

## HASIL PENELITIAN

### MITIGASI BENCANA *TSUNAMI* DI KAWASAN PESISIR PANTAI MOLIBAGU

Sitti Nur Afni Ointu<sup>1</sup>, Raymond Ch. Tarore<sup>2</sup>, & Amanda S. Sembel<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa S1 Program Studi Perencanaan Wilayah & Kota, Jurusan Arsitektur Universitas Sam Ratulangi

<sup>2,3</sup>Staf Pengajar Program Studi S1 Perencanaan Wilayah & Kota, Jurusan Arsitektur, Universitas Sam Ratulangi

**Abstrak.** Pesisir Pantai Molibagu merupakan salah-satu wilayah yang secara struktur ruang adalah kawasan pusat perekonomian dan pemerintahan dari Kabupaten Bolaang Mongondow Selatan, Provinsi Sulawesi Utara. Berbatasan langsung dengan Teluk Tomini yang intensitas gempa tektoniknya cenderung tinggi, didukung dengan kajian pada Dokumen Rencana Penanggulangan Bencana Daerah Kab. Bolelele Tahun 2014-2018, menunjukkan pesisir pantai Molibagu rawan terhadap bencana, khususnya *tsunami*. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk membuat pemetaan kawasan rentan bencana *tsunami* dan perencanaan mitigasi bencana *tsunami* di kawasan pesisir pantai Molibagu. Penelitian ini menggunakan metode analisis deskriptif dan evaluatif, dengan menganalisa secara spasial mengenai bahaya, kerentanan dan risiko dari bencana *tsunami*. Sesuai dengan analisis tersebut maka dihasilkanlah kajian seluruh kawasan pesisir pantai Molibagu beresiko terkena dampak *tsunami* dengan risiko yang paling tinggi ada di Desa Toluaya, Pintadia dan Popodu. Perencanaan mitigasi bencana *tsunami* di kawasan pesisir pantai Molibagu terbagi menjadi dua, yaitu: (a). Upaya mitigasi struktural yang menjelaskan mengenai permodelan jalur hijau dan zona perencanaan ekosistem mangrove, pertimbangan pemusatan kegiatan masyarakat untuk mobilitas evakuasi, dan perencanaan jalur evakuasi ke beberapa zona aman dengan ketinggian tempat di atas 10 meter dan jarak capaian kurang dari 3.3 menit; (b). Upaya mitigasi non struktural, terkait dengan kebijakan pengurangan dampak bencana *tsunami* di kawasan pesisir pantai Molibagu.

**Kata Kunci :** Mitigasi Bencana, *Tsunami*, Kawasan Pesisir

#### PENDAHULUAN

Indonesia merupakan suatu negara kepulauan terbesar di dunia, terdiri dari 17.500 pulau besar dan pulau kecil yang tersebar di sekitar garis katulistiwa, yang memanjang dari Sabang sampai Marauke (Rahardjo Adisasmita, 2006). Adapun garis pantai nusantara membentang sepanjang 81.000 Km, dengan luas lautan sekitar 3,1 Juta Km<sup>2</sup> yang terdiri atas 0,8 Km<sup>2</sup> perairan teritorial, dan 2,3 juta Km<sup>2</sup> Perairan Nusantara (Ambo Tuwo, 2011).

Dengan kekayaan maritim yang dimiliki Indonesia, tidak dapat disangkal kenyataannya bahwa wilayah Indonesia terletak pada pertemuan (tabrakan) antara empat lempeng yaitu lempeng Caroline Pasifik, lempeng laut Filipina, lempeng Asia dan Lempeng Hindia-Australia, yang mengakibatkan sebagian besar wilayah Indonesia menjadi rawan terhadap bencana, Ristek (2005 dalam Bambang dkk, 2007). Selain itu, Indonesia juga terletak di antara pertemuan dua jalur pegunungan aktif terpanjang di dunia. Bagian Indonesia barat dilalui oleh *mediteranring of fire*-sirkum pegunungan mediterania, yang memanjang dari

laut mediteran di Eropa. Sedangkan di bagian timur merupakan ujung dari *pacific ring of fire*-sirkum api pasifik, yang berasal dari pegunungan Rocky di benua Amerika, Nungrat (2001 dalam Septian Suhandono, 2010).

Tercatat di Indonesia terdapat sekitar 13% gunung api aktif dari total gunung aktif di dunia. Jumlah ini lebih banyak dibanding gunung api di Amerika Serikat, Jepang, Perancis, dan Italia. Saat ini terdapat 500 gunung api di Indonesia, Garline (2000, dalam Septian Suhandono, 2010). Sebanyak 129 diantaranya dikategorikan sebagai gunung api aktif yang tersebar di Sumatera, Jawa, Bali, NTT, Kepulauan Banda, Halmahera hingga Sulawesi, sesuai data Museum Gunung Api Batur (2009, dalam Septian Suhandono, 2010). Keberadaan letak Indonesia yang seperti ini ditambah dengan panjangnya garis pantai, memberikan potensi besar bagi Indonesia untuk ditimpa bencana alam khususnya *tsunami*.

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia, *tsunami* adalah gelombang laut dahsyat (gelombang pasang) yang terjadi karena gempa bumi atau letusan gunung api dasar laut.

Gempa tektonik di dasar laut menjadi penyebab paling dominan terjadinya *tsunami* (Kodoatie dan Sjarief, 2010). Berdasarkan pengalaman historis, kejadian *tsunami* sangat membahayakan bagi komunitas masyarakat di wilayah pesisir pantai, meskipun daerah tersebut jauh dari kawasan yang rawan gempa bumi (tektonik maupun vulkanik) bawah laut. Dampak yang dapat ditimbulkan akibat bencana *tsunami* sangatlah besar, yaitu dapat berupa kematian, kehilangan harta benda, kehancuran sarana dan prasarana khususnya di daerah pesisir pantai, menimbulkan gangguan ekonomi dan bisnis, bahkan dapat mengganggu keadaan psikologis (traumatic) masyarakat (Pratomo 2013).

Oleh karena itu, wilayah-wilayah di Indonesia sudah selayaknya mengemukakan perencanaan yang berbasis mitigasi bencana, lebih khusus lagi untuk wilayah pesisir pantai dengan kesiap-siagaan terhadap bencana *tsunami* sedini mungkin agar sesuai dengan pengertian dari mitigasi, yaitu untuk dapat meminimalisir dampak negatif dari adanya bencana tersebut sesuai dengan Undang-undang No 24 Tahun 2007 tentang penanggulangan bencana.

Kabupaten Bolaang Mongondow Selatan (Bolsel) adalah salah-satu wilayah pesisir yang berada di Provinsi Sulawesi Utara, dengan luasan daerah keseluruhan mencapai 1.615,56 Km<sup>2</sup>. Sesuai dengan Dokumen Rencana Penanggulangan Bencana Daerah Kabupaten Bolaang Mongondow Selatan Tahun 2014-2018 tentang Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana, pada periode 100 tahun sekali diprediksi Kabupaten Bolsel akan mengalami bencana *tsunami* dengan tinggi gelombang 10 meter. Ditambah dengan intensitas gempa bawah laut yang cukup intens selama tahun 2014 di bagian Laut Sulawesi dan Teluk Tomini, menjadikan wilayah ini perlu untuk menitikberatkan produk-produk perencanaan daerah yang berbasis mitigasi bencana, terutama bencana *Tsunami*.

