

PERENCANAAN LANSKAP MITIGASI TSUNAMI BERBASIS EKOSISTEM MANGROVE DI KOTA PALU

Tsunami Mitigation Landscape Planning Based on Mangrove Ecosystems in Palu City

Mochammad Azkari Hisbulloh Akbar

Program Studi Manajemen Bencana,
Fakultas Keamanan Nasional, Universitas
Pertahanan
Email: mohammad12t@apps.ipb.ac.id

Faisol Abdul Kharis

Program Studi Manajemen Bencana,
Fakultas Keamanan Nasional, Universitas
Pertahanan
Email: faisolabdulkharis@gmail.com

Oktavia Putri Rahmawati

Program Studi Manajemen Bencana,
Fakultas Keamanan Nasional, Universitas
Pertahanan
Email: oktaviapr@gmail.com

ABSTRACT

The coastal areas are vulnerable areas to disaster threats, especially the geological hazards of earthquakes accompanied by tsunamis. Palu City, which is located on the west coast of Sulawesi, experienced a natural disaster of an earthquake, tsunami, and liquefaction on September 28, 2018. Based on the Map of Disaster Prone Index in Central Sulawesi Province, Palu City is a tsunami prone area that is crossed by the Palu-Koro Fault. Tsunami disaster mitigation efforts in coastal areas can be done by planting mangrove ecosystems as a green barrier. The purpose of this study is to analyze the characteristics of the coastal landscape in Palu City and plan the landscape of tsunami mitigation based on mangrove ecosystems in Palu City. The method used spatial analysis method and descriptive method, as well as the research stage, consists of preparation, data analysis, data synthesis, and landscape planning stage. The basic concept of tsunami mitigation landscape planning is to reduce or eliminate disaster risk in coastal areas based on mangrove ecosystems. The concept of spatial pattern concept consists of high hazard zones, medium hazard zones, and low hazard zones. The concept of vegetation refers to the diversity of mangrove and native plant species as green open spaces and green barriers.

Keywords: landscape planning, mangroves, mitigation, Palu City, tsunami

Diajukan: 02 Agustus 2020

Diterima: 28 September 2020

PENDAHULUAN

Wilayah pesisir selalu menjadi lokasi yang diinginkan untuk menjadi wilayah permukiman. Daya tarik wilayah pesisir mengakibatkan masyarakat pesisir terus berkembang dalam beberapa waktu terakhir sehingga memunculkan permukiman baru, fasilitas pelabuhan, dan pengembangan wisata. Akan tetapi, wilayah pesisir menjadi wilayah yang rentan terhadap ancaman bencana, khususnya bahaya geologi gempa bumi yang disertai tsunami. Akibatnya, lebih banyak masyarakat dan fasilitas pendukung yang terancam oleh gelombang tsunami. Risiko tsunami pada wilayah pesisir dapat dikurangi secara efektif dengan menghindari atau meminimalkan keterpaparan terhadap masyarakat dan fasilitas melalui upaya mitigasi bencana tsunami.

Salah satu wilayah pesisir di Indonesia yang memiliki tingkat risiko tsunami yang tinggi adalah Kota Palu, Provinsi Sulawesi Tengah. Kota Palu sampai saat ini masih jadi perhatian akibat bencana gempa bumi dengan Magnitudo 7,4 yang disertai tsunami pada tanggal 28 September 2018 dengan pusat gempa berada sekitar 70 km utara Kota Palu. Kota Palu menjadi wilayah Patahan Palu Koro dengan *slip-rate* jangka panjang sebesar 40 mm-50mm per tahun serta pertemuan dengan Patahan Matano yang menyebabkan pergerakan aktif utama di wilayah Sulawesi Tengah (Bellier *et al.* 2001). Gelombang tsunami yang terjadi setelah gempa bumi dengan Magnitudo 7,4 menyebabkan kerusakan parah pada pantai padat penduduk di Kota Palu. Diantara beberapa gelombang tsunami, dua bentuk gelombang awal kemungkinan besar dihasilkan oleh tanah longsor di pantai Barat Daya Teluk Palu, sekitar 5 km dari salah satu pusat perbelanjaan. Kejadian tersebut menunjukkan bahwa gelombang tsunami yang menghantam garis pantai terdekat terjadi beberapa menit setelah gempa bumi (Takagi *et al.* 2019). Tsunami yang dihasilkan oleh tanah longsor sering terjadi di teluk

yang sempit dan menghasilkan amplitudo gelombang yang signifikan serta dapat diperkuat dengan memfokuskan energi dan resonansi (Harbitz *et al.* 2006).

Risiko tsunami dapat di mitigasi secara efektif dengan menghindari atau meminimalkan paparan terhadap masyarakat dan properti melalui perencanaan penggunaan lahan. Pembangunan harus di cegah pada daerah-daerah dengan risiko tinggi jika memungkinkan. Jika pembangunan tidak dapat dicegah, maka intensitas penggunaan lahan, nilai bangunan, dan hunian harus dijaga agar tetap minimum. Jika strategi ini tidak tersedia dan pengembangan tetap terjadi di daerah inundasi tsunami yang mungkin terjadi, maka desainer dan perencana harus mencari upaya mitigasi melalui teknik *site planning* dan teknik *building construction* (NTHMP 2001). Mitigasi tsunami dengan pendekatan fisik di wilayah pesisir dapat dilakukan dengan penanaman vegetasi yang sesuai sebagai *green barrier*. Harada dan Imamura (2003) menyatakan bahwa hutan pantai sangat efektif dalam meredam energi gelombang tsunami. Daerah pantai yang mempunyai vegetasi pesisir yang rapat dan tebal akan mempunyai risiko kerusakan lebih kecil.

Kawasan lindung dan kawasan konservasi secara tidak langsung berperan dalam upaya mitigasi bencana. Ketersediaan ruang terbuka hijau (RTH) di daerah pesisir merupakan salah satu contoh upaya mitigasi yang berkelanjutan dengan tetap mempertahankan fungsi ekologis, fungsi biologis, dan keanekaragaman hayati. Pemanfaatan RTH sebagai pengembangan lanskap mitigasi pada kawasan rawan bencana dapat berupa ekosistem mangrove dan taman kota. Bengen dan Dutton (2004) menyatakan bahwa ekosistem mangrove merupakan salah satu ekosistem terpenting dalam sistem ekologi di daerah pantai Indonesia.

Tabel 1. Matriks Risiko Bahaya Tsunami

Parameter	Bobot (%)	Klasifikasi	Kelas Risiko	Skor
<i>Land Use & Land Cover*</i>	10	Area pendidikan, area permukiman, industri, perkantoran dan niaga, sarana dan akomodasi wisata, pelabuhan laut, pertambangan	Sangat tinggi	5
		Perkebunan, tambak	Tinggi	4
		Ladang, tegalan, hutan produksi	Sedang	3
		Semak, belukar, lahan kosong	Rendah	2
		Hutan, kawasan lindung, tahura	Sangat rendah	1
Morfologi	15	Teluk V	Sangat tinggi	5
		Teluk U	Tinggi	4
		Tanjung	Sedang	3
		Lurus	Rendah	2
		Non teluk atau tanjung	Sangat rendah	1
Elevasi	15	0-10 m	Sangat tinggi	5
		10-25 m	Tinggi	4
		25-50 m	Sedang	3
		50-100 m	Rendah	2
		>100 m	Sangat rendah	1
Kemiringan Lahan	15	0% - 5%	Sangat tinggi	5
		5% - 15%	Tinggi	4
		15% - 25%	Sedang	3
		25% - 40%	Rendah	2
		>40%	Sangat rendah	1
Jarak dari Sungai	10	0-100 m	Sangat tinggi	5
		100-200 m	Tinggi	4
		200-300 m	Sedang	3
		300-500 m	Rendah	2
		>500 m	Sangat rendah	1
Jarak dari Pantai	15	0-200 m	Sangat tinggi	5
		200-500 m	Tinggi	4
		500-1000 m	Sedang	3
		1000-1500 m	Rendah	2
		>1500 m	Sangat rendah	1
<i>Run Up</i> Tsunami	20	>12 m	Sangat tinggi	5
		8-12 m	Tinggi	4
		4-8 m	Sedang	3
		2-4 m	Rendah	2
		<2 m	Sangat rendah	1

Keberadaan ruang terbuka juga sangat dibutuhkan oleh manusia mulai dari interaksi sosial dan budaya, estetika kota sampai upaya mitigasi bencana (Zulfiyana, 2011). Oleh karena itu, penelitian ini diperlukan untuk merencanakan suatu lanskap mitigasi tsunami yang sesuai dengan pemanfaatan ekosistem mangrove sebagai *green barrier*.

