Posko Siaga Bencana Lantamal II Padang dan Puskesmas Lubuk Begalung), dan 2 lokasi tempat penampungan sementara (Lapangan Bola Cengkeh dan Lapangan Bola Batuang Taba). Satu bangunan potensial *shelter* (Rusunawa PU) dan 4 usulan arah evakuasi disiapkan apabila masyarakat tidak sempat menuju arahan pergerakan evakuasi sebelumnya. Sebaran titik asal evakuasi dan lokasi potensial *shelter* evakuasi tsunami dapat dilihat pada Gambar 4.

3.7. Analisis Rute Jalur Evakuasi Potensial Tsunami

Kondisi topografi Kota Padang berdasarkan kelerengan didominasi oleh wilayah datar, agak curam, dan curam. Untuk itu, analisis penentuan rute evakuasi tsunami dalam penelitian ini menggunakan dua metode, yakni metode *network analyst* dan metode *least cost path*. Metode *network analyst* diaplikasikan pada wilayah yang relatif datar dengan data jaringan jalan sebagai parameter utamanya. Metode ini menghasilkan 52 rute evakuasi potensial yang tersebar di seluruh wilayah.

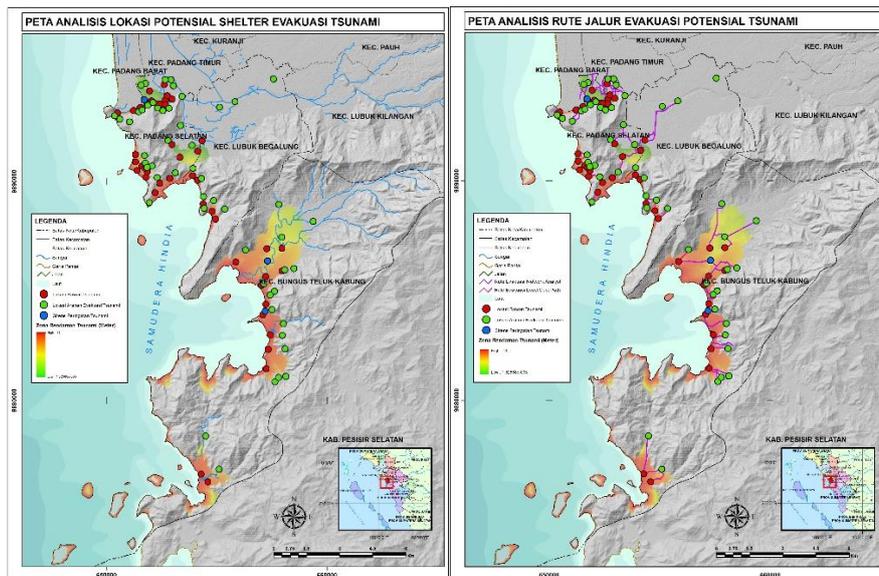
Metode *least cost path* diaplikasikan pada wilayah agak curam hingga curam karena keterbatasan infrastruktur jalan yang tersedia. Data penggunaan lahan dan nilai kelerengan lahan digunakan sebagai parameter utama dengan metode pembobotan. Metode ini menghasilkan 21 rute evakuasi potensial yang tersebar di daerah perbukitan. Rute evakuasi potensial kedua metode dapat dilihat pada Gambar 4.

Indikator yang diperhatikan dalam perencanaan rute evakuasi mengikuti petunjuk praktis dalam merancang jalur evakuasi tsunami (BSN, 2012) dan pedoman perencanaan pengungsian tsunami (*Sea Defence Consultants*, 2007). Skenario kecepatan evakuasi yang diterapkan adalah 0,751 m/s, mengikuti kecepatan rata-rata pejalan kaki terendah (Sugimoto, et al., 2003) dengan waktu evakuasi tsunami 30 menit (Singh et al., 2010), (Imamura et al., 2012), dan (Ashar et al., 2018). Dihilangkan pengurangan jumlah rute evakuasi dengan metode *network analyst* sebanyak 4 rute evakuasi dari 52 rute evakuasi potensial yang terpilih dan tidak ada pengurangan jumlah rute evakuasi dengan metode *least cost path* (Tabel 7).