Jika ditinjau dari struktur dan pola ruang yang ada di kabupaten tersebut sesuai dengan Perda No7 Tahun 2013 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah dan Kota Tahun 2013-2033 Kabupaten Bolaang Mongondow Selatan, Kawasan Ibu Kota yang pada hakekatnya merupakan kawasan inti terletak di pesisir pantai Molibagu, dimana segala aktifitas yang berhubungan dengan Ekonomi (Perdagangan dan jasa), Perkantoran, sampai pada

permukiman dialokasikan di pusat kota tersebut. Hal itu yang kemudian mendasari penelitian ini, dengan harapan dapat memberikan kontribusi yang bermanfaat tentang mitigasi bencana *tsunami* yang didasarkan pada analisis keruangan, dengan mengambil salah-satu kawasan inti sebagai objek penelitian yang berada di pesisir pantai Molibagu. Membuat zonasi rawan terhadap bencana *tsunami* sampai pada arahan mengenai mitigasi bencana yang dapat dilakukan oleh masyarakat pesisir pantai Molibagu, serta kemudian dapat menjadi pertimbangan untuk pemerintah daerah setempat dalam menghasilkan produk perencanaan wilayah berbasis bencana, khususnya untuk pesisir pantai Molibagu.

Mitigasi bencana *tsunami* sangat dibutuhkan guna mendukung proses pengembangan wilayah pesisir dalam konteks meminimalisir dampak negatif yang akan terjadi akibat bencana *tsunami*. Untuk itu dirumuskan beberapa permasalahan yang mendasari penelitian ini yaitu sebagai berikut:

- a. Dimana zona dari pesisir pantai Molibagu yang teridentifikasi sebagai kawasan rentan bencana *tsunami*?
- b. Bagaimana bentuk dari mitigasi bencana *tsunami* di kawasan pesisir pantai Molibagu?

Sesuai dengan rumusan masalah, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

- a. Membuat pemetaan kawasan rentan bencana *tsunami* di pesisir pantai Molibagu berdasarkan analisis resiko kebencanaan *tsunami*.
- b. Membuat perencanaan mitigasi bencana *tsunami* di kawasan pesisir pantai molibagu.

## KAJIAN PUSTAKA

Dalam penelitian ini terdapat beberapa aspek yang akan diteliti, yaitu mengenai kawasan pesisir, bencana *tsunami* dan mitigasi bencana *tsunami*.

### Kawasan Pesisir

menurut Paulla (2008) wilayah pesisir merupakan wilayah yang unik karena merupakan tempat percampuran antara daratan dan lautan, hal ini berpengaruh terhadap kondisi fisik dimana pada umumnya daerah yang berada di sekitar laut memiliki kontur yang relatif datar. Adanya kondisi seperti ini sangat mendukung bagi wilayah pesisir dijadikan daerah yang potensial dalam pengembangan wilayah keseluruhan. Hal ini menunjukkan garis batas nyata wilayah pesisir tidak ada. Batas

wilayah pesisir hanyalah garis khayalan yang letaknya ditentukan oleh kondisi dan situasi setempat. Di daerah pesisir yang landai dengan sungai besar, garis batas ini dapat berada jauh dari garis pantai. Sebaliknya di tempat yang berpantai curam dan langsung berbatasan dengan laut dalam, wilayah pesisirnya akan sempit.

Menurut Rahardjo (2006) kawasan pesisir meliputi wilayah daratan yang terkait pada wilayah perairan maupun wilayah laut yang berpengaruh terhadap wilayah daratan dan tata guna tanah. Diluar dari batas kawasan pesisir dan laut yang dimaksud itu mungkin saja mencerminkan interaksi antara pesisir dan laut, tetapi dapat pula tidak terjadi interaksi antara pesisir dan laut. Pada kawasan pesisir terdapat banyak penduduk dan pusat-pusat transportasi, tempat pendaratan ikan, kegiatan pertanian yang penting, industri (usaha) dibidang perikanan dan pariwisata, serta menempatkan kawasan tersebut merupakan struktur lahan yang penting untuk lokasi berbagi fasilitas (sarana dan prasarana) pelayanan umum (ekonomi dan sosial).

### **Bencana Tsunami**

Dalam Undang-undang No 24 Tahun 2007 tentang penanggulangan bencana, bencana didefinisikan sebagai peristiwa atau rangkaian peristiwa yang mengancam dan mengganggu kehidupan dan penghidupan masyarakat yang disebabkan, baik oleh faktor alam dan/atau faktor non alam maupun faktor manusia sehingga mengakibatkan timbulnya korban jiwa manusia, kerusakan lingkungan, kerugian harta benda, dan dampak psikologis.

*Tsunami* berasal dari bahasa jepang “tsu” yaitu pelabuhan/laut dan “nami” berarti gelombang. Us Army Corp of Engineers (1990) mendefinisikan *tsunami* sebagai gelombang laut gravitasi periode panjang yang ditimbulkan oleh gangguan seperti gerakan patahan, gempa, longsor, jatuhnya benda-benda langit (meteor), letusan gunung berapi di bawah laut dan letusan (*explosion*) di muka air laut (Kodoatie dan Sjarief, 2010).

syarat-syarat terjadinya *tsunami* menurut Kodoatie dan Sjarief (2010), yaitu:

- a. Kekuatan gempa bumi lebih dari 6 skala richter
- b. Ada pergerakan kulit bumi dalam arah vertical

- c. Pergerakan kulit bumi tersebut harus menghasilkan deformasi dasar laut secara vertical cukup besar (lebih besar dari 2m)
- d. Kedalaman pusat gempa tidak lebih dari 80 Km.

Jika ditinjau dari kondisi, Indonesia merupakan tempat pertemuan empat lempeng tektonik, yaitu (Kodoatie dan Sjarief, 2010):

- a. Lempeng Hindia-Australia bergerak ke arah utara dengan kecepatan 5 sampai 7 cm/tahun, sebagian besar terdiri dari Samudra Hindia dan hanya terdapat pulau-pulau kecil di sana.
- b. Lempeng Pasifik bergerak ke barat dengan kecepatan 10 cm/tahun, terdapat pulau Maluku, Sulawesi dan Irian.
- c. Lempeng Eurasia bergerak ke arah timur-ternggara dengan kecepatan 0 sampai 3 cm/tahun. Terdapat pulau Jawa, Kalimantan dan Sumatera.
- d. Lempeng philipina bergerak ke arah barat.

