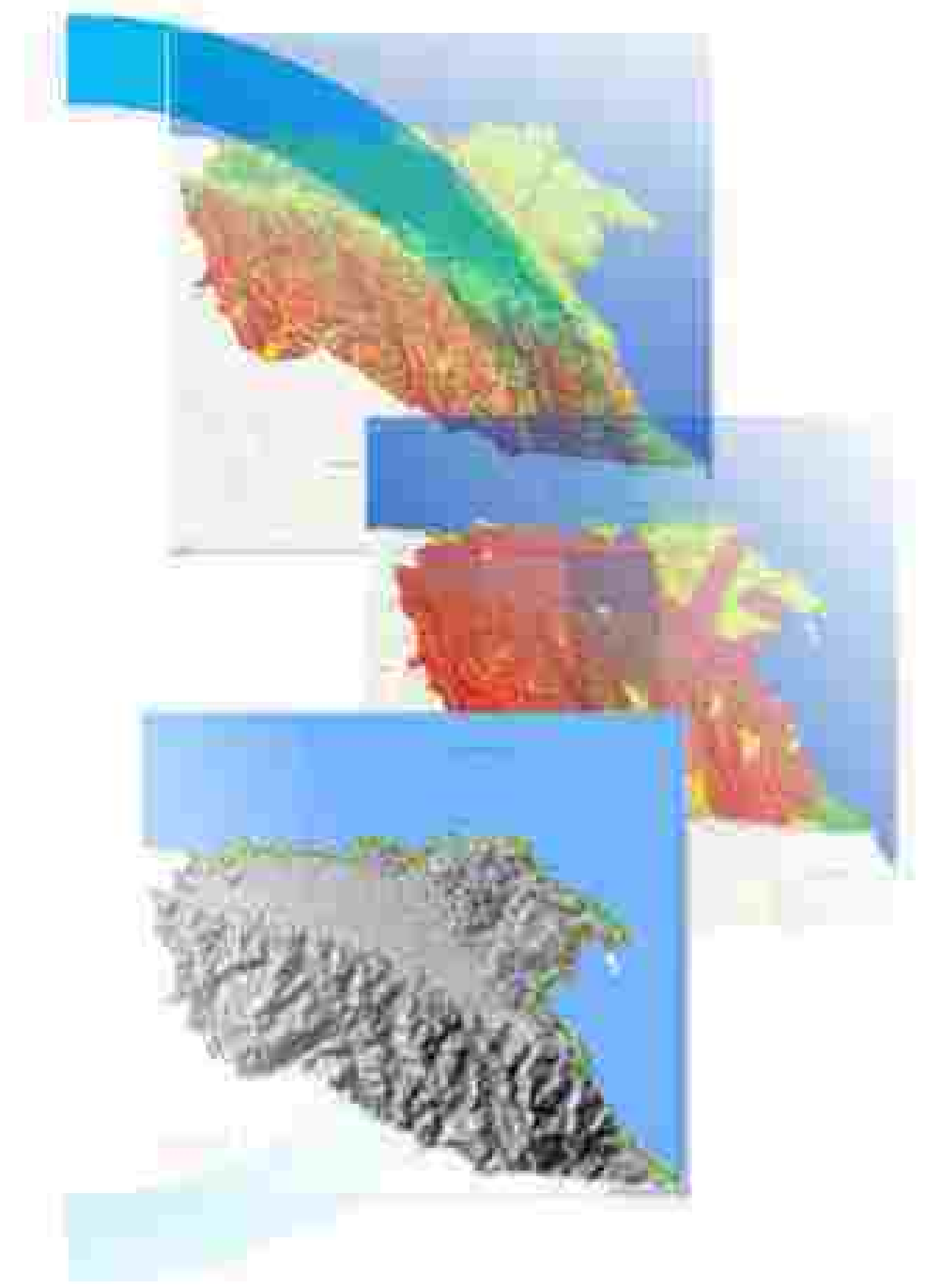


LAPORAN RESMI

**PEMETAAN WILAYAH BENCANA GEOLOGI
DI KABUPATEN MANOKWARI
PROVINSI PAPUA BARAT**

Manokwari, Desember 2013



KATA PENGANTAR

Puji syukur dipanjatkan kepada Tuhan Yang Maha Kuasa atas terlaksananya Kegiatan Pemetaan Wilayah Bencana Geologi di Kabupaten Mandowan dan penyelesaian laporan. Kegiatan ini merupakan kegiatan Dinas Energi dan Sumber Daya Mineral Provinsi Papua Barat Tahun Anggaran 2017 sebagai bentuk sumbangh pemetaan dan kajian terhadap fenomena kebencanaan yang semakin sering terjadi belakangan ini.

Pemetaan Wilayah Bencana Geologi di Kabupaten Mandowan merupakan salah satu kegiatan yang berguna dalam memberi informasi kegeologian khususnya bencana geologi (Gempabumi, Tsunami dan Gerakan Tanah/Longsor) sebagai acuan dan informasi perencanaan tata ruang dan mitigasi geologi di Kabupaten Mandowan Provinsi Papua Barat.

Pemetaan Wilayah Bencana Geologi Kabupaten Mandowan ini merupakan implementasi dan penerapan Undang-Undang No.27 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana dan Undang-Undang Nomor 24 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang yang mana potensi bencana geologi menjadi pertimbangan dalam setiap penataan ruang dan wilayah suatu daerah.

Kami juga mengucapkan terima kasih dan penghargaan kepada semua pihak yang telah mendukung dan membantu dalam penyelesaian pemetaan wilayah bencana geologi di Kabupaten Mandowan ini.

Desember 2017

Teri Perryasan

DAFTAR ISI

Cover	i
Kata Pengantar	ii
Daftar Isi	iii
Daftar Gambar	iv
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Dasar Hukum	3
1.3. Tujuan dan Sasaran	3
1.4. Ruang Lingkup Penelitian	4
1.5. Sumber Data	4
II. GAMBARAN UMUM WILAYAH	5
2.1. Keadaan Umum Kabupaten Mandikawan	6
2.1.1. Letak dan Luas Wilayah	6
2.1.2. Kependudukan	8
2.1.3. Topografi	8
2.1.4. Struktur Tanah	9
2.1.5. Hidrologi	11
2.2. Geologi Regional Kabupaten Mandikawan	8
2.2.1. Fisiografi Kabupaten Mandikawan	8
2.2.2. Stratigrafi Kabupaten Mandikawan	9
2.2.3. Profil Ancaman Gempa Bumi Kabupaten Mandikawan	13
2.2.4. Profil Ancaman Gempa Bumi Kabupaten Mandikawan	19
2.2.5. Profil Ancaman Gerakan Tanah di Mandikawan	25
III. TINJAUAN PUSTAKA	27
3.1. Bencana dan Ancaman Geologi	27
3.2. Gempa Bumi	28
3.2.1. Jenis-Jenis Gempa Bumi	28
3.2.2. Penyebab Terjadinya Gempa Bumi	30

3.3.	Tsunami	31
3.3.1.	Karakteristik Tsunami	32
3.3.2.	Penyebab Tsunami	34
3.3.3.	Klasifikasi Tsunami	35
3.3.4.	Analisis Ancaman Tsunami	37
3.4.	Ancaman Gerakan Tanah (Longsor)	43
3.4.1.	Definisi Gerakan Tanah (Longsor)	45
3.4.2.	Penyebab Gerakan Tanah (Longsor)	45
3.4.3.	Jenis-jenis Gerakan Tanah (Longsor)	47
3.4.4.	Bahaya Bencana Gerakan Tanah (Longsor)	48
3.4.5.	Pencegahan Gerakan Tanah (Longsor)	48
3.5.	Sistem Informasi Geografis (SIG)	48
IV.	METODE PENELITIAN	51
4.1.	Penentuan Parameter dan Analisis Gempa	51
4.2.	Penentuan Parameter dan Analisis Tsunami	54
4.3.	Penentuan Parameter dan Analisis Gerakan Tanah	61
V.	PEMBAHASAN	68
5.1.	Analisis Tingkat Ancaman Gempa Bumi	68
5.2.	Analisis Tingkat Ancaman Tsunami	78
5.3.	Analisis Tingkat Ancaman Gerakan Tanah	90
5.4.	Analisis Spasial Tingkat Bencana Geologi di Manohar	106
VI.	KESIMPULAN DAN REKOMENDASI	112
6.1.	Kesimpulan	112
6.2.	Rekomendasi	112
	DAFTAR PUSTAKA	113

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Peta Tektonik dan Sebaran Pusat Gempa bumi	1
Gambar 1.2	Tatanan tektonik dan kondisi geologi Papua	2
Gambar 2.1	Peta Administrasi Kabupaten Mandowari Prov. Papua Barat	5
Gambar 2.2	Peta Klimiringan Lereng Kabupaten Mandowari	7
Gambar 2.3	Peta Fisografi Regional Kabupaten Mandowari	8
Gambar 2.4	Stratigrafi Regional Kabupaten Mandowari	9
Gambar 2.5	Kenampakan Morfologi, Konfigurasi dan pola struktur	13
Gambar 2.6	Estimasi ketinggian tsunami di Papua bagian utara	21
Gambar 2.7	Zona Peruntaman New Guinea dan Mandowari Trough	24
Gambar 2.8	Konfigurasi struktur (Penampang) VII utara Mandowari	24
Gambar 2.9	Peta Gerakan Tanah di Kabupaten Mandowari	26
Gambar 3.1	Hubungan panjang, tinggi dan kecepatan tsunami di laut	33
Gambar 3.2	Proses terjadinya tsunami akibat gempa tektonik	35
Gambar 3.3	Sabuk gunungapi (line of fire) di daerah Pasifik	38
Gambar 3.4	Tinggi gelombang tsunami saat menasakid tekit	39
Gambar 3.5	Contoh kawasan pesisir yang menyetujui ptp pergal	41
Gambar 3.6	Perbandingan antara data raster dan data vektor	50
Gambar 4.1	Diagram Alir Penelitian Ancaman Gempa Bumi	53
Gambar 4.2	Diagram Alir Penelitian Ancaman Tsunami	55
Gambar 4.3	Diagram Alir Penelitian Ancaman Gerakan Tanah	62
Gambar 5.1	Peta Klimiringan Lereng perantau Gempa Bumi	68
Gambar 5.2	Peta Litologi perantau Gempa Bumi	71
Gambar 5.3	Peta Struktur geologi berdasarkan buffering Jarak dan sejar	73
Gambar 5.4	Peta sumber gempa bumi di mandowari dan sekitar	75
Gambar 5.5	Peta Intensitas gempa bumi (MMI) di Mandowari	76
Gambar 5.6	Peta Percepatan Tanah (Gal) di Mandowari	78
Gambar 5.7	Peta Kevantanam elevasi terhadap ancaman tsunami	82
Gambar 5.8	Peta Kelemtaran slope terhadap ancaman tsunami	84

Gambar 5.9	Peta Keresahan Tutupan lahan terhadap ancaman tsunami	86
Gambar 5.10	Peta Jarak dari Garis Pantai terhadap ancaman tsunami	92
Gambar 5.11	Peta Jarak dari Sungai terhadap ancaman tsunami	93
Gambar 5.12	Peta Morfologi Pantai terhadap ancaman tsunami	94
Gambar 5.13	Peta Ketinggian Lintang (SL) VIII Kabupaten Mandikawan	97
Gambar 5.14	Peta Klasifikasi batuan terhadap ancaman gerakan tanah	98
Gambar 5.15	Peta Kondisi Kepekaan tanah (permeabilitas)	99
Gambar 5.16	Peta curah hujan terhadap ancaman gerakan tanah	103
Gambar 5.17	Peta Tutupan lahan terhadap ancaman gerakan tanah	104
Gambar 5.18	Peta Tingkat Ancaman Gempa Bumi di Kab. Mandikawan	106
Gambar 5.19	Peta Tingkat Ancaman Tsunami di Kabupaten Mandikawan	109
Gambar 5.20	Peta Tingkat Ancaman Gerakan Tanah di Kab. Mandikawan	111

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara dengan potensi bencana geologi yang tinggi. Hal ini disebabkan posisi Indonesia berada tepat di antara pertemuan beberapa lempeng besar, yaitu Lempeng Eurasia, Lempeng Samudera Hindia-Australia, Lempeng Samudera Pasifik-Carolina dan Lempeng Lautan Filipina (Gambar 1). Interaksi pertemuan lempeng-lempeng tektonik ini menyebabkan terjadinya ancaman pergerakan lempeng yang berdampak terhadap terjadinya potensi bencana geologi seperti gempa bumi, tsunami, dan gerakan tanah (longsor) serta bencana lainnya.



Kabupaten Manokwari merupakan kabupaten yang terletak di antara interaksi pergerakan lempeng tektonik tersebut. Titikan tektonik yang dihasilkan dari interaksi pergerakan lempeng tersebut adalah terbentuknya Zona Patahan Mendatar Sorong, Zona Patahan Mendatar Ransiki, Zona Subduksi atau Palung Niri Gumes, Palung Manokwari (Manokwari Trough), Cekungan Manokwari (Manokwari Basin), Blok Arta (Artak Block), Blok Tambrau (Tambrau Block) dan Tenggus Kenun (Katum High) dengan intensitas rekahan yang tinggi. Lempeng Carolina-Pasifik relatif bergerak 10

menarah ke arah barat-baratdaya (Gambar 2). Terbentunya talaman tektonik dan kondisi geologi sebagai akibat interaksi lempeng menyebabkan Kapda Buring khususnya wilayah Manokwari berpotensi terhadap bencana geologi (gempa bumi, tsunami, gerakan tanah/longsor).



Gambar 1.2. Tatanan tektonik dan kondisi geologi Papua. Foligon merah menunjukkan Kabupaten Manokwari dan sekitarnya dengan tatanan tektonik dan struktur geologi yang kompleks (Sapik & Ciro, 2013).

Tatanan tektonik dan kondisi geologi Kabupaten Manokwari yang kompleks ini menjadi dasar dilakukan kajian dan pemetaan wilayah potensi bencana geologi guna diperoleh zonasi kerentanan bahaya atau ancaman atau bencana geologi yang akan diimplementasikan dalam perencanaan pengembangannya wilayah serta pembangunan di Kabupaten Manokwari secara khusus dan Provinsi Papua Barat secara luas.

1.2. Dasar Hukum

Adapun dasar hukum pelaksanaan kegiatan Pemetaan Kawasan Potensi Bencana Geologi di Kabupaten Manokwari adalah

- a. Undang-undang (UU) Nomor 24 Tahun 2007 Tentang Penanggulangan Bencana dan Undang – Undang Nomor 26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang. Pada UU Nomor 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana antara lain disebutkan bahwa salah satu kewajiban dari pada Pemerintah adalah menyediakan informasi kebencanaan yang ditayangkan dalam bentuk peta tematik ryan bencana. Sedangkan pada Undang – Undang Nomor 26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang disebutkan bahwa perencanaan penataan ruang di wilayah Negara Republik Indonesia harus memperimbangan parameter kebencanaan. Kedua UU tersebut berkaitan dengan Pemetaan Potensi Bencana Geologi.
- b. Undang-undang Nomor 21 Tahun 2001 tentang Otonomi Khusus bagi Provinsi Papua; sebagaimana telah diubah dengan UU Nomor 25 Tahun 2006 tentang Peraturan Pemerintah Pengganti UU Nomor 1 Tahun 2006 tentang perubahan atas UU Nomor 21 Tahun 2002 tentang Otonomi Khusus bagi Provinsi Papua Barat menjadi UU.
- c. Undang-undang Nomor 32 Tahun 2004 tentang Pemerintahan Daerah.
- d. Peraturan Pemerintah Nomor 25 Tahun 2000 tentang Kelembagaan Pemerintah dan Kelembagaan Provinsi sebagai Daerah Otonomi (LN Tahun 2000 Nomor 54, TLN Nomor 3952).
- e. Peraturan Pemerintah Nomor 21 Tahun 2008 Tentang penyelenggaraan Penanggulangan Bencana.
- f. Permenteri nomor 10 Tahun 2014 Tentang Pedoman Mitigasi Bencana Alam.

1.3. Tujuan dan Sasaran

Tujuan Penelitian Kawasan Potensi Bencana Geologi di Kabupaten Manokwari adalah untuk menentukan zona/ daerah rawan bencana geologi (gempa bumi, tsunami dan gerakan tanah/longsor) di kabupaten Manokwari.

Sasaran Penelitian ini adalah ketersediaan data zona/ bencana geologi (gempa bumi, tsunami dan gerakan tanah) Kabupaten Manokwari yang akan digunakan sebagai acuan SKPD ataupun instansi pemerintah, kolaborasi pendidikan, masyarakat dan dunia

usaha dalam mengambil kebijakan dan keputusan dan perencanaan wilayah terkait pengurangan risiko dan pembangunan di Kabupaten Manokwari.

1.4. Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian Pemetaan Kawasan Potensi Bencana Geologi di rencanakan untuk keseluruhan Wilayah Provinsi Papua Barat, namun pelaksanaannya dilakukan secara bertahap. Untuk tahap pertama di tahun anggaran 2017 ini dilaksanakan di Kabupaten Manokwari. Lingkup pekerjaan meliputi :

- Inventarisasi data-data sekunder dalam bentuk peta maupun laporan
- Pengamatan Lapangan
- Pembuatan peta dan penjelasan peta dalam laporan.

1.5. Sumber Dana

Sumber dana Penelitian adalah APBD Provinsi Papua Barat, tertuang dalam DPA SKPD Dinas ESDM Provinsi Papua Barat. Nomor DPA : 3.03-01-22-03-4-2.

II. Gambaran Umum Wilayah

2.1. Kondisi Umum Kabupaten Manokwari

2.1.1. Letak dan Luas Wilayah

Secara geografis, Kabupaten Manokwari terletak pada dasar di garis garis katulistiwa, antara 0° 14' S dan 130° 31' E. Batas-batas geografis Kabupaten Manokwari adalah sebagai berikut (Gambar 2.1):

1. Barat: Kabupaten Tambora
2. Utara: Samudera Pasifik
3. Timur: Samudera Pasifik
4. Selatan: Kabupaten Pegunungan Arfak dan Manokwari Selatan

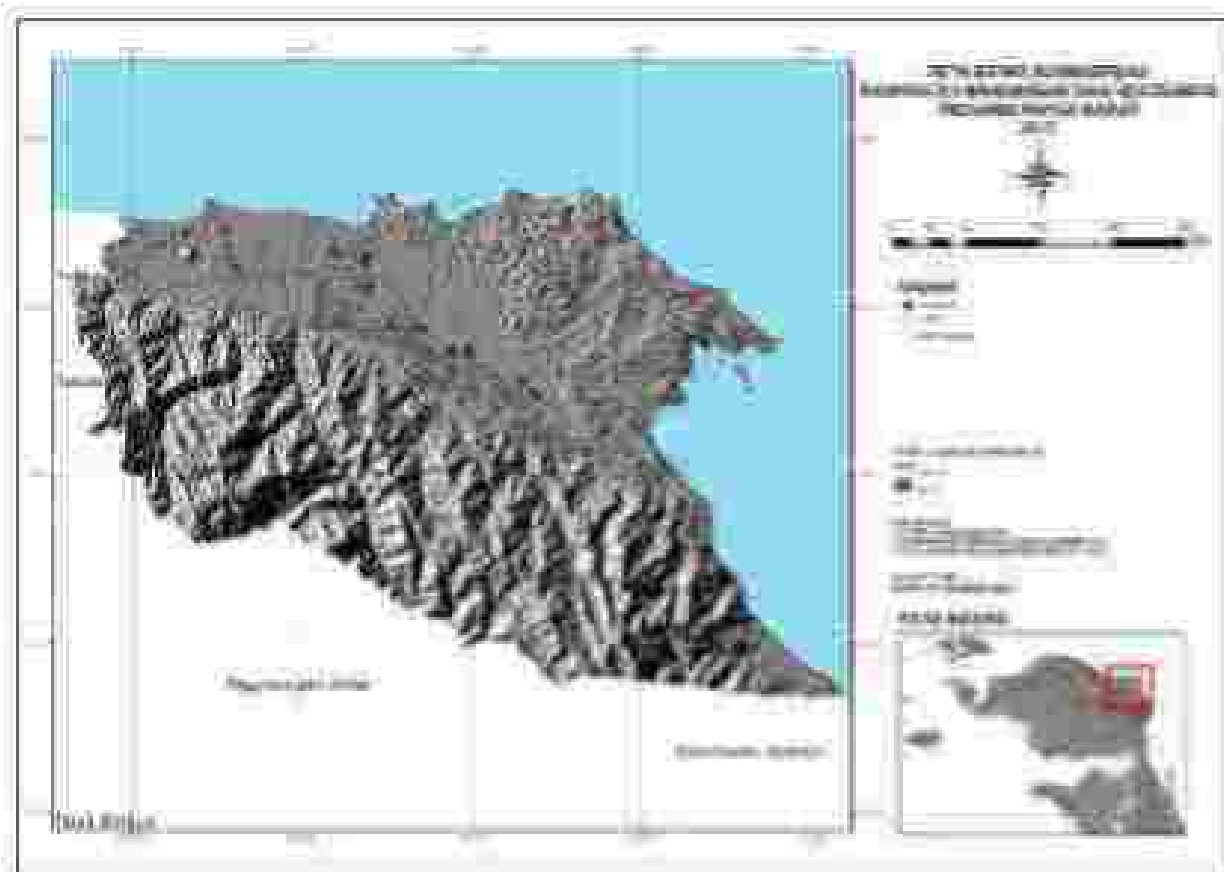
Luas Wilayah Kabupaten Manokwari semula 4.650,32 km², namun karena ada perpindahan beberapa kampung dan wilayah lain, maka luas wilayahnya menjadi 4.863,40 km² yang digunakan untuk perhitungan kepadatan penduduk real dan terbagi menjadi Sembilan distrik. Namun, terdapat perubahan administratif yaitu pedahinya 13 kampung yang dahulunya di Kabupaten Pegunungan Arfak kini menjadi bagian dari Distrik Marmare, Kabupaten Manokwari sehingga luas wilayah menjadi 4.863,40 km² (BPS, Kabupaten Manokwari dalam angka, 2017).

2.1.2. Kependudukan

Penduduk Kabupaten Manokwari berdasarkan hasil proyeksi penduduk tahun 2018 sebanyak 164.566 jiwa yang terdiri atas 97.330 jiwa penduduk laki-laki dan 77.236 jiwa penduduk perempuan. Dibandingkan dengan proyeksi jumlah penduduk tahun 2015, penduduk Kabupaten Manokwari mengalami pertumbuhan sebesar 5,32 persen. Sementara itu, besarnya angka rasio jenis kelamin tahun 2018 penduduk laki-laki terhadap penduduk perempuan sebesar 1,13.

Kepadatan penduduk Kabupaten Manokwari tahun 2018 mencapai 32 hingga 33 jiwa/km². Kepadatan Penduduk di 9 distrik cukup beragam dengan kepadatan penduduk tertinggi terletak di Distrik Manokwari Barat dengan kepadatan sebesar 364

hingga 365 jiwa/km² dan lerendah di Distrik Manokwari Utara dan Tanah Ruhu sebesar 3 hingga 4 jiwa/km².



Gambar 2.1: Peta Administrasi Kabupaten Manokwari Provinsi Papua Barat

2.1.3. Topografi

Kabupaten Manokwari memiliki topografi dari wilayah datar hingga bergelombang (bergurung). Hampir 1.446 Km² (3,8 persen) wilayahnya kemiringan 0 – 25 persen (datar), selebihnya (96,2 persen) wilayahnya memiliki kemiringan lebih dari 25 persen (bergelombang) (Gambar 2.2).

2.1.4. Struktur Tanah

Secara umum struktur tanah di Kabupaten Manokwari terdiri dari jenis alluvial (10,70 persen), mediterania (2,44 persen), podsoid merah kuning (10,41 persen), podsoid coklat kesuburan (7,57 persen), tanah dalam/complex of soil (49,21 persen), litosol (4,49 persen) dan organosol (7,17 persen). Sedangkan jenis tanah yang ada secara

umum terdiri dari tanah kapur kemasakan, tanah endapan aluvial dan tanah aluvial muda. Kedalaman efektif tanah secara umum di Kabupaten Mandauwa rata-rata diatas 25 cm. Kedalaman ini hampir merata diseluruh wilayah kecamatan kecuali di wilayah pegunungan kapur.



Gambar 2.2. Peta Kemiringan Lereng Kabupaten Mandauwa

2.1.6. Hidrologi

Kondisi hidrologi di Kabupaten Mandauwa dipengaruhi dalam pola aliran sungai. Sungai-sungai yang ada pada umumnya bermuara ke Samudera Pasifik, Teluk Cendawasi, Teluk Bintuni dan Teluk Wadamen. Sungai terpanjang adalah sungai Sebyar yang terdapat di Kecamatan Bintuni dan bermuara di Teluk Bintuni. Sungai-sungai besar yang ada sebagian besar dapat dimanfaatkan sebagai sarana transportasi air, misalnya di Kecamatan Bintuni dan Babo serta sebagian lagi digunakan sebagai sumber air bersih untuk kebutuhan hidup penduduk sehari-hari.

2.2. Geologi Regional Kabupaten Manokwari

2.2.1. Fisiografi Kabupaten Manokwari

Berdasarkan kerampakan morfologi, morfogenesis, kondisi geologi dan struktur geologi di daerah kajian dan sekitarnya maka fisiografi Kabupaten Manokwari dibagi menjadi beberapa bentuk fisiografi (Gambar 2.3) yaitu:

- 1) Pegunungan Tengah Kepala Burung (Blok Kemur)
- 2) Dataran Arfak atau Dataran Priak
- 3) Daerah Perbukitan Manokwari
- 4) Punggungan Batugamping (Marul Limestone)
- 5) Dataran Sungai dan Dataran Pantai
- 6) Terumbu Karang Terangkat dan Kompleks Pantai
- 7) Gunungapi Arfak (Sebelah Gunungapi)



Gambar 2.3. Fisiografi Regional Kabupaten Manokwari dan sekitarnya

A. Blok Kemum

Blok Kemum di daerah Mandayau tersusun dari beberapa formasi, antara lain:

1. Formasi Kemum (SKm)

Formasi Kemum didapatkan pada Zaman Devon–Silur dan terdiri dari litologi kuarsit, batuan metamorfisma derajat rendah, gamping, tuf, sekis dan andesit.

2. Granodiorit Wauk (Rv)

Granodiorit Wauk terdiri dari granodiorite biot, monoklinal feldspar dan paji, selenaat granit, pegmatite dan granodiorite apit. Granodiorit Wauk terbentuk pada Masa Mesozoikum Zaman Trias

3. Satuan Alluvium dan Endapan Litoral (Qa)

Satuan ini terdiri dari lumpur, pasir, kerikil berbatu silikasta maupun pampungan di daerahitoral. Terbenak pada Zaman Kuartar dan masih berlangsung hingga saat ini sebagai terbitan dari ingkolan maupun sedimen sungai dan pantai.

4. Endapan Undak Atunum (Qd)

Endapan ini terbentuk sebagai hasil pengendapan sedimentasi pada Blok atau Mandala Sistem Sesar Serong-Ranski dan tersusun atas lumpur, paji, kerikil, koral dan bangkai.

B. Blok Tambrau

Blok Tambrau di daerah Mandayau tersusun dari beberapa formasi, antara lain:

1. Formasi Tambrau (Jd)

Formasi Tambrau didapatkan pada Masa Mesozoikum sekitar Jura Tengah hingga Kapuk Atas. Litologi penyusun formasi ini adalah serpih, apatit, batubara, sekis, tuf, gamping, jering oraklingkemat dan kalsit.

2. Formasi Andesit Berangan (TOb)

Formasi ini berumur Kuartar yang terdiri dari totuan andesit.

C. Blok Arak

Blok Arak merupakan Blok atau Mandala Geologi Gunungapi Arak. Blok ini terdiri dari beberapa formasi, antara lain

- 1.3) **Batuan Gunungapi Andak (Tama)**
Batuan Gunungapi Andak tersusun dari material gunungapi seperti tufa, aglomerat, lava, breksi lava, lava dasar dan batugamping lumpuran. Komposisi Batuan Gunungapi Andak adalah andesit hingga basalt (intermedial-Basa). Diterobos oleh andesit dan basalt porfir beberapa magma dioksida dan gelas. Intensitas deformasi cukup kuat pada satuan ini dan ada beberapa ubahan terlihat seperti amfibol, epidot, kordit dan kalsit serta urat kordit dan epidot.
- 1.4) **Formasi Batugamping Maruni (Tama)**
Formasi ini tersusun oleh batupasir (siltolitik), batupasir gampingan, batulanau gampingan, sedikit konglomerat, jarang kalkarenit, umumnya berlapis baik, setempat sering silt dan sedikit berlapak lignit. Formasi ini tidak selaras di atas Batugamping Maruni.
Batugamping Maruni tersusun oleh blok-blok gamping-terumbu dengan sedikit kalkarenit berbutir halus dan napa. Formasi ini berbatasan dengan Sesar Ranvik dan tak selaras di bawah Formasi Befoor.
- 1.5) **Formasi Befoor (Tpi)**
Formasi ini tersusun atas batupasir kasar, batupasir gampingan, batulanau gampingan, sedikit konglomerat, jarang kalkarenit dan siltan lignit. Struktur sedimen yang berkembang adalah berlapis dan setempat sering silt. Formasi ini diendapkan pada lingkungan paparan laut dangkal hinggaitoral dan delta. Formasi ini diendapkan tidak selaras di atas Formasi Maruni.
- 1.6) **Formasi Manokwari (Qpm)**
Formasi Manokwari disusun oleh batugamping terumbu, karst, kalkarenit dan batupasir gampingan, konglomerat dan breksi. Formasi ini diendapkan sedata selaras dan tidak selaras di atas Formasi Befoor. Lingkungan pengendapan formasi ini adalah lingkungan laut dangkal hinggaitoral.
- 1.7) **Terumbu Karang Terangkat (Oc)**
Terumbu Karang Terangkat dijumpai di sepanjang pantai dalam utama dengan morfologi batugamping karal dan breksi batugamping. Formasi ini diendapkan tidak selaras di atas Formasi Manokwari dan Formasi Befoor.
- 1.8) **Relembatan Longsoran (Os)**

Rombosan Longoran ini terdapat di selatan Maruni (Fasik Andai) dan tersusun atas kerikil bersudut, pasir dan lumpur.

D. Blok Sistem Sesar Sorong-Ransai

Blok Sistem Sesar Sorong-Ransai terdiri dari beberapa formasi, antara lain:

a. Formasi Kemum

Formasi Kemum didominasi pada Zaman Devon-Silur dan terdiri dari litologi kuarsit, batuan metamorf berajat rendah, ngang, lit. sekis, dan andesit.

b. Diorit Lembai (Tria)

Diorit Lembai terdistribusi di sepanjang sisi utara Pegunungan Tengah Kepala Burung antara Sungai Prati dan Sungai Mayan (Potimian dan Rahmat, 1987). Litologi dan struktur sedimen adalah diorit dan selampat gabro dengan komposisi 50% hornblende dan sedikit mineral mafik lainnya. urai feisik, retas, selampat senilit dan batuan sedimen, gampingan, ferrelakan, terpecahkan dan terubukkan terutama di sepanjang sesar tektonik dan bercampur dengan Formasi Kemum dan Batuan Gunungapi Arak.