Table 7. Rute Evakuasi Potensial Tsunami

No.	Kecamatan	Metode Network Analyst							Metode Least Cost Path								
		Bahaya Tsunami				Rute			Bahaya Tsunami				Rute				
		Rendah	Sedang	Tinggi	Sangat Tinggi	Diluar zona	Terpilih	Tidak Terpilih	Jumlah	Rendah	Sedang	Tinggi	Sangat Tinggi	Diluar zona	Terpilih	Tidak Terpilih	Jumlah
1	Bungus Teluk Kabung				15		10	4	15				5		5		5
2	Lubuk Begalung				2	2	4		4				9		9		9
3	Padang Selatan	5	2	5	13	8	33		33				7		7		7
	Jumlah	5	2	5	30	10	47	5	52	0	0	0	21	0	21	0	21

Sumber : Hasil Analisis, 2019



Sumber : Hasil Analisis, 2019

Gambar 4. Peta Lokasi Potensial Shelter Evakuasi (kiri) dan Peta Rute Jalur Evakuasi Potensial (kanan)

Berdasarkan hasil analisis diketahui bahwa tingkat kesiapsiagaan masyarakat di kawasan selatan Kota Padang berada pada tingkat sedang. Hampir tidak ditemuinya bangunan shelter maupun bangunan potensial shelter di kawasan ini menyebabkan tingkat kesiapsiagaan masyarakat menjadi kurang maksimal dalam menghadapi potensi ancaman bencana tsunami. Pemodelan zona genangan tsunami menunjukkan jangkauan genangan tsunami yang cukup jauh di Kecamatan Bungus Teluk Kabung, yang mencapai ± 4.313 meter dari garis pantai dengan luas genangan sebesar 1.469,49 Ha atau 2,11% dari luas total wilayah Kota Padang. Tingkat analisis bahaya tsunami sangat tinggi dengan luasan terbesar berada di Kecamatan Bungus Teluk Kabung dengan luasan 1.285,64 Ha, disebabkan oleh kondisi pesisir pantai dan sungai yang masih alami dan penggunaan lahan didominasi area persawahan. Tingkat analisis kerentanan tsunami sangat tinggi berada di Kecamatan Lubuk Begalung dan Kecamatan Padang Selatan, disebabkan oleh faktor kepadatan bangunan dan penduduk yang terkonsentrasi di pesisir sungai dan pantai Kota Padang dengan cakupan luasan area evakuasi yang kecil. Kedua analisis ini menghasilkan tingkat analisis zona risiko tsunami tinggi di Kecamatan Padang Selatan dengan luasan 16,82 Ha, di wilayah permukiman padat penduduk yang berada di antara pesisir pantai dan sungai Kota Padang dengan perbukitan (Bukit Gado-Gado).

Berbeda dengan yang dilakukan oleh Ashar et al., (2014), penentuan lokasi potensial shelter dalam penelitian ini berdasarkan ketersediaan bangunan potensial shelter dan usulan arah evakuasi dengan memperhatikan kondisi topografi yang berdekatan dengan zona bahaya penggenangan tsunami. Dari hasil analisis tersebut kemudian diusulkan sebanyak 53 lokasi potensial shelter evakuasi tsunami dengan rincian 18 lokasi berada di Kecamatan Bungus Teluk Kabung, 9 lokasi berada di Kecamatan Lubuk Begalung, dan 26 lokasi berada di Kecamatan Padang selatan. Untuk mendukung ke-53 lokasi potensial shelter tersebut juga direncanakan penentuan rute jalur evakuasi potensial sebanyak 52 jalur evakuasi menggunakan jaringan jalan eksisting dan 21 usulan jalur evakuasi.

4. KESIMPULAN

Perencanaan kegiatan mitigasi dalam mengantisipasi potensi ancaman bencana tsunami di Kota Padang sudah sangat baik. Terlihat dari pembangunan berbagai infrastruktur kebencanaan yang ada, sosialisasi, simulasi, dan pelatihan yang rutin dilaksanakan, serta persiapan alat-alat yang dapat menunjang proses mitigasi bencana tsunami. Namun, hal ini masih belum terlihat di wilayah Kota Padang bagian selatan.