Tujuan dari penelitian ini terdiri atas (1) menganalisis karakteristik lanskap pesisir di Kota Palu dan (2) merencanakan lanskap mitigasi tsunami berbasis ekosistem mangrove di Kota Palu.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan dalam waktu enam bulan dimulai bulan September 2019 hingga Februari 2020. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode analisis METLAND (*The Metropolitan Landscape Planning Model Study*) (Fabos 1976). Pendekatan lanskap ini untuk menganalisis sumber daya kritis dan bahaya dalam menentukan daerah pengembangan yang dapat direncanakan serta di dukung analisis spasial dan analisis deskriptif. Tahapan penelitian terdiri atas tahap persiapan

dan survei, tahap analisis data, tahap sintesis data, dan tahap perencanaan lanskap.

1. Tahap persiapan adalah tahap untuk mengumpulkan data dan menemukan informasi yang mendukung dalam penelitian. Data yang dibutuhkan adalah karakteristik lanskap pesisir di Kota Palu yang terdiri atas *land use* dan *land cover*, morfologi teluk, elevasi, kemiringan lahan, jarak dari pantai, jarak dari sungai, *run up* tsunami, dan data jenis vegetasi.
2. Tahap analisis adalah tahap dengan metode analisis spasial dan metode deskriptif. Metode analisis spasial dilakukan dengan mengidentifikasi karakteristik lanskap pesisir di Kota Palu. Analisis deskriptif dilakukan pada seluruh aspek karakteristik lanskap untuk menentukan potensi dan kendala serta dilakukan pengembangan dengan jenis vegetasi pada ekosistem mangrove.
3. Tahap sintesis adalah tahap untuk menentukan zonasi perencanaan lanskap mitigasi tsunami berbasis ekosistem mangrove. Penentuan zonasi ini mengacu pada peta komposit risiko bahaya tsunami yang didapatkan dari hasil *overlay*.

4. Tahap perencanaan lanskap adalah tahap pengembangan sintesis menjadi suatu rencana lanskap mitigasi tsunami berbasis ekosistem. Rencana lanskap mitigasi tsunami ini akan membentuk rencana pola ruang dan rencana vegetasi.

Karakteristik lanskap pesisir yang di analisis berdasarkan matriks risiko bencana dengan menentukan pembobotan dan skor. Pemberian skor dilakukan untuk menilai faktor pembatas pada setiap parameter, sedangkan pembobotan setiap parameter berdasarkan pada dominannya pengaruh parameter dalam penentuan tingkat risiko bahaya tsunami (Sengaji dan Nababan, 2009). Matriks risiko bahaya tsunami terdapat pada Tabel 1.

HASIL DAN PEMBAHASAN

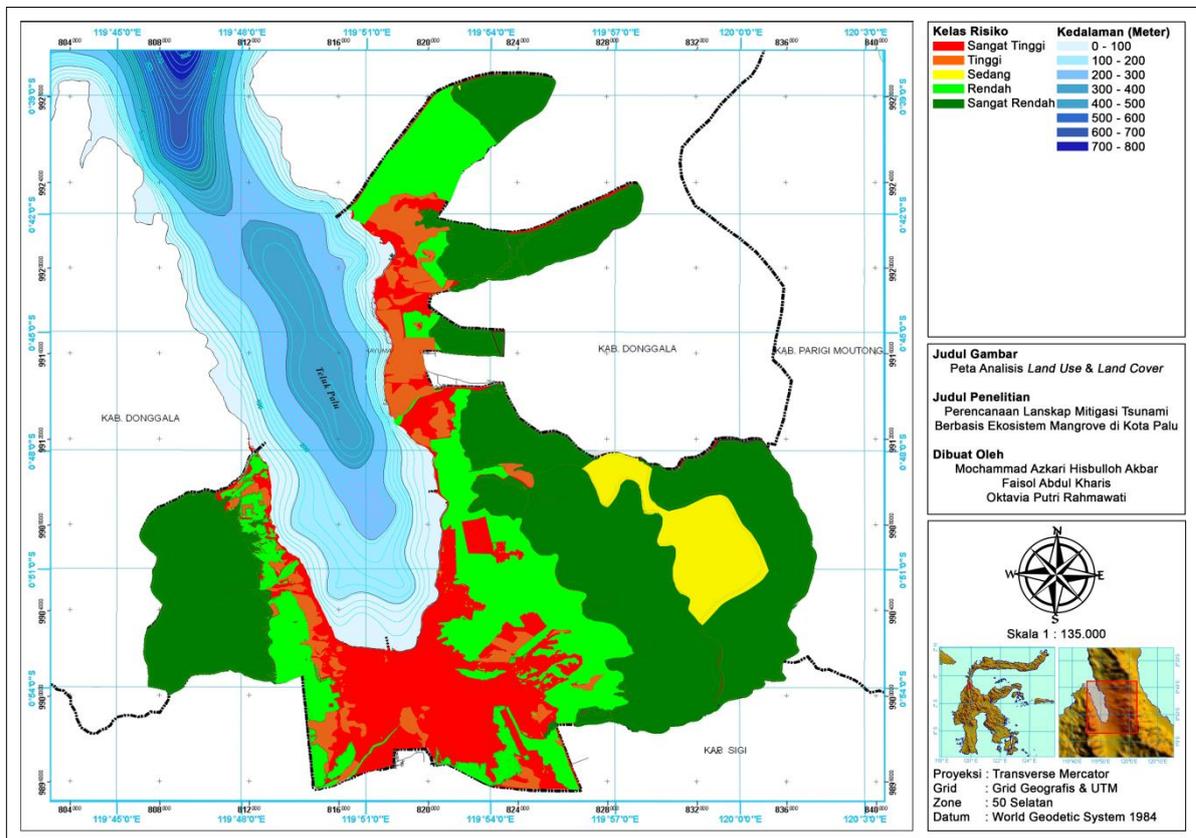
Karakteristik Lanskap Pesisir

Land Use dan Land Cover

Penggunaan lahan di Kota Palu terdiri atas permukiman, sawah, pertanian lahan kering, perkebunan, pertambangan, industri dan pariwisata, perhubungan,

tahun 2010 (BSN 2010). Penutupan lahan di Kota Palu memiliki keragaman yang tinggi diantaranya sawah, tegalan, kebun, hutan, kawasan hutan produksi, semak dan belukar, lahan kosong, lahan terbangun, permukiman, bangunan industri, jaringan jalan. Penutup lahan mengacu pada *Klasifikasi Penutup Lahan* berdasarkan SNI 7645:2010 yang diterbitkan oleh Badan Standardisasi Nasional pada tahun 2010 (BSN 2010). Peta analisis *land use* dan *land cover* terdapat pada Gambar 1 dan hasil analisis *land use* dan *land cover* terdapat pada Tabel 2.

Berdasarkan analisis *land use* dan *land cover*, diperoleh nilai 15,72% risiko sangat tinggi; 8,13% risiko tinggi; 5,75% risiko sedang; 23,14% risiko rendah; dan 47,26% risiko sangat rendah (Tabel 2). Hasil analisis *land use* dan *land cover* menunjukkan bahwa di Kota Palu, terutama Kecamatan Palu Barat, Kecamatan Palu Timur, Kecamatan Palu Utara, dan Kecamatan Tawaeli tergolong kelas risiko sangat tinggi dan tinggi. Hal ini terjadi karena di wilayah tersebut menjadi daerah konsentrasi permukiman padat penduduk serta fasilitas pendukung seperti area pendidikan, bangunan industri, kawasan perkantoran dan niaga. Masyarakat yang tinggal di wilayah permukiman



Gambar 1. Peta Analisis *Land Use* dan *Land Cover*

lahan berhutan, dan lahan terbuka. Penggunaan lahan ini mengacu pada SNI 19-6728.3-2002 *Penyusunan Neraca Sumber Daya-Bagian 3: Sumber Daya Lahan Spasial* yang diterbitkan oleh Badan Standardisasi Nasional pada tahun 2002 (BSN, 2002). Penutupan lahan di Kota Palu memiliki keragaman yang tinggi diantaranya sawah, tegalan, kebun, hutan, kawasan hutan produksi, semak dan belukar, lahan kosong, lahan terbangun, permukiman, bangunan industri, jaringan jalan. Penutup lahan mengacu pada *Klasifikasi Penutup Lahan* berdasarkan SNI 7645:2010 yang diterbitkan oleh Badan Standardisasi Nasional pada