E. Cekungan Manokwan

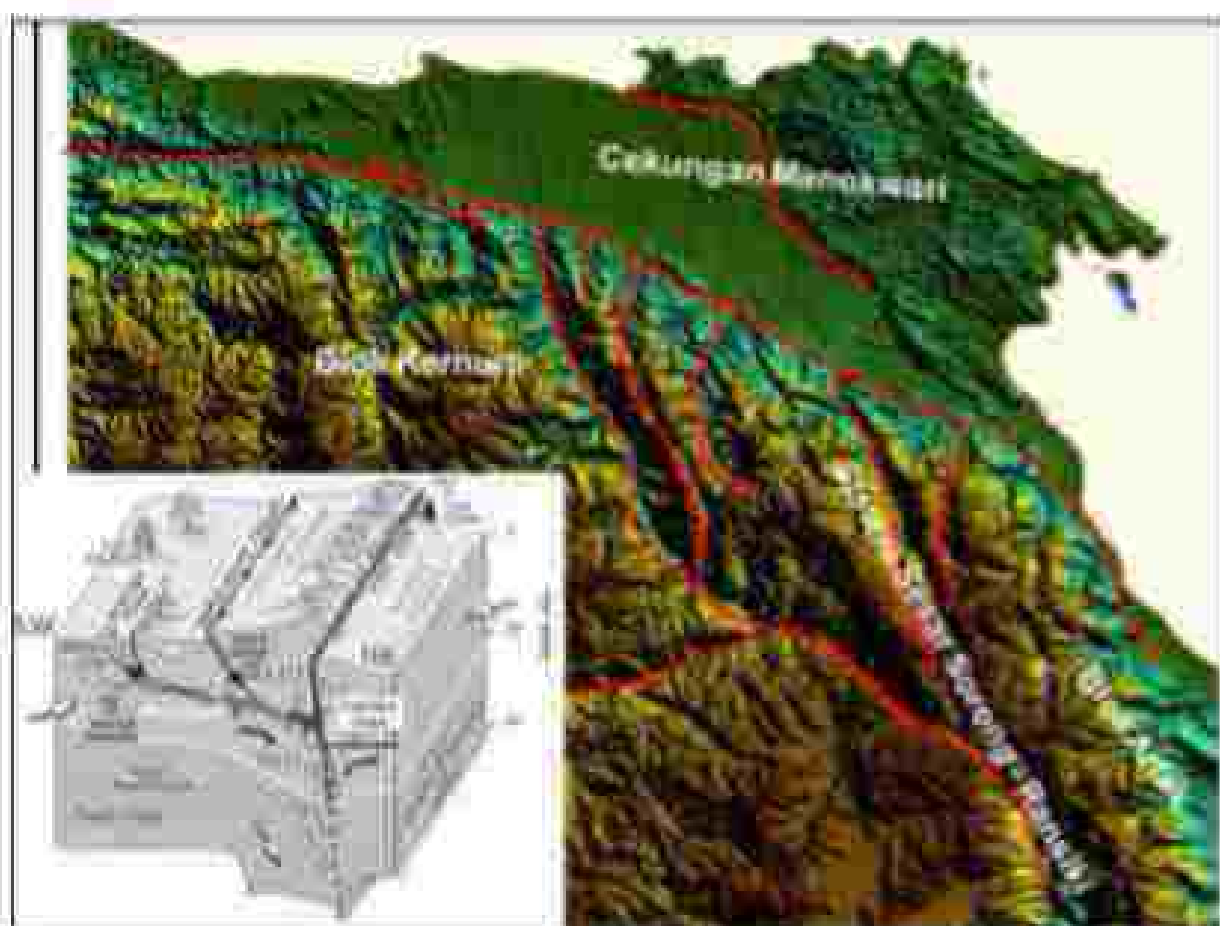
Cekungan Manokwan merupakan depresi struktural sebagai hasil interaksi pergerakan Sistem Sesar Sorong-Ransai yang membentuk *flower structure* dan sebagai *pull a part basin* (Gambar 2.5). Cekungan Blok ini terdiri dari beberapa formasi, antara lain: Gunungapi Arak, Formasi Maruni, Formasi Befora, Formasi Manokwan, Terumbu Karang Terangtal dan Rombosan Longoran.

Tatahan tektonik dan kondisi geologi yang kompleks di Manokwan dan sekitarnya menjadi faktor penting terhadap ancaman bencana geologi (gempa bumi, tsunami dan longsor).

2.3.2. Profil Ancaman Gempa Bumi di Mandikawati

A. Sumber, Penyebab dan Pemula

Gempa Bumi di Kabupaten Mandikawati bersumber dari interaksi Lempeng Samudera Pasifik-Pasifik, Lempeng Benua Australia dan Lempeng Benua Eurasia (Gambar 1.1 dan Gambar 1.2). Interaksi lempeng tektonik menyebabkan konfigurasi struktur yaitu Zona Subduksi New Guinea (New Guinea Trench), Sistem Sesar Mendatar Sinitual Sorong-Pangsia, Blok Pergangkitan (up- up) Kemun (BIA Kemun) sebagai *positive flower structure*, Cekungan Arfak (Pasi) (part basin) sebagai *negative flower structure* (Gambar 2.5). Konfigurasi struktur ini merupakan zona-zona lemah sebagai sumber pergerakan energi keemasan di wilayah Kabupaten Mandikawati.



Gambar 2.5. Menunjukkan morfologi, konfigurasi dan pola struktur geologi daerah Mandikawati dan sekitarnya merupakan wilayah yang potensial terhadap ancaman gempa bumi.

Dari katalog gempa bumi yang dikompilasi oleh BPRG Wilayah V Jayapura. Dari tahun 1900 – 2010 untuk wilayah Manokwari dan sekitarnya telah tercatat 80 kali gempa bumi magnitude > 3.5 SR dengan kedalaman < 70 Km dari permukaan laut. Dari 80 kejadian gempa bumi tersebut terdapat 42 kali gempa bumi dengan kekuatan $5.3 - 5.9$ SR, 32 kali untuk gempa bumi berkekuatan 6.0 SR – 6.9 SR, kemudian 6 kali gempa bumi dengan kekuatan 7.0 SR – 7.9 SR. Kekuatan tersebut dipilih sebagai unit analisis karena merupakan gempa bumi signifikan yang dapat memberikan dampak kerusakan pada pemukiman masyarakat yang tinggal pada zona seismik aktif di Manokwari dan sekitarnya (SPED Kabupaten Manokwari, 2012).

Sejarah Kegeropahan di wilayah Kabupaten Manokwari dan sekitarnya pada periode tahun 1900 – 2010 menunjukkan besaran gempa bumi antara $7.0 - 7.9$ SR terjadi dalam perulangan minimal 7 tahun dan maksimal 25 tahun dengan rata-rata periode kejadian sebesar 13 tahun. Frekuensi terkecil adalah 1 kali dan maksimal 2 kali per tahun dalam rentang periode ini (Tabel 2.1). Dan perhitungan rata-rata jumlah kejadian gempa bumi ini jika dibagi dengan jumlah total tahun terjadinya maka rata-rata terjadi gempa bumi adalah 1,2 kali gempa bumi sebesar $7.0 - 7.9$ SR dalam periode 1934 -2009 dengan peluang terjadinya sekitar 0,06 kali/tahun dalam periode 100 tahun (Tabel 2.2) (SPED Kabupaten Manokwari, 2012).

Tabel 2.1. Sejarah Frekuensi Gempa Bumi di Wilayah Manokwari dan sekitarnya dari Tahun 1902 - 2010 dengan besaran 6,1 - 6,9 SR, kedalaman 70 km di bawah permukaan laut (DPSD Kabupaten Manokwari, 2012).

Selang (thn)	Tahun	Frekuensi (No)	Magnitudo Max (M)	Magnitudo Min (m)	Kedalaman (km)	Kedalaman (km)
	1902	1	6,9	-	70	-
25	1907	1	6,9	-	70	-
20	1909	1	6,8	-	70	-
8	1954	1	6,8	-	70	-
15	1964	1	6,2	-	70	-
5	1968	1	6,0	-	70	-
10	1978	1	6,8	-	70	-
1	1979	2	6,2	6,2	70	70
2	1981	2	6,4	6,6	70	70
1	1982	2	6,0	6,2	70	70
1	1983	2	6,8	6,3	70	70
1	1994	2	6,1	6,9	70	70
4	2008	1	6,2	-	70	-
1	2009	4	6,0	6,4	70	70
1	2010	1	6,2	-	70	-

Tabel 2.2. Frekuensi Gempasari dari tahun 1900 - 2010 dengan besaran 7,0 SR - 7,9 SR, kedalaman < 70 Km dibawah permukaan laut (DPSD Kabupaten Manokwari, 2012)

Selang (thn)	Tahun	Frekuensi (No)	Magnitudo Max (M)	Magnitudo Min (m)	Kedalaman (km)
	1934	1	7,1	-	70
28	1959	1	7,8	-	70
26	1985	1	7,1	-	70
12	1992	1	7,8	-	70
7	2009	2	7,8	7,9	70

Tabel 2.3. Sejarah kejadian Gempabumi merusak Pulau Papua dan tahun 1900-2010. (sumber: ESCM dan Katalog Gempabumi Merusak BMKG dalam BPBD Kabupaten Manokwari, 2017)

No	NAMA GEMPA	TARICHAL	WAKTU MADR	WAKTU GAB	MAG	WAKTU GAB	REKAMAN	No	REKAMAN	WAKTU MADR	WAKTU GAB	MAG	REKAMAN
1	Tsunami (Tsunami Indonesia)	2004	-	-	-	4	Sejarah 1900-2010 Merusak 1900-2010 Merusak 1900-2010	1	1900	1900	1900	1900	1900
2	Kabupaten	2011/10/18	-	-	-	100	Tsunami (Tsunami Indonesia)	2	2011	2011	2011	2011	2011
3	Seribu	2011/10/18	-	-	-	10	Tsunami (Tsunami Indonesia)	3	2011	2011	2011	2011	2011
4	Seribu	2011/10/18	14:00:00 10:00:00	10	7.0	1000	Sejarah 1900-2010 Merusak 1900-2010 Merusak 1900-2010	4	2011	2011	2011	2011	2011
5	Arteri	2011/10/18	14:00:00 10:00:00	-	7.0	10	Tsunami (Tsunami Indonesia)	5	2011	2011	2011	2011	2011
6	Kabupaten	2011/10/18	14:00:00 10:00:00	10	7.0	100	Sejarah 1900-2010 Merusak 1900-2010 Merusak 1900-2010	6	2011	2011	2011	2011	2011
7	Seribu	2011/10/18	14:00:00 10:00:00	10	7.0	10	Sejarah 1900-2010	7	2011	2011	2011	2011	2011
8	Kabupaten	2011/10/18	14:00:00 10:00:00	10	7.0	100	Sejarah 1900-2010 Merusak 1900-2010 Merusak 1900-2010	8	2011	2011	2011	2011	2011
9	Kabupaten	2011/10/18	14:00:00 10:00:00	10	7.0	10	Sejarah 1900-2010	9	2011	2011	2011	2011	2011
10	Kabupaten	2011/10/18	14:00:00 10:00:00	10	7.0	100	Sejarah 1900-2010 Merusak 1900-2010 Merusak 1900-2010	10	2011	2011	2011	2011	2011
11	Kabupaten	2011/10/18	14:00:00 10:00:00	10	7.0	10	Sejarah 1900-2010	11	2011	2011	2011	2011	2011
12	Kabupaten	2011/10/18	14:00:00 10:00:00	10	7.0	100	Sejarah 1900-2010 Merusak 1900-2010 Merusak 1900-2010	12	2011	2011	2011	2011	2011
13	Kabupaten	2011/10/18	14:00:00 10:00:00	10	7.0	10	Sejarah 1900-2010	13	2011	2011	2011	2011	2011
14	Kabupaten	2011/10/18	14:00:00 10:00:00	10	7.0	100	Sejarah 1900-2010 Merusak 1900-2010 Merusak 1900-2010	14	2011	2011	2011	2011	2011

B. Intensitas

Sejak 1994 hingga 2010, terdapat 5 gempa bumi signifikan dan merusak yang melanda wilayah Manokwari (Tabel 3.3). Episenternya seperti gempa bumi yang menimbulkan tsunami di Bial tahun 1996, Gempa bumi Fakuk 2002 (menimbulkan tsunami kecil yang disebabkan runtuhnya/longoran pada bukit kapur), Gempa bumi Hecolosan di tahun 2003 dan 2 gempa bumi Manokwari-Sorong di tahun 2005 (Leopety, 2010 dalam BPBD Kabupaten Manokwari, 2011).

Berdasarkan sejarah gempa bumi merusak di wilayah Manokwari, maka intensitasnya maksimum mencapai skala MMI IX dan minimum skala MMI VII (Tabel 3.3). Dengan memperhitungkan intensitas maksimum MMI IX pada wilayah Manokwari maka nilai percepatan tanah maksimum di kawasan Manokwari mencapai 425 Gal dan nilai minimum mencapai 75 Gal dengan intensitas MMI sebesar VII. Pada skala MMI IX, gempa bumi dapat mengakibatkan kerusakan pada bangunan yang kuat, rangka-rangka rumah menjadi bengkok, banyak lubang karena retakan pada bangunan kuat, rumah bergeser dan pondasinya serta pipa-pipa di dalam tanah putus (BPBD Kabupaten Manokwari, 2011).

Pada Skala MMI VII, Gempa bumi dapat mengakibatkan semua orang keluar rumah, Kerusakan ringan pada rumah-rumah dengan bangunan dan konstruksi yang baik, Cerobong asap pecah atau retak-retak serta guncangan terasa oleh orang yang naik dalam kendaraan (BPBD Kabupaten Manokwari, 2011).

C. Posisi Sumber Terhadap Elemen Ancaman

Pada dasarnya Zona Sesar aktif Sorong-Kanaka memotong seluruh wilayah administratif Manokwari. Jika diukur dari arah Utara-Selatan jarak antara garis pantai dengan jalur sesar aktif, maka pada bagian barat berjarak 26,23 km dari pinggir pantai. Bagian tengah 6,23 km dari pinggir pantai dan bagian timur 15,82 km dari pinggir pantai. Pengukuran jarak relatif terhadap garis pantai disebalkan 39% dan jumlah total penduduk Manokwari berada di pesisir pantai. Selain itu kawasan pesisir

merupakan pusat-pusat pemerintahan dan aktifitas ekonomi sehingga aktifitas pembangunan pemukiman juga berkembang pesat. Hal ini menyebabkan tidak membunuh manusia, melainkan bangunan yang runtuh atau longsor yang disebabkan getaran gempa bumi yang dapat mengakibatkan kerugian pada masyarakat (BPBD Kabupaten Mandokwan, 2012).

Sumber gempa bumi yang berasal dari zona subduksi muka Lempeng Pasifik dan Australia (Zona akresi) berjarak 50,1 Km terhadap Kota Mandokwan. Sementara jarak antara Kota Mandokwan dengan jalur subduksi utamanya adalah 177,14 km (BPBD Kabupaten Mandokwan, 2012).

2.3.3. Profil Ancaman Tsunami di Kabupaten Manokwari

A. Sumber, Penyebab dan Pemicu

Tsunami di wilayah pesisir Manokwari sumber utamanya berasal dari gempa bumi yang ditimbulkan akibat aktifitas tektonik pada zona pertemuan kedua lempeng samudera Pasifik dan lempeng benua Indo-Australia. Zona pertemuan ini berada di sepanjang pesisir utara wilayah Manokwari dimana membentuk sesar naik. Syarat terbentuknya Tsunami adalah terjadinya gempa bumi berkekuatan Magnitude $> 7,5$ SR di laut dengan kedalaman dangkal < 70 Km dari permukaan laut. Umumnya gempa patahan/geser naik melalui turan.

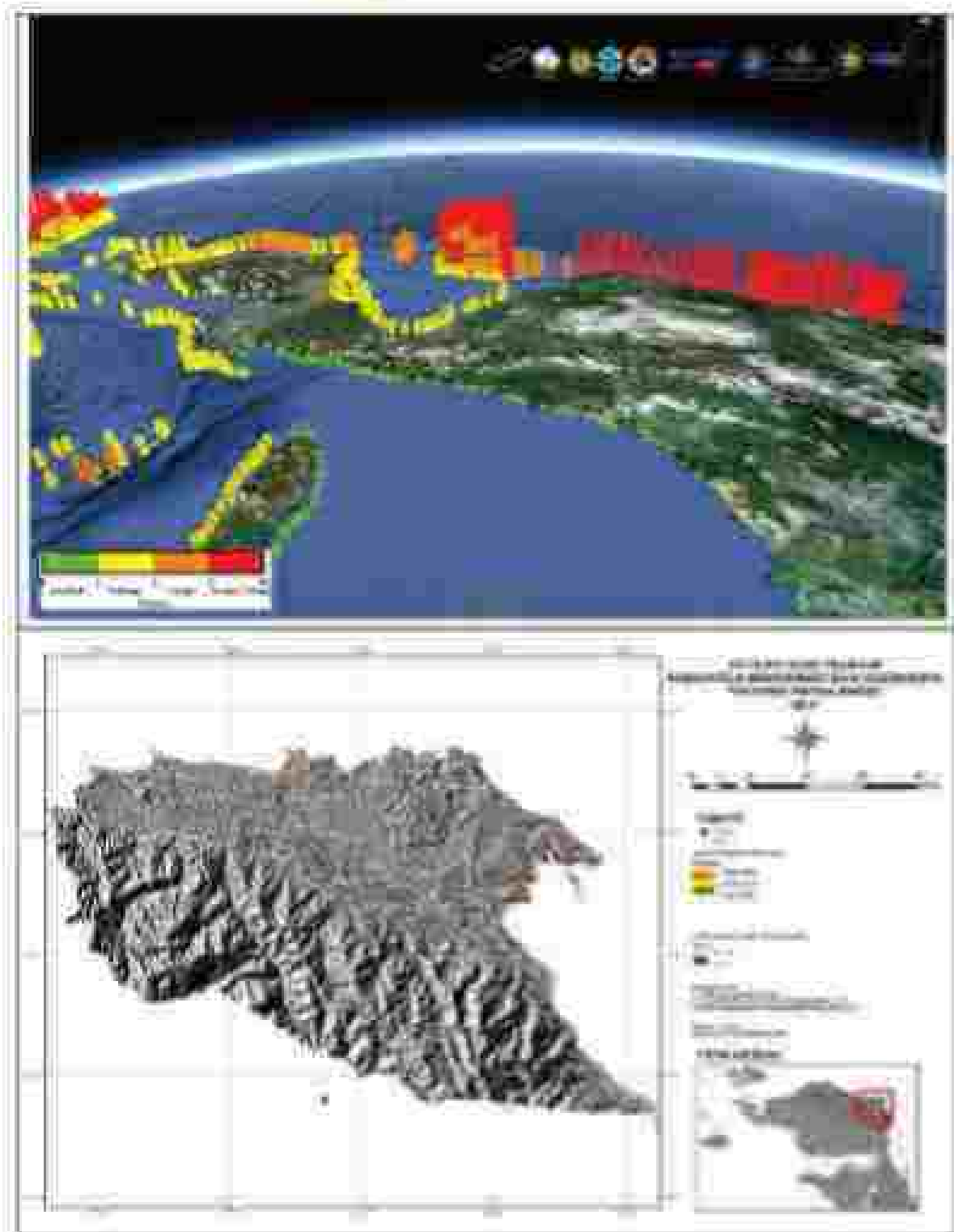
Contoh tsunami yang berasal dari aktifitas tektonik pada zona ini adalah gempa bumi pada zona sesar Yapan 1979 dan 1996 yang menimbulkan Tsunami. Tsunami 1996 terjadi di wilayah Bak hingga wilayah pesisir Manokwari. Pada wilayah Manokwari intensitas terbesar terjadi di kawasan Teluk Sawaby karena terjadi refraksi gelombang pada dinding teluk sehingga mempengaruhi tinggi dinding tsunami (surung) mencapai 2 - 3,5 meter.

Manokwari merupakan salah satu wilayah pesisir yang pernah terkena oleh beberapa gelombang tsunami. Gempa bumi yang terjadi di Pulau Bak pada tanggal 17 Februari 1996 telah melahirkan gelombang tsunami setinggi 2 m, sedikanya 100 orang meninggal, meratakan 134 rumah penduduk di Manokwari, menghancurkan 119 rumah, dan merusak ringan 144 rumah (Danne, 2009 dalam Tjahjoto et al., 2011). Pada tanggal 10 Oktober 2002 gempa bumi berulang kembali, melahirkan tsunami dan membawa korban 8 orang, 632 luka, dan 1000 rumah hancur (USGS, 2002 dalam Tjahjoto et al., 2011), menggenangi beberapa desa/kampung di Manokwari, yaitu Wesi, Anggren, Aruki, Barobatur, Wesi, dan Marui setinggi lebih dari 1 m, menghancurkan daerah permukiman dan infrastruktur yang ada (Danne, 2009 dalam Tjahjoto et al., 2011). Oleh karena itu penting untuk mengetahui wilayah mana saja yang merupakan wilayah-wilayah yang rentan terhadap tsunami di Kabupaten Manokwari.

Simulasi menurut BNPB (2012). Kawasan prioritas dengan risiko tsunami tinggi di Provinsi Papua bagian utara dan Papua Barat bagian utara meliputi daerah-daerah Kabupaten Sarmi, Kabupaten Mamberamo Raya, Kabupaten Bunka Namot, Kabupaten Supiori, Kota Jayapura, Kabupaten Kepulauan Yapen, Kabupaten Jayapura, Kabupaten Waropen, dan Kabupaten Nabire (Provinsi Papua) serta Kabupaten Manokwari, Kabupaten Sorong, Kabupaten Raja Ampat, Kota Sorong, Kabupaten Teluk Wondama, dan Kabupaten Sorong Selatan (Provinsi Papua Barat).

Berdasarkan data historis kejadian tsunami di Indonesia kawasan Papua bagian utara berkali-kali terjadi tsunami dengan tinggi gelombang yang signifikan. Penelitian menunjukkan bahwa ketinggian tsunami rata-rata di wilayah Papua adalah antara 3–12 meter. Dari hasil simulasi tsunami untuk wilayah Papua, dapat diketahui bahwa wilayah yang rentan terhadap tsunami adalah wilayah bagian utara Papua dengan estimasi ketinggian tsunami mencapai 5–30 meter. Sedangkan wilayah pesisir bagian timur hanya berkisar antara 1–5 meter. Wilayah yang memiliki tingkat kerentanan yang paling rendah adalah Papua bagian selatan yang berkisar hanya 0–1 meter. Gambar 2.6 menyajikan estimasi ketinggian gelombang tsunami berdasarkan hasil simulasi (BNPB, 2012).

Sebagai contoh untuk wilayah pesisir Manokwari pernah terjadi pada 10 Oktober 2002 pada gempa bumi Rendik berkekuatan Magnitude 7,5 Mw, kedalaman 10 Km, menyebabkan tsunami akibat longgaran bukit kapur ke dalam laut menimbulkan tsunami setinggi 1-3 meter di kawasan Rendik, sebelah tenggara dari kota Manokwari. Pernah juga terjadi tsunami yang dipicu oleh longgaran bawah laut seperti yang terjadi pada tahun 1998 di Aetap, Mw. Gempa bumi berkekuatan 7,1 Mw, kedalaman 39 Km, menimbulkan gelombang tsunami setinggi 15 meter dan masuk menjorok sejauh 30 km ke dalam pulau Papua. Kejadian tersebut merupakan bukti bahwa wilayah utara pesisir Papua umumnya memiliki potensi tsunami longgoran. Termasuk Manokwari karena Aetap yang sepanjang pulau Papua bagian utara masih merupakan satu sistem kawasan struktural dari pertemuan lempeng pasifik dan Indo-Australia.



Gambar 2.8. Estimasi Kelangkaan Tsunami di Papua bagian utara (BNPE, 2017) dan
Peta Distribusi Ancaman Tsunami di Kabupaten Manokwari (Modifikasi
InsRisk, 2017).

B. Frekuensi dan Periode

Rada wilayah Mandailing dan sekitarnya dalam periode Gempabumi 1900–2010 telah tercatat 7 kali tsunami di sepanjang pesisir utara Mandailing dan sekitarnya. Tsunami yang terjadi ada yang bersifat lokal artinya berasal dari aktifitas tektonik di sekitar Pulau Papua dan tsunami lainnya berasal ombannya berasal dari aktifitas tektonik di luar kawasan pulau Papua di samudera pasifik. Berikut data kejadian gempabumi dan tahun 1900–2010 yang menyebabkan tsunami di wilayah Pulau Papua.

Tabel 2.4. Sejarah gempa bumi yang menimbulkan tsunami di kawasan pesisir Mandailing. Gempa bumi berasal dari Zona Subduksi New Guinea dan aktifitas tektonik lainnya di sekitar Samudera Pasifik (BIMG Wilayah V Jayapura dan USGS, 2011 dalam BPD Kabupaten Mandailing, 2012)

no.	Gempa bumi	Tanggal	Waktu Gempabumi	Kedalaman	M _s	Revisi
1	1900	01/01/04	01.00	10	7.5	tsunami lokal yang terjadi di sekitar pesisir utara Mandailing
A	1901	01/01/01	12.00	10	7.5	tsunami lokal yang terjadi di sekitar pesisir utara Mandailing
A	1902	11/11/01	12.00	10	7.5	tsunami lokal yang terjadi di sekitar pesisir utara Mandailing
B	1903	01/01/03	12.00	10	7.5	tsunami lokal yang terjadi di sekitar pesisir utara Mandailing
B	1904	01/01/04	12.00	10	7.5	tsunami lokal yang terjadi di sekitar pesisir utara Mandailing
B	1905	01/01/05	12.00	10	7.5	tsunami lokal yang terjadi di sekitar pesisir utara Mandailing
B	1906	01/01/06	12.00	10	7.5	tsunami lokal yang terjadi di sekitar pesisir utara Mandailing
B	1907	01/01/07	12.00	10	7.5	tsunami lokal yang terjadi di sekitar pesisir utara Mandailing

C. Intensitas

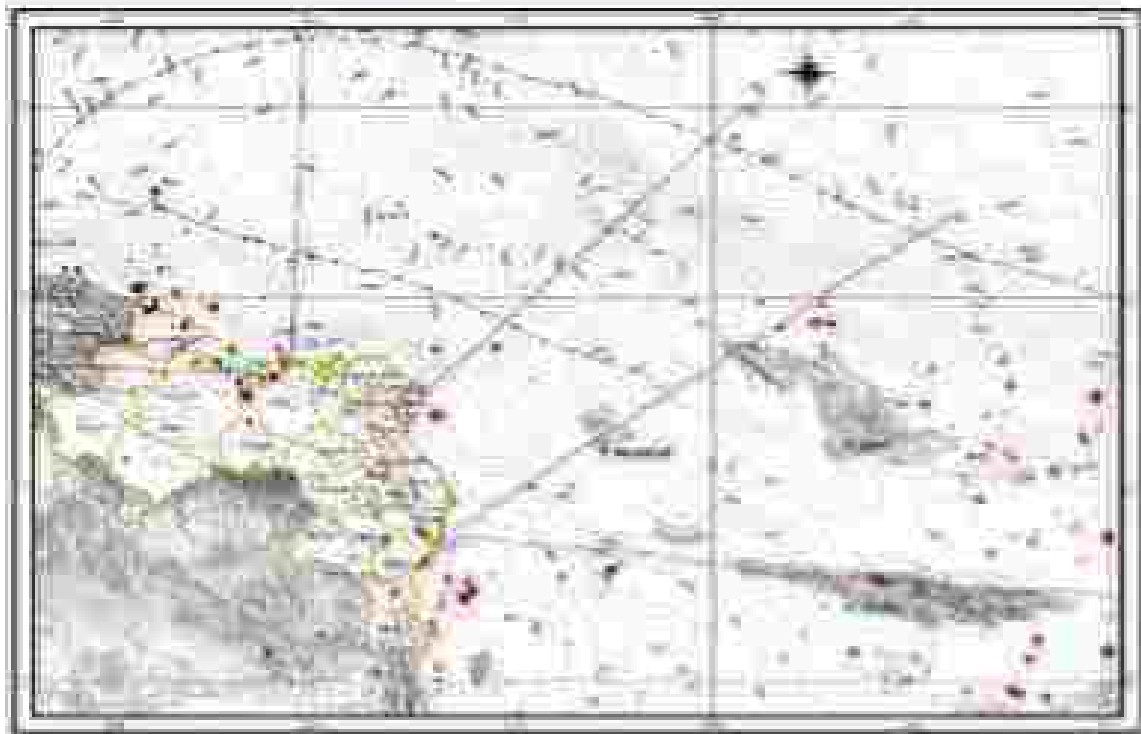
Di Wilayah Mandailing dan sekitarnya memiliki pengalaman tsunami tertinggi yaitu pada tahun 1996. Gempa tinggi gelombang mencapai 2,5 meter dan gelombang tersebut masuk ke daratan hingga 50 meter. Jika dilihat dari Gambar 2.6 maka di wilayah Mandailing menunjukkan terjadi gelombang tsunami dengan ketinggian 20-

10 Km/jam di wilayah pesisir. Berdasarkan skala Intersitas Tsunami oleh Zamanis dan Gerasimos, 2011, wilayah kabupaten Manokwari pernah mengalami Bumi dengan intensitas "Slightly Damaging" dimana tinggi gelombang 2 meter. Pada skala ini tsunami hanya merusak rumah pesisir dan yang berada akan meratakan di lautan yang lebih tinggi. Pada bangunan kayu dapat rusak akibat arus tsunami (BPRD Kabupaten Manokwari, 2012).