Pergerakan relatif keempat lempeng tektonik tersebut mengakibatkan terjadinya penumpukan tekanan mekanis di daerah-daerah pertemuannya. Saat elastisitas batuan tidak lagi mampu menahan tekanan ini, batuan akan pecah dan melenting menuju kondisi seimbang mendekati kondisi awal sebelum terkena tekanan. Pelentingan ini menimbulkan gelombang seismic yang kuat dan dirambatkan ke segala arah dalam lempeng bumi. Peristiwa ini disebut dengan **gempabumi tektonik** (BMKG dalam *tsunami early warning sistem*, 2012).

### **Tsunami di Indonesia**

Indonesia merupakan negara yang rawan terhadap *tsunami*, terutama daerah-daerah pantai yang berhadapan langsung dengan pertemuan Lempeng Eurasia, Indo-Australia dan Pasifik, antara lain bagian barat Pulau Sumatera, selatan Pulau Jawa, Nusa Tenggara, bagian utara Papua, Sulawesi dan Maluku, serta bagian timur Pulau Kalimantan yang berhadapan langsung dengan pertemuan Lempeng Eurasia, Indo-Australia dan Pasifik,

antara lain bagian barat Pulau Sumatera, selatan Pulau Jawa, Nusa Tenggara, bagian utara Papua, Sulawesi dan Maluku, serta bagian timur Pulau Kalimantan (BMKG dalam *tsunami early warning sistem*, 2012).

Berikut merupakan poin-poin untuk mengidentifikasi daerah rawan *tsunami* menurut Dirjen Pesisir dan Pulau-pulau Kecil dalam dokumen pedoman mitigasi bencana alam di wilayah pesisir dan pulau-pulau kecil (2004), yaitu sebagai berikut:

### 1. Analisis Bahaya (*Hazard*)

Analisa bahaya *tsunami* ditujukan untuk mengidentifikasi daerah yang akan terkena bahaya *tsunami*. Daerah bahaya *tsunami* tersebut dapat diidentifikasi dengan 2 (dua) metode :

- Mensimulasikan hubungan antara pembangkit *tsunami* (gempa bumi, letusan gunung api, longsor dasar laut) dengan tinggi gelombang *tsunami*. Dari hasil simulasi tinggi gelombang *tsunami* tersebut kemudian disimulasikan/*dioverlay* lebih lanjut dengan kondisi tataguna, topografi, morfologi dasar laut serta bentuk dan struktur geologi lahan pesisir.
- Memetakan hubungan antara aktivitas gempa bumi, letusan gunung api dan longsor dasar laut dengan terjadinya gelombang *tsunami* berdasarkan sejarah terjadinya *tsunami*. Dari hasil analisa tersebut kemudian diidentifikasi dan dipetakan lokasi yang terkena dampak gelombang *tsunami*.

### 2. Analisis Tingkat Kerentanan (*Vulnerability*)

Analisa kerentanan ditujukan untuk mengidentifikasi dampak terjadinya *tsunami* yang berupa jumlah korban jiwa dan kerugian ekonomi, baik dalam jangka pendek yang berupa hancurnya pemukiman infrastruktur, sarana dan prasarana serta bangunan lainnya, maupun jangka panjang yang berupa terganggunya roda perekonomian akibat trauma maupun kerusakan sumber daya alam lainnya (Dirjen Pesisir dan Pulau-pulau Kecil dalam dokumen pedoman mitigasi bencana alam di wilayah pesisir dan pulau-pulau kecil, 2004).

Menurut Perka BPBD No 2 Tahun 2012, analisa kerentanan tersebut didasarkan beberapa aspek, antara lain tingkat kepadatan pemukiman di daerah rawan *tsunami*, tingkat ketergantungan perekonomian masyarakat

pada sektor kelautan, keterbatasan akses transportasi untuk evakuasi maupun penyelamatan serta keterbatasan akses komunikasi. Komposisi usia masyarakat yang banyak anak-anak dan usia lanjut serta rendahnya tingkat pendidikan dalam kaitannya dengan rendahnya tingkat pemahaman masyarakat tentang mitigasi bencana *tsunami* juga dapat meningkatkan kerentanan terhadap bencana *tsunami*.

### 3. Analisis Risiko Bencana (*Risk*)

Risiko bencana adalah fungsi gabungan dari bahaya alami dan sejumlah masyarakat dengan variasi karakteristik derajat kerentanannya masing-masing terhadap suatu bahaya tertentu, yang menempati ruang dan waktu saat bahaya terjadi. (Wisner et al, 2004). Terdapat tiga unsur yang saling mempengaruhi dan berhubungan satu sama lain terkait dengan *Pressure and Release Modeling* yang dikemukakan oleh Wisner et al (2004) yaitu: Risiko bencana (*Risk*), kerentanan (*Vulnerability*) dan bahaya (*Hazard*), yang secara skematis dituliskan sebagai berikut:

$$R = H \times V$$

#### Mitigasi Bencana *Tsunami*

Adapun menurut pedoman mitigasi bencana alam di wilayah pesisir dan pulau-pulau kecil (2004), upaya mitigasi bencana *Tsunami* terbagi menjadi dua yaitu sebagai berikut:

#### 1. Upaya Mitigasi Bencana *Tsunami* Struktural

Upaya struktural dalam menangani masalah bencana *tsunami* adalah upaya teknis yang bertujuan untuk meredam/mengurangi energi gelombang *tsunami* yang menjalar ke kawasan pantai. Mengingat *tsunami* menjalar secara frontal dengan arah tegak lurus terhadap bidang subduksi, sedangkan secara garis besar teluk-teluk dan pelabuhan-pelabuhan yang potensial terhadap bahaya *tsunami* (yaitu yang mengandung langsung ke zona subduksi) dapat ditetapkan, dan trayek penjalaran *tsunami* ke teluk-teluk atau pelabuhan-pelabuhan tersebut dapat diperkirakan. Berdasarkan pemahaman atas mekanisme terjadinya *tsunami*, karakteristik gelombang *tsunami*, inventarisasi dan identifikasi kerusakan struktur bangunan, maka upaya struktural tersebut dapat dibedakan menjadi 2 (dua) kelompok, yaitu:

- Alami, seperti penanaman *green belt* (hutan pantai atau mangrove), di sepanjang kawasan pantai dan perlindungan terumbu

karang. Terkait dengan jenis vegetasi dan sebagainya, lebih rinci akan dijelaskan pada pembahasan selanjutnya mengenai kawasan pesisir pantai di bagian mengenai ekosistem mangrove.

- Buatan,
  - a) pembangunan *breakwater*, *seawall*, pemecah gelombang sejajar pantai untuk menahan *tsunami*,
  - b) memperkuat desain bangunan serta infrastruktur lainnya dengan kaidah teknik bangunan tahan bencana *tsunami* dan tata ruang akrab bencana, dengan mengembangkan beberapa insentif, antara lain:
    - *Retrofitting*: agar kondisi bangunan permukiman memenuhi kaidah teknik bangunan tahan *tsunami*,
    - Relokasi: salah satu aspek yang menyebabkan daerah rentan bencana adalah kepadatan permukiman yang cukup tinggi sehingga tidak ada ruang publik yang dapat dipergunakan untuk evakuasi serta terbatasnya mobilitas masyarakat. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah memindahkan sebagian pemukiman ke lokasi lain, dan menata kembali pemukiman yang ada yang mengacu kepada konsep kawasan permukiman yang akrab bencana.