Kawasan yang didominasi oleh perbukitan dan area persawahan yang luas, membatasi akses pergerakan masyarakat dalam melakukan kegiatan evakuasi bencana tsunami. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis penentuan jalur evakuasi potensial tsunami di Kota Padang, khususnya di wilayah bagian selatan kota untuk mendapatkan suatu arahan dan rekomendasi terkait kegiatan perencanaan dan pembangunan mitigasi bencana tsunami.

Penentuan jalur evakuasi potensial tsunami hasil analisis menunjukkan bahwa di wilayah selatan Kota Padang didominasi oleh usulan arah evakuasi yang berada di perbukitan dengan 52 jalur evakuasi menggunakan jaringan jalan eksisting dan 21 usulan jalur evakuasi yang mengarah ke perbukitan terdekat dengan harapan dapat memberikan informasi tambahan terkait perencanaan mitigasi bencana tsunami, khususnya di wilayah selatan Kota Padang sebagai bahan kajian perencanaan dan pembangunan sistem mitigasi bencana tsunami di masa yang akan datang. Beberapa arahan dan rekomendasi yang dapat diberikan terkait kegiatan mitigasi bencana tsunami di wilayah selatan Kota Padang adalah pembangunan bangunan *shelter* (TES) di zona penggenangan tsunami yang belum memiliki bangunan *shelter* maupun potensial *shelter*, penambahan infrastruktur jalan sebagai jalur evakuasi untuk mengakomodasi evakuasi masyarakat yang bermukim di sepanjang pantai, membatasi pengembangan permukiman di kawasan rawan bencana di pesisir pantai, kawasan lindung, dan kawasan resapan air serta mengarahkan perkembangan kawasan perdagangan dan jasa skala regional kearah Timur, Utara, dan Selatan kota, dan meningkatkan kapasitas masyarakat terkait kesiapsiagaan masyarakat berupa sosialisasi dan simulasi yang tidak hanya dilakukan di sekolah-sekolah tetapi juga di universitas, perkantoran, pusat perbelanjaan, pasar, rumah sakit, tempat ibadah, tempat wisata dan rekreasi hingga di lingkungan masyarakat.

5. PERNYATAAN RESMI

Terima kasih penulis ucapkan kepada Pusbindiklatren Bappenas yang telah memberikan dukungan anggaran dan motivasi hingga penelitian ini dapat diselesaikan.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Ashar, F., Amaratunga, D., & Haigh, R. (2014). The analysis of tsunami vertical shelter in Padang city. *Procedia Economics and Finance*, 18(September), 916–923. [https://doi.org/10.1016/S2212-5671\(14\)01018-1](https://doi.org/10.1016/S2212-5671(14)01018-1)
- Ashar, F., Amaratunga, D., & Haigh, R. (2018). Tsunami Evacuation Routes Using Network Analysis: A case study in Padang. *Procedia Engineering*, 212(2017), 109–116. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2018.01.015>
- Berryman, K. (2005). Review of Tsunami Hazard and Risk in New Zealand Review of Tsunami Hazard and Risk in New Zealand, (2005/104), 139.
- BNPB. (2011). *Panduan Nasional Pengkajian Risiko Bencana Tsunami Indonesia*. Jakarta: BADAN NASIONAL PENANGGULANGAN BENCANA.
- BPBD Kota Padang. (2019). Tempat Evakuasi Sementara (Shelter) dan Potensial Shelter Tsunami Kota Padang. Padang: BPBD Kota Padang.
- BSN. (2012). Jalur evakuasi tsunami (p. 38). Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Di Mauro, M., Megawati, K., Cedillos, V., & Tucker, B. (2013). Tsunami risk reduction for densely populated Southeast Asian cities: Analysis of vehicular and pedestrian evacuation for the city of Padang, Indonesia, and assessment of interventions. *Natural Hazards*, 68(2), 373–404. <https://doi.org/10.1007/s11069-013-0632-z>
- Horspool, N., Pranantyo, I., Griffin, J., Latief, H., Natawidjaja, D. H., Kongko, W., ... Thio, H. K. (2014). A probabilistic tsunami hazard assessment for Indonesia. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 14(11), 3105–3122. <https://doi.org/10.5194/nhess-14-3105-2014>
- Imamura, F., Muhari, A., Mas, E., Pradono, M. H., Post, J., & Sugimoto, M. (2012). Tsunami disaster mitigation by integrating comprehensive countermeasures in Padang city, Indonesia. *Journal of Disaster Research*, 7(1), 48–64. <https://doi.org/10.20965/jdr.2012.p0048>
- Lämmel, G., Grether, D., & Nagel, K. (2010). The representation and implementation of time-dependent inundation in large-scale microscopic evacuation simulations. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 18(1), 84–98. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2009.04.020>
- McCloskey, J., Antonioli, A., Piatanesi, A., Sieh, K., Steacy, S., Nalbant, S., ... Dunlop, P. (2008). Tsunami threat in the Indian Ocean from a future megathrust earthquake west of Sumatra. *Earth and Planetary Science Letters*, 265(1–