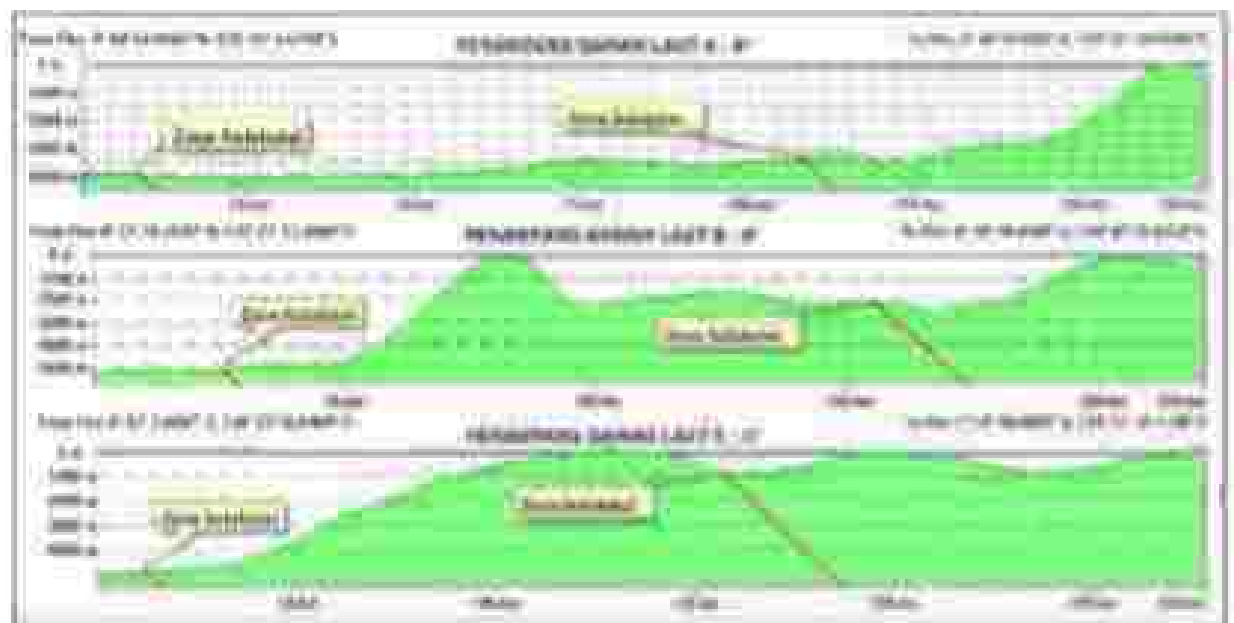
D. Posisi Sumber Terhadap Elemen Ancaman

Pada wilayah Manokwari dan sekitarnya terdapat dua zona subduksi utama yang merupakan potensi sumber tsunami (gambar 2.7). Subduksi terluas dikenal dengan istilah subduksi New Guinea (*New Guinea Trench*) dan subduksi kedua adalah zona subduksi Manokwari Trough. Dilhat dari Gambar 2.7, maka jarak antara pesisir Manokwari terhadap sumber ancaman subduksi New Guinea (*New Guinea Trench*) adalah 124,71 Km – 154,63 Km dengan kedalaman laut mulai 4000 m-5000 m. Sedangkan jarak antara Manokwari dan sekitarnya dengan sumber ancaman Manokwari Trough adalah 55,30 Km-47,91 Km dengan kedalaman 3200-1000 m.

Morfologi bawah laut pada kawasan utara Manokwari bervariasi. Pada wilayah barat memiliki topografi laut yang bergang curam dengan perubahan gradient yang tinggi kemudian menatar hingga ke zona subduksi *New Guinea Trench* (sayatan A – A'). Pada bagian Tengah memiliki morfologi yang datar awalnya kemudian membentuk cekungan yang kemudian pada ujung cekungan berubah drastis menjadi curam hingga ke zona subduksi Manokwari Trough (sayatan B – B'). Pada bagian timur memiliki morfologi bergelombang halus kemudian semakin curam ke utara menuju zona subduksi Kugisi (sayatan C – C') (Gambar 2.8).



Gambar 2.7. Zona Penunjaman New Guinea (New Guinea Trench) dan Manokwari Trough sebagai salah satu sumber dan ancaman terhadap gempa bumi dan tsunami (BPBD Kabupaten Manokwari, 2012)



Gambar 2.8. Konfigurasi struktur (Penampang) wilayah utara Manokwari menunjukkan adanya morfologi di bawah laut dengan lereng yang ekstrem dan sangat berpotensi terhadap longsoran bawah laut. Dua zona subduksi yaitu Zona Subduksi New Guinea Trench dan Manokwari Trough menjadi sumber kejempaan dan ancaman terhadap tsunami di Pesisir Utara Manokwari (BPBD Kabupaten Manokwari, 2012)

2.3.4. Profil Ancaman Gerakan Tanah di Manokwari

A. Sumber, Penyebab dan Pemicu

Potensi Gerakan tanah di wilayah Kabupaten Manokwari dikarenakan kondisi geologi dan struktur geologi yang kompleks dengan morfologi yang ekstrem serta curah hujan yang cukup tinggi tiap tahunnya. Adanya Sistem Sesar Mendatar Kiri Sorong-Ransid, Blok Kemun dengan intensitas rekahan, struktur yang tinggi, Blok Arfak dengan material vulkanik yang rentan terhadap pelapukan dan intensitas struktur yang tinggi serta curah hujan dan morfologi yang ekstrem menyebabkan sebagian besar area di sekitar Sistem Sesar Mendatar Kiri Sorong-Ransid, Blok Kemun, Blok Arfak menjadi sangat potensial terhadap gerakan tanah.

Curah hujan dan intensitas kempaan yang tinggi menjadi pemicu terhadap ancaman gerakan tanah di Kabupaten Manokwari. Wilayah Tanah Rubuh, Seyon, Mokuam dan beberapa wilayah yang berada di daerah struktur geologi yang lemah dan morfologi yang ekstrem serta komposisi litologi yang unconsolidated menjadi sangat rentan terhadap gerakan tanah.

Simulasi dan distribusi gerakan tanah menurut InaRisk-BNPF (2017), kawasan prioritas dengan risiko gerakan tanah di Kabupaten Manokwari dapat dilihat pada Gambar 2.9.

B. Intensitas

Di Wilayah Manokwari dan sekitarnya memiliki intensitas gerakan tanah dan runtuhan hingga tinggi dan terjadi pada saat musim penghujan dengan intensitas curah hujan yang tinggi. Intensitas gempa bumi akan sangat besar terasa pada jalur sesar aktif dengan demikian material potensi longsor tersebut akan dengan mudah longsor ketika terjadi gempa bumi pada sistem Sesar Sorong. Hal tersebut terjadi karena material potensial longsor tersebut berada pada kawasan yang memiliki struktur patahan atau retakan. Retakan lith yang kemudian menjadi bidang gelincir dari material yang longsor. Curah hujan akan menjadi pemicu utama terjadinya aliran material longsor. Setelah adanya bidang gelincir yang dipicu oleh gempa bumi kemudian terjadi

penambahan massa pada material longsor oleh air hujan. Ketika kondisi ini terjadi maka longoran dengan tipe aliran akan terjadi.



Gambar 2.9 Peta Garisan Tirah Kabupaten Manokwari (maRisk-BIRPB, 2017)

III. TINJAUAN PUSTAKA

3.1. Bencana dan Ancaman Geologi

Ancaman atau bahaya (hazard) adalah proses-proses yang menghasilkan bahaya (dagan) kepada kehidupan manusia dan infrastruktur. Risiko (ris) adalah sesuatu hal buruk yang potensial atau mungkin akan terjadi dikarenakan ancaman atau bahaya (hazard). (Shroder dan Davies, 2015). Bencana (Disaster) adalah peristiwa atau rangkaian peristiwa yang mengancam dan mengganggu kehidupan dan penghidupan masyarakat yang disebabkan, baik oleh faktor alam dan/atau faktor nonalam maupun faktor manusia sehingga mengakibatkan timbulnya korban jiwa manusia, kerusakan lingkungan, kerugian harta benda, dan dampak psikologi (UU Nomor 24 Tahun 2007).

UU Nomor 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana telah menyebutkan bahwa bencana disebabkan oleh faktor alam, non alam, dan manusia. Oleh karena itu, bencana (disaster) dibedakan menjadi bencana alam, bencana nonalam, dan bencana sosial.

Bencana alam adalah bencana yang diakibatkan oleh peristiwa atau serangkaian peristiwa yang disebabkan oleh alam antara lain berupa gempa bumi, tsunami, gunung meletus, banjir, kekeringan, angin topan, dan tanah longsor. Bencana nonalam adalah bencana yang diakibatkan oleh peristiwa atau rangkaian peristiwa nonalam yang antara lain berupa gagal teknologi, gagal modernisasi, epidem, dan wabah penyakit. Bencana sosial adalah bencana yang diakibatkan oleh peristiwa atau serangkaian peristiwa yang diakibatkan oleh manusia yang meliputi konflik sosial antarkelompok atau antarkomunitas masyarakat dan teror (UU No. 24 Tahun 2007).

Ancaman geologi (Geohazard) berdasarkan Undang-Undang 24 Tahun 2007 dikategorikan sebagai bencana alam. Selain itu, ancaman geologi (geohazard) didefinisikan sebagai bahaya atau ancaman geologi, hidrogeologi atau geomorfologi yang

menumbuhkan ancaman terhadap manusia dan aktivitasnya (Doornkamp, 1989 dalam McCall et al, 1992).

Kabupaten Manokwari dengan kondisi geologi dan tatanan tektonik memiliki ancaman geologi (geohazard) seperti gempa bumi, tsunami, gerakan tanah (longsor), banjir, abrasi dan lainnya. Penelitian dan pemetaan wilayah bencana geologi di Kabupaten Manokwari difokuskan pada ancaman gempa bumi, tsunami dan gerakan tanah.

3.2. Gempa Bumi

Gempa bumi adalah terjadi pelepasan energi secara tiba-tiba dan menyebabkan terbeluknya gataran atau gelombang seismik di permukaan tanah. Pergerakan ini disebabkan oleh pergerakan lempeng tektonik sebagai akibat interaksi antar lempeng. Gempa bumi dapat melepaskan energi ekivalen dengan tonasan atau ribuan kali ledakan nuklir dan memberi dampak kerusakan yang besar. Gempa bumi beresolusi dengan ancaman atau bahaya buatan seperti tsunami, gerakan tanah, ketakutan dan lainnya yang dapat mengancam jiwa, harta benda maupun psikologi.

Interaksi pergerakan lempeng tektonik merupakan salah satu sumber terjadinya gempa bumi selama ini. Gempa bumi terbesar yang tercatat adalah gempa bumi Jepang tahun 2011 dengan magnitudo gempa sekitar 9 Skala Richter.

3.2.1. Jenis-Jenis Gempa Bumi

Gempa bumi dapat dibedakan berdasarkan beberapa hal, antara lain

A. Gempa bumi berdasarkan penyebabnya dibagi menjadi

Gempa Bumi Tektonik

Gempa bumi tektonik adalah gempa bumi yang disebabkan interaksi lempeng tektonik dan mengakibatkan perpindahan lempeng-lempeng tektonik secara mendadak yang mempunyai kekuatan dan sangat luas hingga sangat besar. Gempa bumi tektonik disebabkan oleh

pelepasan tenaga pada zona-zona atau batas-batas perbatasan lempeng atau yang dikenal sebagai plate boundary (Divergent, convergent and Transform Boundaries).

Gempa Bumi Tumbukan

Gempa bumi tumbukan disebabkan oleh adanya tumbukan benda luar angkasa yang jatuh kebumi. Benda luar angkasa tersebut dapat berupa meteor ataupun asteroid. Namun gempa bumi jenis ini jarang terjadi.

Gempa Bumi Runtuhan

Gempa bumi diakibatkan oleh adanya masa atau benda yang mengalami runtuhan seperti halnya di area-area pertambangan, area konsultasi. Namun gempa jenis ini bersifat sangat lokal.

Gempa Bumi Buatan

Gempa bumi buatan adalah gempa bumi yang disebabkan oleh aktivitas manusia, seperti peledakan dinamit, peledakan nuklir ataupun pekerjaan-pekerjaan konstruksi ataupun distruksi pada suatu bangunan dan lain sebagainya.

Gempa Bumi Vulkanik

Gempa bumi vulkanik adalah gempa bumi yang disebabkan oleh aktivitas gunungapi dan pengaruhnya sangat ditentukan oleh besar kecilnya aktivitas eksplosif gunungapi.

Gempa bumi berdasarkan kedalamanya dibagi menjadi:

Gempa Bumi Dalam

Gempa bumi dalam adalah gempa bumi yang hiposentrumnya berada lebih dari 300 km di bawah permukaan bumi (di dalam kerak bumi). Gempa bumi dalam pada umumnya tidak terlalu berbahaya.

Gempa Bumi Menengah

Gempa bumi menengah adalah gempa bumi yang hiposentrumnya berada antara 50 km sampai 300 km di bawah permukaan bumi, gempa bumi

menengah pada umumnya menimbulkan kerusakan ringan dan getarannya lebih terasa.

Gempa Bumi dangkal

Gempa bumi dangkal adalah gempa bumi yang hiposentrumnya berada kurang dari 60 km dari permukaan bumi. Gempa bumi ini biasanya menimbulkan kerusakan yang besar.

C. Gempa bumi berdasarkan Gelombang-Getaran gempanya dibagi menjadi:

Gempa Bumi Primer

Gelombang primer (gelombang longitudinal) adalah gelombang atau getaran yang merambat di dalam bumi dengan kecepatan antara 7-14 km/detik. Getaran ini berasal dari **episentrum**.

Gempa Bumi Sekunder

Gelombang sekunder (gelombang transversal) adalah gelombang atau getaran yang merambat, seperti gelombang primer dengan kecepatan yang sudah berkurang yakni 4-7 km/detik. Gelombang sekunder bisa dapat merambat melalui lapisan cair.

3.2.2. Penyebab Terjadinya Gempa Bumi

Secara umum, penyebab utama gempa bumi disebabkan oleh pelepasan energi yang dihasilkan oleh tekanan dari interaksi lempeng tektonik khususnya pada batas lempeng tektonik (Divergen, konvergen dan transform). Kebanyakan gempa bumi disebabkan oleh pelepasan energi yang dihasilkan oleh tekanan yang disebabkan oleh pergerakan lempeng. Semakin lama tekanan itu bisa membesar dan akhirnya mencapai pada keadaan di mana tekanan tersebut tidak dapat ditahan lagi dan terjadilah gempa bumi.

Pergeseran lempeng bumi dapat mengakibatkan gempa bumi karena dalam peristiwa tersebut disertai dengan pelepasan sejumlah energi yang besar. Selain pergeseran lempeng bumi, gerak lempeng bumi yang saling menjauhi satu sama lain (divergen) juga dapat mengakibatkan gempa bumi. Hal tersebut dikarenakan saat dua lempeng bumi

bergerak saling menjauh (*divergen*), akan terbentuk lempeng baru di antara keduanya. Lempeng baru yang terbentuk memiliki berat jenis yang lebih kecil dari berat jenis lempeng yang lama. Lempeng yang baru terbentuk tersebut akan mendapatkan tekanan yang besar dari dua lempeng lama sehingga akan bergerak ke bawah dan menimbulkan pelepasan energi yang juga sangat besar. Terlepas apakah gerak lempeng yang saling mendekati (*konvergen*) juga dapat mengakibatkan gempa bumi. Pergerakan dua lempeng yang saling mendekati juga berdampak pada terbentuknya gunung (bunai gunungapi).

Gempa Bumi biasanya terjadi di perbatasan lempengan-lempengan tersebut. Gempa Bumi yang paling parah biasanya terjadi di perbatasan lempengan kompresional dan translasional (*Konvergen dan transform*).

3.3. Tsunami

Kata tsunami berasal dari bahasa Jepang, "tsu" berarti gelombang, dan "nami" berarti gelombang. Gerakan vertikal pada kerak bumi dapat mengakibatkan dasar laut naik atau turun secara tiba-tiba. Mengakibatkan gangguan kesetimbangan air yang berada di atasnya. Hal ini mengakibatkan terjadinya aliran energi air laut yang ketika sampai di pantai menjadi gelombang besar yang mengakibatkan terjadinya tsunami. (Pacific Tsunami Mitigation, 2007 dalam Subandjo dan Ario, 2015).

Tsunami adalah salah satu bencana alam yang serentase mengancam penduduk yang tinggal di daerah pesisir. Walaupun jarang terjadi, namun daya hancurnya yang besar membuat bencana tsunami ini harus diwaspadai. Di Indonesia, menurut Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Alam, wilayah rawan bencana tsunami meliputi 21 wilayah, yaitu: Nanggroe Aceh Darussalam, Sumatera Utara, Sumatera Barat, Bengkulu, Lampung-Banten, Jawa Tengah Bagian Selatan, Jawa Timur Bagian Selatan, Bali, Nusa Tenggara Barat, Nusa Tenggara Timur, Sulawesi Utara, Sulawesi Tengah, Sulawesi Selatan, Maluku Utara, Maluku Selatan, Irian Jaya, Balikpapan, Sekeloa, Paki, Takud, dan Kentan (Putranta, 2008 dalam Subandjo dan Ario, 2015).

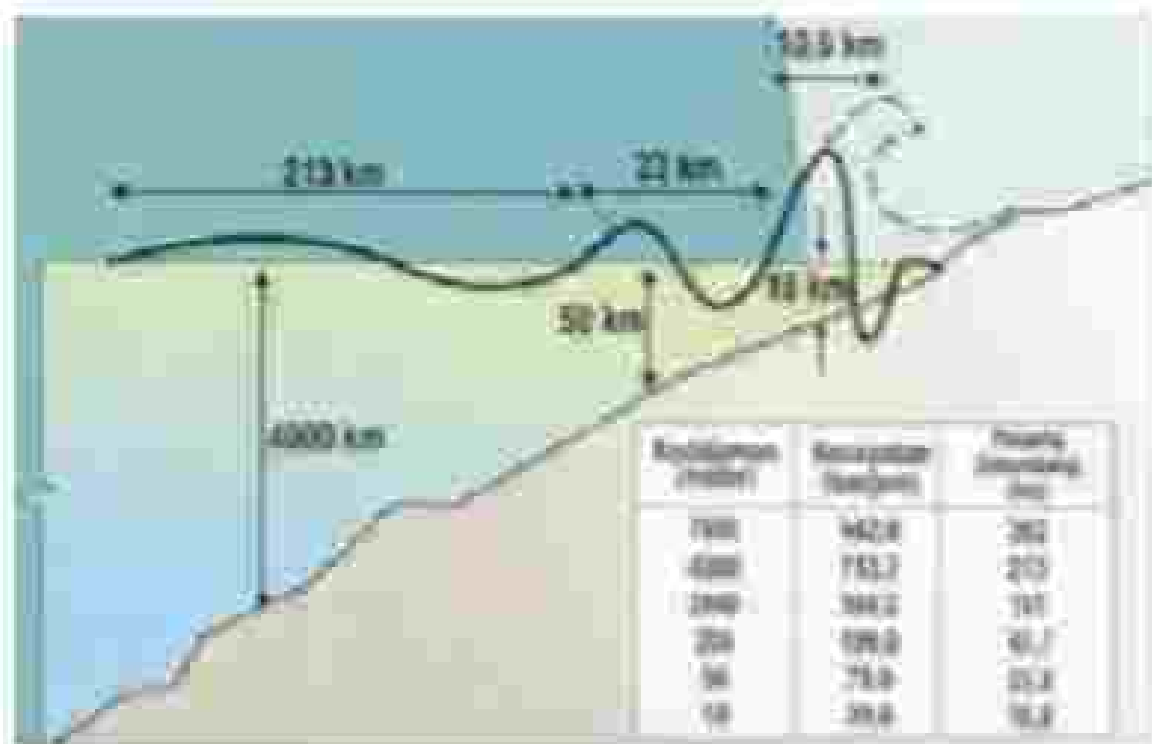
3.3.1. Karakteristik Tsunami

Tsunami merupakan gelombang laut dengan periode panjang yang disebabkan oleh gangguan impulsif pada medium laut yang bersifat tensor (gelombangnya bersifat sejar) dan nondispersive (fase gelombang tidak bergantung pada panjang gelombang). Gangguan impulsif tersebut disebabkan oleh aktivitas gempa tektonik, erupsi vulkanik atau longsor/banir bawah laut (Diponegoro dan Budiman, 2006 dalam Sengul, 2009).

Tsunami bergerak keluar dari daerah pembangkitannya dalam bentuk serangkaian gelombang. Kecepatannya bergantung pada kedalaman perairan, akibatnya gelombang tersebut mengalami percepatan atau perlambatan sesuai dengan bertambah atau berkurangnya kedalaman dasar laut. Proses ini menyebabkan arah pergerakan gelombang berubah dengan energi gelombang bisa menjadi terfokus atau menyebar (UNESCO-IOC, 2006 dalam Sengul, 2009).

Tsunami bersifat unik karena bentuk gelombangnya memanjang sampai ke seluruh kolom air yaitu dari permukaan sampai ke dasar lautan. Karakteristik inilah yang menjadi penyebab gelombang tsunami berbeda dengan gelombang laut yang terjadi karena terpaan angin dan pasang surut yang hanya mempengaruhi permukaan laut. Hal ini juga yang merupakan penyebab dasar besarnya jumlah tenaga yang dibentur oleh suatu gelombang tsunami (UNESCO-IOC, 2006 dalam Sengul, 2009).

Pada laut dalam gelombang tsunami dapat bergerak pada kecepatan 500 sampai 1.500 kilometer per jam. Periode tsunami (waktu untuk siklus satu gelombang) bisa berkisar dari beberapa menit hingga satu jam. Saat mendekati pantai, kecepatan gelombang melambat menjadi beberapa puluh kilometer per jam dan tinggi tsunami bisa mencapai hingga puluhan meter pada garis pantai seperti yang terlihat pada Gambar 3.1. (UNESCO-IOC, 2006 dalam Sengul, 2009).



Gambar 3.1. Hubungan panjang, tinggi dan kecepatan tsunami di laut (UNESCO-IOC, 2006 dalam Sergey, 2009)

Tinggi tsunami tersebut disebabkan karena terjadi konsentrasi energi ketika gelombang menjadi energi potensial. Artinya, hambatan energi akibat berinteraksinya kecepatan ditransfer ke dalam bentuk pembesaran tinggi gelombang (run up) (Diposaptoro dan Budiman, 2006 dalam Sergey, 2009). Kecepatan run up ke daratan bisa mencapai 25-100 km/jam. Kecepatan gelombang tsunami ini yang menyebabkan jatuhnya korban jiwa, rusaknya lahan pertanian, sarana prasarana wilayah, dan dataran rendah menjadi tergenang membentuk lautan baru. Kembalinya air ke laut setelah mencapai puncak gelombang (run-down) juga berakibat merusak karena menyeret segala sesuatu kembali ke laut (Diposaptoro dan Budiman, 2006 dalam Sergey, 2009).

3.3.2: Penyebab Tsunami

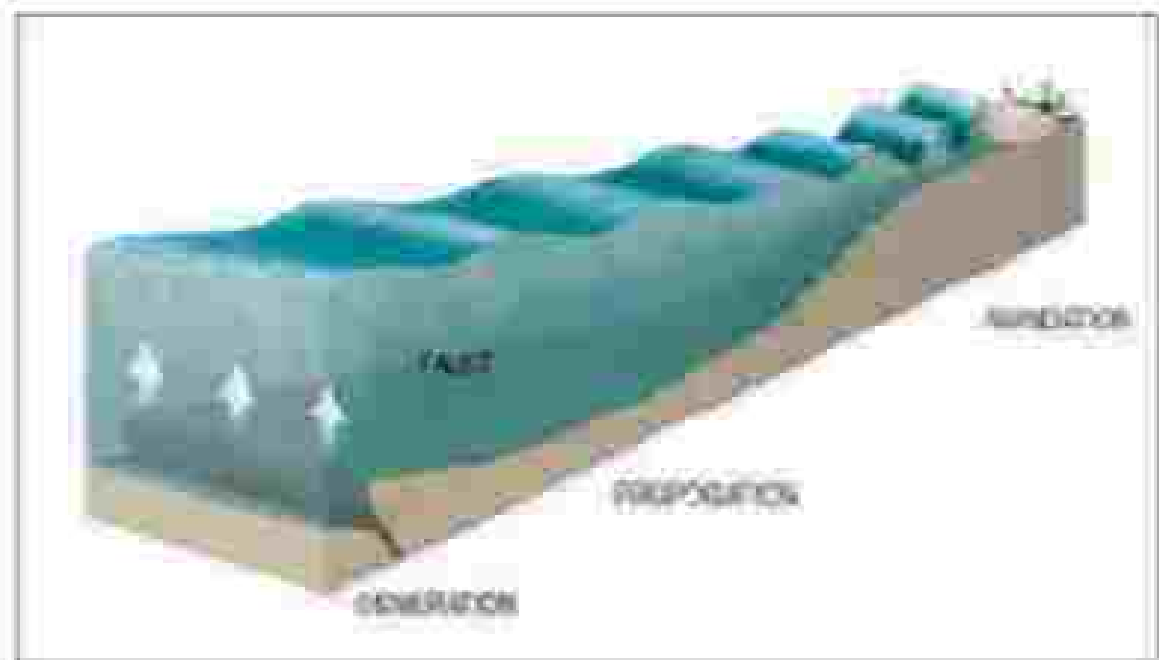
Secara umum, faktor penyebab terjadinya tsunami adalah gempa tektonik, letusan vulkanik, dan longsoran (landslide) (BMKG, 2007; Fauz dan Wardana, 2005; Diposaptoro dan Budiman, 2008 dan Sengul, 2002).

A) Gempa Tektonik

Gempa tektonik merupakan gempa yang disebabkan oleh aktivitas tektonik, yaitu pergerakan, pergeseran, dan lambutan lempeng tektonik. Gempa ini merupakan penyumbang terbesar terjadinya tsunami yang biasanya terjadi di zona subduksi atau zona tumbukan antar lempeng tektonik. Pada zona ini, lempeng yang mempunyai berat jenis yang lebih tinggi (lempeng samudera) akan menyusup di bawah lempeng yang berat jenisnya lebih ringan (lempeng benua). Apabila akumulasi tegangan lempeng benua di sekitar tumbukan mencapai batas maksimum maka ujung lempeng samudera akan melenting ke atas yang mengakibatkan terjadinya patahan besar dan selanjutnya menimbulkan tsunami (UNESCO-IOC, 2005 dan Sengul, 2008) Gambar 3.2.

Secara umum karakteristik gempa yang dapat menimbulkan terjadinya tsunami adalah sebagai berikut:

1. Lokasi pusat gempa (episenter) berada di laut dengan magnitudo lebih besar dari 6,5 SR
2. Kedalaman pusat gempa (hiposenter) kurang dari 60 km dari permukaan bumi (gempa dangkal)
3. Mekanisme patahan gempa tektonik berupa sesar naik (reverse fault) atau sesar turun (normal fault) (BMKG, 2007; International Tsunami Information Center, 2005; Himpunan Ahli Geologi Indonesia, 2005 dan Diposaptoro dan Budiman, 2008 dan Sengul, 2008).

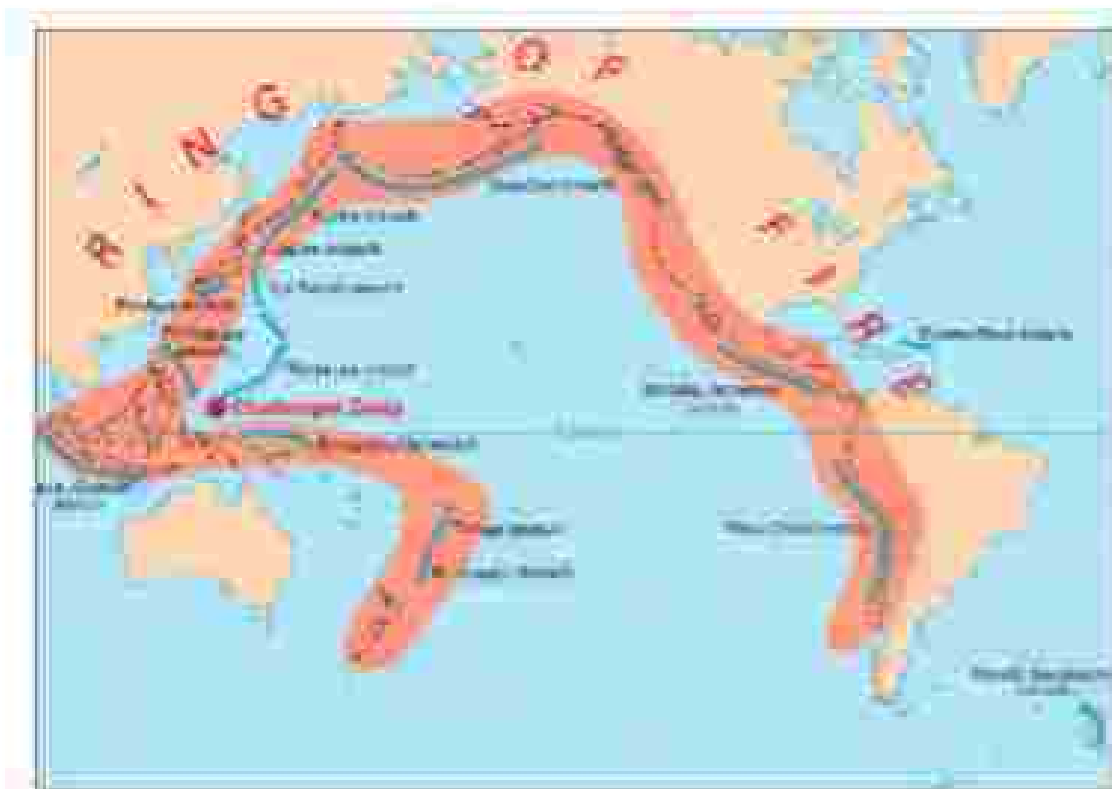


Gambar 3.2. Proses terjadinya tsunami akibat gempa tektonik (UNESCO-IOC, 2006 dalam Bengali, 2009)

B. Letusan Vulkanik

Aktivitas gunung vulkanik dapat juga menyebabkan tsunami, namun terjadinya sangat jarang terjadi karena kekuatan aktivitas vulkanik dasarnya tidak terlalu besar dan hanya bersifat lokal.

Untuk Indonesia, daerah yang berpotensi mengalami tsunami akibat letusan vulkanik merupakan bagian dari lingkaran api pasifik (The Pacific Ring of Fire) yang dimulai dari Kamchatka Alaska Jepang, Sumatera, Jawa, Bali, Lombok, Flores, Sulawesi dan berakhir di Filipina (Gambar 3.3, USGS, 2016 dalam Bengali, 2009).



Gambar 3.3. Sabuk gunungapi (ring of fire) di daerah dunia (USGS, 2009).

C. Longsor (Landslide)

Longsor (landslide) dapat mengakibatkan terjadinya tsunami dan biasanya longsor ini terjadi akibat gempa bumi yang kuat, letusan vulkanik, longsor di dasar laut dan longsor di atas permukaan laut (sea level).

3.3.3. Klasifikasi Tsunami

Berdasarkan jaraknya, tsunami diklasifikasikan menjadi 2, yaitu tsunami lokal (near field/local field tsunami) dan tsunami jarak jauh (far field tsunami) (Puranto, 2007 dan ITIC, 2008 dalam Sengul, 2009).

A. Tsunami Lokal (near field/local field tsunami)

Tsunami lokal adalah tsunami yang terjadi bila mana jarak antara pusat gempa dan daerah bencana tsunami kurang dari 100 km (ITIC, 2008 dalam Sengul, 2009). Dari segi waktu

terjadinya tsunami, tsunami lokal terjadi antara 5 sampai 40 menit setelah gempa utamanya. Hal ini menyebabkan bahwa secara teoritis kejadian tsunami lebih mudah diprediksi dibandingkan dengan kejadian. Adanya tenggang waktu antara terjadinya gempa dan timbulnya tsunami di pantai memungkinkan tindakan untuk dapat mengantisipasi karakteristik apakah suatu gempa dapat menimbulkan tsunami atau tidak. Secara umum tsunami yang terjadi di Indonesia adalah tsunami lokal dan mengingat sistem informasi di Indonesia belum memadai maka biasanya sebelum informasi kejadian tsunami sampai ke masyarakat, gelombang tsunami telah menyapa pantai. Hal ini menyebabkan Indonesia belum bisa memaksimalkan sistem peringatan dini tsunami (*Tsunami Early Warning System*) (Puspita, 2007 dalam Sengul, 2009).