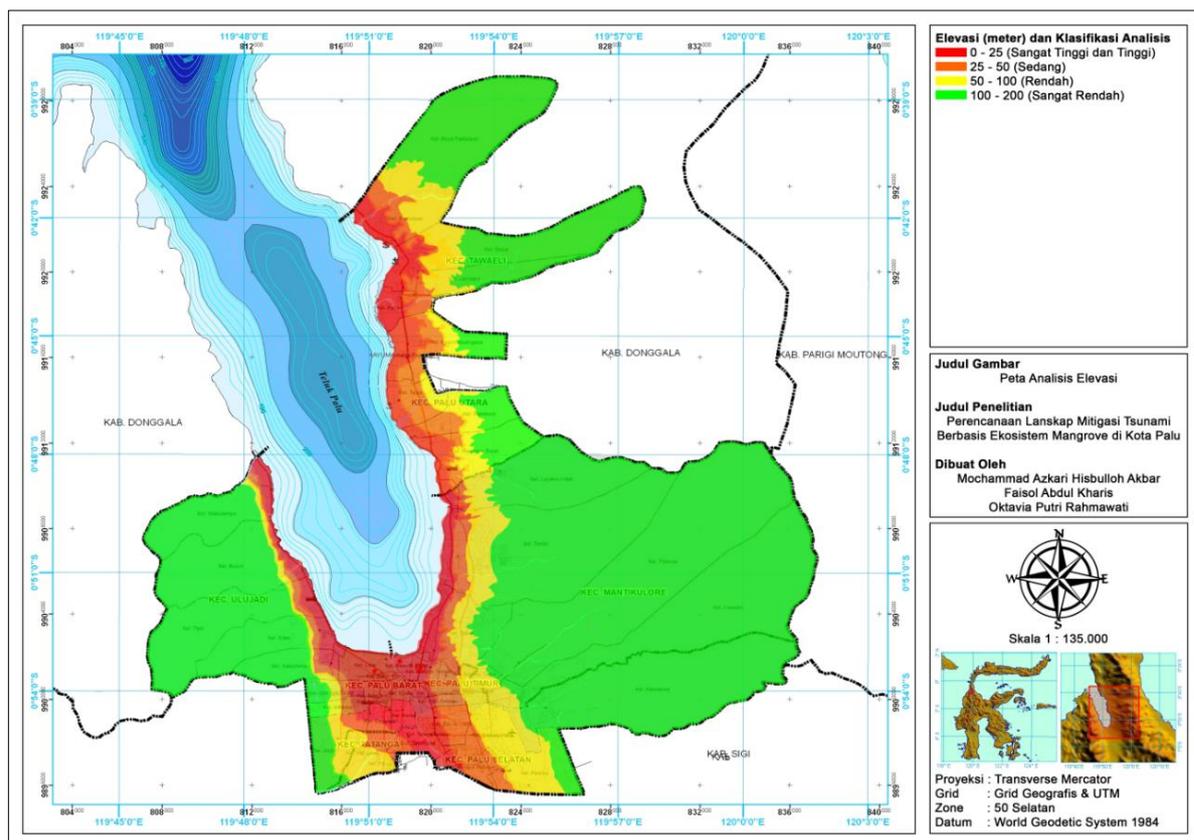
padat penduduk, terutama Kelurahan Lere, Kecamatan Palu Barat dan Kelurahan Besusu Barat, Kecamatan Palu Timur akan menerima dampak kerusakan yang lebih besar saat terjadi tsunami.

Morfologi

Morfologi pantai di Kota Palu secara visual merupakan teluk yang berpusat pada muara Sungai Palu. Morfologi pantai memiliki pengaruh yang besar terhadap akumulasi energi gelombang tsunami yang mencapai daratan. Energi gelombang tsunami akan meningkat pesat jika terjadi

Tabel 2. Hasil Analisis *Land Use* dan *Land Cover*

Kelas Risiko	Klasifikasi	Luas (ha)	Persentase (%)
Sangat tinggi	Area pendidikan, area permukiman, industri, perkantoran dan niaga, sarana dan akomodasi wisata, pelabuhan laut, pertambangan	6.210,65	15,72
Tinggi	Perkebunan, tambak	3.210,90	8,13
Sedang	Ladang, tegalan, hutan produksi	2.273,84	5,75
Rendah	Semak, belukar, lahan kosong	9.140,71	23,14
Sangat rendah	Hutan, kawasan lindung, tatura	18.672,16	47,26
TOTAL		39.508,26	100,00



Gambar 2. Peta Analisis Elevasi

Tabel 3. Hasil Analisis Elevasi

Kelas risiko	Klasifikasi (m)	Luas (ha)	Persentase (%)
Sangat Tinggi dan Tinggi	0-25	4.199,76	10,63
Sedang	25-50	3.609,10	9,14
Rendah	50-100	5.235,11	13,25
Sangat Rendah	>100	26.462,28	66,98
TOTAL		39.506,25	100,00

pemusatan energi ke daratan melalui teluk, sungai, atau kanal pengendali banjir. Berdasarkan *Peta Rawan Tsunami*, secara visual Kota Palu memiliki morfologi pantai bentuk teluk V yang tergolong kelas risiko sangat tinggi. Kondisi ini juga diperparah karena adanya muara Sungai Palu yang akan mengakibatkan peningkatan energi gelombang jika terjadi tsunami dan menghasilkan dampak yang lebih besar.

Elevasi

Elevasi menjadi penting dalam menganalisis keterentanan suatu daratan terhadap risiko tsunami. Elevasi berperan

dalam menilai suatu lokasi terhadap bahaya tsunami serta rekayasa yang sesuai untuk mitigasi tsunami. Elevasi selanjutnya berkaitan dengan inundasi gelombang tsunami yang dapat mencapai daratan. Oleh karena itu, semakin tinggi suatu wilayah maka gelombang tsunami akan sulit untuk mencapai wilayah tersebut dan sebaliknya. Peta analisis elevasi terdapat pada Gambar 2 dan hasil analisis elevasi pada Tabel 3.

Hasil analisis elevasi di Kota Palu menunjukkan bahwa 4.199,76 ha tergolong kelas sangat tinggi dan tinggi; 3.609,10 ha tergolong kelas sedang; 5.235,11 ha tergolong rendah; dan 26.462,28 ha tergolong sangat rendah (Tabel

3). Hasil analisis spasial menunjukkan bahwa wilayah Kecamatan Palu Timur dan Kecamatan Palu Barat tergolong risiko sangat tinggi dan tinggi berdasarkan parameter elevasi. Kecamatan Palu Timur dan Kecamatan Palu Barat merupakan wilayah dengan bentukan topografi dataran rendah yang umumnya landai.