2), 61–81. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2007.09.034>

- Natawidjaja, D. H. (2007). Gempa Bumi dan Tsunami di Sumatra dan Upaya Untuk Mengembangkan Lingkungan Hidup Yang Aman Dari Bencana Alam. *Portal Geospasial, Kementerian Lingkungan Hidup*, 1–3(December), 66.
- Post, J., Wegscheider, S., Mück, M., Zosseder, K., Kiefl, R., Steinmetz, T., & Strunz, G. (2009). Assessment of human immediate response capability related to tsunami threats in Indonesia at a sub-national scale. *Natural Hazards and Earth System Science*, 9(4), 1075–1086. <https://doi.org/10.5194/nhess-9-1075-2009>
- Putra, R. (2008). *Kajian Resiko Tsunami Terhadap Bangunan Gedung Non-hunian dengan Skenario Variasi Ketinggian Run-up pada Garis Pantai (Studi Kasus Kota Banda Aceh, Indonesia)*. Sekolah Pascasarjana UGM Yogyakarta, Tidak dipublikasikan.
- RTRW Kota Padang Tahun 2008-2028, & Bappeda Kota Padang. (2008). Peta Penggunaan Lahan Kota Padang Tahun 2007 (p. 652). Bappeda Kota Padang.
- Schlurmann, T., Kongko, W., Goseberg, N., Natawidjaja, D. ., & Sieh, K. (2010). Near-Field Tsunami Hazard Map Padang, West Sumatera: Utilizing High Resolution Geospatial data and Reasonable Source Scenarios. *Coastal Engineering*, 1–17. <https://doi.org/10.1111/roiw.12137>
- Sea Defence Consultants. (2007). *Pedoman Perencanaan Pengungsian Tsunami (Guidelines For Tsunami Refuge Planning): Aceh Nias Sea Defence, Flood Protection, Refuges and Early Warning Project (SDC-R-7002)*. Retrieved from <http://hdl.handle.net/123456789/910>
- Singh, S. C., Hananto, N. D., Chauhan, A. P. S., Permana, H., Denolle, M., Hendriyana, A., & Natawidjaja, D. (2010). Evidence of active backthrusting at the NE Margin of Mentawai Islands, SW Sumatra. *Geophysical Journal International*, 180(2), 703–714. <https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.2009.04458.x>
- Sopaheluwakan, J. (2006). *Kajian Kesiapsiagaan Masyarakat Dalam Mengantisipasi Bencana dan Tsunami (1st Ed.)*. Jakarta: LIPI - UNESCO / ISDR.
- Sugimoto, T., Murakami, H., Kozuki, Y., Nishikawa, K., & Shimada, T. (2003). A Human Damage Prediction Method for Tsunami Disasters Incorporating Evacuation Activities. *Natural Hazards*, 29(3), 587–602. <https://doi.org/10.1023/A:1024779724065>