B. Tsunami Jarak Jauh (*far field tsunami*)

Tsunami jarak jauh (*far field tsunami*) adalah tsunami yang disebabkan oleh gempa laut yang jaraknya ribuan kilometer dari pantai (ITIC, 2006 dalam Sengul, 2009). Waktu datang tsunami berkisar antara beberapa jam sampai 24 jam setelah gempa utamanya. Contoh tsunami jarak jauh ini adalah tsunami Aceh yang terjadi tahun 2004 dimana gelombang tsunami tersebut melambat menyebrangi Samudera Hindia sampai ke Pantai Afrika Selatan.

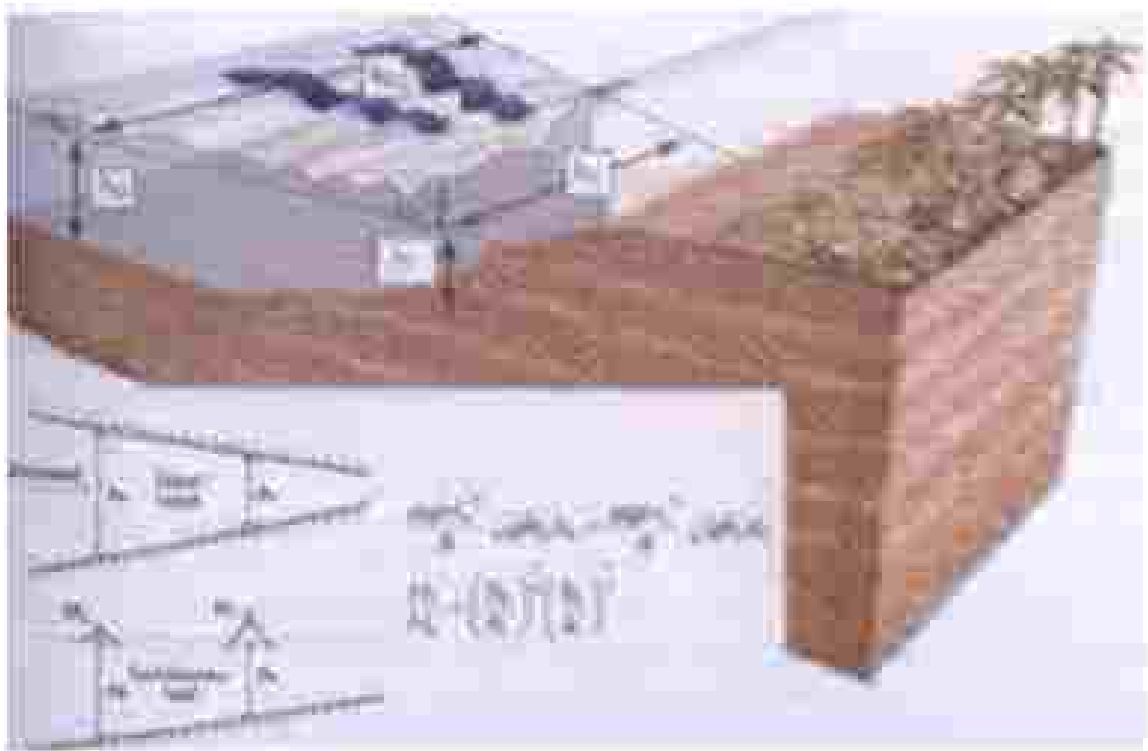
3.3.3. Analisis Ancaman Tsunami

Kerentanan/ancaman tsunami dapat dikaji dari berbagai faktor antara lain kerentanan fisik (misalnya jenis bahan dan kekuatan struktur bangunan), kerentanan lingkungan (ketinggian dan morfologi), kerentanan infrastruktur (sarana dan prasarana penting), kerentanan sosial kependudukan (jumlah penduduk dan kepadatan penduduk, struktur penduduk lanjut usia dan balita), kerentanan sosial ekonomi (jumlah/ribersi penduduk miskin dan pengangguran), dan kerentanan kelembagaan (Disposisi dan Budaya, 2006 dalam Sengul, 2009).

Pada penelitian ini, analisis kelayakan pencarian yang dikaji adalah lingkungan untuk lebih jelasnya dapat dilihat dalam bab pembahasan. Adapun parameter yang secara umum sering dikaji dalam penelitian lintang tsunami adalah sebagai berikut.

A) Batimetri Wilayah Pantai

Kondisi batimetri sangat mempengaruhi pembelokan atau penerusan gelombang tsunami yang menjalar ke pantai. Pada saat memusat peredaran dangkal, gelombang mengalami gesekan dengan dasar laut. Hal ini menyebabkan kecepatan dan energi gelombang menurun drastis dengan berurungnya ketalaman letasi tinggi gelombang semakin meningkat (Gambar 3.4).



Gambar 3.4. Tinggi gelombang tsunami saat memasuki lebak (Dipaparkan oleh Budiman, 2006 dalam Saigal, 2009).



Gambar 3.5. Contoh kawasan pesisir yang menyempit gigi gergaji (Darmasetyo dan Budiman, 2008 dalam Setgaj, 2009)

□

Kekasaran pantai

Kekasaran pantai dapat berfungsi sebagai peredam energi gelombang tsunami. Pantai yang kasar (bertekstur-bukit, berbatu cadas, berkarang dan atau ditumbuhi oleh vegetasi) dapat meredam energi gelombang tsunami, sedangkan pantai yang halus (berupa endapan aluvial dan pasir berukuran sedang sampai halus) kurang efektif dalam meredam energi gelombang tsunami.

□

Keberadaan Pulau-Pulau Penghalang

Pulau-pulau penghalang berperan penting dalam meredam energi gelombang tsunami. Energi gelombang tsunami akan tereduksi dengan adanya pendangkalan kedalaman perairan pada pulau penghalang. Sehingga, energi gelombang yang akan dirasakan oleh pulau-pulau di belakangnya akan menjadi lebih kecil dari energi awal (Haji, 2005 dalam Setgaj, 2009).

D. Ekosistem Pesisir

Ekosistem pesisir termasuk mangrove dan hutan pantai memegang peranan sebagai greenbelt pelindung pantai dalam meredam energi gelombang tsunami. Hutan pantai sangat efektif dalam meredam energi gelombang tsunami seperti dilaporkan Harada dan Imamura (2003) dalam Sengul, 2009 (Tabel 3.1).

Berdasarkan Tabel 3.1 dapat diketahui bahwa semakin lebar hutan maka tingkat peredaman energi gelombang tsunami semakin besar. Contohnya gelombang tsunami setinggi 1 m yang merengas hutan pantai dengan lebar 50 m, maka jangkauan run-up yang masuk ke daratan tinggal 51%, tinggi gelombang tinggal 32% arus setelah melintasi pantai tinggal 54% dan gaya hidrolis tsunami tinggal 39%, sehingga daerah pantai yang mempunyai vegetasi pesisir yang rapat dan tebal, mempunyai risiko kerusakan lebih kecil dibandingkan daerah pantai yang mempunyai kerapatan dan ketebalan yang lebih rendah (Harada dan Imamura, 2003 dalam Sengul, 2009).

Kebudayaan terumbu karang di wilayah pesisir juga sangat penting. Selain memiliki fungsi ekologis, terumbu karang juga berfungsi sebagai pelindung pantai dan pemecahan gelombang dan arus kuat yang berasal dari laut (Diponegoro dan Sudiman, 2006 dalam Sengul, 2009).

E. Penggunaan Lahan

Kawasan pesisir termasuk dalam kerentanan yang tinggi terhadap bencana tsunami. Konsep penggunaan lahan harus melihat jarak dari garis pantai agar dapat melindungi daratan dari hantaman gelombang tsunami. Penggunaan lahan pada kawasan pesisir harus mempertimbangkan antara tata guna lahan dan tingkat hutan penduduk dengan besar kecilnya risiko bahaya tsunami. Penggunaan lahan yang berkaitan dengan kegiatan aktivitas manusia semestinya tidak dibangun pada daerah yang sangat rentan tsunami (Irfani, 2005 dalam Sengul, 2009).

Tabek 3.1: Efektivitas perendaman bunami oleh hutan pantai (Harada dan Intarhura 2003 dalam Sengul, 2009)

Tinggi bunami (m)			1	2	3
Hutan pantai (Shuto, 1985)		Migasi kerusakan, menghertikan bunami yang hanyut dan merendam bunami			
Jarak run up	Lebar hutan	50 m	0.56	0.36	0.81
		100 m	0.83	0.30	0.71
		200 m	0.79	0.71	0.64
		400 m	0.78	0.65	0.57
Tinggi genangan	Lebar hutan	50 m	0.95	0.96	0.83
		100 m	0.75	0.74	0.66
		200 m	0.48	0.55	0.50
		400 m	-	0.11	0.18
Arus	Lebar hutan	50 m	0.71	0.58	0.54
		100 m	0.57	0.47	0.44
		200 m	0.58	0.39	0.34
		400 m	-	0.21	0.24
Gaya hudois	Lebar hutan	50 m	0.65	0.48	0.39
		100 m	0.33	0.32	0.17
		200 m	0.01	0.13	0.08
		400 m	-	0.02	0.01

3.4. Ancaman Gerakan Tanah (Longsor)

Potensi bencana alam yang tinggi pada dasarnya tidak lebih dari sekedar refleksi fenomena alam yang secara geografis sangat khas untuk wilayah tanah air kita. Indonesia merupakan Negara kepulauan tempat dimana tiga lempeng besar dunia bertemu, yaitu lempeng Indo-Australia, Eurasia dan Pasifik. Proses dinamika lempeng yang cukup kompleks telah membentuk relief permukaan bumi yang khas dan cukup bervariasi di wilayah yang landai sepanjang pantai dengan potensi ancaman banjir, pemusatan tanah dan tsunami hingga wilayah pegunungan dengan leting lempengnya yang curam dan seakan menyrtakan potensi longsor yang tinggi (Sodaulo, 2005). Tanah longsor merupakan bentuk erosi dimana penganglutan atau gerakan massa tanah terjadi secara kaku saat dalam volume yang relatif besar (Simpin, 2002). Saat ini,nya terbagi 113 lokasi

rawan longsor di Indonesia. Setiap tahunnya kerugian yang diakibatkan bencana tanah longsor mencapai Rp 300 miliar, sedangkan jiwa yang terbunuh sekitar satu juta jiwa (Nandi 2007). Seperti halnya banjir, tanah longsor merupakan bencana alam yang dapat diramalkan kedatangannya karena berhubungan dengan tingginya curah hujan. Karena faktor kadar air tersebut merupakan hal yang cukup dominan, maka longsor sering terjadi di musim hujan serta kawasan dengan curah hujan tinggi. Kabupaten Bogor merupakan salah satu daerah berpotensi tanah longsor, hal ini salah satunya disebabkan curah hujan Kabupaten Bogor yang cukup tinggi. Daerah potensi longsor umumnya merupakan daerah di tepi pegunungan terjal ataupun daerah aliran sungai yaitu di sekitar teping sungai (KLH 2007). Adapun elemen-elemen lain yang ikut berpengaruh terhadap terjadinya tanah longsor adalah jenis tanah, faktor geologi, percutupan lahan, faktor kegempaan dan kemiringan lahan (Purnamasari 2007).

Potensi bencana tanah longsor ini diperparah oleh beberapa permasalahan lain yang muncul yang memicu peningkatan kerentanannya. Laju pertumbuhan penduduk yang sangat tinggi merupakan salah satu contoh nyata. Diambil Kabupaten Bogor yang akan mencapai penduduk di atas lima juta jiwa pada tahun-tahun mendatang tentu membawa konsekuensi terhadap pemenuhan sarana prasarana dasar, infrastruktur dan jenis kegiatan baru lainnya. Sehingga akan banyak menimbulkan kawasan-kawasan hunian baru yang pada akhirnya kawasan hutan tersebut akan terus berkembang dan menyebar hingga mencapai wilayah-wilayah marginal yang tidak sebayaknya diurus. Tidak terata dan tidak tepatnya perencanaan tata ruang Kabupaten Bogor sebagai ini dan permasalahan ini merupakan salah satu faktor yang menyebabkan adanya peningkatan bahaya tanah longsor. Peningkatan bahaya ini akan lebih diperparah bila masyarakat sama sekali tidak menyadari dan tanggap terhadap adanya potensi bencana tanah longsor di daerahnya. Pengalaman memperlihatkan bahwa kejadian-kejadian bencana alam selama ini telah banyak menimbulkan kerugian dan penderitaan yang cukup berat baik korban jiwa maupun material sebagai akibat dari pepaduan bahaya tanah longsor dan kompleksitas permasalahan lainnya. Untuk itu diperlukan upaya-upaya yang komprehensif untuk mengurangi risiko bencana tanah longsor, antara lain dengan melakukan kegiatan

mitigasi yaitu upaya-upaya untuk meminimalkan dampak yang ditimbulkan oleh bencana dengan melakukan analisis terhadap kerawanan tanah longsor. Penginderaan jauh merupakan teknologi yang mampu melakukan pemantauan dan identifikasi di permukaan bumi secara cepat. Sedangkan sistem informasi geografi (SIG) dapat memberikan informasi yang tidak dapat dideteksi oleh penginderaan jauh seperti jenis tanah, arah hujan maupun kemiringan lereng. Informasi penginderaan jauh dan SIG dapat digabungkan (*overlay*), sehingga dapat digunakan untuk menentukan daerah rawan longsor. Pembobotan masing-masing parameter akan menghasilkan bobot nilai baru yang akan menentukan tingkat kerawanan suatu daerah terhadap kejadian tanah longsor (Purnamasari 2007). Informasi akhir dari proses tersebut akan menghasilkan peta sebaran daerah rawan longsor yang dapat dijadikan sumber informasi bagi pihak-pihak terkait.

3.4.1. Definisi Gerakan Tanah (Longsor)

Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (2015) menyatakan bahwa tanah longsor bisa disebut juga dengan gerakan tanah. Didefinisikan sebagai masa tanah atau material campuran lempung, kerikil, pasir dan kerakal serta bongkah dan lumpur, yang bergerak sepanjang lereng atau keluar lereng karena faktor gravitasi bumi. Tanah longsor secara umum adalah perpindahan material pembentuk lereng berupa batuan, bahan runtuhan, tanah atau material lainnya yang bergerak ke bawah atau keluar lereng.

Secara geologi tanah longsor adalah suatu peristiwa geologi dimana terjadi pergerakan tanah seperti jatuhnya batuan atau gumpalan besar tanah. Tanah longsor terjadi bila gaya pendorong pada lereng lebih besar daripada gaya penahan. Gaya penahan pada umumnya dipengaruhi oleh kekuatan batuan dan kepadatan tanah. Sedangkan daya pendorong dipengaruhi oleh besarnya sudut lereng, air, beban serta jenis tanah batuan.

Proses terjadinya tanah longsor dapat dibayangkan sebagai berikut : air yang meresap ke dalam tanah akan menambah bobot tanah. Jika air tersebut menentuasi struktur tanah

Kedap air yang berperan sebagai bidang gelincir, maka tanah menjadi licin dan tanah pelapukan diatasnya akan bergerak mengikuti lereng dan ke arah lereng (Fianri, 2007)

3.4.2. Penyebab Gerakan Tanah (Longsor)

Menurut Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (2005) tanah longsor dapat terjadi karena faktor alam dan faktor manusia sebagai pemicu terjadinya tanah longsor, yaitu:

a. Faktor alam

Merupakan lereng terjal yang disebabkan oleh patahan dan lipatan kulit bumi, erosi dan pengikisan daerah longsorannya lama. Ketebalan tanah pelapukan bersifat lembek, butiran halus, jenuh karena air hujan, adanya retakan karena proses alam (gempa bumi, tektonik), air hujan di atas normal, sudut air cepat, deras, aliran air bawah tanah pada sungai lama, lapisan batuan yang kedap air mengalir ke arah lereng yang berfingri sebagai bidang longtoran.

b. Faktor manusia

Lereng menjadi terjal akibat pemotongan lereng dan pengerusakan oleh air saluran di tebing, tanah lembek dicuci oleh perubahan tata lahan menjadi lahan basah, adanya kolam ikan, penanaman air, retakan akibat getaran mesin, ledakan, beban masa yang bertambah dipicu oleh beban kendaraan, bangunan dekat tebing, tanah kurang padat karena material urugan atau material longsorannya lama pada tebing, bodoran air saluran, lepas air saluran, kolam ikan, penggundulan hutan sehingga terjadi pengikisan oleh air permukaan. Sedangkan menurut Sadiman (2005) faktor-faktor penyebab tanah longsor adalah kondisi morfologi (sudut lereng, relief), kondisi geologi (jenis batuan tanah, karakteristik ketahanan batuan tanah, proses pelapukan), bidang-bidang diskontinuitas seperti perlipatan dan kekar, permeabilitas batuan tanah, kempungan dan udukanisme), kondisi klimatologi seperti curah hujan, kondisi lingkungan (tata guna lahan, hidrologi dan vegetasi) dan aktivitas manusia (penggemburan tanah untuk pertanian dan perkebunan dan kigasi).

3.4.3: Jenis-jenis Tanah Longsor

Nandi (2007) mengklasifikasi an tanah longsor menjadi enam jenis yaitu :

- 1) Longsorah Translasi
Jenis longsor ini berupa gerakan massa tanah dan batuan pada bidang gelincir berbentuk malar atau menggelombang landai.
- 2) Longsorah Rotasi
Jenis ini merupakan bergeraknya massa tanah dan batuan pada bidang gelincir berbentuk cekung.
- 3) Pergerakan Blok
Pergerakan blok adalah perpindahan batuan yang bergerak pada bidang gelincir berbentuk rata.
- 4) Runtuhah Batu
Runtuhan batuan terjadi ketika sejumlah besar batuan atau mineral lain bergerak ke bawah dengan cara jatuh bebas. Umumnya terjadi pada lereng yang terjal hingga menggantung tertunda di daerah pantai.
- 5) Rayapan Tanah
Rayapan tanah adalah jenis longsor yang bergerak lambat. Jenis tanahnya berupa butiran kasar dan halus. Jenis tanah longsor ini hampir tidak dapat dikenali. Setelah waktu yang cukup lama, longsor jenis rayapan ini bisa menyebabkan tanggul-tanggul telepon, pohon atau rumah miring ke bawah.
- 6) Aliran Bahan Rimbakan
Jenis tanah longsor ini terjadi ketika massa tanah bergerak disamping arah air. Kecepatan aliran tergantung pada kemiringan lereng, volume dan tekanan air serta jenis materialnya. Gerakan terjadi di sepanjang lembah dan mampu mencapai ratusan meter jernihnya. Di beberapa tempat bisa mencapai ribuan meter seperti di daerah aliran sungai di sekitar gunung api.

3.4.4. Bahaya Bencana Gerakan Tanah (Longsor)

Menurut Nandi (2007), banyak yang diributkan akibat terjadinya tanah longsor baik dampak terhadap kehidupan manusia, hewan dan tumbuhan maupun dampaknya terhadap keseimbangan lingkungan. Terjadinya bencana tanah longsor memiliki dampak yang sangat besar terhadap kehidupan, khususnya manusia. Bila tanah longsor itu terjadi pada wilayah yang memiliki kepadatan penduduk yang tinggi, maka korban jiwa yang ditimbulkannya akan sangat besar, terutama bencana tanah longsor yang terjadi secara tiba-tiba. Tanpa diawali adanya tanda-tanda akan terjadinya tanah longsor. Adapun dampak yang ditimbulkan dengan terjadinya tanah longsor terhadap kehidupan adalah sebagai berikut:

- a. Bencana longsor banyak menelan korban jiwa
- b. Terjadinya kerusakan infrastruktur publik seperti jalan, jembatan dan sebagainya. Kerusakan bangunan-bangunan seperti gedung pemerintahan dan perumahan penduduk serta sarana pendidikan.
- c. Menghambat proses aktivitas manusia dan mengancam baik masyarakat yang terdapat di sekitar bencana maupun pemerintah.

Adapun dampak yang ditimbulkan terhadap lingkungan akibat terjadinya tanah longsor adalah sebagai berikut:

- a. Terjadinya kerusakan lahan
- b. Hilangnya vegetasi penutup lahan
- c. Terganggunya keseimbangan ekosistem
- d. Lahan menjadi kritis sehingga cadangan air bawah tanah mengipis
- e. Terjadinya tanah longsor dapat menutup lahan yang lain seperti sawah, kebun dan lahan produktif lainnya.

3.4.5. Penanggulangan Gerakan Tanah (Longsor)

Menurut Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (2015) salah satu upaya untuk menghadapi tanah longsor adalah dengan manajemen bencana. Manajemen bencana

yaitu upaya mitigasi bencana dalam upaya menekan korban jiwa seminimal mungkin baik itu bencana gempa bumi, gunung api maupun tanah longsor. Manajemen bencana meliputi sebelum, saat dan sesudah terjadi bencana. Sebelum terjadi bencana cara yang ditempuh antar lain mengembangkan sistem peringatan dini (*early warning system*) pada suatu daerah secara optimal dan terus-menerus sehingga masyarakat tahu bahwa mereka berada di daerah rawan bencana, sehingga langkah-langkah sederhana dan praktis dapat mereka lakukan dalam keadaan gawat darurat. Saat terjadi bencana, bagaimana dia dapat menyelamatkan diri dan ke arah mana. Tapan ini harus dilakukan, semua ini harus diketahui masyarakat di daerah rawan bencana.

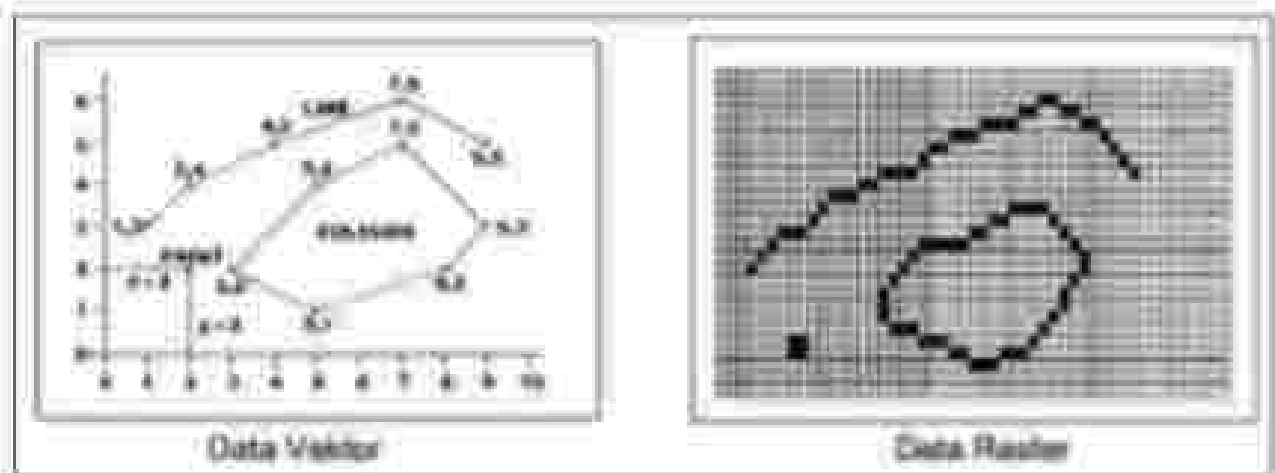
Sesudah terjadi bencana, dalam tahap *recovery* atau pemulihan, masyarakat harus tahu dan dilibatkan sebagai subjek untuk melakukan hal-hal yang berhubungan dengan pemulihan. Sehingga pada tahap ini, yang pada umumnya sulit diidentifikasi dapat dengan mudah dilaksanakan. Sosialisasi dan penyuluhan harus dilakukan secara berkelanjutan dan terus-menerus sampai dicapai tingkat pengetahuan masyarakat yang optimal tentang bahaya tanah longsor. Sosialisasi ini diharapkan dapat mengubah budaya masyarakat di daerah rawan bencana supaya lebih waspada dan peduli. Paling tidak mereka sadar bahwa mereka berada di daerah rawan bencana.

3.4. Sistem Informasi Geografis (SIG)

Sistem informasi geografis (SIG) adalah kumpulan yang terorganisir dan perangkat keras, perangkat lunak, data geografis dan personal yang dirancang secara efisien untuk memperoleh, menyimpan, memodifikasi, menganalisis, mengelola dan menyajikan semua bentuk informasi yang bersifat geografis (Pratiwi, 2012 dan Sengul, 2009).

Sebagian besar data yang diangan dalam SIG merupakan data spasial yaitu sebuah data yang berorientasi geografis, memiliki sistem koordinat tertentu sebagai dasar referensinya dan mempunyai dua bagian penting yang membuatnya berbeda dari data lain, yaitu informasi lokasi (spasial) dan informasi deskriptif (atribut) (DE Kartotum, 2007).

Data spasial ini dapat dibagi menjadi dua format yaitu data raster dan data vektor. Data vektor merupakan objek geografis yang direpresentasikan ke dalam kumpulan garis, area (daerah yang dibatasi oleh garis yang berawal dan berakhir pada titik yang sama), titik, dan nodes (merupakan titik perpotongan antara dua buah garis). Pada data raster, objek geografis direpresentasikan sebagai struktur sel grid yang disebut dengan *pixel picture element*. Perbandingan visualisasi antara data raster dan vektor disajikan pada Gambar 3.6 (GIS Konsorsium, 2007 dalam Sengul, 2009).



Gambar 3.6. Perbandingan antara data raster dan data vektor

Keuntungan data vektor adalah kelengkapan dalam merepresentasikan fitur titik, batas-batas dan garis lurus, akan tetapi, tidak mampu dalam mengakomodasi perubahan gradual. Data raster sangat baik untuk merepresentasikan batas-batas yang berubah secara gradual, seperti jenis tanah dan vegetasi. Keterbatasan utama dari data raster adalah besarnya ukuran file, semakin tinggi resolusi gridnya semakin besar pula ukuran filenya dan sangat tergantung pada kapasitas perangkat keras yang tersedia (GIS Konsorsium, 2007 dalam Sengul, 2009).

IV. METODE PENELITIAN

Metode pemetaan wilayah bencana geologi Kabupaten Manokwari ini terdiri dari beberapa tahapan penelitian, yaitu: Tahapan pengumpulan data, tahap pengolahan data dan peningkatan lapangan serta tahapan pembuatan laporan.

Tahapan pengumpulan data dilakukan berdasarkan jenis ancaman yang akan dianalisa, tahapan pengolahan data dilakukan dengan menggunakan bantuan komputer dan perangkat lunak (software) dan selanjutnya dilakukan tahapan peningkatan lapangan guna memverifikasi tahapan pengolahan data analisis yang selanjutnya difinalisasi dengan tahapan pelaporan.

Pengolahan data untuk menyusun daerah ancaman gempa bumi, tsunami dan gerakan tanah lerdi dan beberapa bagian. Secara garis besar, langkah-langkah tersebut adalah sebagai berikut:

1. Persiapan peta-peta dan data pendukungnya, untuk selanjutnya dilaksanakan *image processing*.
2. Ekstraksi data spasial peta rupa bumi, DEM dan data pendukung lainnya.
3. Penentuan parameter-parameter yang mempengaruhi (tingkat kerentanan bencana geologi (gempa bumi, tsunami dan gerakan tanah/longsor).
4. Pengambilan data lapangan sesuai dengan parameter tingkat kerentanan bencana geologi.
5. Analisa daerah rentan bencana geologi (gempa, tsunami dan gerakan tanah) berdasarkan parameter-parameter yang ditentukan.
6. Penentuan zonasi atau logkabin kerentanan ancaman bencana geologi (Peta Kerentanan Ancaman Gempa bumi, Peta Kerentanan Ancaman Tsunami dan Peta Kerentanan Ancaman Gerakan Tanah/Longsor di Kabupaten Manokwari Provinsi Papua Barat).

Pengolahan data DEM atau Cita SRTM dilakukan dengan bantuan komputer dan perangkat lunak (software). Data masukan yang diolah berupa DEM. DEM yang diperoleh merupakan citra mentah sehingga perlu untuk dikoreksi terlebih dahulu. Koreksi yang dilakukan adalah koreksi geometri. Tujuan citra bertujuan untuk membatasi area penelitian (dalam hal ini Kabupaten Mandowan, Provinsi Papua Barat).

Berikut ini akan diuraikan metode pengelolaan data untuk masing-masing Ancaman Bencana Geologi (gempa bumi, tsunami dan gerakan tanah longsor).

4.1. Penentuan Parameter dan Analisa Ancaman Gempa bumi

Zonasi ancaman gempa bumi disusun berdasarkan parameter yang mengacu pada Pusat Vulkanik dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG) (2009), yaitu morfologi, litologi, struktur geologi, sumber gempa bumi, intensitas gempa bumi, dan percepatan gempa bumi. Data yang dibutuhkan untuk tiap parameter antara lain:

- Peta topograf**
Peta topografi yang ditunjukkan adalah Peta Rupa Bumi (Batasupatano) Lembar Mandowan (3015-21), Lembar Nani (3015-14), Lembar Dindoy (3015-12), Lembar Milyambou (3014-44), Lembar Warkapi (3014-53), Lembar Sidey (3015-13), Lembar Sumbetoga (3015-11), dan Lembar Nema (3014-43).
- Peta Geologi**
Peta Geologi yang digunakan Peta Geologi Lembar Mandowan Skala 1:250.000 (Ratnan et al, 1999) dan Lembar Ranski Skala 1:250.000 (Abramata et al, 1999).
- Peta Struktur Geologi**
Peta Struktur Geologi diperoleh dari ekstraksi dari Peta Geologi Lembar Mandowan dan interpretasi dengan citra satelit SRTM.
- Peta Sumber Gempa Bumi**
Peta Sumber Gempa Bumi mengacu pada peta sebaran pusat gempa bumi daerah Mandowan dan sekitarnya tahun 1900-2010 (USGS dalam BPBD Kabupaten Mandowan, 2012).