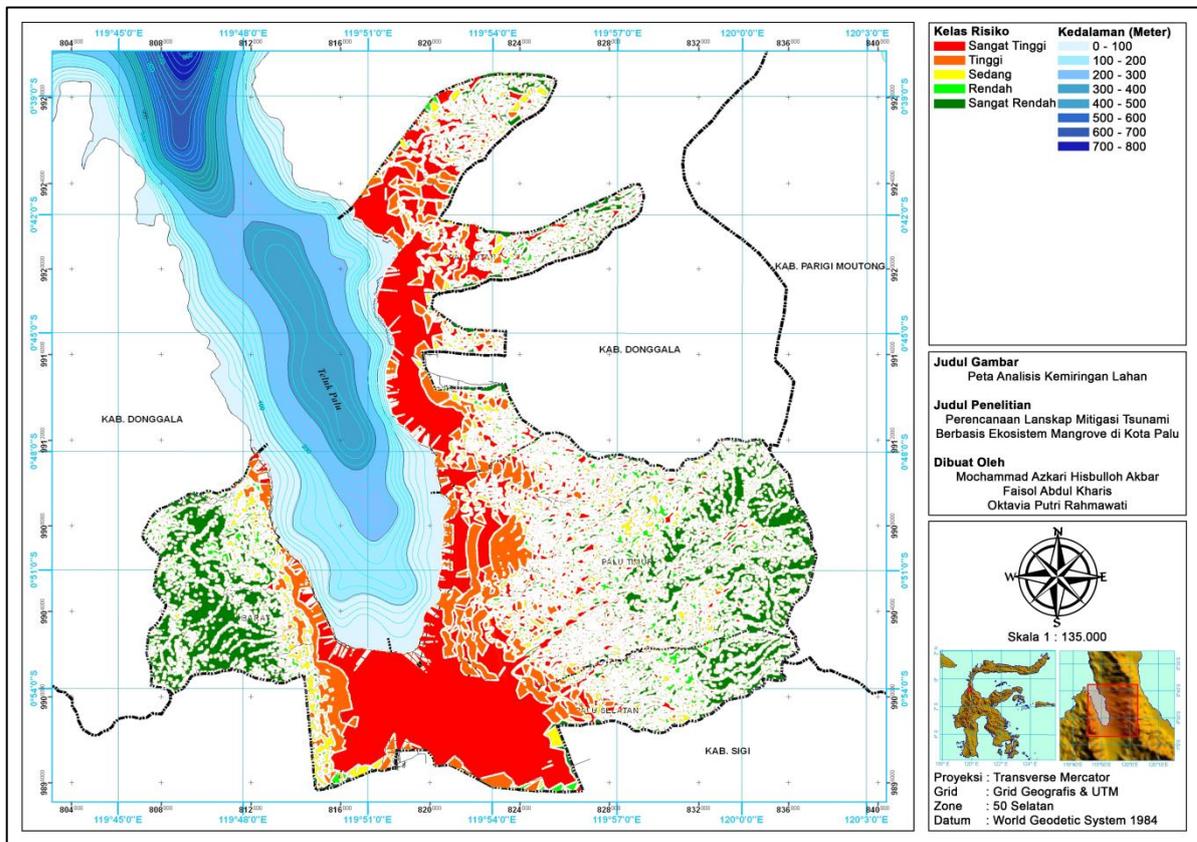
Kemiringan Lahan

Kemiringan lahan akan mempengaruhi terhadap tinggi *run up* dan penjaralan gelombang. Jika semakin besar kemiringan lahan yang ada, maka tinggi *run up* tsunami akan semakin rendah dan begitu juga sebaliknya. Penjaralan gelombang akan meningkat jika wilayah yang dilalui memiliki kemiringan yang lahan yang rendah atau landai. Akibatnya, daerah pesisir dengan kemiringan lahan yang mendekati datar akan mengalami kerusakan yang lebih besar. Peta analisis kemiringan lahan terdapat pada Gambar 3 dan hasil analisis kemiringan lahan terdapat pada Tabel 4.

13.736,47 ha; kelas risiko tinggi memiliki luasan 4.395,17 ha; kelas risiko sedang memiliki luasan 3.476,98 ha; dan kelas risiko sangat rendah memiliki luasan 11.313,16 ha. Berdasarkan peta analisis kemiringan lahan juga diketahui bahwa wilayah pesisir Kota Palu bagian timur relatif datar, terutama di Kecamatan Palu Timur, Kecamatan Palu Barat, Kecamatan Palu Selatan, dan Kecamatan Tatanga.

Jarak dari Sungai

Teluk dan sungai merupakan bagian dari badan air yang bisa meningkatkan risiko tsunami. Gelombang tsunami yang memasuki muara sungai atau kanal akan mengakibatkan kerusakan yang lebih besar karena terjadi pemusatan energi sehingga mendorong gelombang masuk lebih jauh ke daratan. Sungai atau kanal berperan dalam penjaralan gelombang tsunami menuju daratan sehingga perlu perencanaan lanskap mitigasi tsunami pada wilayah sempadan sungai, terutama di sempadan



Gambar 3. Peta Analisis Kemiringan Lahan

Tabel 4. Hasil Analisis Kemiringan Lahan

Kelas Risiko	Klasifikasi	Luas (ha)	Persentase (%)
Sangat Tinggi	0% - 5%	13.736,47	34,77
Tinggi	5% - 15%	4.395,17	11,13
Sedang	15% - 25%	3.476,98	8,80
Rendah	25% - 40%	6.584,47	16,67
Sangat rendah	>40%	11.313,16	28,64
TOTAL		39.506,25	100,00

Berdasarkan hasil analisis kemiringan lahan (Tabel 4), diketahui bahwa Kota Palu memiliki wilayah kelas risiko sangat tinggi terhadap kemiringan lahan yang lebih banyak. Kelas risiko sangat tinggi memiliki luasan

sungai-sungai besar. Data spasial sumber daya air menunjukkan terdapat 12 sungai besar, yaitu Sungai Buluri, Sungai Bulubiongga, Sungai Kalora, Sungai Kawatuna, Sungai Lambagu, Sungai Lewara, Sungai Palu,

Sungai Pondo, Sungai Taipa, Sungai Watulela, Sungai Watusampu, dan Sungai Wau. Hasil analisis jarak dari sungai terdapat pada Tabel 5 dan peta analisis jarak dari sungai terdapat pada Gambar 4.

Berdasarkan hasil analisis jarak dari sungai (Tabel 5), kelas risiko sangat tinggi memiliki luas 2.136,93 ha; kelas risiko tinggi memiliki luas 1.466,37 ha; kelas risiko sedang memiliki luas 1.462,78 ha; kelas risiko rendah memiliki luas 1.409,51 ha; dan kelas risiko sangat rendah memiliki luas 33.030,66 ha.

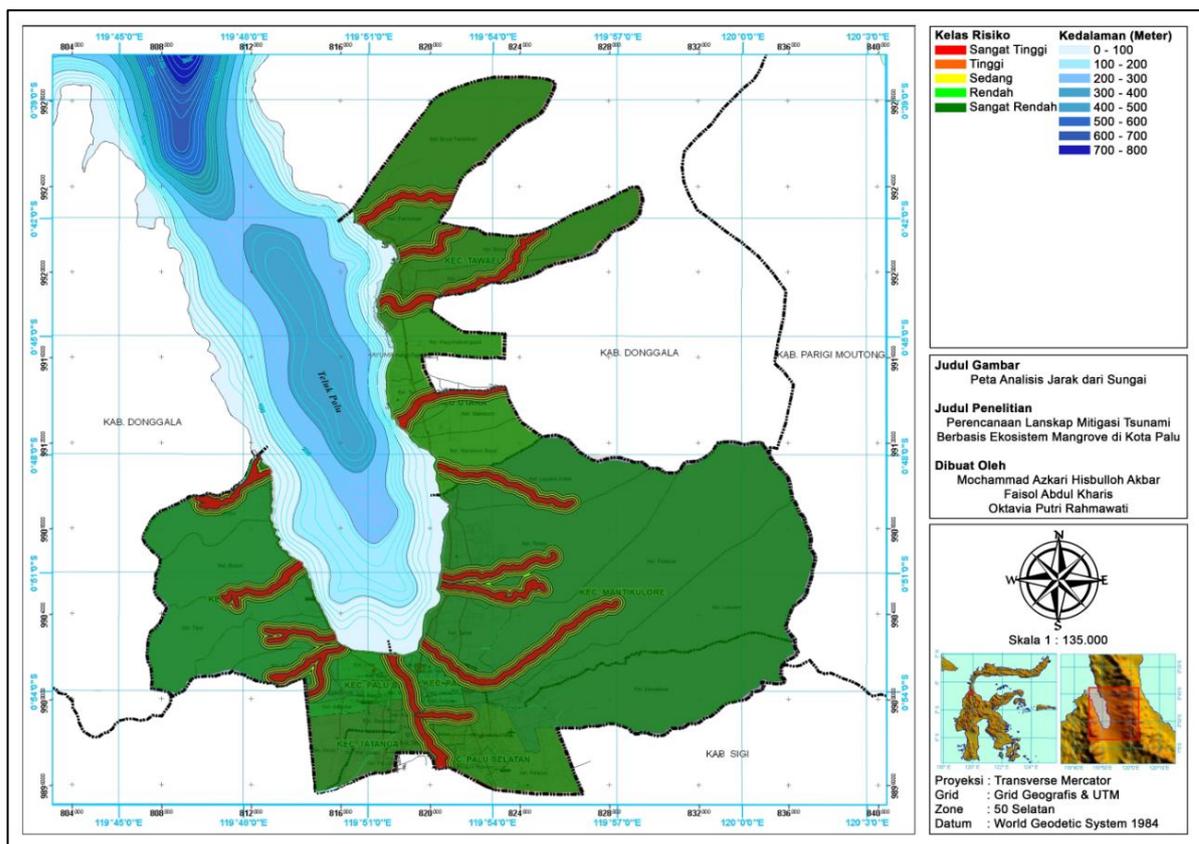
Tabel 5. Hasil Analisis Jarak dari Sungai

Kelas Risiko	Klasifikasi	Luas (ha)	Persentase (%)
Sangat Tinggi	0-100 m	2.136,93	5,41
Tinggi	100-200 m	1.466,37	3,1
Sedang	200-300 m	1.462,78	3,70
Rendah	300-500 m	1.409,51	3,57
Sangat rendah	>500 m	33.030,66	83,61
TOTAL		39.506,25	100,00

dengan lebar yang menyempit akan mengakibatkan peningkatan kecepatan dan ketinggian muka air.