## 2. Upaya Mitigasi Bencana *Tsunami* Non Struktural

Upaya non struktural merupakan upaya non teknis yang menyangkut penyesuaian dan pengaturan tentang kegiatan manusia agar sejalan dan sesuai dengan upaya mitigasi struktural maupun upaya lainnya. Upaya non structural tersebut meliputi antara lain :

- A. peraturan perundangan yang mengatur tentang bencana alam,
- B. kebijakan tentang tata guna lahan / tata ruang/ zonasi kawasan pantai yang aman bencana,
- C. kebijakan tentang standarisasi bangunan (pemukiman maupun bangunan lainnya) serta infrastruktur sarana dan prasarana,
- D. mikrozonasi daerah rawan bencana dalam skala lokal,
- E. pembuatan Peta Potensi Bencana *Tsunami*, Peta Tingkat Kerentanan dan Peta Tingkat Ketahanan, sehingga dapat didesain kompleks pemukiman “akrab bencana” yang memperhatikan beberapa aspek :

- bangunan permukiman tahan terhadap bencana *tsunami*,
  - mobilitas dan akses masyarakat pada saat terjadi bencana,
  - ruang fasilitas umum untuk keperluan evakuasi, dan
  - aspek sosial ekonomi masyarakat yang sebagian besar kegiatan perekonomiannya tergantung pada hasil dan budidaya kawasan pantai.
- F. kebijakan tentang eksplorasi dan kegiatan perekonomian masyarakat kawasan pantai,
  - G. pelatihan dan simulasi mitigasi bencana *tsunami*,
  - H. penyuluhan dan sosialisasi upaya mitigasi bencana *tsunami*, dan
  - I. pengembangan sistem peringatan dini adanya bahaya *tsunami*.

## METODOLOGI

Penelitian ini akan dilaksanakan di Kabupaten Bolaang Mongondow Selatan, Kecamatan Bolaang Uki dengan batasan wilayah sepanjang pesisir pantai Molibagu yang mencakup beberapa desa (Molibagu, Toluaya, Soguo, Salongo, Salongo Barat, Popodu, Sondana, Pintadia, Tolondadu Induk, Tolondadu I, Tolondadu II dan Tabila'a), dengan letak geografis yang berada di 123°58'30"-124 °3'0" BT dan 0°22'30"- 0°24'0" LU.

Teknik pengumpulan data yang digunakan yaitu Studi Pustaka, Wawancara dan Observasi/Pengamatan. Adapun teknik pengolahan data yang digunakan ialah teknik pengolahan data spasial dengan aplikasi System Informasi Geografi (ArcGIS 10.1). Dua model data yang menggambarkan data spasial di dalam GIS, yaitu vektor dan raster.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode analisis deskriptif dan metode analisis evaluatif. Metode analisis tersebut kemudian dijelaskan dengan menggunakan berbagai macam formula solutif yang mengacu pada tujuan akhir dari penelitian ini. Menurut Dara Zayyana (2014, dalam kajian kembali terhadap resiko *tsunami* di Banda Aceh), menjelaskan bahwa untuk mencapai kajian tentang resiko bencana, kita membutuhkan data yang diinterpretasikan dalam formula mengenai analisis bahaya *tsunami* dan analisis kerentanan *tsunami*, yaitu sebagai berikut:

### a. Analisis Bahaya *Tsunami* (Hazard)

Menggunakan parameter klasifikasi ketinggian tempat, klasifikasi jarak dari pantai dan kelerengan pantai. Sehingga kemudian seluruh layer kerja di *overlay* menjadi satu, dan membuat suatu *field* baru dengan formula seperti dibawah. Setelah itu mengklasifikasikan kelas bahaya menjadi dua kelas, yaitu tinggi dan rendah.

$$H = (\text{Ketinggian} \times 50) + (\text{Jarak dari Pantai} \times 30) + (\text{Kelerengan} \times 20)$$

Adapun cara untuk memperoleh nilai masing-masing indikator pada formula di atas adalah dengan cara menggunakan *spatial analyst tools* dalam ArcGIS 10.1.

**b. Analisis Kerentanan (Vulnerability)**

Analisis kerentanan menggambarkan aset-aset yang terekspos oleh bencana *tsunami* termasuk kehidupan manusia (Kerentanan sosial), wilayah ekonomi, struktur fisik dan wilayah ekologi. Analisis kerentanan kemudian dibagi kedalam tiga kelas, yaitu tinggi, sedang, dan rendah. Output dari analisis ini adalah peta tingkat kerentanan daerah penelitian.

Menurut Peraturan Kepala Badan Nasional Penanggulangan Bencana No 2 Tahun 2012 tentang Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana, analisis mengenai kerentanan terbagi menjadi empat unsur pembahasan, yaitu:

- **Kerentanan Sosial**, indikator yang digunakan yaitu kepadatan penduduk, rasio jenis kelamin, rasio orang cacat, rasio kemiskinan dan rasio kelompok umur. Indeks kerentanan sosial diperoleh dari rata-rata bobot kepadatan penduduk (60%) dan kelompok rentan (40%). Parameter konveksi indeks dan persamaannya ditunjukkan pada tabel dibawah ini.

*Sumber: Perka Badan Nasional Penanggulangan Bencana, No 2 Tahun 2012*

Karena keterbatasan data yang ada di wilayah penelitian mengenai rasio orang cacat, maka peneliti membatasi indikator kerentanan sosial pada kepadatan penduduk, rasio jenis kelamin, rasio kemiskinan, dan rasio kelompok umur yang masing-masing dengan nilai perkaliannya sedangkan rasio orang cacat dikalikan nol.

- **Kerentanan Ekonomi**, hal-hal yang mempengaruhi kerentanan ekonomi yaitu PDRB per sektor dan penggunaan lahan (kawasan budidaya). Indikator yang digunakan untuk kerentanan ekonomi sesuai Peraturan Kelapa BNPB No 2 tahun 2012 yaitu luas lahan produktif dalam rupiah (sawah, perkebunan, lahan pertanian dan tambak) dan hitungan PDRB per sektor. Oleh karena kurang adanya *update* data yang ada di wilayah penelitian, maka peneliti membatasi kerentanan ekonomi hanya pada perhitungan luas lahan produktif yang dikonversi ke dalam rupiah dan menghapuskan nilai perhitungan dari PDRB per sektor.