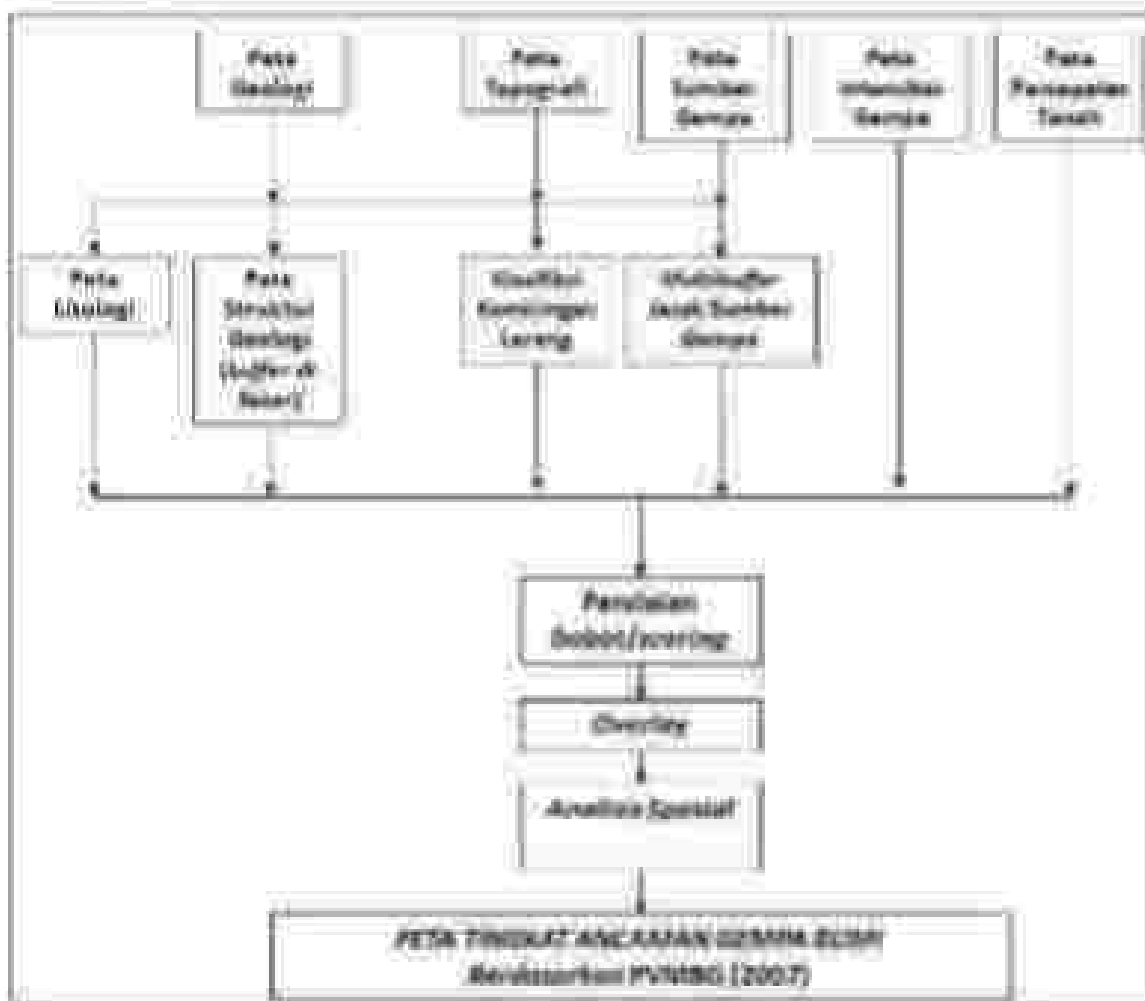
e. **Peta Intensitas Gempa Bumi**

Peta intensitas Gempa bumi yang digunakan bertumber pada Peta Rawan Bencana Gempa Bumi Indonesia (Kertapati, 2001) dan Katalog Gempa Bumi Kabupaten Mandikayan (BPBD Kabupaten Mandikayan, 2012)

f. **Peta Percepatan Gempa Bumi**

Peta Percepatan Gempa Bumi daerah Mandikayan dan sekitarnya mengacu pada Peta Percepatan Gempa Bumi (BPBD Kabupaten Mandikayan, 2012).

Analisis Ancaman Gempa Bumi di Kabupaten Mandikayan digambarkan dalam diagram alir berikut ini.



Gambar 4.1. Diagram Alir Analisis Ancaman Gempa Bumi di Kabupaten Mandikayan

Peta dan data diolah menggunakan Sistem Informasi Geografis dengan menentukan kelas dan nilai pada parameter penyusunan zona ancaman gempa bumi. Kelas dan nilai pada parameter penyusunan peta ancaman gempa bumi mengacu pada Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG, 2008) dan Fieries PU (2007). Formulasi tingkat ancaman gempa bumi diuraikan berikut ini:

Klasifikasi pembagian zona ancaman gempa bumi menggunakan formulasi sebagai berikut (Sulistiyanti, 2012):

$$P = 0,45 SG + 0,25 PGA + 0,14 IG + 0,08 G + 0,04 GS + 0,03 M$$

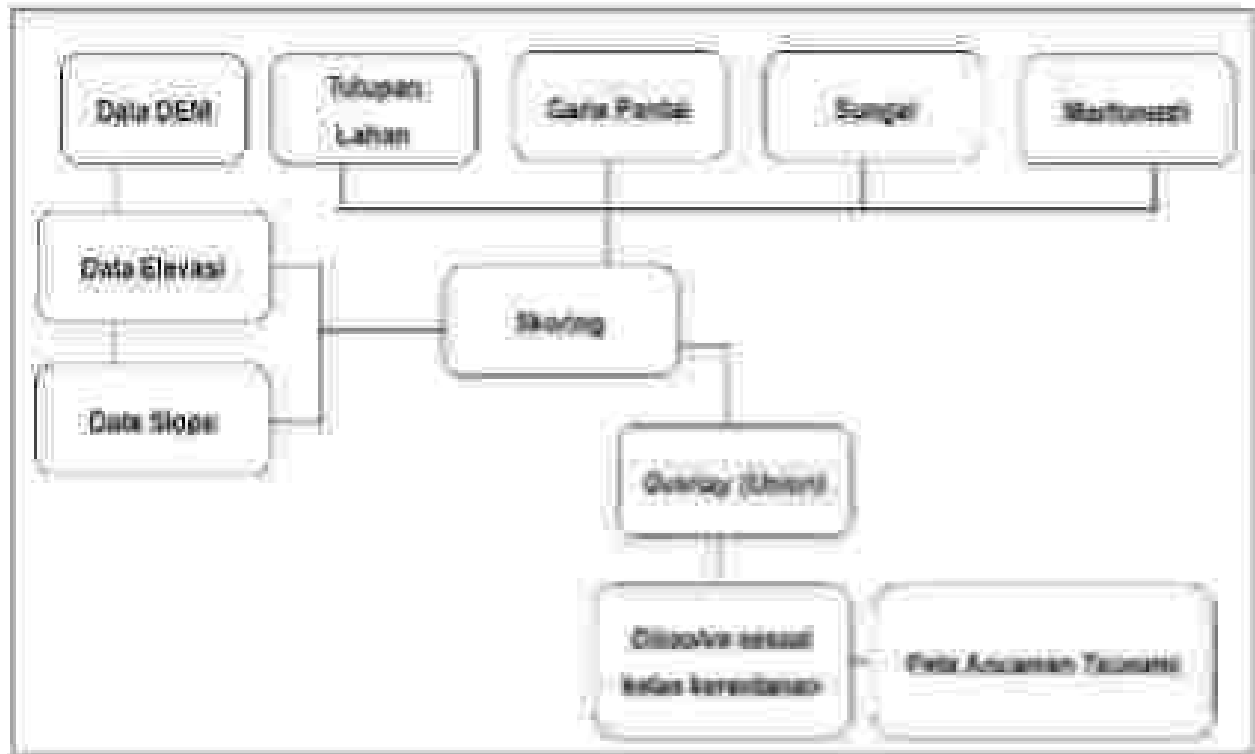
Dengan:

- R : Zona ancaman gempa bumi
- SG : Nilai sumber gempa bumi
- PGA : Nilai percepatan gempa bumi
- IG : nilai intensitas gempa bumi
- G : Nilai litologi
- GS : nilai struktur geologi
- M : nilai Morfologi

Kelas Ancaman Gempa Bumi dibagi menjadi 3 (tiga) kelas, yaitu 1) Kelas Bencana Tinggi, 2) Bencana Sedang dan 3) Kelas Bencana Rendah.

4.2. Penentuan Parameter dan Analisis Ancaman Tsunami

Parameter yang digunakan dalam penentuan daerah rentan tsunami dengan pendekatan SIG yang telah diuraikan di atas meliputi: tutupan lahan, ketinggian dan lereng, jarak dari garis pantai serta jarak dari sungai.



Gambar 4.2. Diagram Alir Perakitan Ancaman Tsunami

Pemilihan dicari kuantitatif terhadap tingkat kerentanan bencana tsunami dilakukan melalui skoring setiap parameter yang menjadi indeks dalam penentuan daerah rentan bencana tsunami. Parameter yang dominan mempunyai faktor pembobot yang paling besar. Pemberian skor dilakukan berdasarkan tingkat pengaruh parameter tersebut terhadap potensi keberluknya tsunami. Tujuannya adalah untuk menyusun urutan tingkat kerentanan bencana tsunami (Subandjo dan Aro, 2015)

A. Penentuan Tingkat Kerentanan Terhadap Tsunami

Analisis kerentanan yang dikaji pada penelitian ini hanya kerentanan lingkungan dan parameter yang ada dikelaskan dalam matriks, karena parameter kerentanan lingkungan dapat dipecahkan.

Parameter yang digunakan untuk menentukan tingkat kerentanan lingkungan terhadap tsunami adalah elevasi daratan, slope (kemiringan), morfometri pantai, penggunaan lahan, jarak dari garis pantai dan jarak dari sungai.

Dasar pengambilan parameter tersebut ditentukan berdasarkan penelitian sebelumnya dengan melihat parameter penentu tingkat kerentanan di suatu wilayah yang kemudian dimodifikasi sesuai dengan kondisi lokal berdasarkan kondisi daerah penelitian. Beberapa hasil penelitian terdahulu yang dijadikan acuan yaitu penelitian yang pernah dilakukan oleh Sengaji (2009) dan Subardjo dan Ario (2015).

Setiap parameter memiliki kontribusi yang berbeda terhadap tingkat kerentanan dan risiko bencana tsunami. Oleh karena itu, dalam penelitian ini dilakukan sistem penentuan bobot dan skor untuk masing-masing parameter sesuai dengan besarnya pengaruh parameter tersebut. Parameter yang dianggap memiliki pengaruh paling besar terhadap risiko tsunami, diberikan bobot paling besar. Jadi, semakin besar bobot parameter penentu risiko bencana tsunami, semakin besar kontribusinya terhadap risiko tsunami dan sebaliknya. Penjelasan masing-masing parameter adalah sebagai berikut.

1. Elevasi daratan:

Elevasi merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi risiko tsunami yang akan terjadi. Daerah dengan elevasi rendah, akan mudah dihantam gelombang tsunami, dan sebaliknya. Kelas ketinggian daratan mengacu pada pengelompokan elevasi menurut Sengaji (2009) sebagai berikut: $0-10\text{ m}$, $10-25\text{ m}$, $25-50\text{ m}$, $50-100\text{ m}$ dan $>100\text{ m}$.

2. Kemiringan

Kemiringan daratan akan mempengaruhi tinggi run up tsunami di wilayah pantai. Semakin besar kemiringan daratan (curam), maka tinggi run up semakin rendah, dan sebaliknya. Pengelompokan serta pembobotan kemiringan daratan dalam penelitian ini mengacu pada kelas ketinggian pada penelitian yang dilakukan oleh Sengaji (2009) yaitu 10%, $>10-20\%$, <math><20-30\%</math>, $>30-40\%$, dan $>40\%$.

3. Morfometri pantai:

Morfologi pantai sangat berpengaruh besar terhadap tingkat energi tsunami yang akan terhempas ke daratan. Tipe pantai lurus akan mengalami amplifikasi energi gelombang dan tipe terjal akan mereduksi energi gelombang. Pada penelitian ini digunakan lima kelas tipe morfologi pantai berdasarkan penelitian Sengul, 2009 yaitu tipe lekuk V, tipe lekuk U, tipe terjal, tipe pantai lurus dan non lekuk atau terjal.

4. Penggunaan lahan (landuse)

Penggunaan lahan merupakan salah satu parameter yang mempengaruhi tingkat risiko tsunami. Tsunami dapat menyebabkan perubahan tata guna lahan, contohnya Tsunami Aceh 2004 telah menyebabkan beberapa wilayah pemukiman maupun lahan pertanian, seladang berubah menjadi lahan kosong. Oleh karena itu, perlu penataan ruang dengan baik dalam rangka mengurangi risiko tsunami. Adapun penggunaan lahan dalam penelitian ini berdasarkan klasifikasi pada penelitian yang dilakukan oleh Sengul, 2009. Pengelompokan untuk landuse dapat dilihat pada matriks risiko tsunami.

5. Jarak dan garis pantai

Tsunami merupakan fenomena alam yang bersifat merusak, sehingga perlu memperhatikan adanya kawasan penyangga (buffer zone). Oleh karena itu, pembangunan kawasan untuk pemukiman dan pusat-pusat kegiatan penting lainnya harus memperhatikan jarak dari garis pantai guna mengurangi risiko tsunami. Adapun dasar untuk pembatasan jarak (buffer) merujuk pada UU RI No.27 tahun 2007 tentang pengelolaan wilayah pesisir dan pulau-pulau kecil dalam Sengul (2009) yaitu sempadan pantai adalah daratan sempang tepian yang lebarnya proporsional dengan bentuk dan kondisi fisik pantai, minimal 100 (seratus) meter dari titik pasang tertinggi ke arah darat. Pada penelitian ini jarak dari garis pantai diklasifikasi menjadi lima kelas yaitu <200 m, 200-500 m, 500-1000, 1000-1500 m dan >1500 m.

6. Jarak dari sungai

Jarak dari sungai merupakan parameter yang mempengaruhi tingkat risiko tsunami. Tsunami yang menusubi kanal-kanal terjalung akan mengakibatkan

kerusakan yang lebih besar karena adanya penusutan energi tsunami sehingga semakin mendorong tsunami masuk lebih jauh ke daratan. Contohnya Tsunami California yang melewati kanal-kanal pengendali banjir dapat masuk ke daratan sampai 1 mil (1.602 km). Oleh karena itu, perlu dilakukan buffer dari sungai. Pada penelitian ini buffer dari sungai dilakukan pada jarak <100 m, 100-300 m, 300-500 m, 300-500 m, dan >500 m (Sengul 2009).

B. Matriks Tingkat Kerentanan Tsunami Kabupaten Mandikwari

Pembuatan matriks kerentanan ini dimulai dengan menentukan parameter apa saja yang berpengaruh terhadap tingkat kerentanan wilayah terhadap tsunami. Penentuan matriks pun harus disesuaikan dengan kondisi lingkungan di Kabupaten Mandikwari.

Kriteria yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari beberapa rujukan pustaka yang dipilih salah satunya adalah dalam Sengul (2009). Parameter yang digunakan dalam penentuan kerentanan tsunami topografi, morfologi pantai, penggunaan lahan, jarak dari garis pantai dan jarak dari sungai. Berdasarkan parameter tersebut, maka dapat disusun matriks untuk menentukan tingkat kerentanan tsunami seperti yang disajikan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Matriks Parameter dan Nilai perentu Tegangan Ancaman Tsunami

No	Parameter	Skala (%)	Sangat Tinggi	Diper	Tinggi	Skala	Sangat	Diper	Rendah	Diper	Sangat Rendah	Diper
1	Jarak Dari Darat Pantai	20	<300	3	300-1000	4	1000	2	-	1	1	1
2	Elevasi	30	>10	3	5-10-20	4	30-50	2	>50-100	2	>100	1
3	Ukuran Pantai	20	Tinggi	3	Tinggi	4	Tinggi	1	Lebar	1	Sangat Tinggi	1
4	Slope	15	1	3	1-10	4	10-15	1	>15-40	1	>40	1
5	Landuse	10	Berdasar Fasilitas Hutan Mangrove	3	Fasilitas Lahan Tertutup	4	Hutan Rawa Sempit Bekas Rawa	2	Kapas Kapas Cemoran	2	Hutan Penekan Dan Seluruh Lahan Terbuka Pegang Rumput Penekan Lahan Tutup Sawah Sempit Bekas Tutup Air	1
6	Jarak Dari Sungai Tinggi	15 100	0-100	3	100-200	4	200- 300	1	>300-500	2	>500	1

(Sumber: UU RI No.27 Tahun 2007, Eppeda K46, Sika 2008, Eksplorasi-Potensi Studi Bencana Alam UGM2012, Dipuligtoni dan Budiman 2006, dimodifikasi dalam Sengul 2009)

Pembuatan matriks ditentukan dengan pembobotan dan skor. Pemberian skor dimaksudkan untuk menilai faktor pemosis pada setiap parameter, sedangkan pembobotan setiap parameter berdasarkan pada dominannya pengaruh parameter tersebut dalam penentuan tingkat kerentanan tsunami. Kelompok peredu yang dianggap memiliki pengaruh yang paling besar terhadap tsunami, diberikan bobot dan skor yang paling besar, dan sebaliknya. Pemberian bobot pada penilaian ini adalah berkisar dari 16-25% dan pemberian skor dalam kisaran 1-5 yang menunjukkan kelas tingkat kerentanan tsunami. Nilai tiap kelas didapatkan pada perhitungan rumus berikut (Pasek, 2007 dalam Sengul, 2009) :

$$R = \sum (B_i \times S_i)$$

- Dimana:
- N = Total bobot nilai
 - B_i = Bobot pada tiap kriteria
 - S_i = Skor pada tiap kelas
 - i = Parameter

Setelah tiap-tiap kelas diperoleh dari jumlah perkalian nilai maksimum dari tiap bobot dan skor, diurangi jumlah perkalian nilai minimumnya, yang kemudian dibagi dengan jumlah parameter yang digunakan. Secara matematis selang kelas tingkat risiko diuraikan sebagai berikut (Pasek, 2007 dalam Sengul, 2009):

$$\text{Lebar selang kelas } (L) = \frac{\sum (B_i \times S_i)_{\text{max}} - \sum (B_i \times S_i)_{\text{min}}}{n}$$

- Dimana:
- L = Lebar selang kelas
 - n = Jumlah kelas

Berdasarkan perhitungan di atas akan diperoleh nilai lebar selang kelas tingkat kerentanan tsunami sebesar 0,85 dengan nilai $n = 4$ sebagai kata (1) dan nilai $\sum (B_i \times S_i)_{\text{max}}$ sebesar lima (4,4).

Kelas kerentanan aman (R1) didapatkan dari 1 ditambah dengan 0,25. Nilai kelas rendah (R2) didapat dari selang kelas maksimum R1 yaitu 1,25 ditambah 0,25. Nilai selang kelas sedang (R3) didapatkan dari selang maksimum R2 yaitu 2,00 ditambah dengan 0,25. Nilai selang kelas risiko tinggi (R4) yaitu nilai yang lebih dari nilai maksimum R3 yaitu 3,5. Secara singkat selang kelas masing-masing kelas risiko dapat ditetapkan sebagai berikut:

Kelas R4 (Risiko Tinggi) = Lebih dari 3,5

Kelas R3 (Risiko Sedang) = 2,25 – 3,5

Kelas R2 (Risiko Rendah) = 1,0 – 2,25

Kelas R1 (Risiko Aman) = 1 – 1,25

Pada waktu pengolahan data dengan ArcGIS 10.3, secara otomatis nilai tersebut akan disediakan berupa model tingkat kerentanan tsunami wilayah Kabupaten Manawati dengan lima kelas kerentanan tsunami.

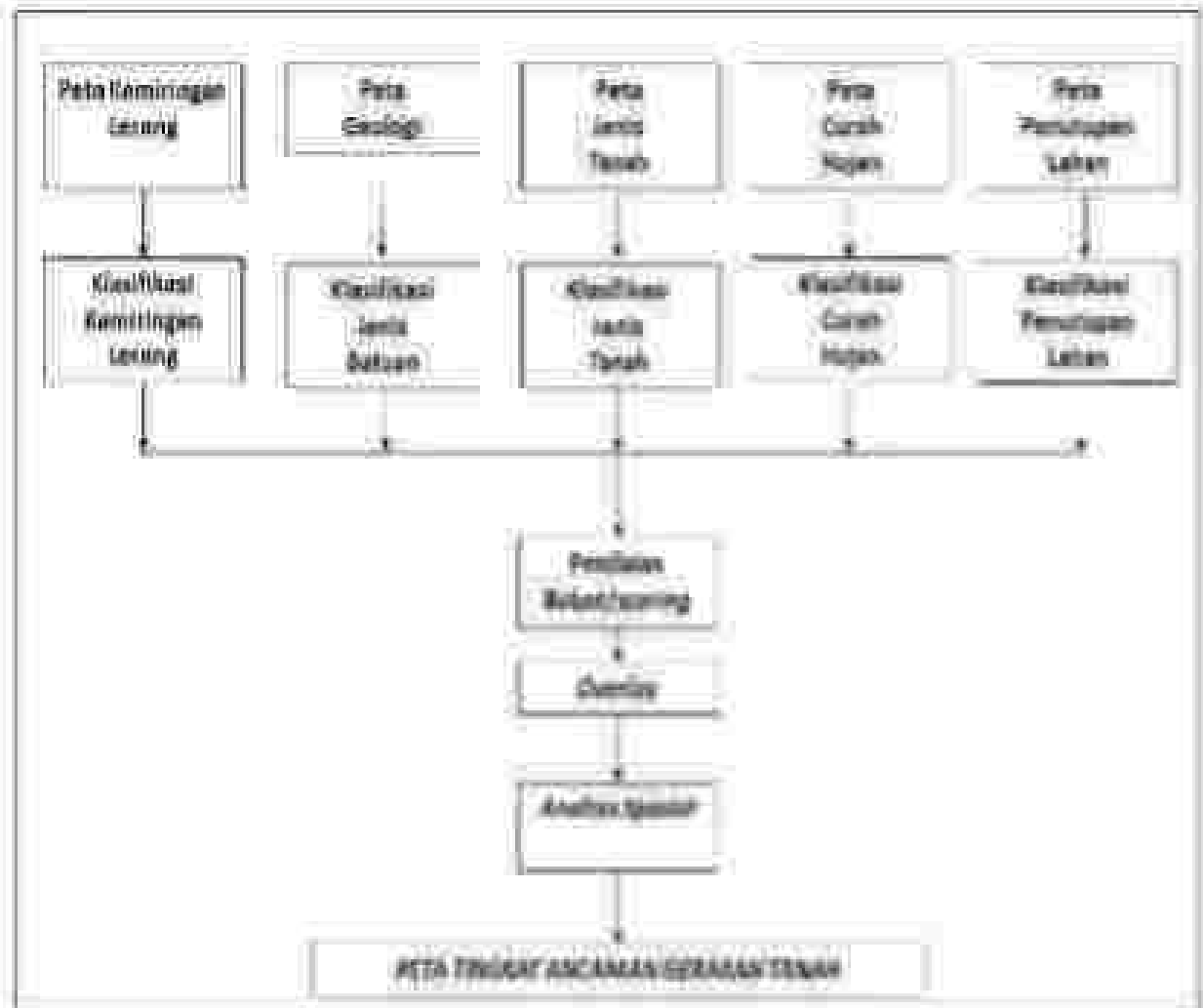
4.3. Penentuan Parameter Ancaman Gerakan Tanah (Longsor)

Berdasarkan model penilaian BBSLAP (2025), parameter yang digunakan untuk menentukan tingkat kerawanan tanah longsor adalah (Gambar 4.3):

- Perutupan lahan (landcover)
- Jenis tanah
- Kemiringan lahan
- Curah hujan
- Formasi geologi (batuan induk dan)
- Kerentanan gerakan tanah

Analisis kerawanan tanah longsor dilakukan klasifikasi berdasarkan skor, bobot dan ditimbang/ausukkan (overlay) dengan pendekatan analisis spasial menggunakan software Arc GIS 10.4.1. Setiap parameter memiliki klasifikasi skor yang dikalikan dengan bobot setiap parameter dan hasil perkalian skor dan bobot tersebut dijumlahkan

Klasifikasi tiap parameter dalam analisis ini mengacu pada klasifikasi menurut BBSQLP (2009).



Gambar 4.3. Bagan Alir Analisis Tingkat dan Ancaman GERMAS Tanah

Dalam penentuan skor curah hujan, BBSQLP (2009) membagi menjadi tiga kelas, semakin besar curah hujan yang turun maka semakin tinggi skor curah hujan tersebut seperti tercantum pada Tabel 4.2. Curah hujan yang turun akan mempengaruhi kondisi air tanah, tanah yang kandungan air tanahnya meningkat maka akan meningkat risikonya dan semakin rendah tingkat kepadatan dan kekompakannya

Tabel 4.2. Klasifikasi Curah Hujan (mm/tahun) (BESDLP, 2008)

Kelas Parameter Curah Hujan(mm/tahun)	Bobot (20%)	Skor
a) Sangat Basah (>4.000)		5
b) Basah (3.001-4.000)		4
c) Sedang (2.001-3.000)		3
d) Kering (1.001-2.000)		2
e) Sangat Kering (<1.000)		1

Jenis bahan diklasifikasikan berdasarkan asal bentuknya yaitu batuan vulkanik, batuan sedimen dan karst serta batuan alluvial. Menurut Wilopo dan Agus (2005)-batuan alluvial merupakan batuan hasil endapan proses geodinamika yang terjadi pada batuan di wilayah tersebut. Batuan ini memiliki sifat kepekaan terhadap longsor rendah. Batuan sedimen dan karst merupakan batuan yang terbentuk dari lingkungan laut dan perairan serta perairan lain seperti sungai dan danau. Kudos sampai batuan tersebut tertinggal menjadi daratan pada masa lalu. Umumnya batuan ini memiliki permeabilitas kecil bahkan tidak ada kecuali jika batuan banyak memiliki retakan atau telah mengalami pelarutan, maka dapat bersifat bahan air sehingga menjadi akuifer (sasaran penyerapan air tanah) atau dapat berfungsi sebagai imbunan air. Batuan ini memiliki sifat kepekaan terhadap longsor sedang. Sedangkan batuan vulkanik merupakan batuan gunung api yang tidak teruraikan. Jenis ini memiliki sifat kepekaan terhadap longsor tinggi. Skoring dan pembobotan pada tiap jenis batuan dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3. Klasifikasi Jenis Batuan (BESDLP, 2006)

Kelas Parameter Kepekaan terhadap longsor	Bobot (25%)	Skor
a) Kepekaan tinggi (vulkanik material, Karst Alluvial)		5
b) Kepekaan Sedang (batuan sedimen, lempung, nopol, (latau))		3
c) Kepekaan Rendah (batuan beku, batugamping, (alluvium))		1

Dalam bencana tanah longsor, faktor kemiringan lahan sangat berpengaruh, semakin tinggi dan semakin tegak lereng maka kemungkinan terjadinya longsor semakin tinggi. Hal tersebut berkaitan dengan kestabilan lereng, semakin curam lereng maka lereng akan mengalami tekanan beban yang lebih besar sehingga makin tidak stabil untuk menahan beban di atasnya dan pengaruh gravitasi bumi. Skor dan bobot parameter kemiringan lahan dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4. Kondisi Kemiringan Lintang (Modifikasi PRSDLP, 2009)

Kelas Parameter Kemiringan Lintang (%)	Bobot (SN)	Skor
a) >40		5
b) 25-40		4
c) 10-15		3
d) 2-10		2
e) 2		1

Kondisi penutupan lahan sebagai faktor penyebab tanah longsor berkaitan dengan kestabilan lahan, kondisi tetapan kejenuhan air serta kualitas kataba partikel tanah. Lahan yang ditumbuhi hutan dan perkebunan relatif lebih bisa menjaga stabilitas lahan karena sistem perakaran yang dalam sehingga bisa menjaga kekompakan antar partikel tanah serta partikel tanah dengan batuan dasar dan bisa mengatur limpasan dan resapan air ketika hujan. Permukiman memiliki andil yang lebih kecil karena limpasan air lebih banyak terjadi di bantaran gerangan dan resapan karena sifat permukaan yang kedap air baik kondisi tanah permukaan maupun karena penutupi lahan berupa beton atau semen. Tegalan dan sawah memiliki vegetasi yang tidak bisa menjaga stabilitas permukaan karena bersifat tergenang, serta memiliki sistem perakaran yang dangkal sehingga kurang menjaga kekompakan partikel tanah (Rahmat 2010). Skor dan bobot parameter penutupan lahan dapat dilihat pada Tabel 4.5

Tabel 4.5: Kelas Parameter Penutupan Lahan (BSSOLP, 2008)

Kelas Parameter Penutupan Lahan	Bobot (10%)	Skor
a) Tegalan, Sawah		5
b) Semak belukar, lahan terbuka		4
c) Hutan dan Perkebunan		3
d) Pemukiman		2
e) Tambak, Ladak, perikanan		1

Penentuan skor jenis tanah didasarkan berdasarkan tingkat kepekaan terhadap longsor jenis tanah tersebut, semakin peka terhadap longsor maka semakin tinggi skor yang diberikan. Tingkat kepekaan terhadap longsor berhubungan dengan tingkat kemampuan tanah menahan dan melepaskan air yang masuk, tanah dengan permeabilitas sangat lambat sangat kuat menahan air yang masuk dan sangat sulit untuk melepaskannya, hal itu akan menyebabkan tanah menahan beban yang lebih besar dan apabila curah hujan semakin tinggi serta tanah tersebut berada pada wilayah yang memiliki topografi yang terjal sampai sangat curam maka longsor kemungkinan besar terjadi. Secara umum tingkat permeabilitas tanah bertanding terbalik dengan kepekaan terhadap erosi, semakin lambat permeabilitasnya maka semakin peka terhadap erosi (Rahmat 2018). Skor dan bobot parameter fundasi tanah dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.6. Kondisi Tanah (Permeabilitas) (BSSDLP, 2009)

Kelas Parameter Kepekaan terhadap Longsor	Bobot (10%)	Skor
a) Kepekaan Tinggi		5
b) Kepekaan Sedang		4
c) Kepekaan Rendah		3

Penentuan skor kerentanan gerakan tanah ditentukan berdasarkan kerentanan terhadap gerakan tanah. Hal ini bertepatan dengan letak suatu wilayah yang berada pada zona geologi aktif. Suatu wilayah yang berada pada zona geologi aktif memiliki kerentanan gerakan tanah yang tinggi dimana gerakan tanah tersebut dapat memicu terjadinya tanah longsor. Skor dan bobot parameter kerentanan gerakan tanah dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7. Klasifikasi Zona Kerentanan Gerakan Tanah (BSSDLP, 2009)

Kelas Parameter Kerentanan Gerakan Tanah	Bobot (15%)	Skor
a) Zona Kerentanan Sangat Tinggi		5
b) Zona Kerentanan Tinggi		4
c) Zona Kerentanan Sedang		3
d) Zona Kerentanan Rendah		2
e) Sungai		1

Model yang digunakan untuk menganalisis kerentanan longsor adalah model penugasan yang mengacu pada penilaian BSSDLP (2009) dengan formula sebagai berikut:

$$\text{Ancaman Gerakan Tanah} = 0,3FCH + 0,25FJB + 0,2FKL + 0,1FPPL + 0,1FJT + 0,15KT$$

Keterangan:

FCH = Faktor Curah Hujan

FJB = Faktor Jenis Batuan

FKL = Faktor Kemiringan Lereng

FPPL = Faktor Perutupan Lahan

FJT = Faktor Jenis Tanah (Permeabilitas)