Jarak dari Pantai

Analisis jarak dari pantai diklasifikasikan menjadi lima kelas, yaitu kelas risiko sangat tinggi 0-200 m, kelas risiko tinggi 200-500 m, kelas risiko sedang 500-1000 m, kelas risiko rendah 1000-1500 m, dan kelas risiko sangat rendah lebih dari 1500 m.



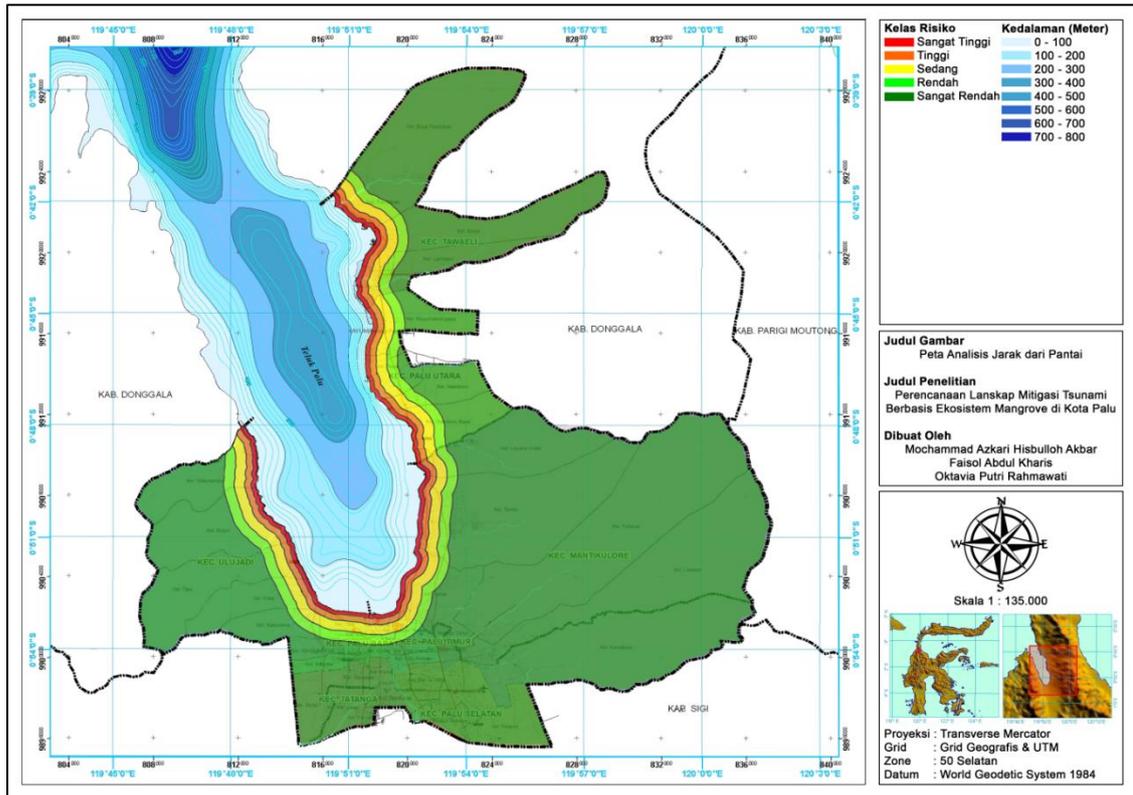
Gambar 4. Peta Analisis Jarak dari Sungai

Tabel 6. Hasil Analisis Jarak dari Pantai

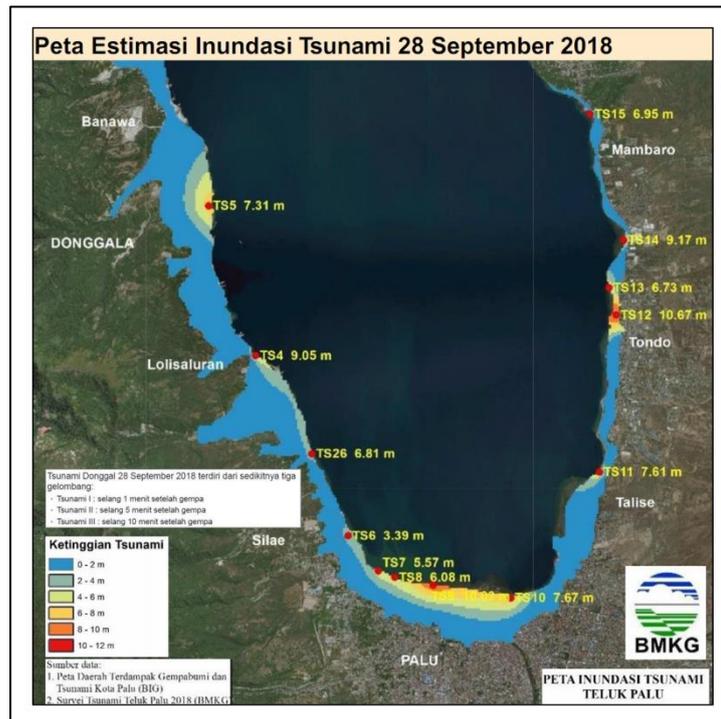
Kelas Risiko	Klasifikasi	Luas (ha)	Persentase (%)
Sangat tinggi	0-200 m	78,42	0,20
Tinggi	200-500 m	1.160,71	2,94
Sedang	500-1000 m	4.024,88	10,19
Rendah	1000-1500 m	2.027,91	5,13
Sangat rendah	>1500 m	32.214,33	81,54
TOTAL		39.506,25	100,00

memiliki luasan 1.462,78 ha; kelas risiko rendah memiliki luas 1.409,51 ha; dan kelas risiko sangat rendah memiliki luas 33.030,66 ha. Dari peta analisis jarak dari sungai diketahui bahwa sempadan sungai di Kota Palu memiliki jarak yang relatif aman terhadap gelombang tsunami yang mungkin masuk melalui sungai-sungai besar. Pada sungai

risiko rendah 1000-1500 m, dan kelas risiko sangat rendah lebih dari 1500 m. Hasil analisis jarak dari pantai terdapat pada Tabel 6 dan peta analisis jarak dari pantai terdapat pada Gambar 5.



Gambar 5. Peta Analisis Jarak dari Pantai



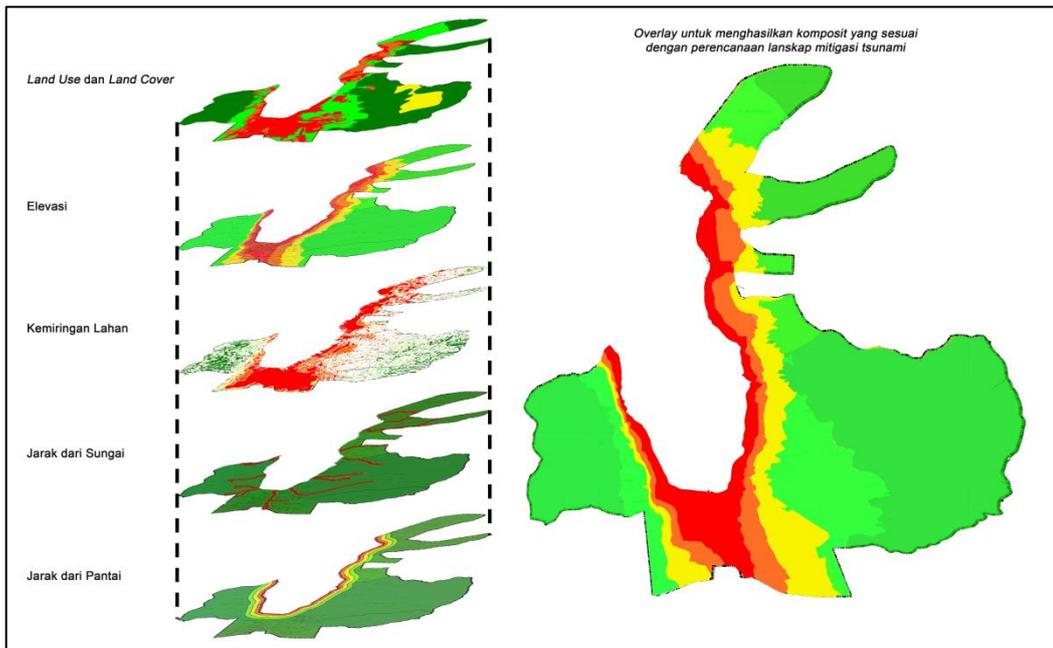
Gambar 6. Peta Estimasi Inundasi Tsunami 28 September 2018