Parameter	Bobot (%)	Kelas			Skor
		Rendah	Sedang	Tinggi	
Lahan Produktif	60	<50 jt	50-200 jt	>200 jt	Kelas/Nilai Max Kelas
PDRB	40	<100jt	100-300 jt	>300 jt	

$$\text{Kerentanan Ekonomi} = (0.6 * \text{skor lahan produktif}) + (0.4 \text{ skor PDRB})$$

*Sumber: Perka Badan Nasional Penanggulangan Bencana, No 2 Tahun 2012*

Pada hasil akhir dari perhitungan kerentanan ekonomi, 0.4 skor dari PDRB di kalikan dengan 0, karena tidak disertakannya nilai dari PDRB. Karena keterbatasan data yang ada di wilayah penelitian mengenai rasio orang cacat, maka peneliti membatasi indikator kerentanan sosial pada kepadatan penduduk, rasio jenis kelamin, rasio kemiskinan, dan rasio kelompok umur yang masing-masing dengan nilai perkaliannya sedangkan rasio orang cacat dikalikan nol.

- **Kerentanan Fisik**, dipengaruhi oleh kerentanan bangunan dan kerentanan prasarana. Indikator yang digunakan untuk kerentanan fisik adalah kepadatan rumah (permanen, semi permanen, dan non permanen), ketersediaan bangunan atau fasilitas umum dan ketersediaan fasilitas kritis. Kepadatan rumah diperoleh dengan membagi mereka atas area terbangun dan dibagi berdasarkan wilayah (dalam Ha) dan

Parameter	Bobot (%)	Kelas			Skor
		Rendah	Sedang	Tinggi	
Kepadatan Penduduk	60	<500 jiwa/k m <sup>2</sup>	500-1000 jiwa/km <sup>2</sup>	>1000 jiwa/k m <sup>2</sup>	Kelas/Nilai Max Kelas
Rasio jenis Kelamin	10	<20%	20-40%	>40%	
Rasio Kemiskinan	10				
Rasio Orang Cacat	10				
Rasio Kelompok Umur	10				

$$\text{Kerentanan Sosial} = (0.6 * \text{kepadatan penduduk}) + (0.1 * \text{rasio jenis kelamin}) + (0.1 * \text{rasio jenis kemiskinan}) + (0.1 * \text{rasio orang cacat}) + (0.1 * \text{rasio kelompok umur})$$

dikalikan dengan harga satuan dari masing-masing parameter.

Parameter	Bobot (%)	Kelas			Skor
		Rendah	Sedang	Tinggi	
Rumah	40	<400 jt	400-800 jt	>800 jt	Kelas/Nilai Max Kelas
Fasilitas Umum	30	<500 jt	500jt-1M	>1 M	
Fasilitas Kritis	30	<500 jt	500jt-1M	>1 M	
<b>Kerentanan Fisik</b> = (0.4*Skor Rumah) + (0.3*Skor Fasilitas Umum) + (0.3*Skor Fasilitas Kritis)					

Sumber: Perka Badan Nasional Penanggulangan Bencana, No 2 Tahun 2012

- **Kerentanan Ekologi/Lingkungan**, Indikator yang digunakan adalah penutupan lahan (hutan lindung, hutan alam, dan hutan bakau/mangrove).

Parameter	Bobot (%)	Kelas			Skor
		Rendah	Sedang	Tinggi	
Hutan Lindung	30	<20 ha	20-50 ha	>50 ha	Kelas/Nilai Max Kelas
Hutan Alam	30	<25 ha	25-75 ha	>75 ha	
Hutan Mangrove	40	<10 ha	10-30 ha	>30 ha	
<b>Kerentanan Lingkungan</b> = (0.3*Skor Hutan Lindung) + (0.3*Skor Hutan Alam) + (0.3*Skor Hutan Mangrove)					

Sumber: Perka Badan Nasional Penanggulangan Bencana, No 2 Tahun 2012

Akhirnya semua kerentanan adalah hasil dari produk kerentanan sosial, ekonomi, fisik dan lingkungan dengan faktor-faktor pembobotan yang berbeda-beda. Sesuai Perka BNPB No.2 Tahun 2012, secara umum untuk mendapatkan nilai kerentanan tsunami di wilayah pesisir pantai Molibagu, maka seluruh indikator kerentanan akan digabungkan dalam suatu formula perhitungan, sebagai berikut:

$$\text{Kerentanan Tsunami} = (0.4 * \text{Skor Kerentanan Sosial}) + (0.25 * \text{Skor Kerentanan Ekonomi}) + (0.25 * \text{Skor Kerentanan Fisik}) + (0.1 * \text{Skor Kerentanan Lingkungan})$$

### c. Analisis Risiko (Risk)

Setelah menentukan analisis bahaya dan analisis kerentanan, maka akan kita dapatkan suatu kajian mengenai analisis risiko bencana dengan cara *overlay* kedua analisis tersebut, dan menggunakan tiga klasifikasi kelas risiko yaitu tinggi, sedang dan rendah. Dengan menggunakan *Pressure and Release Modeling* yang dikemukakan oleh Wisner et al (2004), maka analisis risiko dapat dituliskan dengan formula sebagai berikut:

$$\text{Risiko (R)} = \text{Bahaya (H)} \times \text{Kerentanan (V)}$$

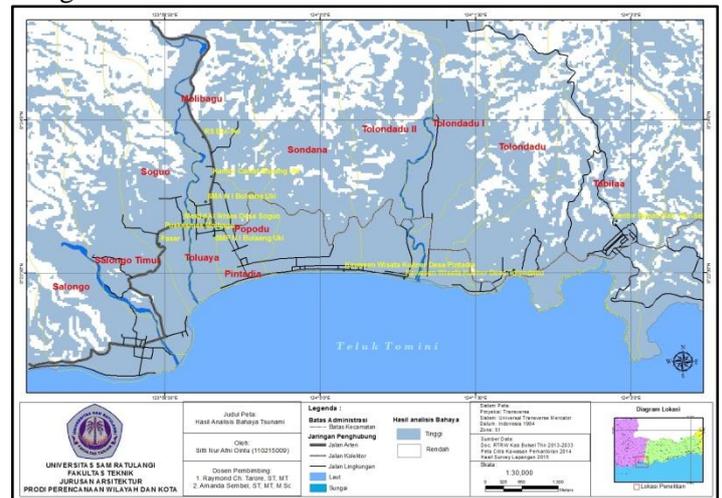
Dengan menggunakan pilihan klasifikasi kelas Natural Breaks dalam GIS 10.1, maka peneliti akan mengklasifikasikannya dalam 3 kelas risiko yaitu tinggi, rendah dan sedang, dan menampilkan keseluruhan prosos analisis melalui peta.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil penelitian, maka didapatkan pengkelasan dari bahaya, kerentanan dan risiko bencana tsunami yang terdapat di pesisir pantai molibagu yaitu sebagai berikut:

### Analisis Bahaya Tsunami

Berdasarkan formula matematis yang telah diuraikan pada bagian metodologi penelitian mengenai analisis bahaya, maka pengkelasan bahaya tsunami di wilayah penelitian terbagi menjadi dua, yaitu tinggi dan rendah yang secara visual ditunjukkan pada peta sebagai berikut:



Dari peta tersebut menunjukkan bahwa dua desa di pesisir pantai Molibagu 100% dari luas wilayahnya terkena dampak dari bahaya tsunami kategori tinggi yaitu Desa Pintadia dan Desa Toluaya.