FKT = Faktor Kerentanan Gerakan Tanah

0,25:0,2:0,1 = Bobot Nilai

Skor hasil akhir α_{KGT} dibagi menjadi tiga kelas kerawanan tinggi, sedang, rendah, sedang dan tinggi berdasarkan nilai rata-rata (Mean) dan standar deviasi (SD) jumlah skor akhir dengan penentuan selang skor:

Mean = 3,33; StDev = 1,009; Min = 0,7; Max = 5,3

Kawasan Tinggi = $(5,3 - 3,33) = 5,3 - 3,4$

Kawasan Sedang = $(3,33 - 1,09) = 3,3 - 2,4$

Kawasan Rendah = $(1,09 - 0,7) = 2,4 - 0,7$

☐ Kerawanan sedang: Nilai rata-rata (Mean) ± standar deviasi (SD) = 4,1 = (3)

☐ Kerawanan rendah: Nilai minimum - <= Skor Kerawanan sedang (1-2)

☐ Kerawanan tinggi: >= Skor Kerawanan sedang + Nilai maksimum (4-5)

V. PEMBAHASAN

5.1. Analisis Tingkat Ancaman Gempa bumi Di Kabupaten Mandowan

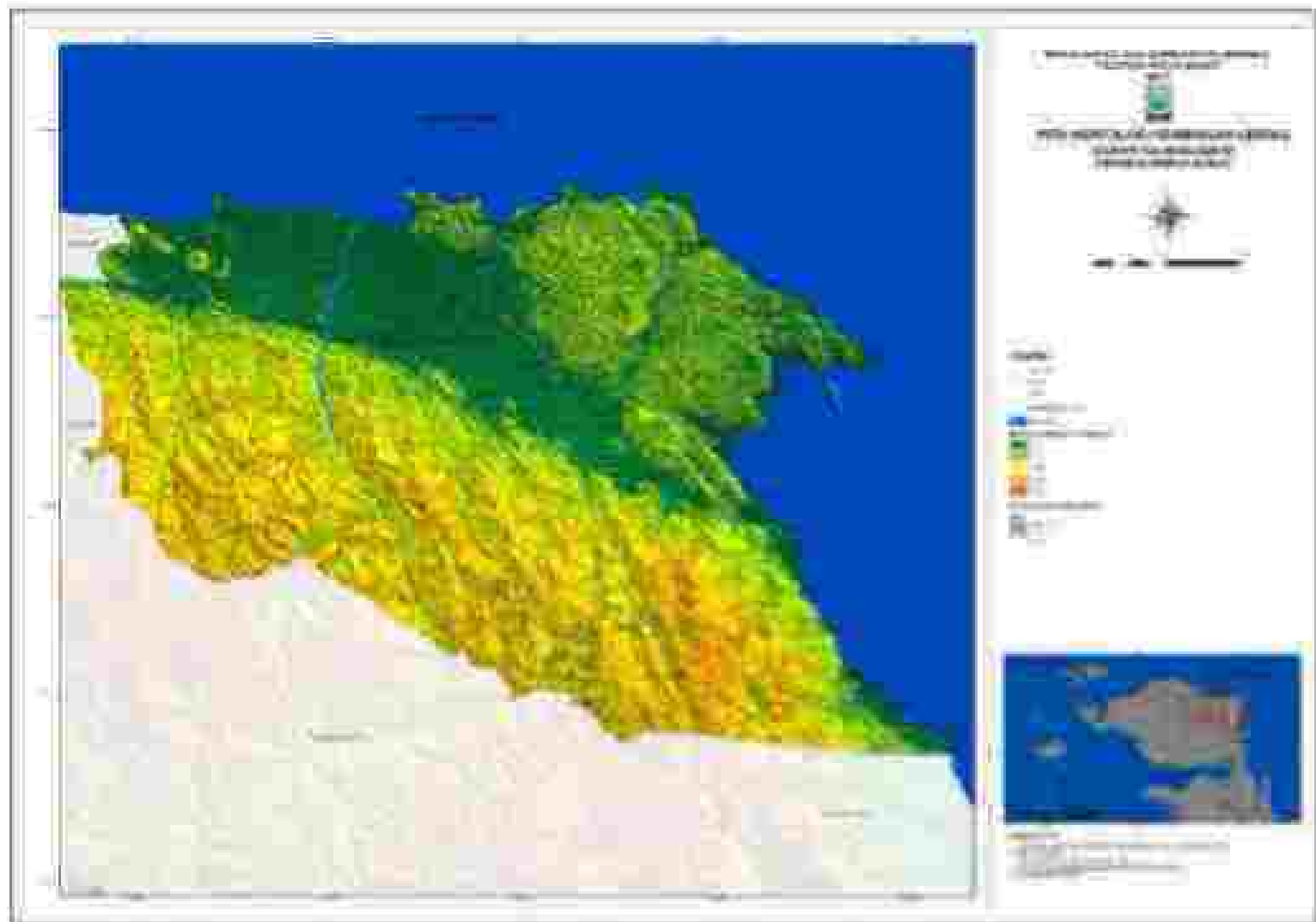
Parameter tingkat ancaman atau bahaya gempa bumi di Kabupaten Mandowan terdiri dari parameter morfologi, litologi, struktur geologi, sumber gempa bumi, intensitas gempa, dan percepatan tanah. Parameter tersebut diuraikan sebagai berikut:

A. Parameter Morfologi

Parameter morfologi merujuk pada parameter yang berpengaruh terhadap gempa bumi dan dampak turunannya seperti gerakan tanah (longsor). Fata morfologi dibuat berdasarkan interpolasi data sebagai data elevation model (DEM) yang diturunkan dalam kelas kemiringan lereng dalam persen (%). Nilai parameter morfologi terhadap ancaman ataupun bahaya gempa bumi mengacu pada penilaian PVMBG (2009) (Tabel 5.1).

Tabel 5.1. Nilai Parameter Morfologi terhadap Ancaman Gempa Bumi (PVMBG, 2009)

No	Morfologi	Kemiringan Lereng (%)	Nilai
1.	Perbukitan sangat terjal	40-70	5
2.	Perbukitan terjal	15-30	4
3.	Perbukitan bergelombang	7-15	3
4.	Dataran bergelombang	2-7	2
5.	Dataran	0-2	1



(Gambar 3.1) Peta Kontur Lereng sebagai parameter penentu tingkat ancaman gempa bumi

B. Parameter Litologi

Parameter litologi merupakan salah satu faktor penentu terhadap besarnya ancaman gempa bumi. Sumber data litologi diperoleh dari Peta Geologi Lembar Mandorai dan Lembar Ranisli (Gambar 5-2). Nilai besarnya litologi terhadap gempa bumi mengacu pada nilai yang telah ditetapkan oleh Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG) (2009) (Tabel 5.2).

Tabel 5.2 Parameter litologi terhadap nilai ancaman gempa bumi (PVMBG, 2009)

No.	Litologi	Nilai
1.	Endapan aluvial, endapan aluvial pantai, dan endapan aluvial sungai Kribas	5
2.	Yudagan dan aluvial Kuarter	4
3.	Batu gamping Eosen	3
4.	Batuan Tersier	2
5.	Batuan Pra Tersier	1



Gambar 5.2. Peta Litologi di Wilayah Kabupaten Manokwari (Rahman et al. 1999 dan Anaswinata et al. 1988)

C. Peta Struktur Geologi

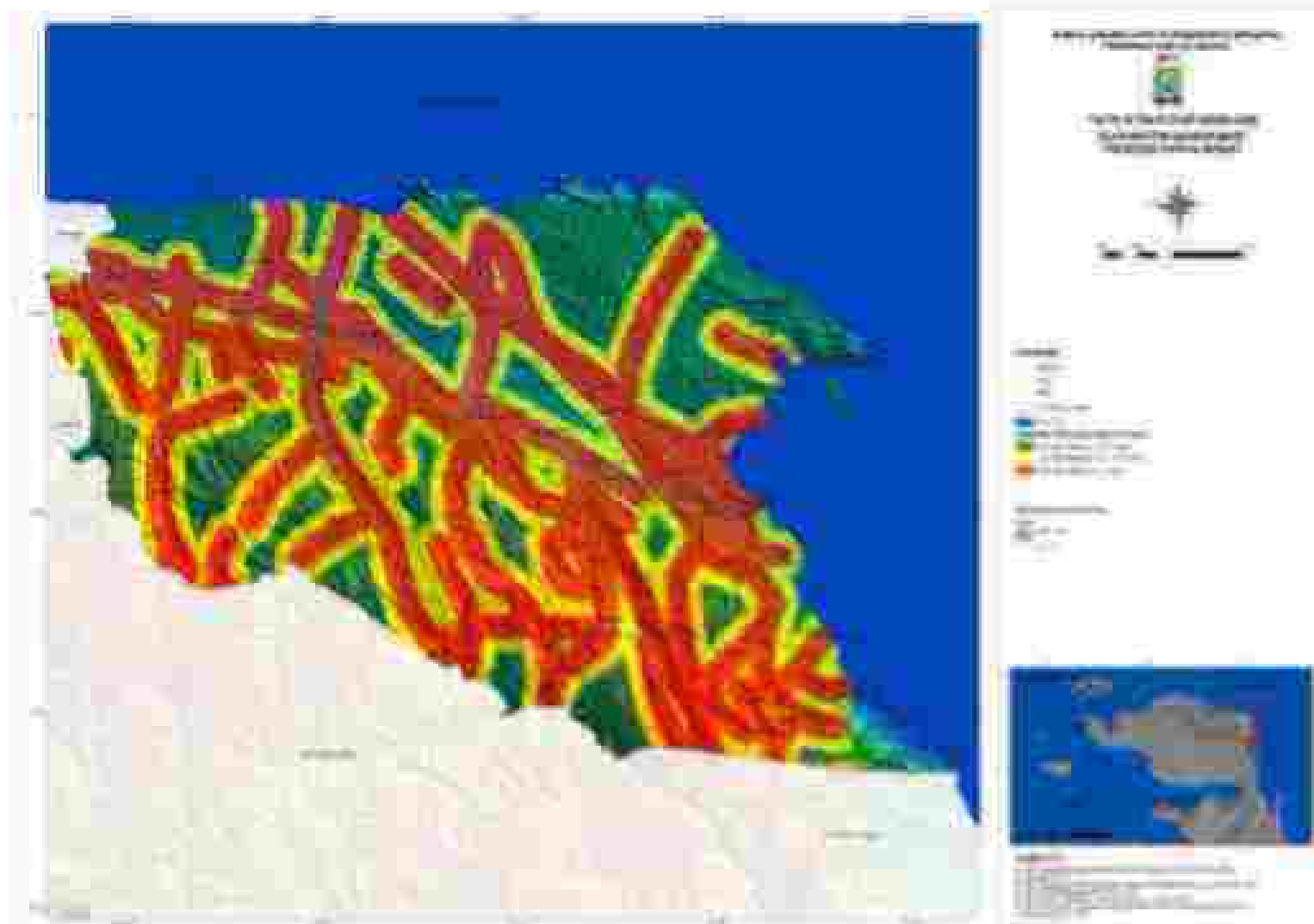
Parameter struktur geologi yang digunakan dalam analisis ancaman gempa bumi Kabupaten Mandailing mengacu pada nilai struktur geologi terhadap gempa bumi sesuai Permen Pekarjaan Umum (PU) (2007) (Tabel 5.3). Struktur geologi menjadi faktor penentu nilai ancaman dikarenakan struktur geologi berupa patahan ataupun rekahan merupakan zona lemah dan berpotensi terhadap pergerakan tanah dan infrastruktur yang ada di atasnya. Peta struktur geologi daerah Mandailing dan sekitarnya diperoleh dari struktur geologi dan Peta Geologi Lembar Mandailing dan Lembar Ransel Skala 1:25.000 dan interpretasi citra SRTM dikompilasi dengan perangkat lunak SIG untuk membuat zonasi ataupun buffering berdasarkan jarak dari patahan sesar (Gambar 5.3).

Tabel 5.3. Nilai parameter struktur geologi terhadap besaran nilai ancaman gempa bumi (Permen/PU, 2007).

No	Struktur Geologi (m)	Nilai
1.	Di luar zona sesar (< 100 dari zona sesar)	4
2.	Dekat dengan zona sesar (100 – 1000 dari zona sesar)	3
3.	Jauh dari zona sesar (> 1000 dari zona sesar)	2

D. Peta Sumber Gempa Bumi

Parameter sumber gempa diidentifikasi dari sebaran sejarah kegempaan dan data parameter ini mengacu pada data Kajian Risiko Gempa Bumi dan Tsunami Kabupaten Mandailing (BPPBD Kabupaten Mandailing, 2012). Jarak dengan sumber gempa akan menentukan nilai dampak dari ancaman gempa terhadap kerusakan. Semakin dekat jarak dengan sumber gempa akan semakin tinggi nilai ancaman atau bahaya gempa bumi.



Gambar 5.3. Peta Struktur Geologi daerah Mandirajati dan Sekitarnya berdasarkan Surtung (Bros dan Patihan Besar)

Menurut BPBD Kabupaten Manokwari (2012) sumber gempa terletak di Zona Subduksi New Guinea (New Guinea Trench/Palung New Guinea) dan Manokwan Trough (Palung Manokwan) (Gambar 5.4). Pada wilayah Manokwari dan sekitarnya terdapat dua zona subduksi utama yang merupakan potensi sumber tsunami (gambar 5.4). Jarak antara pantai Manokwari terhadap sumber ancaman subduksi New Guinea adalah 174,31 Km – 154,83 Km dengan kedalaman laut maks 4000 m–5000 m dan jarak antara Manokwari dan sekitarnya dengan sumber ancaman subduksi Manokwari Trough adalah 55,38 Km– 47,01 Km dengan kedalaman 3000–1000 m.

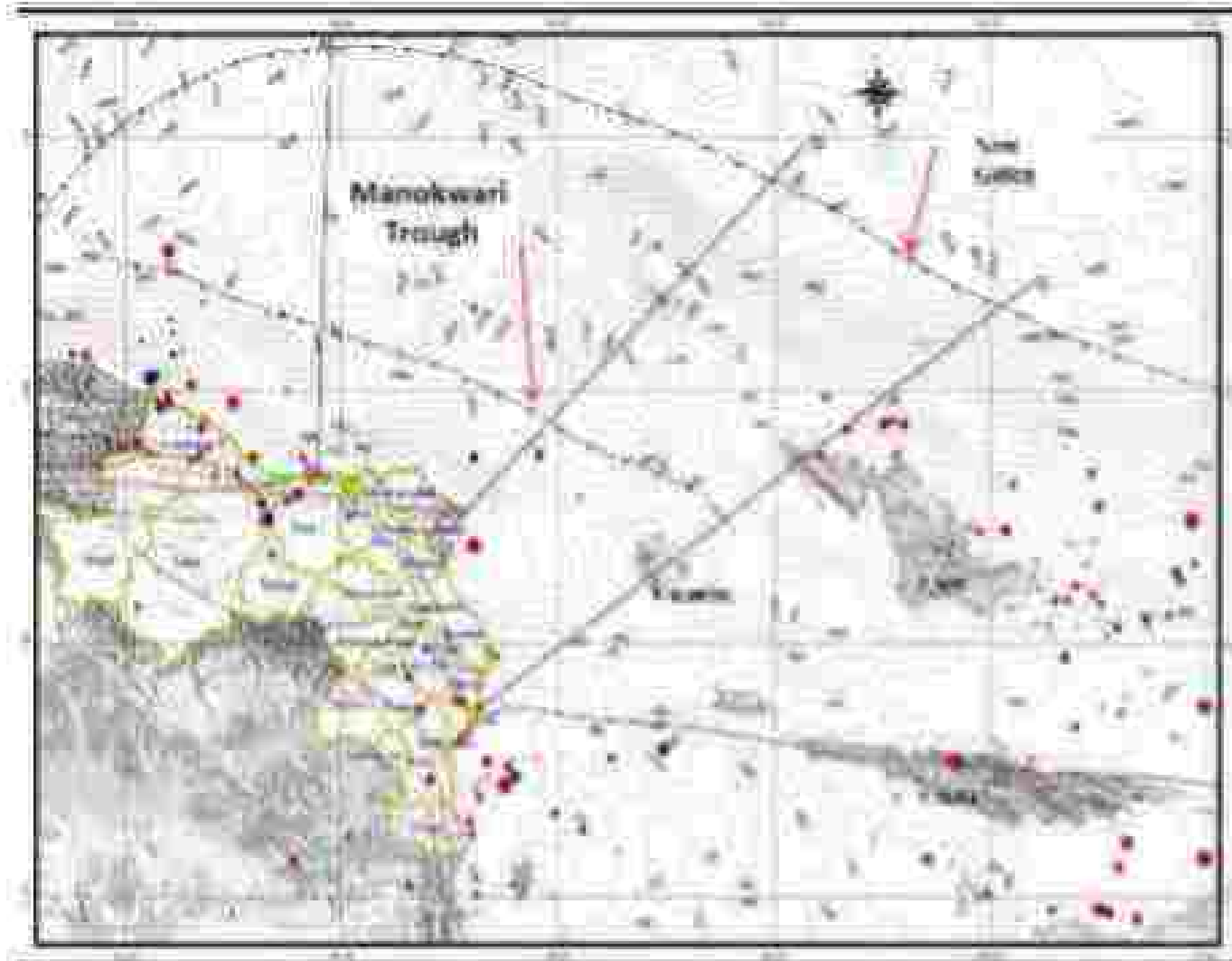
Nilai jarak sumber gempa terhadap tingkat ancaman gempa bumi di Kabupaten Manokwari mengacu pada nilai jarak dari sumber yang diulasakan PVMBG (2009) (Tabel 5.4).

Tabel 5.4. Nilai Jarak dari Sumber Gempa (PVMBG, 2009)

No	Jarak dari sumber gempa bumi (km)	Nilai
1	0-2	5
2	2-8	4
3	8-10	3
4	10-20	2
5	>20	1

E. Peta Intensitas Gempa Bumi

Parameter intensitas gempa mengacu pada peta yang telah dibuat BPBD Kabupaten Manokwari (2012) berdasarkan sejarah kerusakan akibat gempa di wilayah Manokwari dan sekitarnya (Gambar 5.5). Besaran nilai intensitas gempa terhadap ancaman gempa bumi mengacu pada nilai intensitas menurut PVMBG (2009) (Tabel 5.5)



Gambar 5.4. Peta Sumber gempa bumi di Manokwari dan Sekitarnya (Modifikasi EPBC Kabupaten Manokwari 2012)



Gambar 5.5. Peta Intensitas gempa bumi (MMI) di Marawa dan Sekitarnya (Modifikasi BPSD Kabupaten Marawa 2012)

Tabel 5.5. Nilai Intensitas Percepatan Tanah terhadap Ancaman Gempa Bumi (PYMBG 2009)

No	Jarak dari sumber gempa bumi (km)	Nilai
1	X-XII	10
2	IX	8,5
3	VIII	7
4	VII	5,5
5	VI	4
6	V	2,5
7	IV	1
8	III	0,5
9	II	0

F. Peta Percepatan Tanah (Gal)

Peta percepatan tanah (Gal) terhadap gempa diidentifikasi dari sebaran sejarah kegempaan dan batuan dasar. Data parameter ini menggunakan data hasil analisis EPBD Kabupaten Mandikayan (2012) (Gambar 5.6) dan nilai percepatan tanah (gal) terhadap tingkat ancaman gempa bumi mengacu pada nilai yang telah ditetapkan oleh PYMBG (2009) (Tabel 5.6).

Tabel 5.6. Nilai Jarak dan Sumber Gempa (PYMBG 2009)

No	Jarak dari sumber gempa bumi (km)	Nilai
1	0-2	5
2	3-5	4
3	5-10	3
4	10-20	2
5	>20	1



Gambar 5.6: Peta Percepatan Tanah (G_a) terhadap tingkat ancaman gempa bumi di wilayah Manokwari dan sekitarnya
(Modifikasi BPBD Kabupaten Manokwari, 2012)

5.2. Analisis Tingkat Ancaman Tsunami Di Kabupaten Mandokang

Daerah yang berpotensi tinggi ancaman tsunami, belum tentu memiliki tingkat risiko yang tinggi terhadap tsunami. Besar kecilnya risiko tsunami sangat tergantung dari kondisi sosial, ekonomi, budaya, dan fisik lingkungan sekitarnya (Diosagloro dan Sudisna, 2006 dalam Sengul, 2009). Pada penelitian ini, parameter kerentanan yang dikuatkan adalah parameter lingkungan, sedangkan parameter yang tidak dikuatkan adalah parameter sosial kependudukan dan infrastruktur wilayah. Kapasitas parameter kerentanan lingkungan yang mempengaruhi tingkat Ancaman tsunami di Kabupaten Mandokang adalah sebagai berikut:

A. Elevasi Daratan

Elevasi daratan merupakan parameter penting yang mempengaruhi tingkat Ancaman tsunami. Semakin rendah suatu daratan, akan mudah terkena limpasan tsunami dan sebaliknya, semakin tinggi suatu daratan, maka jangkauan tsunami pun akan semakin rendah. Jadi, tinggi dan rendah suatu daratan, sangat mempengaruhi jarak dan tinggi run up tsunامي.

Topografi Kabupaten Mandokang terdiri atas daratan yang sempit di pantai utara dan makin ke selatan wilayahnya berbukit-bukit dan bergunung-gunung. Pemetaan topografi dalam penelitian ini dilakukan secara digital menggunakan data *Digital Elevation Model* (bertformat raster). Untuk mempermudah dalam analisis topografi, penulis menggunakan tampilan data raster dengan penodekan cahaya (pun angle shading) atau hillshade. Hillshade adalah suatu tampilan data raster dengan pencahayaan matahari dan berbagai arah dan ketinggian sudut matahari. Efek dari tampilan hillshade adalah sisi permukaan yang terkena cahaya dan sisi yang tidak terkena pencahayaan, sehingga mempermudah melihat cepak profil ketinggian (ESRI, 2002 dalam Sengul, 2009).

Peta topografi yang sudah dikuatkan bertampilan hillshade, kemudian dioverlay dengan peta hillshade tersebut. Penodekan hillshade ini diterapkan pada semua peta dalam penelitian ini, seperti yang sudah dipaparkan pada

peta daerah penelitian. Pemetaan elevasi dapat dilihat pada Gambar 5.7. Berdasarkan Gambar tersebut dapat diketahui Kabupaten Mandokwan merupakan daerah yang memiliki topografi yang kompleks mulai dari dataran rendah sampai dengan topografi terjal. Akan tetapi, secara umum dapat dilihat dari peta bahwa sebagian besar wilayah Kabupaten Mandokwan berbukit-bukit (topografi kasar). Hal ini ditandai dengan banyak terdapat dataran tinggi yang berbukit dan bergunung-gunung. Daerah utara Mandokwan merupakan daerah yang cukup rendah dibandingkan dengan daerah selatan. Hal ini ditandai yaitu warna-warna ketinggian rendah lebih banyak terdapat di daerah utara daripada selatan. Kabupaten Mandokwan bagian utara terdiri atas dataran yang sempit dan makin ke selatan wilayahnya berbukit-bukit dan bergunung. Untuk kajian Ancaman tsunami, topografi dibagi dalam lima kelas yaitu kelas kerentanan sangat tinggi (<10 m), kelas kerentanan tinggi (>10-25 m), kerentanan sedang (>25-50 m), kerentanan rendah (>50-100 m) dan kerentanan sangat rendah (>100 m).

Tabel 5.7 Luasan Wilayah Tingkat Kerentanan Elevasi

No	Tingkat Ancaman	Luas (Ha)
1	Sangat Tinggi	3.364,48
2	Tinggi	13.031,41
3	Sedang	23.853,72
4	Rendah	38.809,52
5	Sangat Rendah	212.256,88

Berdasarkan hasil pemetaan klasifikasi topografi berdasarkan maliks ancaman tsunami, dapat diketahui bahwa daerah rendah yang memiliki luas terbesar adalah wilayah dengan tingkat kerentanan rendah yang ketinggiannya dari 50 – 100 m memiliki luas 212.256,88 Ha yang menyebar sepanjang pegunungan bagian selatan. Wilayah dengan ketinggian < 10 m memiliki luas yang terkecil yaitu sebesar 3.364,48 Ha yang dominan berada pada pesisir pantai selatan.

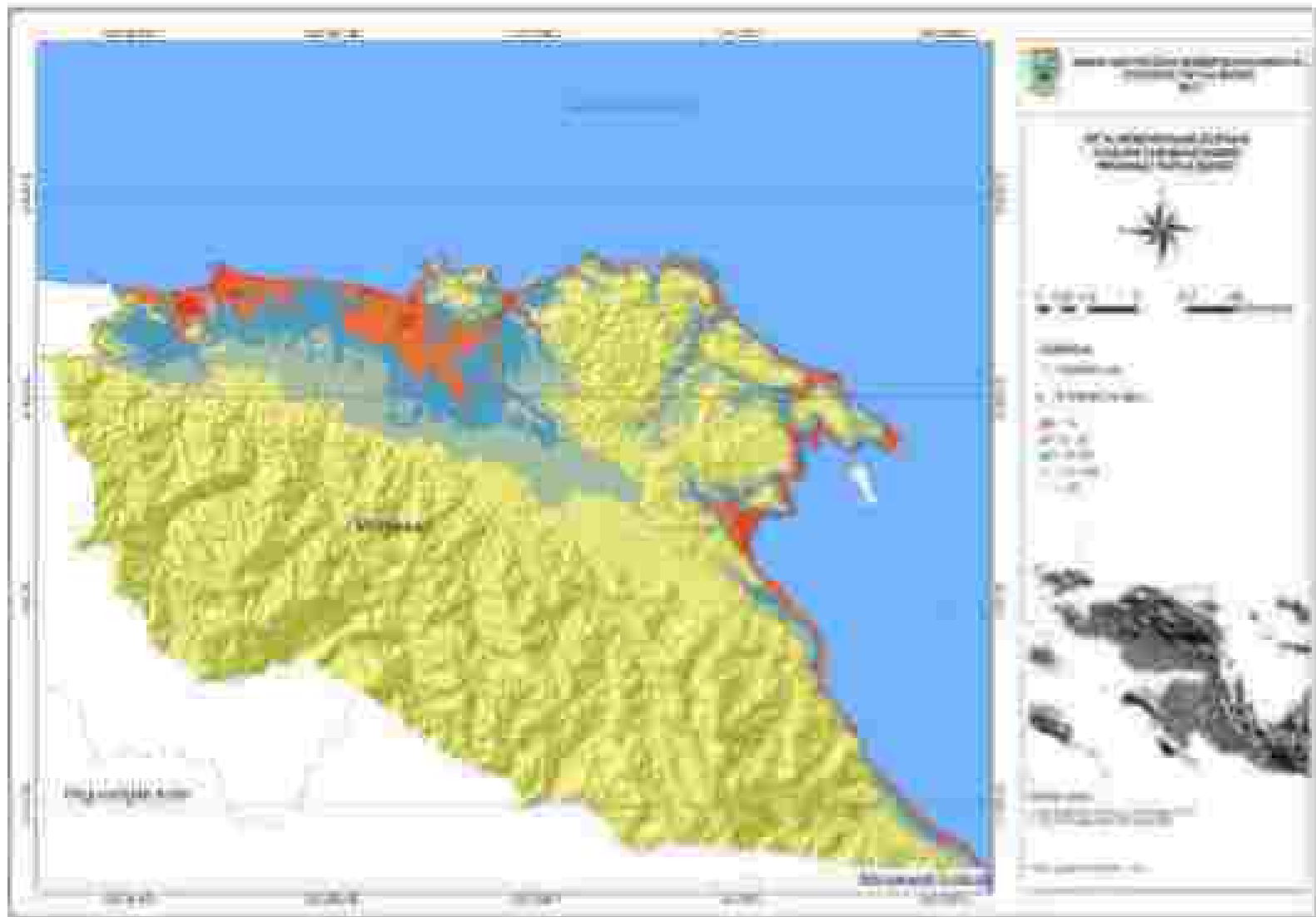
Untuk wilayah dengan tingkat kerentanan yang sangat tinggi yang ketinggian kurang dari 10 m dominan terdapat di sepanjang pesisir wilayah utara Kabupaten Mandokwan, sedangkan ketinggian >100 m menyebar pada bagian selatan Kabupaten Mandokwan.

Secara umum, dapat diketahui bahwa wilayah pesisir Kabupaten Mandirajati yang ber elevasi rendah membuat tingkat Ancaman tsunami di daerah ini lebih tinggi daripada wilayah selatan. Semakin rendah elevasi suatu daerah, maka tingkat Ancaman terhadap bahaya tsunami semakin besar.

Semakin besar tingkat Ancaman, maka semakin besar risikonya, dan sebaliknya. Oleh karena itu, peta topografi merupakan peta penting dalam kajian Ancaman tsunami.

B. Kemiringan Daratan (slope)

Kemiringan merupakan parameter penting dalam menentukan tingkat Ancaman tsunami di suatu daerah. Kemiringan daratan akan mempengaruhi tinggi run up tsunami yang akan terjadi. Semakin curam suatu daratan maka tinggi run up akan semakin rendah. Satuan kemiringan daratan yang digunakan adalah dalam persentase (%). Range slope dalam persen berkisar dari 0-200%. Nilai kemiringan 0% mengindikasikan flat area/slope (area datar). Nilai kemiringan 100% mengindikasikan kemiringan area 45° dan nilai 200% menunjukkan vertical slope (Eamri Resource Mapping Ltd, 2008 dalam Sengul, 2017).



Gambar 5.7. Peta Kerinci dan Daerah Terbatas Ancaman Tsunami

Peta slope (Gambar 5.3) merupakan peta yang diturunkan dari citra Shuttle Radar Topography Mission (SRTM). Peta waktu processing dari data SRTM dijadikan input dalam algoritma matematis yang dapat mengubah setiap nilai elevasi menjadi sebuah nilai baru yang menggambarkan kemiringan lahan setara dengan menggunakan fungsi slope pada menu *spatial analyst*. Pada kajian Arcanalis berikut ini, parameter kemiringan daratan juga dibagi ke dalam lima kelas kerentanan yaitu kelas kerentanan sangat tinggi (>2%), kerentanan tinggi (>2-10%), kerentanan sedang (>10-15%), kerentanan rendah (>15-40%) dan kerentanan sangat rendah (>40%). Hasil pemetaan slope (Gambar 5.5) menunjukkan bahwa kondisi kemiringan tanah (kemiringan) di wilayah Kabupaten Manokwari didominasi oleh kemiringan diatas 40 %. Hasil pemetaan slope (Gambar 5.6) menunjukkan bahwa kondisi kemiringan tanah (kemiringan) di wilayah Kabupaten Manokwari cukup bervariasi.

Berdasarkan pengolahan data dengan ArcGIS 10.3 didapat luas wilayah sebagaimana Tabel 5.3. Di bawah ini.