Berdasarkan hasil analisis jarak dari pantai, diketahui bahwa Kota Palu memiliki wilayah kelas risiko sangat tinggi dan kelas risiko tinggi yang relatif kecil, yaitu 0,20% dan 2,94% (Tabel 6). Semakin dekat dengan garis pantai maka tingkat risiko akan semakin tinggi dan semakin jauh akan semakin rendah risikonya. Jarak dari pantai juga berhubungan dengan inundasi yang mungkin timbul akibat gelombang tsunami yang naik ke darat. Semakin

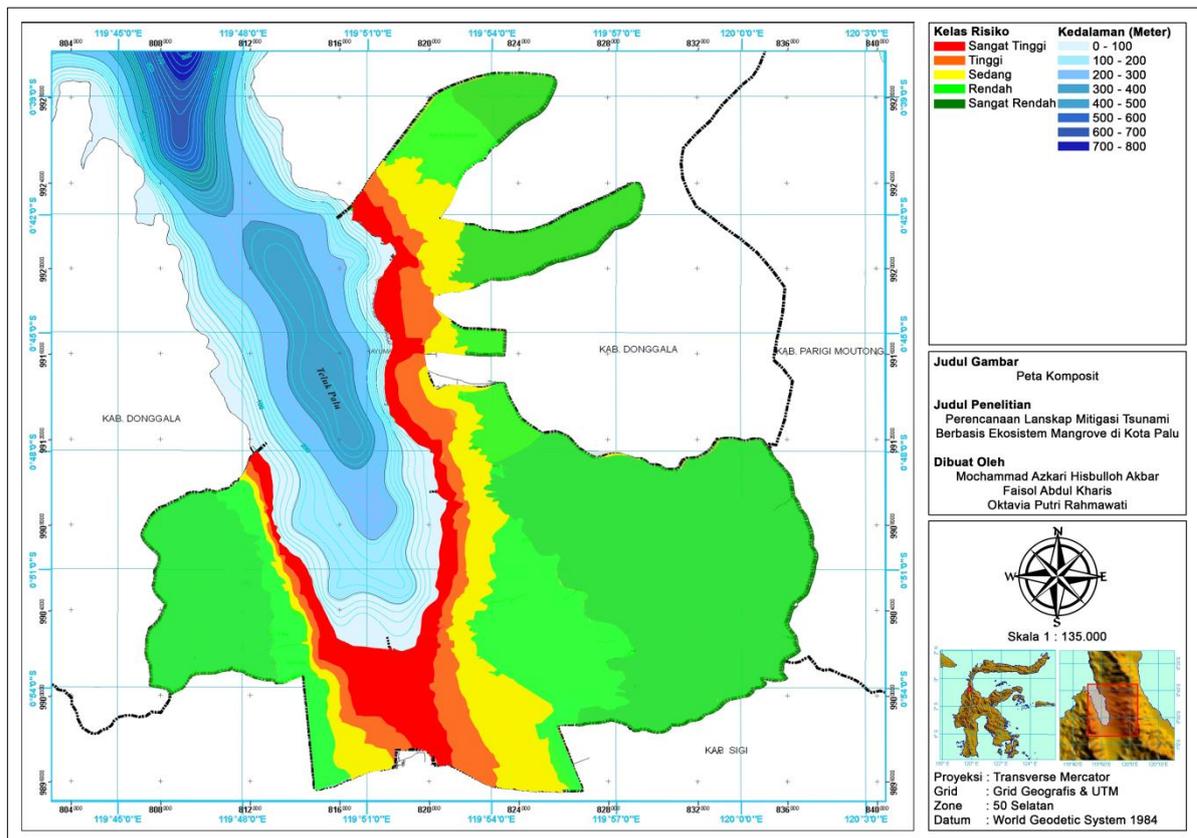
jauh jarak dari pantai akan memungkinkan inundasi yang ditimbulkan akan semakin kecil atau bahkan tidak ada.

Run Up Tsunami

Run up tsunami menjadi komponen penting dalam perencanaan lanskap mitigasi tsunami dalam bentuk pemetaan sehingga menjadi input dalam menggambarkan sejauh mana inundasi tsunami di daratan. Run up tsunami adalah batas tertinggi yang dapat dicapai air laut saat



Gambar 7. Proses Overlay



Gambar 8. Peta Komposit

masuk ke darat dengan batas tinggi diukur secara vertikal diatas permukaan air laut (Hoppe dan Spahn 2009).

Data *run up* tsunami yang digunakan dalam analisis adalah *Peta Estimasi Inundasi Tsunami 28 September 2018* (Gambar 6). Berdasarkan peta tersebut diketahui bahwa ketinggian maksimum gelombang tsunami yang terjadi adalah 12 m. ketinggian *run up* tsunami yang diperoleh masih termasuk ke dalam analisis elevasi karena tinggi minimum yang digunakan adalah 25 m. Luas yang diperoleh dengan asumsi ketinggian *run up* tsunami 12 m

yang memberikan dampak kerusakan ke daratan adalah 39,52 ha.

Karakteristik Lanskap Pesisir

Sintesis

Hasil analisis digunakan untuk sintesis dalam membentuk komposit yang sesuai dengan perencanaan lanskap mitigasi tsunami dengan proses *overlay* (Gambar 7). Proses *overlay* menggunakan lima analisis, yaitu analisis *land use* dan *land cover*, analisis elevasi, analisis kemiringan lahan,

analisis jarak dari sungai, dan analisis jarak dari pantai. Hasil *overlay* disajikan dalam peta komposit yang digunakan untuk membentuk zonasi perencanaan dan menjadi suatu perencanaan lanskap mitigasi tsunami berbasis ekosistem mangrove (Gambar 8).

Berdasarkan peta komposit diatas, kelas risiko sangat tinggi dan kelas risiko tinggi terdapat di sepanjang pesisir dan terkonsentrasi di Kecamatan Palu Barat dan Kecamatan Palu Timur. Konsep dasar dari perencanaan lanskap mitigasi tsunami adalah mengurangi atau menghilangkan risiko bencana pada wilayah pesisir Kota Palu berbasis ekosistem mangrove.