### Analisis Kerentanan Tsunami

#### 1. Kerentanan Sosial

Hasil dari akumulasi formula matematis dalam kerentanan social menggunakan beberapa indicator seperti yang sudah dijelaskan dalam metodologi penelitian menghasilkan nilai sebagai berikut:

No	Nama Desa	Nilai Kerentanan
1	Molibagu	256.49
2	Pintadia	1361.17
3	Popodu	874.24
4	Salongo	106.25
5	Salongo Timur	67.71
6	Soguo	155.82
7	Sondana	122.68
8	Tabilaa	88.78
9	Tolondadu	143.66
10	Tolondadu I	192.99
11	Tolondadu II	118.47
12	Toluaya	709.66

### 2. Kerentanan Ekonomi

Hasil dari akumulasi formula matematis dalam kerentanan ekonomi menggunakan beberapa indicator seperti yang sudah dijelaskan dalam metodologi penelitian menghasilkan nilai sebagai berikut:

No	Nama Desa	Nilai Kerentanan
1	Molibagu	0.6
2	Pintadia	0.6
3	Popodu	0.6
4	Salongo	0.6
5	Salongo Timur	0.6
6	Soguo	0.6
7	Sondana	0.6
8	Tabilaa	0.6
9	Tolondadu	0.6
10	Tolondadu I	0.6
11	Tolondadu II	0.6
12	Toluaya	0.6

### 3. Kerentanan Fisik

Hasil dari akumulasi formula matematis dalam kerentanan Fisik menggunakan beberapa indicator seperti yang sudah dijelaskan dalam metodologi penelitian menghasilkan nilai sebagai berikut:

No	Nama Desa	Nilai Kerentanan
1	Molibagu	0.90
2	Pintadia	0.70
3	Popodu	0.90
4	Salongo	0.90
5	Salongo Timur	0.57
6	Soguo	0.80
7	Sondana	0.80
8	Tabilaa	0.90
9	Tolondadu	0.90
10	Tolondadu I	0.80
11	Tolondadu II	0.80
12	Toluaya	0.90

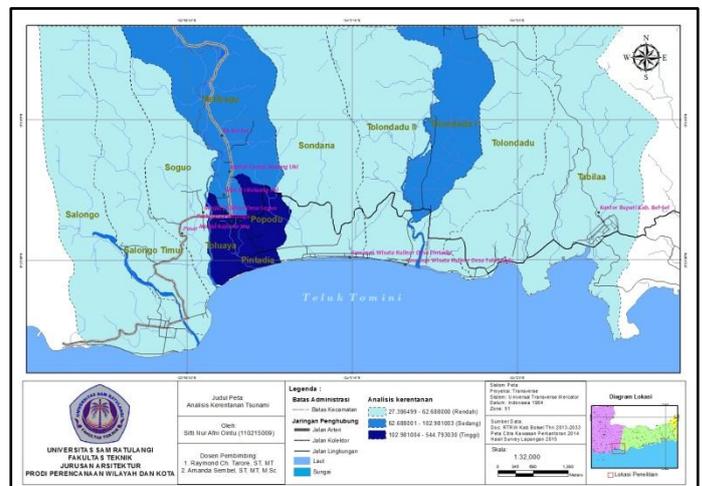
### 4. Kerentanan Lingkungan

Hasil dari akumulasi formula matematis dalam kerentanan lingkungan menggunakan beberapa indicator seperti yang sudah dijelaskan dalam metodologi penelitian menghasilkan nilai sebagai berikut:

No	Nama Desa	Nilai Kerentanan
1	Molibagu	0.0999
2	Pintadia	0
3	Popodu	0
4	Salongo	0.3
5	Salongo Timur	0.0999
6	Soguo	0.0999
7	Sondana	0
8	Tabilaa	0.3667
9	Tolondadu	0.0999
10	Tolondadu I	0.0999
11	Tolondadu II	0
12	Toluaya	0

Tidak adanya nilai merupakan salah-satu factor dari tidak adanya indicator pendukung kerentanan secara umum maupun lingkungan secara khusus di daerah tersebut.

Setelah mendapatkan nilai dari masing-masing indikator kerentanan, maka peneliti akan mengaplikasikannya pada persamaan rumus untuk mendapatkan nilai kerentanan tsunami keseluruhan (uraian rumus dalam metodologi penelitian), dan membaginya dalam tiga kelas kerentanan (tinggi, sedang, rendah). Kemudian, secara visualisasi ditunjukkan pada peta sebagai berikut:



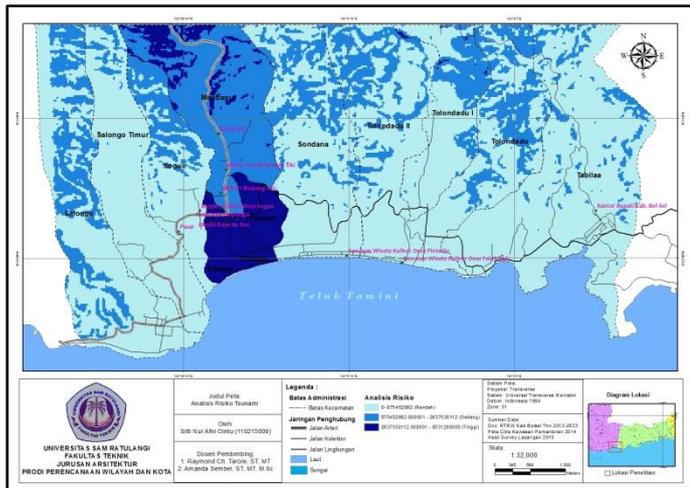
Peta tersebut menunjukkan ada tiga desa yang memiliki tingkat kerentanan tinggi yaitu Desa Popodu, Desa Toluaya dan Desa Pintadia.

## Analisis Risiko *Tsunami*

Analisis risiko diperoleh dari perkalian Field antara analisis bahaya dan analisis kerentanan dalam aplikasi ArcGis 10.1 dengan formula sebagai berikut:

$$\text{Risiko (R)} = \text{Bahaya (H)} \times \text{Kerentanan (V)}$$

Seyogyanya semua kawasan pada pesisir pantai Molibagu memiliki risiko terhadap bencana *tsunami*, hanya saja di bagi kedalam beberapa kelas klasifikasi risiko sebagai bentuk akumulasi indikator-indikator yang ada pada analisis bahaya dan analisis kerentanan. Berikut merupakan penjelasan secara visual hasil dari akumulasi tersebut dalam peta di bawah ini.



Peta tersebut menunjukkan bahwa desa yang paling tinggi terkena risiko *tsunami* di tinjau dari aspek bahaya *tsunami* dan kerentanan adalah Molibagu, Pintadia, Popodu dan Toluaya.