Tabel 5.3. Luas Wilayah Kerentanan Slope

No.	Tingkat Kerentanan	Luas (Ha)
1	Sangat Tinggi	72.501,74
2	Tinggi	129.761,50
3	Sedang	94.502,34
4	Rendah	28.221,07
5	Sangat Rendah	64,28

Berdasarkan Tabel 5.2 di atas dapat dilihat bahwa daerah yang kerentanan sangat tinggi memiliki luas 72.501,74 Ha dan daerah yang kerentanannya tinggi memiliki luas 129.761,50 Ha. Daerah yang berada pada kelas kerentanan sangat tinggi dan tinggi seluas besar berada pada wilayah sepanjang pesisir dan daerah lereng.



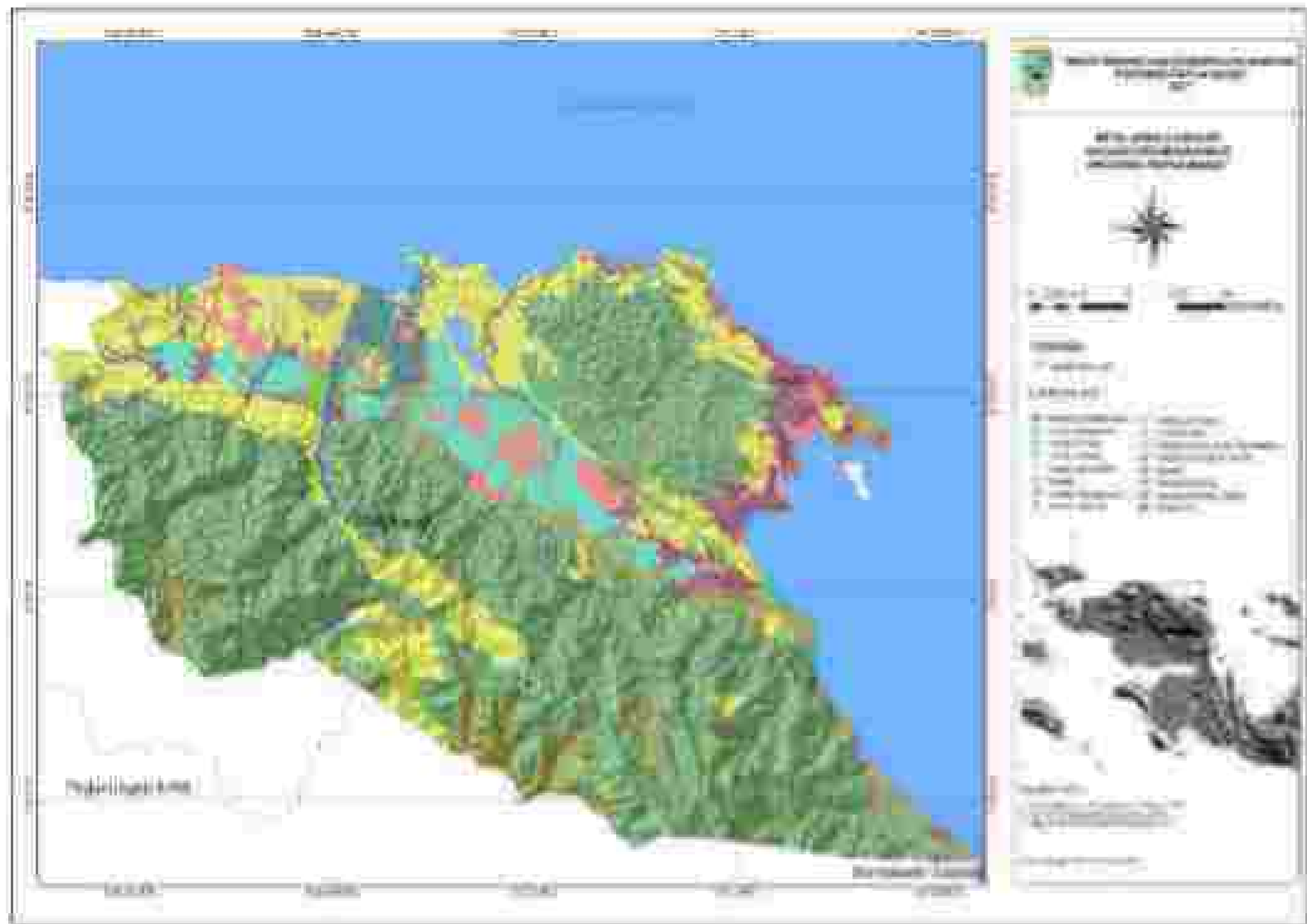
Gambar 5-3. Peta Keantanan Gose Terhadap Tsunami

Slope merupakan faktor penting yang menentukan sejauh mana dampak tsunami ke daratan. Daerah yang memiliki slope yang landai merupakan daerah yang berisiko tinggi terhadap tsunami. Oleh karena itu, peta slope merupakan peta penting dalam kajian daerah yang rentan terhadap tsunami.

C. Tutupan Lahan

Relevansi tutupan lahan pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan data spasial penggunaan lahan Kabupaten Manokwari tahun 2019. Berdasarkan data yang didapat diketahui bahwa jenis penggunaan tanah yang terdapat di wilayah Kabupaten Manokwari terdiri dari beberapa jenis penggunaan lahan yaitu hutan sekunder, semak belukar, kebun campuran, hutan mangrove, hutan rawa, semak belukar rawa, permukiman, lahan terbuka, padang rumput, kebun air, perkebunan, hutan primer, pertanian lahan kering, bandara/pelabuhan dan sawah. Jenis tutupan lahan di Kabupaten Manokwari dapat dilihat pada Gambar 5.9.

Berdasarkan Gambar 5.9 di atas dapat diketahui lokasi dan masing – masing tutupan lahan tersebut seperti Tabel 5.9. Diketahui bahwa tipe tutupan lahan di wilayah Kabupaten Manokwari didominasi oleh jenis hutan primer, hutan sekunder dan semak belukar.



Gambar 5.9 Peta Jenis Tutupan Lahan di Kabupaten Manokwari terhadap Tingkat Ancaman Tsunami

Dampak yang ditimbulkan oleh bencana tsunami terhadap masing-masing tutupan lahan tidak sama. Hal ini karena masing-masing tutupan lahan memiliki tingkat reduksi tertentu saat terkena gelombang tsunami. Masalah untuk savah irigasi. Savah irigasi perlu diketahui tingkat kerentanannya karena savah merupakan sumber ekonomi pokok masyarakat. Apabila savah irigasi terkena dampak tsunami, maka area savah tersebut akan tergenang air laut dan tanah savah yang terkena air asin akan menjadi tanah mati. Dampaknya adalah area savah tersebut tidak dapat digunakan lagi untuk bercocok tanam. Artinya, bencana tsunami dapat menyebabkan terjadi perubahan lahan. Oleh karena itu, perlu dilihat tingkat kerentanan tutupan lahan terhadap tsunami. Pemetaan kerentanan tutupan lahan di Kabupaten Mandorai dapat dilihat pada Gambar 5.9

Tabel 5.9 Luasan Jenis Tutupan Lahan di Kabupaten Mandorai

No	Landuse	Luas (Ha)
1	Bendara Pelabuhan	53.35
2	Hutan Mangrove	475.25
3	Hutan Primer	382.211.2
4	Hutan Rawa	1.303.66
5	Hutan Sekunder	49.145.1
6	Kebun	15.748.05
7	Kebun Campuran	11.874.6
8	Lahan Terbuka	2.881.41
9	Padang Rumpul	1.481.41
10	Pemukiman	6.568.88
11	Pemukiman Lahan Tertinggi	2.418.40
12	Pertanian Lahan Kering	4.525.37
13	Sawah	825.41
14	Semak Belukar	20.832.25
15	Semak Belukar Rawa	198.62
16	Tutupan Air	1.941.87

Tabel 5.10 Luasan Tingkat Kerentanan Jenis Tutupan Lahan

No	Tingkat Kerentanan	Luas
1	Sangat Tinggi	8.338,64
2	Tinggi	478,95
3	Sedang	1.501,67
4	Rendah	27.629,89
5	Sangat Rendah	249.628,8

Tabel 5. 10 di atas menunjukkan bahwa luasan tingkat kerentanan tinggi dan sangat tinggi berturut-turut adalah 478,95 Ha dan 8.338,64 Ha. Pada daerah ini, tingkat ancamannya akan semakin besar. Berdasarkan Tabel 5.10 dapat dilihat juga tingkat penggunaan lahan di Kabupaten Mandirajati sebagian besar berada pada tingkat kerentanan sangat rendah.

Untuk kajian ancaman tsunami, area pemukiman merupakan area yang paling rentan. Sebagian besar daerah pemukiman terdapat di daerah pesisir yang berpotensi besar terhadap bahaya tsunami. Penggunaan lahan yang tidak banyak melibatkan manusia seperti hutan lebat, berada pada daerah yang aman. Oleh karena itu, penggunaan lahan pada kawasan pesisir harus memperhatikan konsep penataan ruang yang berbasis bencana alam, dalam hal ini adalah bencana tsunami.

D. Jarak Dari Garis Pantai

Mengingat tsunami bersifat merusak, maka dalam penataan ruang harus memperhatikan kawasan penyangga (buffer zone) jarak dari garis pantai merupakan parameter penting dalam kajian risiko tsunami, sehingga diberi bobot 25%. Pembuatan jarak dari garis pantai merupakan salah satu faktor penting dalam analisis kerentanan tsunami.

Sebagian besar pemukiman dan sarana penting biasanya berada pada daerah pesisir yang sangat rentan terhadap tsunami. Hampir 140 juta penduduk (60%) penduduk Indonesia tinggal di wilayah pesisir dan sekitar 30% dari industri Indonesia memanfaatkan sumberdaya pesisir (Diposaphono dan Budiman, 2008; dalam Sengul,

2009). Oleh karena itu, penataan ruang wilayah pesisir harus melihat konsep jarak dari garis pantai.

Pada penelitian ini pembuatan jarak dari garis pantai dilakukan dengan menggunakan data spasial garis pantai yang kemudian dilakukan buffering dan dikelaskan sesuai dengan matriks kerentanan tsunami. Peta jarak dari garis pantai dapat dilihat pada Gambar 5.10.

Berdasarkan Gambar 5.10 di atas dapat diketahui bahwa daerah yang berwarna merah tua menunjukkan daerah yang paling rentan terhadap tsunami yang berada pada rentas kurang dari 500 m dari garis pantai. Daerah yang semakin dekat dengan pantai merupakan daerah yang paling rentan, dan sebaliknya.

F. Jarak Dari Sungai

Jarak dari sungai (Gambar 5.11) juga merupakan parameter penting dalam kajian risiko tsunami. Pada umumnya tsunami yang melewati sungai akan menimbulkan kerutakan yang besar. Pada daerah yang menyerupai seperti sungai, akan terjadi peningkatan kecepatan dan ketinggian muka air karena dengan debit massa air yang sama harus mengalir melalui celah yang sempit. Oleh karena itu, dalam penataan ruang harus memperhatikan jarak dari sungai.

Pemetaan jarak dari sungai dilakukan pada sungai-sungai besar saja. Pada pemetaan di atas dapat dilihat bahwa Kabupaten Manokwan memiliki banyak sungai-sungai besar. Pada umumnya, sungai-sungai besar tersebut terdapat pada daerah selatan yang berhampiran di samudera pasifik dan jarak antara sungai pun berdekatan. Berdasarkan literatur ilmiah, pada saat impakan tsunami ke daratan, jika jarak antara dua sungai saling berdekatan akan menimbulkan kerusakan yang besar karena terjadi akumulasi energi gelombang tsunami dan massa air.

Penempatan area pemukiman padat pada zona pinggir area darai bahaya tsunami merupakan prioritas utama sehingga harus ditetapkan pada daerah yang jauh dari perkiraan jangkauan tsunami. Berdasarkan Gambar 5.11 di bawah dapat dilihat bahwa daerah yang berwarna merah merupakan daerah yang memiliki tingkat kerentanan tinggi terhadap tsunami. Area padat penduduk dan area ekonomi penting sebaiknya berada pada jarak > 100 m dari sungai.

G. Morfometri Pantai

Bentuk morfometri pantai sangat berpengaruh besar terhadap tingkat energi tsunami yang akan terhempas ke daratan. Meskipun besaran gempa tektonik yang mengakibatkan gelombang tsunami relatif kecil, tetapi jika morfometrinya mendukung untuk memberikan penguatan terhadap impuls tsunami, maka risiko korban jiwa dan kerusakan akan semakin besar. Oleh karena itu peta morfometri ini diberikan bobot sebesar 20 %.

Pada penelitian ini, bentuk morfometri pantai diklasifikasikan dalam lima kelas yaitu teluk V, teluk U, Tanjung, pantai lurus dan non teluk atau tanjung. Pemetaan morfometri pantai dilakukan dengan metode on screen digitize berdasarkan hasil visualisasi manual kenampakan topografi daerah pesisir.

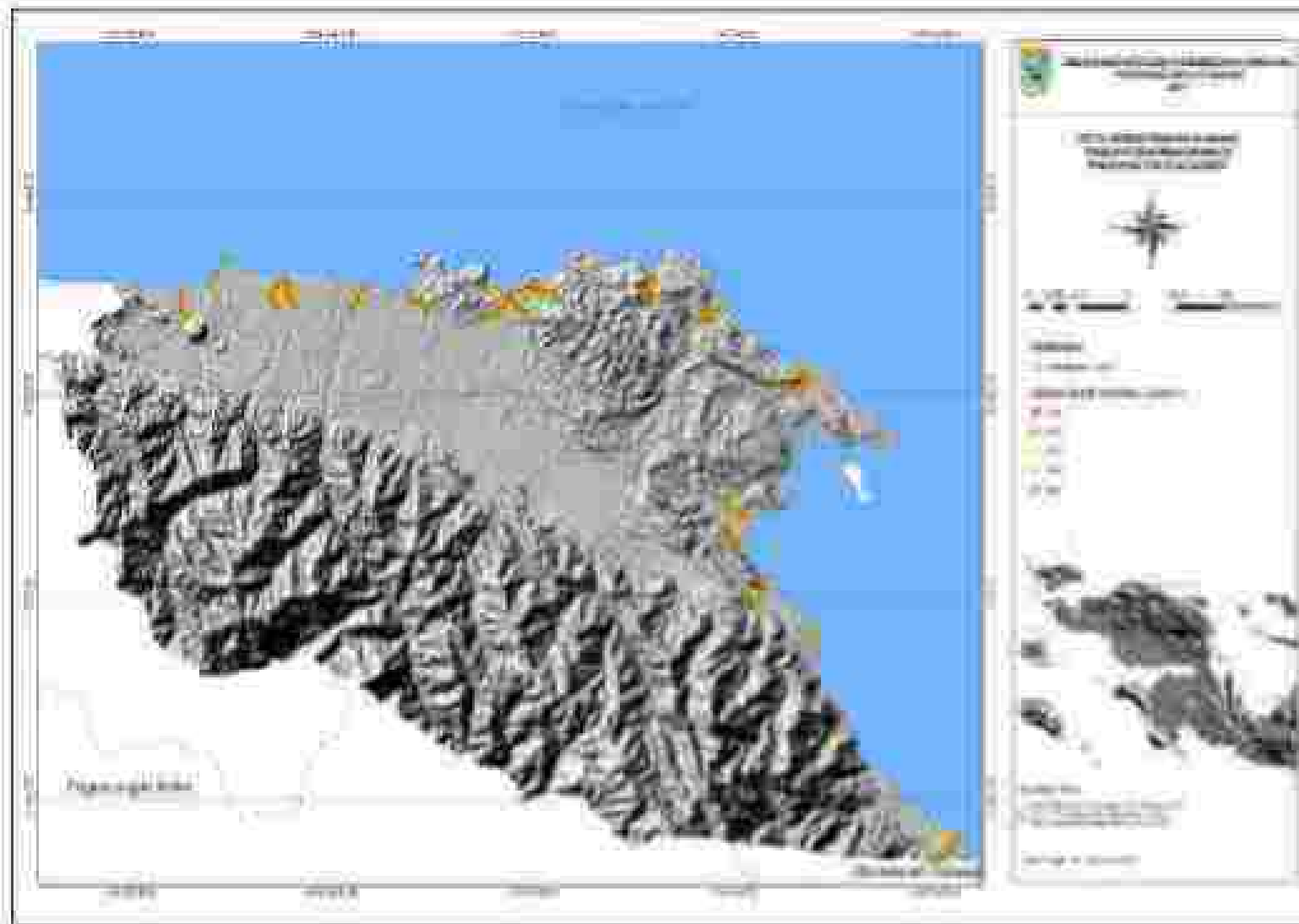
Pada pemetaan ini dilakukan teknik penibufferan sejauh 1.000 m dari garis pantai. Hal ini dilakukan dengan tujuan untuk daerah impuls tsunami tidak akan sampai sejauh satu km dari garis pantai. Peta morfometri pantai disajikan pada Gambar 5.12. Morfometri pantai berpengaruh terhadap besar kecilnya energi impuls tsunami ke arah darat.

Selanjutnya morfometri pantai memberikan dampak yang berbeda terhadap impuls gelombang tsunami di pantai. Pantai teluk V memiliki tingkat kerentanan yang lebih tinggi dibandingkan pantai teluk U. Hal ini karena pantai teluk V lebih memusatkan energi tsunami. Akan tetapi, secara umum pantai yang berlekuk memiliki tingkat kerentanan yang tinggi daripada tipe pantai yang lain. Hal ini karena morfometri pantai yang berbentuk teluk

akan mempengaruhi refraksi gelombang tsunami sehingga kecepatan dan energi gelombang tsunami bertambah. Akibatnya, akumulasi massa air yang terjadi akan meningkatkan ketinggian serta kecepatan gelombang tsunami di pantai.



Gambar 5.10 Peta Jarak Dini Garis Pantai terhadap Trigaran Ancaman Tsunami



Gambar 5.11. Peta Jarak Dari Sungai terhadap Topografi Kecamatan Majalingar



Sambar 5.12. Peta Mortometri Pantai terhadap Tegapan Ancaman Tsunami

5.3. Analisis Tingkat Ancaman Gerakan Tanah (Longsor) Di Kabupaten Manokwari

Parameter tingkat ancaman gerakan tanah (longsor) terdiri dari kemiringan lereng, jenis batuan, litabilitas struktur, jenis tanah, lapisan batuan, curah hujan, permeabilitas tanah/batuan, dan kepekaan batuan di Kabupaten Manokwari adalah sebagai berikut

A. Kemiringan Lereng (slope)

Kemiringan lereng (slope) di Kabupaten Manokwari bervariasi dari datar hingga sangat curam (Gambar 5.13). Secara umum wilayah Kabupaten Manokwari kemiringan lereng terjal-sangat curam (>40%-75%) tersebar di bagian selatan dan kemiringan lereng datar-landai (0%-10%) tersebar di bagian utara.

Wilayah dengan kemiringan lereng >40% (sangat curam) merupakan wilayah yang berpotensi terjadinya gerakan tanah (longsor). Sejarah gerakan tanah menunjukkan kemiringan lereng sangat berpengaruh terhadap potensi ancaman gerakan tanah, semakin tinggi kemiringan lereng maka semakin tinggi potensi ancaman gerakan tanah. Hal ini berpengaruh terhadap tingginya tekanan badan massa batuan atau tanah terhadap daya tahanan atau gaya gesek atau koefisien gesek. Besaran gaya dorong massa batuan dan gaya gravitasi dipengaruhi juga oleh sudut lereng atau kemiringan lereng terhadap potensi gerakan massa atau gerakan tanah.

B. Jenis Batuan

Jenis batuan Kabupaten Manokwari terdiri dari beberapa variasi. Analisis tingkat ancaman gerakan tanah, variasi batuan diklasifikasi dalam beberapa kelas seperti yang telah diuraikan di Bab IV. Klasifikasi batuan berdasarkan dengan embukan air dan sifat kepekaan terhadap tingkatan ancaman gerakan tanah (longsor) di Kabupaten Manokwari.

Berdasarkan klasifikasi EBSDLP (2009) klasifikasi format batuan di Kabupaten Manokwari terdiri dari 3 (tiga) tingkatan, yaitu tinggi, sedang dan rendah. Tingkat kepekaan tinggi terdiri dari batuan dengan material vulkanik (Formasi Gunungapi Arfak).

material lepas seperti kipas aluvial dan lapisan dengan intensitas deformasi yang tinggi (Formasi Kumum). Tingkat kepekaan sedang adalah batuan sedimen lempung, napal dan lanau. Tingkat kepekaan rendah adalah batuan batuan beku, batugamping dan endapan aluvial. Tingkat kepekaan batuan di Kabupaten Mandukian dapat dilihat pada Gambar 5.14.

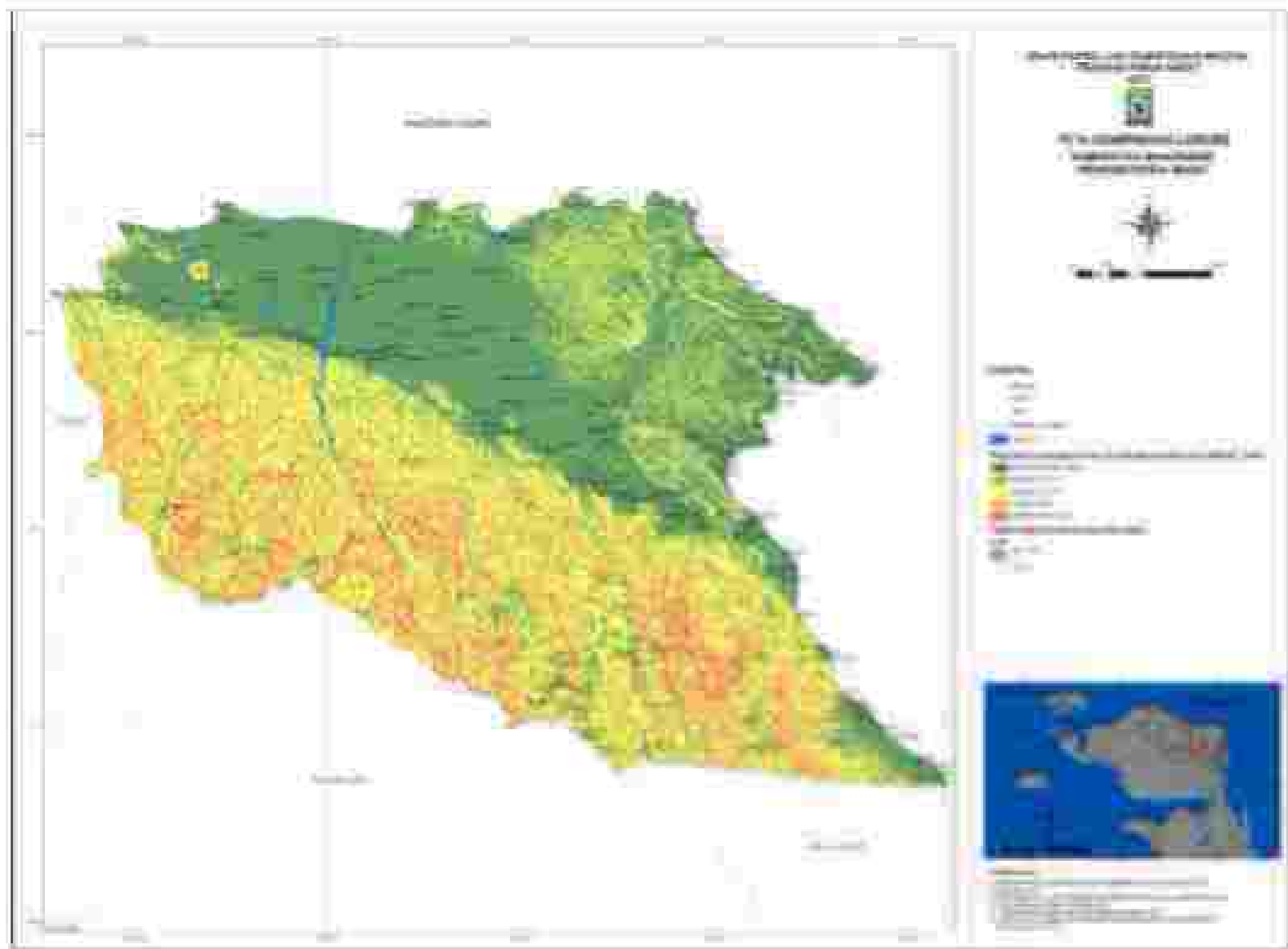
C. Kondisi Kepekaan Tanah (Permeabilitas)

Kondisi kepekaan tanah (permeabilitas) di Kabupaten Mandukian terdiri dari beberapa lingkaran. Kepekaan tanah (permeabilitas) di Kabupaten Mandukian sangat dipengaruhi jenis litologi atau batuan dan intensitas pelapukan. Hal tersebut sangat berkaitan dengan intensitas kepekaan batuan atau tanah terhadap kemampuan menyerap dan melepaskan fluida. Tinggi rendahnya permeabilitas batuan atau tanah sangat berpengaruh terhadap tinggi-rendahnya tingkat ancaman gerakan tanah (longsor) di suatu wilayah.

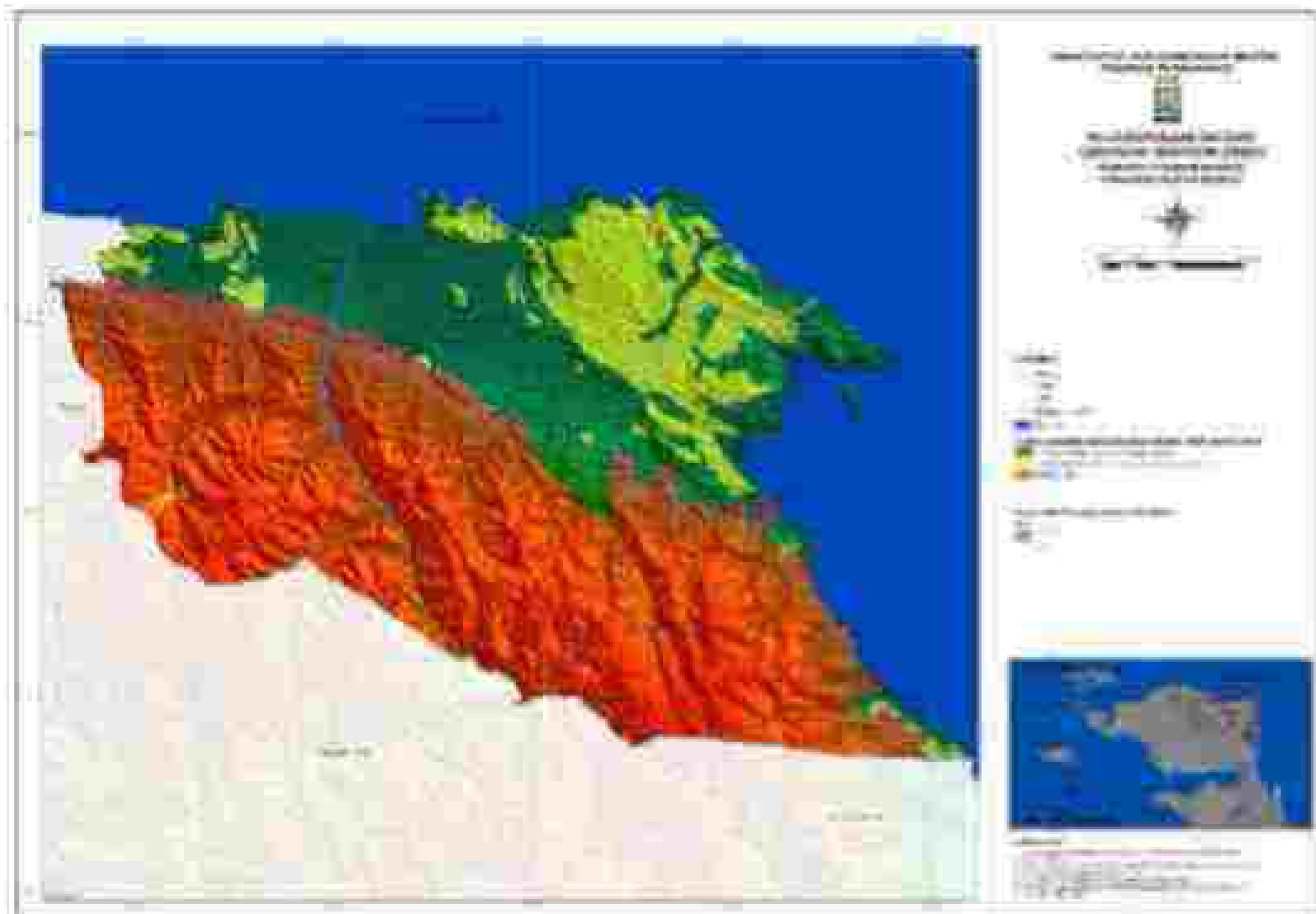
Jenis tanah tanah aluvial merupakan jenis tanah yang terbentuk dari hasil sedimentasi erosi tanah dengan bahan Aluvial dan Koluvial. Secara umum tergolong ke dalam sub group ektanis terbentuk pada daerah dengan bentuk topografi dataran banjir. Sifat-sifat tanahnya kemudian banyak dipengaruhi oleh jenis bahan endapan tersebut. Tanah jenis ini memiliki tingkat kepekaan rendah terhadap longsor.

Tanah pliosol adalah tanah dengan ketebalan sekitar antara 50 – 100 cm dengan batasan horizon yang nyata warna merah kuning dengan struktur lempung berpasir. Ciri hingga liat. Jenis tanah ini bersifat gembur dan mempunyai perkembangan penampang. Cenderung tidak seberapa mantap dan teguh, peka terhadap pengikisan. Tanah jenis ini memiliki tingkat kepekaan tinggi terhadap longsor.