Konsep Pola Ruang

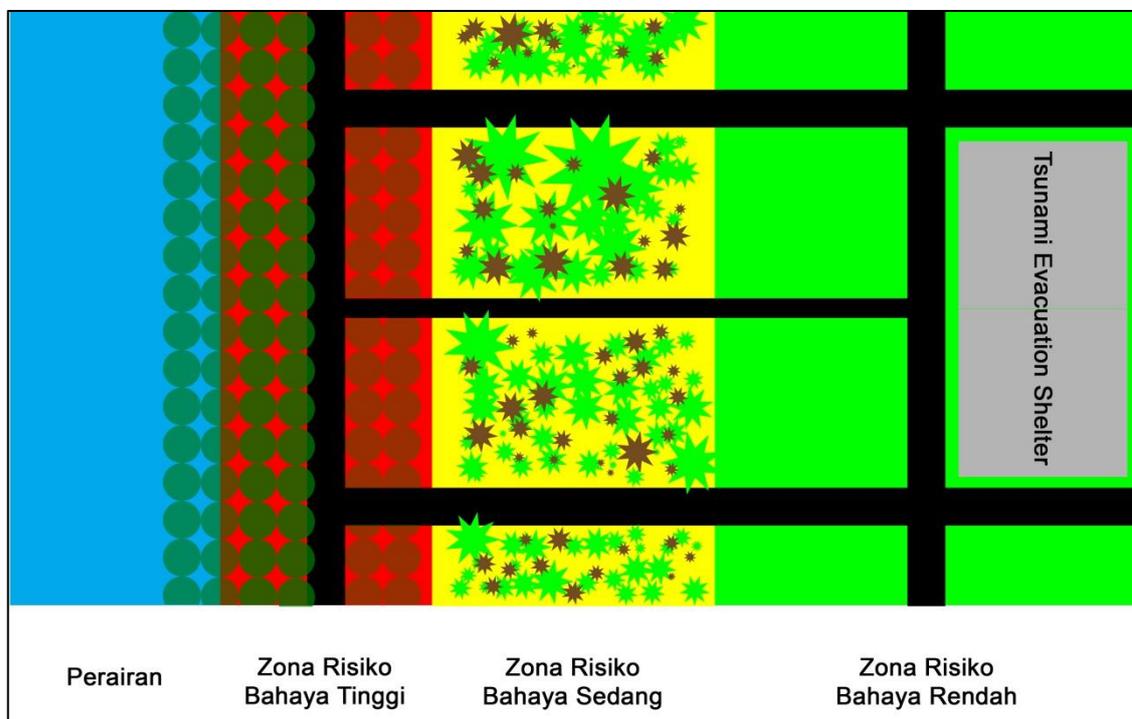
Pola ruang berfungsi sebagai ruang untuk berbagai kegiatan sosial ekonomi masyarakat dan kegiatan pelestarian lingkungan dengan tetap mengutamakan aspek mitigasi tsunami sebagai konsep dasar. Pola ruang yang direncanakan untuk meminimalkan dampak yang ditimbulkan oleh gelombang tsunami. Perencanaan lanskap mitigasi tsunami berbasis ekosistem mangrove mengacu pada peta komposit dengan mengelompokkan setiap kelas risiko sesuai zona risiko pada konsep pola ruang. (1) Kelas risiko sangat tinggi dan kelas risiko tinggi digolongkan kedalam zona risiko bahaya tinggi, (2) kelas risiko sedang digolongkan kedalam zona risiko bahaya sedang, dan (3) kelas risiko rendah dan kelas risiko sangat rendah digolongkan kedalam zona risiko bahaya rendah. Konsep pola ruang terdiri atas tiga zona, yaitu zona risiko bahaya tinggi, zona risiko bahaya sedang, dan zona risiko bahaya rendah (Gambar 9).

tanam, dan salinitas yang beragam sehingga tetap mendukung konsep dasar. Zona risiko bahaya sedang dikembangkan sebagai ruang terbuka hijau dengan keragaman vegetasi pantai yang lebih tinggi. Zona risiko bahaya rendah merupakan zona aman bagi seluruh jenis penggunaan lahan oleh masyarakat. Pada zona ini dikembangkan sebagai kawasan permukiman dan fasilitas-fasilitas pelayanan umum untuk mendukung evakuasi saat terjadi bencana tsunami.

Konsep Vegetasi

Konsep vegetasi dalam penelitian ini mengacu pada keragaman vegetasi di Kota Palu sebagai unsur vegetasi. Berbasis ekosistem mangrove dengan mengkolaborasi keragaman jenis mangrove dan *native plant* sebagai ruang terbuka hijau dan *green barrier*. Kota yang baik dalam merekonstruksi lanskap kota dapat menempatkan ruang terbuka hijau sebagai upaya mitigasi, evakuasi, dan perlindungan dari bencana yang mungkin terjadi. Ruang terbuka hijau, terutama di kawasan pesisir dapat dimanfaatkan sebagai lanskap mitigasi tsunami dengan tingkat kerapatan vegetasi yang tinggi.

Teluk Palu sebagai bentukan lanskap alami memiliki estuari dalam bentuk perairan semi tertutup di bagian hilir sungai serta mempunyai hubungan timbal balik dengan wilayah laut. Oleh karena itu, material terlarut dari hulu sampai ke hilir dan bermuara di Teluk Palu sangat mempengaruhi kelestarian ekosistem mangrove. Kecenderungan, temperatur, salinitas, sedimentasi, dan sirkulasi juga menghasilkan distribusi dan pertumbuhan vegetasi mangrove. *Native plant* sendiri memiliki



Gambar 9. Konsep Pola Ruang

Zona risiko bahaya tinggi dikembangkan sebagai ruang terbuka hijau dan *buffer zone*. Kawasan ini berfungsi untuk mereduksi gelombang tsunami di wilayah pesisir Kota Palu yang. Ekosistem mangrove direncanakan pada zona risiko bahaya tinggi sebagai pelindung dengan spesies yang beragam dengan kondisi tanah, substrat, jarak

ketahanan lingkungan yang lebih baik dalam kondisi tanah, substrat, jarak tanam, dan salinitas yang beragam. Jenis vegetasi mangrove hasil survei lapangan di Kelompok Tani Hutan (KTH) Gonenggati Jaya, Banawa, Kecamatan Donggala, Sulawesi Tengah (Tabel 7).

Tabel 7. Jenis Vegetasi Mangrove

No.	Nama Latin	Nama Lokal
1	<i>Avicennia lanata</i>	Api-api
2	<i>Nypha Fructicans</i>	Nipah
3	<i>Rhizophora apiculata</i>	Bakau Minyak, Bakau Tandok, Bakau Akik
4	<i>Rhizophora mucronata</i>	Bangka Itam, Dongoh Korap, Lolaro
5	<i>Rhizophora stylosa</i>	Bakau, Tongke Besar, Wako, Bangko
6	<i>Sonneratia alba</i>	Pedada, Perepat, Kedada, Papat, Susup

Sumber: Survei Lapangan 2019

Tabel 8. Jenis *Native Plant*

No.	Nama Latin	Nama Lokal
1	<i>Acacia auriculiformis</i>	Akasia
2	<i>Alstonia scholaris</i> R. Br.	Lenggaru, Pulau
3	<i>Cocos nucifera</i>	Kelapa
4	<i>Delonix regia</i> Raf.	Flamboyan
5	<i>Diospyros celebica</i>	Eboni
6	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	Kayu Putih
7	<i>Gnetum gnemon</i>	Belinjo, Tavanjaku*
8	<i>Kleinhovia hospita</i> L.	Tangkele, Balaroa*
9	<i>Pterocarpus indica</i> Willd.	Angsana
10	<i>Samanea saman</i>	Trembesi
11	<i>Terminalia catappa</i> L.	Ketapang, Talise*

Sumber: Survey Lapangan 2019

*Jenis yang menjadi nama daerah di Kota Palu

Sedangkan *native plant* umum yang tumbuh pada ruang terbuka hijau di Kota Palu terdapat pada (Tabel 8).

Perencanaan Lanskap Mitigasi Tsunami

Pengembangan kawasan harus bisa memelihara dan mewujudkan kelestarian fungsi lingkungan hidup dan dapat mencegah dampak negatif dari kegiatan manusia yang dapat menimbulkan kerusakan. Semakin tinggi tingkat aktivitas manusia di dalam suatu kawasan, memungkinkan terjadinya penurunan fungsi ekosistem. Strategi dalam memelihara dan mewujudkan kelestarian lingkungan hidup serta sebagai upaya mitigasi tsunami dengan merencanakan kembali dan mengembangkan kawasan lindung di Kota Palu. Perencanaan lanskap mitigasi tsunami yang berfungsi sebagai kawasan lindung diterapkan pada kawasan yang telah mengalami penurunan fungsi akibat pengembangan kegiatan budi daya dan akibat bencana alam.

Prinsip-prinsip dalam perencanaan lanskap mitigasi tsunami ini dikembangkan berdasarkan hasil analisis spasial. Prinsip yang utama diterapkan adalah *native species* serta perlindungan spesies dan sub spesies. *Native species* adalah spesies yang secara alami ada di lokasi tertentu atau dalam ekosistem tertentu. Perlindungan spesies dan sub spesies akan melestarikan keanekaragaman hayati. Pada tingkat populasi, proses-proses penting pada akhirnya bersifat genetik dan evolusioner karena proses ini mempertahankan potensi keberlangsungan spesies dan adaptasinya terhadap perubahan kondisinya, termasuk setelah kejadian tsunami.