## Mitigasi Bencana *Tsunami*

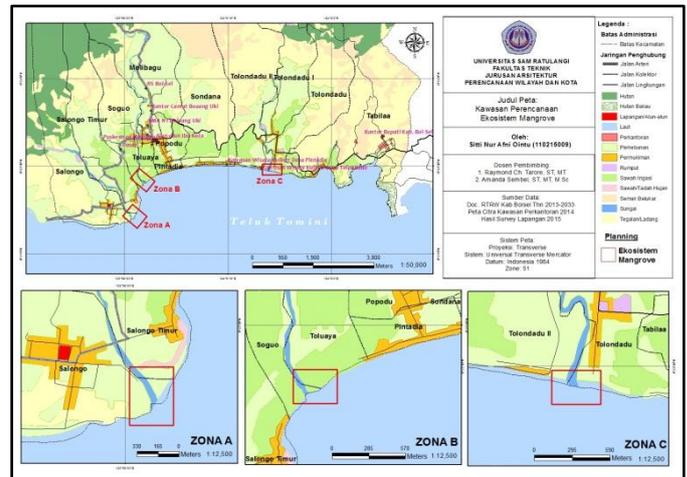
### 1. Mitigasi Secara Struktural

#### Alami

Adanya jalur hijau sebagai pengurangan dampak energy gelombang pasang yang dihasilkan oleh *tsunami* dan arus balik ketika masuk ke area pantai yang mempertimbangkan faktor estetika, sehingga membuat kawasan pantai terlihat lebih rapi serta menarik dan dapat direkomendasikan sebagai kawasan wisata, sesuai dengan ketentuan lebar jalur hijau pada kajian teori yaitu 30 meter, berikut merupakan peta serta gambaran mengenai kondisi kawasan perencanaan jalur hijau, yaitu:

Dari peta tersebut, tampak pengukuran tiga titik luasan dari kawasan perencanaan jalur hijau yaitu 92 meter, 123 meter dan 124 meter, dengan luasan tersebut menunjukkan bahwa secara fisik kawasan ini cenderung dapat direkomendasikan untuk jalur hijau agar dapat melindungi permukiman yang ada di bagian kawasan tersebut.

Sesuai dengan survey lokasi yang dilakukan, terdapat tiga zona yang direkomendasikan sebagai kawasan mangrove pada muara-muara sungai yang ada di kawasan penelitian. Dengan ketentuan tebal hutan 200 meter, kerapatan 30 pohon per 100 m<sup>2</sup>, dan diameter pohon 15 cm dapat meredam 50 % energi *tsunami* dengan tinggi gelombang datang (run up) 3 m. Sedangkan kawasan mangrove yang sudah ada tetap dipertahankan sebagai kawasan hutan mangrove dengan luasan yang lebih besar lagi.



## Buatan

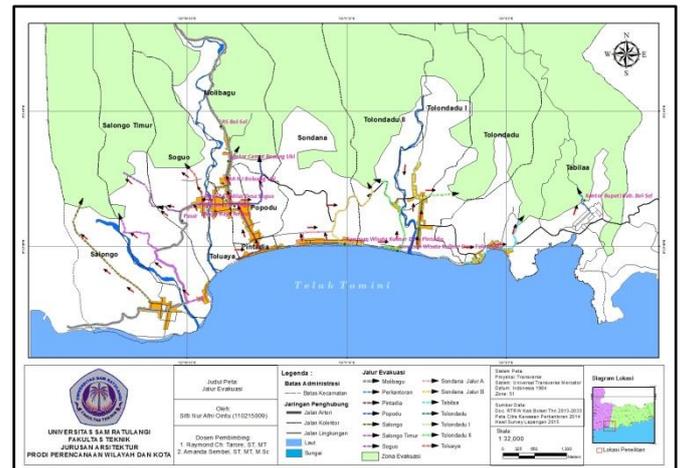
1. Tidak memusatkan pertumbuhan hanya pada satu titik kawasan, mengingat kawasan ini sebagai kawasan ibu kota kabupaten bolaang mongondow selatan, karena akan menyebabkan pemusatan kegiatan masyarakat dan kelak akan memicu tingginya kepadatan penduduk disekitar kawasan ibukota, sehingga dapat membuat mobilitas saat waktu evakuasi menjadi terhambat.
2. Pembuatan jalur evakuasi. Dengan mempertimbangkan estimasi waktu yang dibutuhkan pejalan kaki maupun menggunakan kendaraan bermotor saat evakuasi, menurut Faisal Ashar dan Oktaviani (2012), sebagai berikut:

Kendaraan Bermotor, 1 km (1000 m) = 3 menit
Jalan kaki, 1 km (1000 m) = 5 menit

Berdasarkan pertimbangan estimasi waktu tersebut serta tinggi genangan 10 meter yang telah ditetapkan oleh BPBD Provinsi Sulawesi Utara untuk wilayah Kabupate Boang Mongondow Selatan dalam kurun waktu selama 100 tahun sekali, Maka dapat dirumuskan jalur penyelamatan dengan ketinggian diatas 10 Meter dan dibawah 20 menit capaian yaitu sebagai berikut:

No	Nama Jalur	Panjang Jalur Capaian (Meter)	Waktu Tempuh Berjalan Kaki (Menit)	Waktu Tempuh Motor (Menit)
1	Toluaya	1365	7	4
2	Molibagu	1253	6	4
3	Soguo	2178	11	7
4	Salongo Timur	3283	16	10
5	Salongo	3257	16	10
6	Pintadia	3064	15	9
7	Popodu	1968	10	6
8	Sondana Jalur A	2589	13	8
9	Sondana Jalur B	2672	13	8
10	Tolondadu II	2266	11	7
11	Tolondadu	1816	9	5
12	Tolondadu I	1697	8	5
13	Tabilaa	1931	10	6
14	Perkantoran	621	3	2

Data tersebut menunjukkan bahwa rata-rata waktu tempuh masyarakat yang ada di pesisir pantai Molibagu terhadap zona evakuasi kurang dari 20 menit, dengan jarak capaian zona evakuasi kurang dari 3.3 Km.



## 2. Mitigasi Secara Non Struktural

Berikut merupakan rumusan peneliti terkait dengan mitigasi non struktural yang kiranya dapat dipertimbangkan untuk kawasan pesisir pantai Molibagu ialah:

- a. Adanya kajian di daerah yang merumuskan perda mengatur tentang mitigasi bencana alam secara umum dan mitigasi bencana *tsunami* secara khusus. Misalnya, kebijakan tentang tata guna lahan / tata ruang/ zonasi kawasan pantai yang aman bencana, serta kebijakan tentang standarisasi bangunan (pemukiman maupun bangunan lainnya) serta infrastruktur sarana dan prasarana yang tahan terhadap bencana.
- b. pembuatan Peta Potensi Bencana *Tsunami*, Peta Tingkat Kerentanan dan Peta Tingkat Ketahanan, sehingga dapat didesain kompleks pemukiman “akrab bencana” di pesisir pantai Molibagu yang memperhatikan beberapa aspek :
  - Bangunan permukiman tahan terhadap bencana *tsunami*,
  - Mobilitas dan akses masyarakat pada saat terjadi bencana,
  - Ruang fasilitas umum untuk keperluan evakuasi, dan
  - Aspek sosial ekonomi masyarakat yang sebagian besar kegiatan perekonomiannya tergantung pada hasil dan budidaya kawasan pantai.
- c. pelatihan dan simulasi mitigasi bencana *tsunami* yang harus dilakukan oleh pemerintah ataupun pihak akademisi diawali dengan bentuk sosialisasi mengenai kesiap-siagaan masyarakat pesisir pantai Molibagu terhadap bencana *tsunami*.
- d. pengembangan sistem peringatan dini adanya bahaya *tsunami* dengan salah-satu cara penyebaran informasi menggunakan

alat komunikasi yang terhubung setiap saat dan terintegrasi sedini mungkin.