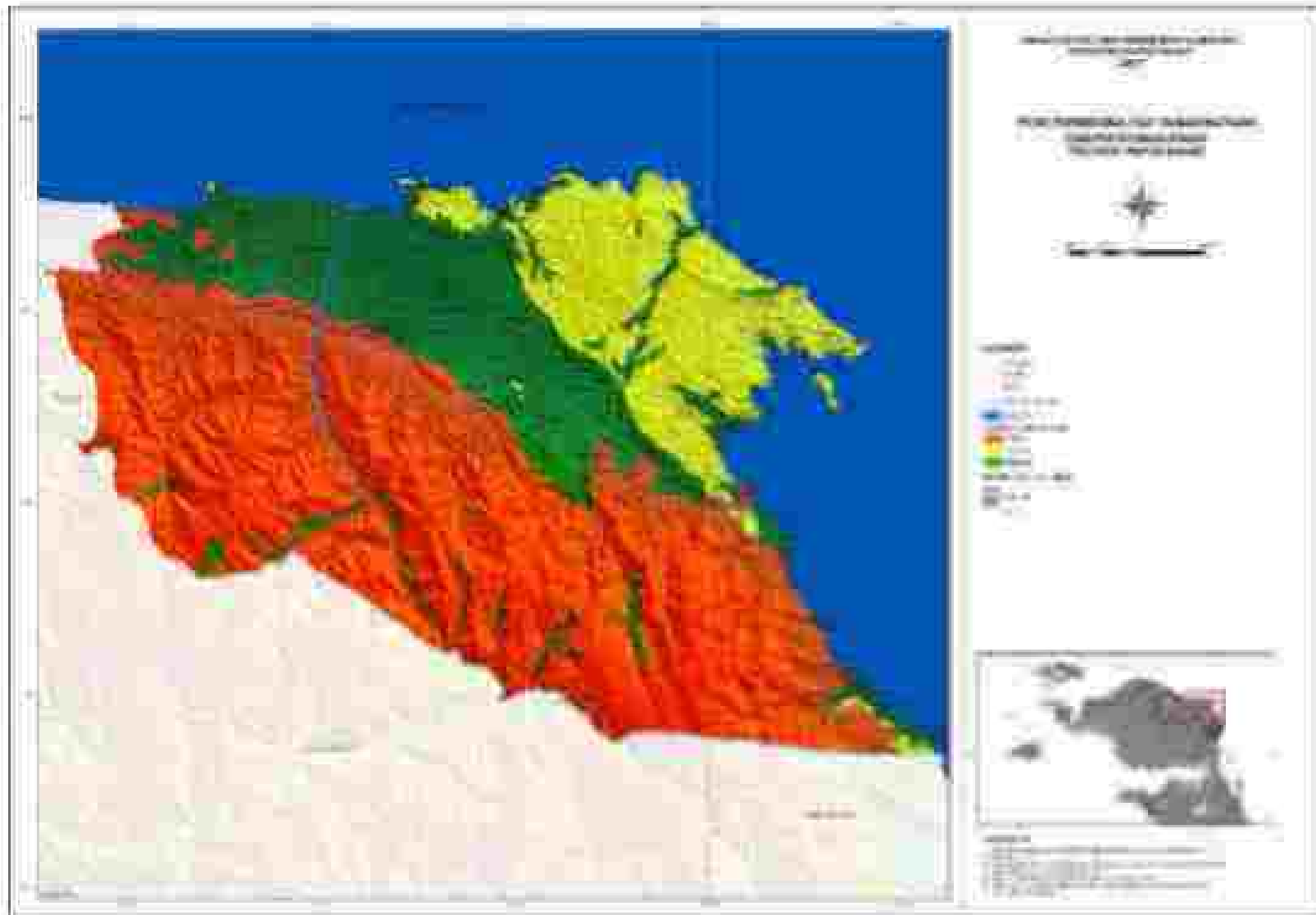
Tanah Andosol adalah jenis tanah ini terdapat pada topografi datar, bergelombang dan berbukit. Jenis tanah ini umumnya berumur muda, memiliki penampang yang berkembang dengan horizon-A yang tebal, gembur dan kaya bahan organik. Bahan asal adalah andesit, lava andesit dan dasit. Sifat fisiknya baik, dengan ketahanan sedang serta peka terhadap erosi. Tanah jenis ini dipologikan kedalam jenis dengan kepekaan tinggi terhadap longsor.



Gambar 5.13. Pola Ketinggian (m) Wilayah Kabupaten Mandirajati



(Gambar 5.14. Peta Klasifikasi batuan terhadap ancaman gerakan tanah Kabupaten Mandirajati)



Gambar 5.15. Peta kondisi kapakan tanah (permeabilitas) terhadap ancaman gerakan tanah Kabupaten Mandowan

Tanah Latosol adalah tanah dengan ketebalan antara 130-500 mm, batas horizon jelas, berwarna merah, coklat sampai kuning, pH tanah 4,5 – 5,5 dengan tekstur tanah liat dan struktur renah, daya menahan air cukup baik dan agak labun menahan erosi. Tanah jenis ini digolongkan kedalam jenis dengan kepekaan rendah terhadap longsor.

Tanah Gnumisol atau mangaiti adalah tanah yang terbentuk dari material batuan berempung. Jenis tanah ini berwarna kelabu hitam dan bersifat subur, tersebar di Jawa Tengah, Jawa Timur, Madura, Nusa Tenggara, dan Sulawesi Selatan. Tanah Gnumisol pada umumnya dengan kadar liat lebih dari 30% bersifat mengembang dan mengerut, jika musim kering tanah keras dan retak-retak karena mengerut, jika musim basah tanah menjadi lengket. Tanah jenis ini digolongkan kedalam jenis dengan kepekaan tinggi terhadap longsor.

Tanah Regosol, jenis tanah ini terbentuk dari bahan induk abu dan pasir vulkan intermedier. Bentuk wilayahnya berombak sampai bergunung. Tanah Regosol belum jelas menunjukkan perbedaan horizon-horizon. Tekstur tanah ini biasanya kadar liat ada struktur tanah, konsistensi lempas sampai gembur dan kesakitan tanah dengan pH sekitar 6-7. Tanah jenis ini digolongkan kedalam jenis dengan kepekaan tinggi terhadap longsor.

Tanah Litosol, jenis tanah ini biasa disebut "talent". Penampang umumnya tebal, tanah atasnya mengandung beberapa persen bahan organik. Berwarna coklat kuning hingga kemerahan. Bersifat berbutir, leleh, mantap, mengandung kalsit, bersifat liat plastis, dan dapat diolah pertanian sepanjang tahun. Jenis tanah ini bersifat menahan, tahan terhadap erosi. Tanah jenis ini digolongkan kedalam jenis dengan kepekaan rendah terhadap longsor.

Tanah Hidromorf terbentuk akibat dari pelapukan batuan sedimen masam yang sering tergenang air vulkanik asam dan kalsi pasir. Tanah yang banyak ditemui di wilayah

dataran rendah dengan curah hujan lebih dari 2000 mm/tahun. Pasak jenis ini digolongkan kedalam jenis dengan kepadatan tinggi terhadap longsor.

Berdasarkan jenis tanah maka tingkatan ancaman gerusan tanah di Kabupaten Mandikay dibagi menjadi 3 (tiga) tingkatan, yaitu (Gambar 5.15): Tingkatan Tinggi tersebar di bagian selatan yaitu di Blok Kenem dan Pegunungan Arfat. Tingkatan sedang tersebar di bagian utara di sekitar Kota Mandikay dan pantai utara. Tingkatan rendah tersebar di bagian tengah di sekitar Dataran Prati.

D. Curah Hujan

Klasifikasi curah hujan di Kabupaten Mandikay ditentukan oleh faktor-faktor curah hujan seperti besarnya curah hujan, intensitas hujan dan distribusi curah hujan akan menentukan seberapa besar peluang terjadinya longsor dan dimana longsor itu akan terjadi. Intensitas dan distribusi curah hujan di Kabupaten Mandikay dapat dilihat pada Gambar 5.16.

Berdasarkan klasifikasi curah hujan, Kabupaten Mandikay memiliki tiga kelas curah hujan yaitu 2250 mm/tahun, 2500 mm/tahun dan 2750 mm/tahun (Gambar 5.16). Curah hujan dengan intensitas 2250 mm/tahun tersebar di bagian tengah yaitu disekitar Dataran Prati dengan luasan wilayah sekitar 60.050 Ha (23%). Curah hujan dengan intensitas 2500 mm/tahun memiliki luasan wilayah 106.383 Ha (37%). Curah hujan dengan intensitas >4000 mm/tahun memiliki luasan wilayah terbesar yaitu 112.414 Ha (39%).

E. Penutupan Lahan

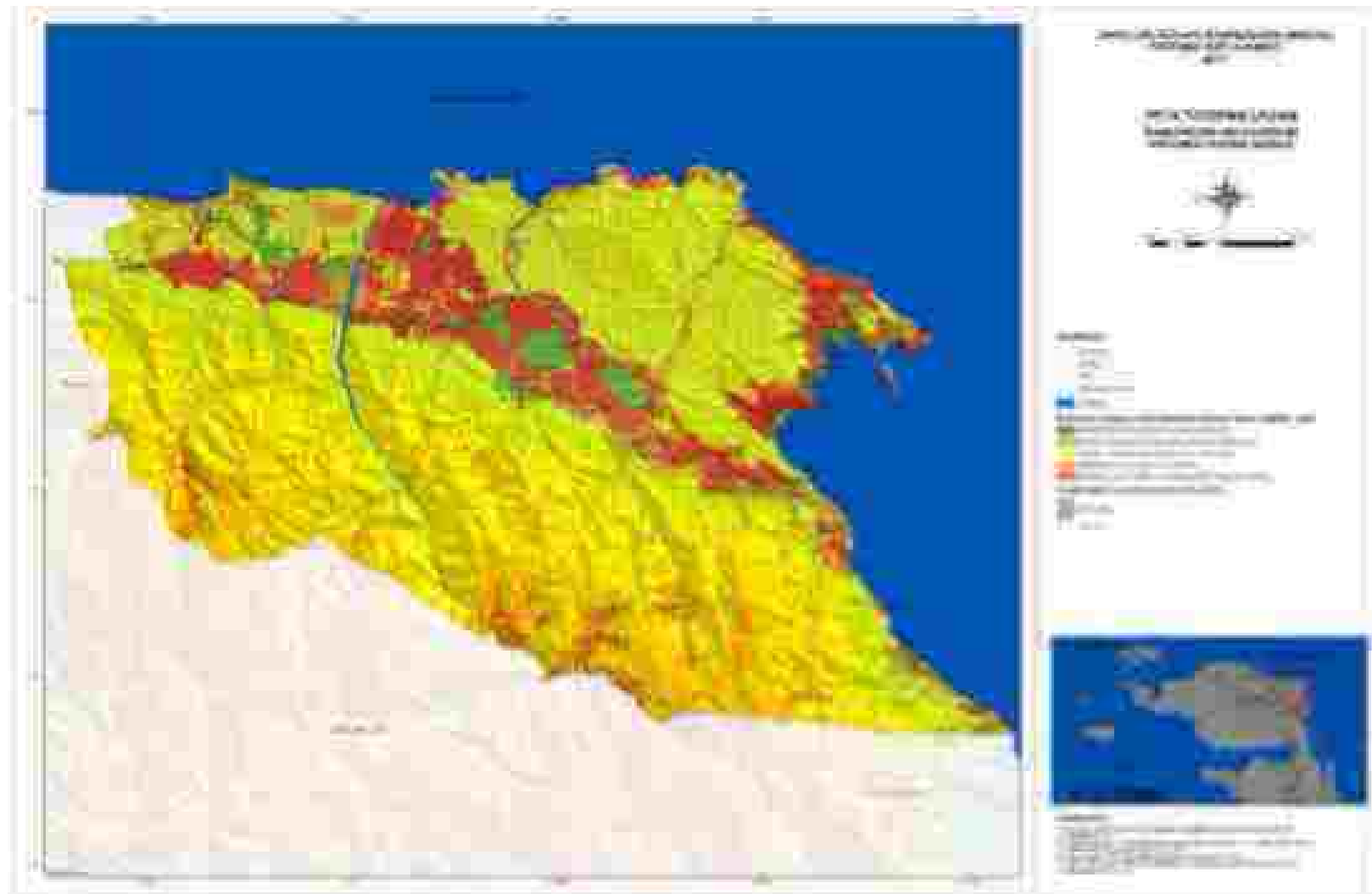
Penutupan lahan di Kabupaten Mandikay telah dibahas pada Sub Bab 5.2.3 (Bappenas 2010). Tipe dan distribusi penutupan lahan di Kabupaten Mandikay dapat dilihat pada Gambar 5.17.

Kondisi penutupan lahan sebagai faktor penyebab tanah longsor berkaitan dengan kestabilan tanah. Kontrol terhadap ketahanan air pada kekuatan katan partikel tanah Tipe

penutupan lahan memiliki kontribusi yang berbeda-beda tergantung pada sifat dari kondisi penutupan lahan tersebut seperti bentuknya berupa bangunan atau tanaman, jenis tanaman, sifat tanaman, lokasi penutupan lahan serta lokasi dimana penutupan lahan itu berada adalah hal-hal yang berpengaruh dalam menentukan kerawanan wilayah. Lahan yang ditutupi hutan dan perkebunan relatif lebih bisa menjaga stabilitas lahan karena sistem perakaran yang dalam sehingga bisa menjaga kekompakan antar partikel tanah serta partikel tanah dengan batuan dasar dan bisa mengatur limpasan dan resapan air ketika hujan. Sedangkan tegalan dan sawah memiliki vegetasi yang tidak bisa menjaga stabilitas permukaan karena bersifat longrang, serta memiliki sistem perakaran yang dangkal sehingga kurang menjaga kekompakan partikel tanah. Pada lahan dengan tipe penutupan lahan demikianlah tanah longsor seringkali terjadi (Rahmat, 2010 dalam Nurlianto, 2011).



Gambar 5.18 Peta garis tinggi topografi, ancaman gerakan tanah Kabupaten Marikupa



Gambar 5.17. Peta Tutupan lahan terhadap ancaman gerakan tanah Kabupaten Mandikwai.

5.4. Analisis Spasial Tingkat Bencana Geologi Di Kabupaten Mandikwan

Tingkat kerentanan bencana geologi di Kabupaten Mandikwan terdiri dari Ancaman gempa bumi, ancaman tsunami dan ancaman gerakan tanah (onggok) diuraikan berikut ini.

A. Tingkat Ancaman Gempa bumi di Kabupaten Mandikwan

Berdasarkan hasil analisis dan pemodelan SIG diperoleh peta kerentanan bencana tsunami di Kabupaten Mandikwan yang terdiri dari tiga kelas. Ketiga kelas tersebut adalah kelas tinggi, sedang tsunami, dan rendah tsunami.

Kelas pertama adalah kerentanan tinggi yang ditunjukkan dengan warna merah. Kelas ini mempunyai total nilai kerentanan lebih dari >2 . Alasan nilai tersebut merupakan alasan nilai yang besar jika dibandingkan dengan alasan nilai pada kelas-kelas yang lain. Alasan nilai tersebut menunjukkan bahwa daerah pada kelas ini merupakan daerah paling rentan terhadap ancaman gempa bumi dan tersebar di sebagian besar wilayah Kabupaten Mandikwan dengan luasan sekitar 242.387 Ha. Kelas kedua adalah kelas kerentanan sedang yang ditunjukkan dengan warna kuning. Kelas ini mempunyai total nilai kerentanan antara 1,5 – 2 dengan luasan 37.951 Ha. Kelas ketiga adalah kelas kerentanan rendah yang ditunjukkan dengan warna hijau. Kelas ini mempunyai total nilai kerentanan antara $<1,5$. Hal ini menunjukkan bahwa daerah pada kelas ini mempunyai tingkat kerentanan ancaman gempa bumi yang paling kecil dengan luasan sekitar 9.457 Ha.

Luasan tingkat kerentanan terhadap ancaman gempa bumi di Kabupaten Mandikwan menunjukkan bahwa tingkat kerentanan ancaman gempa bumi tertinggi tersebut terdapat di sebagian besar wilayah Kabupaten Mandikwan. Tingkat sedang tersebut di bagian timur laut Kabupaten Mandikwan. Tingkat rendah tersebut tersebar seluas-seluasnya di beberapa wilayah di Kabupaten Mandikwan.

E. Tingkat Ancaman Tsunami di Kabupaten Mandikayan

Berdasarkan hasil analisis dan pemodelan SIG, diperoleh peta ancaman bencana tsunami di Kabupaten Mandikayan yang terdiri dari empat kelas. Keempat kelas tersebut adalah kelas tinggi, sedang tsunami, rendah tsunami dan aman tsunami.

Kelas pertama adalah ancaman kerentanan tinggi yang ditunjukkan dengan warna merah. Kelas ini mempunyai total nilai ancaman kerentanan lebih dari 3,5. Alasan nilai tersebut merupakan ukuran nilai yang besar jika dibandingkan dengan ukuran nilai pada kelas-kelas yang lain. Ukuran nilai tersebut menunjukkan bahwa daerah pada kelas ini merupakan daerah paling rentan terhadap ancaman tsunami berdasarkan parameter-parameter yang digunakan. Kelas kedua adalah kelas ancaman kerentanan sedang yang ditunjukkan dengan warna kuning. Kelas ini mempunyai total nilai ancaman kerentanan antara 2,85 – 3,5. Kelas ketiga adalah kelas ancaman kerentanan rendah yang ditunjukkan dengan warna hijau. Kelas ini mempunyai total nilai ancaman kerentanan antara 1,9 – 2,75. Hal ini menunjukkan bahwa daerah pada kelas ini mempunyai tingkat kerentanan bencana tsunami yang paling kecil. Kelas keempat adalah kelas kerentanan aman yang ditunjukkan dengan warna abu (tidak ada warna). kelas ini mempunyai total nilai lebih kecil dari 1,85. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada peta kerentanan bencana tsunami (Gambar 5.19).

Berdasarkan peta tingkat kerentanan bencana tsunami di Kabupaten Mandikayan dapat dihitung luas wilayah yang masuk ke kategori tinggi, sedang dan rendah. Luas daerah dalam tingkat kerentanan bencana tsunami dapat dilihat pada Tabel 5.11.

Tabel 5.11 Luasan Kelas Kerentanan Tsunami di Kabupaten Mandikayan

No.	Kelas Kerentanan	Rentang Skor Kerentanan	Luas (Ha)
1	Aman	1-1,85	271.421,41
2	Rendah	1,9-2,75	9.565,58
3	Sedang	2,85-3,5	4.553,99
4	Tinggi	>3,5	1.074,05

Tabel 5.11 menunjukkan luas daerah pada tiap kelas kerentanan tsunami di Kabupaten Manokwari, terlihat bahwa daerah dengan kelas kerentanan rendah memiliki luas yang paling luas. Hal ini dikarenakan topografi dari wilayah Kabupaten Manokwari yang didominasi oleh pegunungan dan tutupan lahannya masih berupa hutan. Kelas kerentanan tinggi mempunyai luas terkecil yaitu sebesar 1.074,05 Ha. Tapi hal ini tetap sangat penting karena apabila pada kawasan yang kecil ini terdapat pemukiman penduduk yang cukup padat, sehingga harus tetap menjadi pertimbangan untuk kegiatan mitigasi bencana tsunami di Kabupaten Manokwari.

C. Analisis Spasial Tingkat Kerentanan Gerakan Tanah (Longsor) di Kabupaten Manokwari

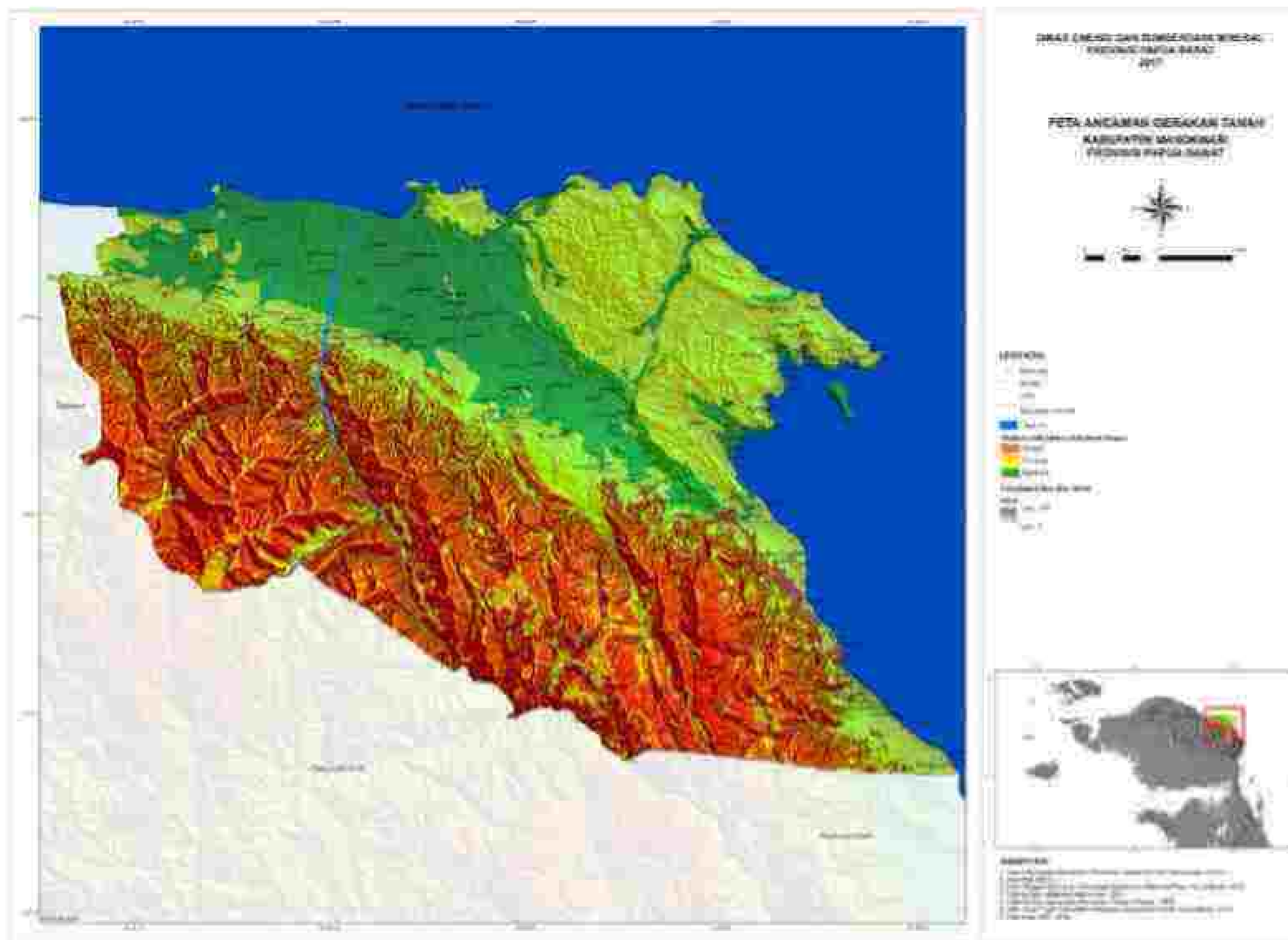
Berdasarkan hasil analisis dan pemodelan SIG, diperoleh peta ancaman bencana gerakan tanah (Longsor), antara lain:

Kelas pertama adalah ancaman kerentanan tinggi yang ditunjukkan dengan warna merah. Kelas ini mempunyai total nilai ancaman kerentanan lebih dari 4.4. Warna merah tersebut menunjukkan bahwa daerah pada kelas ini merupakan daerah yang rentan terhadap ancaman gerakan tanah/longsor. Kelas kedua adalah kelas ancaman kerentanan sedang yang ditunjukkan dengan warna kuning. Kelas ini mempunyai total nilai ancaman kerentanan antara 2.3 – 4.3. Kelas ketiga adalah kelas ancaman kerentanan rendah yang ditunjukkan dengan warna hijau. Kelas ini mempunyai total nilai ancaman kerentanan antara 0.7 – 2.2. Hal ini menunjukkan bahwa daerah pada kelas ini mempunyai tingkat kerentanan/ancaman gerakan tanah yang paling kecil (Gambar 5.20).

Tabel 5.12 Luasan Kelas Ancaman Gerakan Tanah di Kabupaten Manokwari

No.	Kelas Ancaman	Rentang Skor Kerentanan	Luas (Ha)
1	Rendah	0.7 – 2.2	57.100
2	Sedang	2.3 – 4.3	113.324
3	Tinggi	4.4 – 5.1	118.832

Tabel 5.12 menunjukkan luas daerah pada tiap kelas kerentanan ancaman gerakan tanah di Kabupaten Mandirajati. Hasil bahwa daerah dengan kelas kerentanan tinggi memiliki luasan yang paling luas hal ini dikarenakan topografi dari wilayah Kabupaten Mandirajati yang didominasi oleh pegunungan dengan kemiringan lereng terjal – sangat curam dengan insidensi afektur dan tingkat corah hujan yang tinggi.



Gambar 5.20. Peta Ancaman Tsunami Kabupaten Mandera

VI. KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

6.1. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat ditarik kesimpulan bahwa:

1. Tingkat kerentanan/ancaman gempa bumi di wilayah Kabupaten Mandowan, Provinsi Papua Barat terdiri dari tiga kelas, yaitu kelas kerentanan/ancaman rendah, kelas kerentanan/ancaman sedang dan kelas kerentanan/ancaman tinggi. Secara Umum Mandowan bagian tengah hingga selatan memiliki tingkat ancaman tinggi dikarenakan Zona Patahan Sorong-Rasaki terletak di sebagian besar wilayah administrasi Kabupaten Mandowan.
2. Tingkat kerentanan/ancaman bahaya di wilayah Kabupaten Mandowan, Provinsi Papua Barat terdiri dari tiga kelas, yaitu kelas kerentanan rendah, kelas kerentanan sedang dan kelas kerentanan tinggi yang dapat menjadi pertimbangan untuk kegiatan mitigasi bencana tsunami di Kabupaten Mandowan. Secara umum dapat diketahui bahwa luasan kelas kerentanan tinggi terhadap bahaya tsunami adalah relatif lebih yaitu kelas 1.074,95 Ha.
3. Tingkat kerentanan/ancaman gerakan tanah (longsor) di wilayah Kabupaten Mandowan, Provinsi Papua Barat terdiri dari tiga kelas, yaitu kelas kerentanan rendah, kelas kerentanan sedang dan kelas kerentanan tinggi. Tingkat kerentanan/ancaman tinggi berada di bagian selatan dan tenggara Kabupaten Mandowan. Keberadaan batuan penyusun seperti batuan gunungapi Arkak, batuan metamorf Fomasi Kemur dengan struktur struktur yang tinggi menyebabkan area ini memiliki tingkat ancaman gerakan tanah yang tinggi.

6.2. REKOMENDASI

1. Secara bertahap, keberadaan tingkat kerentanan/ancaman gempa yang tinggi di Kabupaten Mandowan maka perlu dilakukan studi detail terkait Ancaman Gempa Bumi dalam skala lebih besar (Kecamatan) dan analisis tingkat risiko terkait kerentanan dan kapasitas. Perlu dilakukan adopsi kearifan lokal masyarakat

1. terkait konstruksi pemukiman ("Rumah Kaki Sembur") dengan mempertimbangkan penggunaan pemukiman ataupun infrastruktur bahan gempa.
2. Sebagian besar lokasi tingkat kerentanan/ancaman tsunami berada di pesisir pantai maka perlu dilakukan kajian detail terhadap risiko tsunami skala Desa maupun Kampung guna memberikan peningkatan kapasitas masyarakat di daerah pesisir.
3. Secara umum, Mandirajati bagian selatan dan timur memiliki tingkat kerentanan/ancaman gerakan tanah yang tinggi sehingga perlu dilakukan konservasi area ini sebagai area yang perlu dilindungi guna melindungi dampak dan mengurangi risiko yang akan terjadi dari ancaman gerakan tanah. Jika memang harus dilakukan pembangunan tak infrastruktur dalam percepatan pembangunan maka perlu dilakukan kajian terhadap sifat tanah/soil proccesies untuk melakukan kajian dan perlakuan teknis terhadap mitigasi dan adaptasi ancaman gerakan tanah di Kabupaten Mandirajati.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Nasional Penanggulangan Bencana. 2016. *Buku Risiko Bencana Indonesia*. BNPB.
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana. 2012. *Mapleplan Pengurangan Risiko Bencana Tsunami*. BNPB.
- Badan Penanggulangan Bencana Daerah. 2012. *Raport Risiko Bencana Bumi dan Tsunami Kabupaten Mandirajati*. BPBD Kabupaten Mandirajati.
- Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian. 2009. *Identifikasi dan Karakterisasi Lahan Rawan Longsor dan Rawan Erosi di Dataran Tinggi untuk Mendukung Keberlanjutan Pengelolaan Sumberdaya Lahan Pertanian*. Laporan Tengah Tahun. DIPA 2009. Bogor. (BBSOLP) Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian.
- Kertapati, E. K., Soehami, A., Gunada, A., Effendi, I., dan Putranto, E. 2001. *Peta Wilayah Rawan Bencana Gempabumi Indonesia*. Skala 1:5.000.000. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Mardiyanto, B., Rochadi, B., Hery, M. 2013. *Kajian Kerentanan Tsunami Menggunakan Metode Sistem Informasi Geografi di Kabupaten Suralaga Daerah Istimewa Yogyakarta*. *Jurnal Of Marine Research*. Vol 2(1) 103-111.
- McCall, G. J. H., Laming, D. J. C., dan Scott, S. C. 1982. *Geohazard: Natural and man-made*. Chapman & Hall, London.
- Mandi. 2007. *Longsor*. Bandung. Jurusan Pendidikan Geografi Fakultas Pendidikan Ilmu Pengetahuan Sosial Universitas Pendidikan Indonesia.
- Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi. 2005. *Manajemen Bencana Tanah Longsor*. <http://pikiran-rakyat.com/bata/2005/03/05/22-0802.htm>. (5 April 2011).
- Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi. 2009. *Asas-asas Perencanaan Peta Kawasan Rawan Bencana Gempabumi Bidang Pengamatan Gempabumi dan Gerakan Tanah*. PVMBG.
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat. 2004. *Laporan Akhir Pengkajian Potensi Bencana Kekeringan Banjiran Longsor di Kawasan Satuan Wilayah Sungai Citarum-Cikung Jawa Barat Bagian Barat Berbasis Sistem Informasi Geografi*. Bogor. (Ruditanak).
- Rahmat, A.H. 2010. *Pemetaan Kawasan Rawan Bencana dan Analisis Risiko Bencana Tanah Longsor dengan Sistem Informasi Geografis (SIG) (Studi Kasus Kecamatan Kaki Gunung Ciemas, Kabupaten Majalengka)*. [Skripsi]. Bogor. Departemen Konservasi Sumberdaya Hutan dan Ekowisata Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor.

- Sengaji, E. 2009. Pemetaan Tingkat Risiko Tsunami di Kabupaten Sida Mada Tenggara Timur Dengan Menggunakan Sistem Informasi Geografis. [Skripsi]. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Subardjo, P dan Ario, R. 2015. Uji Keandalan Terhadap Tsunami Dengan Sistem Informasi Geografis (SIG) di Pesisir Kecamatan Kerei, Kabupaten Sumba. Yogyakarta, Jurnal Kelautan Tropis. Vol. 15(2):62-67.
- Sulistiyawati, E. Y. 2012. Zona Rawan Bencana Sembahuri Daerah Perbukitan Batu Menggunakan Metode Analytical Hierarchy Process (AHP). Thesis. ITB Bandung.
- Tianjono B, Djanto S, Trianggono BH, Muhyanto B. 2011. Kajian Geomorfologi Untuk Pemetaan Bahaya Tsunami di Kota Mandirajati Dengan Memanfaatkan Data Penginderaan Jauh. Prosiding Seminar Nasional Geomatika.
- Wilopo W. Agus-H. 2004. Bencana Alam Longsor di Indonesia : Kasus longsor yang Terjadi di Kabupaten Ponorogo dan Gunung Kidul. Yogyakarta: ANDI.
- Yunianto, A. G. 2011. Analisis Kerawanan Tanah Longsor Dengan Aplikasi Sistem Informasi Geografis (SIG) Dan Penginderaan Jauh Di Kabupaten Bogor. Skripsi. IPB Bogor.