Perencanaan dalam penelitian ini merupakan tahap implementasi dari sintesis dan konsep-konsep yang telah ditentukan sebelumnya untuk mencapai tujuan terbentuknya lanskap mitigasi tsunami berbasis ekosistem mangrove. Hasil dari perencanaan lanskap mitigasi

tsunami berbasis ekosistem mangrove terdapat pada perspektif Gambar 10. sampai dengan Gambar 13.

KESIMPULAN

Kota Palu memiliki tingkat risiko bahaya tsunami yang tinggi karena berada didekat zona patahan, yaitu patahan Palu. Selain itu, faktor fisik dan biofisik menjadikan Kota Palu sangat rentan terhadap bencana tsunami. Parameter yang mempengaruhi risiko bahaya tsunami, yaitu *land use* dan *land cover*; morfologi; elevasi; kemiringan lahan; jarak dari sungai; jarak dari pantai; dan *run up* tsunami. Parameter utama yang sangat mempengaruhi dampak yang dihasilkan jika terjadi tsunami adalah morfologi teluk dan *run up* tsunami. Berdasarkan analisis spasial diketahui bahwa Kota Palu memiliki kelas risiko yang beragam, yaitu kelas risiko sangat tinggi, kelas risiko tinggi, kelas risiko sedang, kelas risiko rendah, dan kelas risiko sangat rendah.

Prinsip-prinsip dalam perencanaan lanskap mitigasi tsunami ini dikembangkan berdasarkan hasil analisis spasial. Konsep dasar dari perencanaan lanskap mitigasi tsunami adalah mengurangi atau menghilangkan risiko bencana pada wilayah pesisir Kota Palu berbasis ekosistem mangrove. Pola ruang yang direncanakan untuk meminimalkan dampak yang ditimbulkan oleh gelombang tsunami. Perencanaan lanskap mitigasi tsunami berbasis ekosistem mangrove mengacu pada peta komposit dengan mengelompokkan setiap kelas risiko sesuai zona risiko pada konsep pola ruang.

Konsep vegetasi mengacu pada keragaman jenis mangrove dan *native plant* sebagai ruang terbuka hijau dan *green barrier*. Berbasis ekosistem mangrove dengan mengkolaborasi keragaman jenis mangrove dan *native plant* sebagai ruang terbuka hijau dan *green barrier*. Kota yang baik dalam merekonstruksi lanskap kota dapat

menempatkan ruang terbuka hijau sebagai upaya mitigasi, evakuasi, dan perlindungan dari bencana.

Perencanaan dalam penelitian ini merupakan tahap implementasi dari sintesis dan konsep-konsep yang telah ditentukan sebelumnya untuk mencapai tujuan terbentuknya lanskap mitigasi tsunami berbasis ekosistem mangrove. Konsep pola ruang terdiri atas zona risiko bahaya tinggi, zona risiko bahaya sedang, dan zona risiko bahaya rendah.

Zona risiko bahaya tinggi dikembangkan sebagai ruang terbuka hijau dan *buffer zone*. Zona risiko bahaya sedang dikembangkan sebagai ruang terbuka hijau dengan keragaman vegetasi pantai yang lebih tinggi. Zona risiko bahaya rendah merupakan zona aman bagi seluruh jenis penggunaan lahan oleh masyarakat.

Acknowledgement

Para peneliti sangat berterima kasih Badan Informasi Geospasial (BIG), Badan Perencanaan Pembangunan Daerah (BPBD) Kota Palu, Dinas Penataan Ruang dan Pertanahan Kota Palu, Dinas Lingkungan Hidup Kota Palu yang telah memberikan izin kepada peneliti dalam memperoleh data dan informasi. Semoga hasil penelitian ini dapat bermanfaat sebagai rekomendasi bagi pemerintah Kota Palu dalam bentuk perencanaan lanskap mitigasi tsunami berbasis ekosistem mangrove untuk mengurangi risiko bencana tsunami.

DAFTAR PUSTAKA

- Bellier, O., Sebrier, M., Beaudouin, T., Villeneuve, M., Braucher, R., Bourles, D., Siame, L., Putranto, E., Pratomo, I. 2001. *High Slip Rate for A Low Seismicity Along the Palu-Koro Active Fault in Central Sulawesi (Indonesia)*. Terra Nova, Vol. 13, No. 6, p 463470.
- Bengen, D.G, Dutton, I.M. 2004. *Interactions: Mangrove, Fisheries And Forestry Management in Indonesia*. dalam: Northcote, T.G., Hartman G.F., Editor. Fishes and Forestry. New Jersey (US): Blackwell Science.
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. 2002. *SNI 19-6728.3-2002 Penyusunan Neraca Sumber Daya - Bagian 3: Sumber Daya Lahan Spasial*. Jakarta (ID): Badan Standardisasi Nasional.
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. 2010. *SNI 7645:2010 Klasifikasi Penutup Lahan*. Jakarta (ID): Badan Standardisasi Nasional.
- Fabos, J.G., Stephanie, J.C. 1976. *Composite Landscape Assesment: Assesment Procedures for Spacial Resources, Hazards, and Development Suitability, Part II of The Metropolitan Landscape Planning Model (METLAND)*. Massachusetts (US): Massachusetts Agricultural Experiment Station, University of Massachusetts.
- Harada, K., Imamura, F. 2003. *Study on The Evaluation of Tsunami Reducing by Coastal Control Forest for Actual Conditions*. Asian and Pacific Coasts 2003 - 2nd International Conference.
- Harbitz, C.B., Løvholt, F., Pedersen, G., Masson, D.G. 2006. *Mechanisms of Tsunami Generation by Submarine Landslides: A Short Review*. Norwegian Journal of Geology, 86 (3): 255-26.
- Hoppe, M.W., Spahn, H. 2009. *Panduan Pemetaan Bahaya Tsunami untuk Tingkat Kabupaten*. Jakarta (ID): GTZ (German Technical Cooperation International Services).
- [NTHMP] National Tsunami Hazard Mitigation Program. 2001. *Seven Principles for Planning and Designing for Tsunami Hazards*. Washington (US): National Oceanic and Atmospheric Administration.
- Sengaji, E., Nababan, B. 2009. *Pemetaan Tingkat Risiko Tsunami di Kabupaten Sikka Nusa Tenggara Timur Dengan Menggunakan Sistem Informasi Geografis*. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Takagi, H., Pratama, M.B., Kurobe, S., Esteban, M., Aranguiz, R., Ke, B. 2019. *Analysis of Generation and Arrival Time of Landslide Tsunami to Palu City due to the 2018 Sulawesi Earthquake*. Landslides. DOI: 10.1007/s10346-019-01166-y.
- Zulfiyanita, N. 2011. *Perencanaan Lanskap Taman Kota untuk Evakuasi Bencana di Daerah Rawan Gempa Kota Padang Panjang, Sumatera Barat*. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.



Gambar 10. Perspektif 1

Tampak keseluruhan dalam perencanaan lanskap mitigasi tsunami berbasis ekosistem mangrove di Kota Palu pada salah satu titik, yaitu muara Sungai Palu dan pesisir pantai Teluk Palu dengan pola *multi layer* pada *green barrier*.



Gambar 11. Perspektif 2

Green barrier pada pesisir pantai dapat menggunakan vegetasi mangrove yang terdiri atas *Rhizophora mucronata*, *Rhizophora apiculata*, *Rhizophora stylosa*, *Avicennia lanata*, dan *Sonneratia alba*. *Rhizophora mucronata*, *Rhizophora apiculata*, dan *Rhizophora stylosa* merupakan mangrove sejati dengan lingkungan tumbuh tanah berlumpur serta pada pasang surut yang memiliki pengaruh masukan air tawar yang kuat secara permanen, terutama pada wilayah muara sungai.



Gambar 12. Perspektif 3

Bagian sungai yang mendekati muara sungai juga menjadi perhatian dalam perencanaan lanskap mitigasi tsunami dengan penggunaan vegetasi mangrove, yaitu *Nypha Fructicans*. *Nypha Fructicans* memiliki lingkungan tinggal dan lebih tahan pada genangan air tawar.



Gambar 13. Perspektif 4

Keberadaan *Nypha Fructicans* dapat di dukung dengan jenis vegetasi lain, yaitu *Acacia auriculiformis*, *Cocos nucifera*, *Samanea saman*, dan *Terminalia catappa* L.. Jenis pendukung ini memiliki persebaran yang luas serta mampu tumbuh pada lingkungan berpasir dan bagian tepi daratan dari ekosistem mangrove.