### KESIMPULAN

Dari berbagai pembahasan dan analisis yang telah dijabarkan pada bab-bab sebelumnya, maka dapat disimpulkan beberapa poin penting yaitu sebagai berikut:

1. Tingkat bahaya yang tinggi ada di Desa Pintadia, Toluaya dan Popodu yang hampir keseluruhan wilayahnya terendam genangan *tsunami*.
2. Analisis kerentanan terdiri dari kerentanan social, ekonomi, fisik, dan ekologi. Akumulasi keseluruhan menunjukkan bahwa Desa Pintadia, Toluaya dan Popodu merupakan desa dengan kerentanan yang tinggi, serta Desa Tolondadu I dan Molibagu merupakan desa dengan kerentanan sedang dan desa yang lainnya dengan tingkat kerentanan rendah.
3. Seluruh kawasan pesisir pantai Molibagu berpotensi/beresiko terkena dampak bencana *tsunami* dengan tingkat klasifikasi kelas sesuai *overlay* (tumpang tindih) analisis, antara analisis bahaya dan analisis kerentanan (berdasarkan berbagai indicator di masing-masing analisis) yang dirangkum dalam analisis risiko yaitu: (a). Kelas Risiko Tinggi ada di Desa Toluaya, Pintadia dan Popodu; (b). Kelas Risiko Sedang ada di Desa Molibagu dan; (c). Kelas Risiko Rendah ada di Desa Tabilaa, Salongo, Salongo Timur, Soguo, Sondana, Tolondadu, Tolndadu I dan Tolondadu II.
4. Rencana mitigasi untuk bencana *tsunami* di kawasan pesisir pantai terbagi kedalam dua poin besar, ialah:
  - a) Upaya mitigasi struktural yang menjelaskan mengenai permodelan jalur hijau (terdapat satu zona perencanaan jalur hijau) dan ekosistem mangrove (terdapat tiga zona perencanaan kawasan ekosistem mangrove), pertimbangan pemusatan kegiatan masyarakat untuk mobilitas evakuasi, dan perencanaan jalur evakuasi ke beberapa zona aman dengan ketinggian tempat di atas 10 meter dan jarak capaian kurang dari 3.3 menit;

- b) Upaya mitigasi non struktural, terkait dengan kebijakan yang harus dipertimbangkan oleh pemerintah daerah mengenai pengurangan dampak bencana *tsunami* di kawasan pesisir pantai Molibagu.

### DAFTAR PUSTAKA

- Adisasmita, Rahardjo. 2006. *Pembangunan Kelautan dan Kewilayahan*. Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Ashar, Faisal dan Oktaviani. 2012. *Identifikasi Jalur-jalur Evakuasi Tsunami Kota Padang*. Jurnal Teknologi Informasi dan Pendidikan, Universitas Negeri Padang.
- Karminarsih, Emi. 2007. *Pemanfaatan Ekosistem Mangrove Bagi Minimasi Dampak Bencana di Wilayah Pesisir*. Jurnal Departemen Manajemen Hutan, IPB.
- Habibi, Marbruno dan Imam Buchori. 2013. *Skripsi Model Spasial Kerentanan Sosial Ekonomi dan Kelembagaan Terhadap Bencana Gunung Merapi*. Teknik PWK, Undip.
- Hery Purnobasuki, 2011. *Ancaman terhadap hutan mangrove di Indonesia dan langkah strategis pencegahannya*. Buletin PSL Universitas Surabaya 25: 3-6. ISSN: 1410-8704
- Indarto dan Arif Faisol. 2012. *Konsep Dasar Analisis Spasial*. Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Issabel, Paulla. 2008. *Thesis Kajian Pengembangan Pemanfaatan Kawasan Terbangun di Pesisir Kota Kupang*. Program Pascasarjana, Undip.
- Kodoatie, Robert., dan Roestam Sjarief, 2010. *Tata Ruang Air*. Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Laremba, Syamsul. 2014. *Skripsi Sebaran dan Kerapatan Mangrove di Teluk Kota Kendari Sulawesi Tenggara*. Prodi Ilmu Kelautan, Unhas.
- Mile, Yamin. 2007. *Pengembangan Species Tanaman Pantai Untuk Rehabilitasi Dan Perlindungan Kawasan Pantai Pasca Tsunami*. Balai Besar Penelitian Bioteknologi dan Pemuliaan Tanaman Hutan, Ciamis.
- Oktariado, Oki. 2009. *Penentuan Peringkat Bahaya Tsunami dengan Metode Analytical Hierarchy Process (Studi Kasus: Wilayah Pesisir Kabupaten Suka Bumi)*. Jurnal Geologi Indonesia. Pusat Lingkungan Geologi, Bandung.
- Oktiari, Dian dan Sudomo Manurung. *Unknown Model Geospasial Potensi Kerentanan Tsunami Kota*

- Padang. Jurnal Sub Bidang Mitigasi Gempa Bumi dan PT Exsa Internasional. BMKG.*
- Pratomo, Rahmat Aris dan Iwan Rudiarto. 2013. *Permodelan Tsunami dan Implikasinya Terhadap Mitigasi Bencana di Kota Palu.* Jurnal Pembangunan Wilayah dan Kota. Planologi Undip, Semarang.
- Suhandono, Septian. 2010. *Konsep Kearifan Lokal Pulau Simeulue untuk "Tsunami Early Warning System".* Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Tuwo, Ambo. 2011. *Pengelolaan Ekowisata Pesisir dan Laut.* Brilian Internasional, Surabaya.
- Wisner, Ben et al. 2004. *At Risk Natural Hazard, People's Vulnerability and Disaster Second Edition.* London: Routledge
- Zaiyana, Dara dan Imam Buchori. 2014. *Skripsi Kajian Kembali Terhadap Risiko Tsunami di Kota Banda Aceh.* Teknik PWK, Undip.

**Peraturan/Regulasi:**

- Undang-undang No 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana
- Peraturan Kepala BPBD No.2 Tahun 2012 tentang Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana.
- Dokumen *Tsunami early warning system Indonesia, 2012.* Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika.
- Permen Nomor 33 Tahun 2006

**Website:**

- Adnan P, Hendra Mokoagow. 2011. Profil Daerah Kabupaten Bolaang Mongondow Selatan. [terhubung berkala]. <http://www.bolsel.com/2011/05/kabupaten-bolaang-mongondow-selatan.html> [27 April 2015].