

**TINGKAT RISIKO BENCANA TSUNAMI
DAN VARIASI SPASIALNYA
(Studi Kasus Kota Padang, Sumatera Barat)**

TESIS

**AKBAR NOVIANTO HADANING PUTRA
0706304712**



**PROGRAM PASCASARJANA
MAGISTER ILMU GEOGRAFI- PERENCANAAN WILAYAH
UNIVERSITAS INDONESIA
2009**

**TINGKAT RISIKO BENCANA TSUNAMI
DAN VARIASI SPASIALNYA
(Studi Kasus Kota Padang, Sumatera Barat)**

TESIS

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Sains

AKBAR NOVIANTO HADANING PUTRA

0706304712



**PROGRAM PASCASARJANA
MAGISTER ILMU GEOGRAFI- PERENCANAAN WILAYAH
UNIVERSITAS INDONESIA
2009**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Tesis ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar**

Nama : Akbar Novianto Hadaning Putra

NPM : 0706304712

Tanda Tangan :

Tanggal : Juli 2009

HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini diajukan oleh :

Nama : Akbar Novianto Hadaning Putra
NPM : 0706304712
Program Studi : Magister Ilmu Geografi
Judul Tesis : Tingkat Risiko Bencana Tsunami dan Variasi
Spasialnya (Studi Kasus Kota Padang, Sumatera Barat)

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian yang diperlukan untuk memperoleh gelar Magister Sains pada Program Studi Pascasarjana Ilmu Geografi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Rokhmatuloh, M.Eng. (.....)

Pembimbing : Dr. Djoko Harmantyo, M.S. (.....)

Penguji : Dr. rer. nat. Eko Kusratmoko, MS (.....)

Penguji : Drs. Sobirin, M.Si (.....)

Penguji : Dra. M.H. Dewi Susilowati, MS (.....)

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 7 Juli 2009

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur pada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia, yang selalu membimbing selangkah demi selangkah sehingga tesis dengan judul **”Tingkat Risiko Bencana Tsunami dan Variasi Spasialnya (Studi Kasus Kota Padang, Sumatera Barat)”** dapat terselesaikan. Tesis ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam memperoleh gelar Magister Sains pada Program Studi Pascasarjana Ilmu Geografi di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia. Tesis ini tidak lepas dari bantuan banyak pihak yang membimbing dan mendorong serta memberikan dukungan pada penulis untuk dapat menyelesaikannya, oleh karenanya penulis ucapkan terima kasih kepada :

1. Allah SWT, atas karunia dan rahmat Nya menuntun setiap hamba Nya ke jalan kebenaran.
2. Nabi Muhammad SAW, atas suri tauladan bagi saya dalam melaksanakan perintah Allah SWT.
3. Semua anggota keluarga, Ir. H Syuhada’ Abdullah, M.Si, Fatmaningsih, Gilang Ramadhani, Lazera Zahnas Fitri, dan Norvi Handayati yang selalu mendoakan saya dalam suka maupun duka.
4. Dr. Rokhmatuloh, M.Eng selaku dosen pembimbing tesis, yang membantu dan membimbing sehingga tesis ini dapat terselesaikan.
5. Dr. Djoko Harmantyo, M.S selaku dosen pembimbing tesis, yang memberikan penjelasan, arahan sehingga tesis ini dapat terselesaikan.
6. Prof. Dr. Ir. Setyo Budi Susilo, M.Sc, Dr. Ir. I Wayan Nurjaya, M.Sc, Dr. Ir. John Iskandar Pariwono, Dr. Ir. Bisman Nababan, M.Sc (IPB Bogor) dan Muhammad Helmi, M.Si (ITB Bandung) atas masukan tentang konsep *Cell Based Modelling* bagi penulis.
7. Ir. H. Emzalmi, M.Si, Pjs Sekretaris Daerah Kota Padang.
8. Ir. H. Indra Catri, MSP, Kepala BAPPEDA Kota Padang, beserta staff :
Ir. Syahrul M.Si, Nur Hakim MT, Yeni Yulita, ST.

9. Dr. Ir. Subandono Diposaptono, M.Eng, Ir. Ida Kusuma W, Enggar Sadtopo, ST, MT, Ir. Umi Windriani, MM, serta segenap staff dari Direktorat Pesisir dan Lautan, Departemen Kelautan dan Perikanan.
10. Dr. Bambang Marwanta, MT, Dr. Iwan G. Tejakusuma, M.Sc, Dr. Ir. Urdekh, M.Sc, dan Yudi Wahyudi, DEA dari BPPT Jakarta, yang memberikan banyak masukan ilmu kebencanaan tsunami bagi penulis.
11. Dr. Wandono, Drs. M. Taufik Gunawan, Dipl.Seis, Ir Rahmat Triyono, M.Sc, Drs. Budi Waluyo, Indra Gunawan, S.Si, Benny ST serta segenap staff *Earthquake and Tsunami* BMKG, atas masukan ilmu kegempaan dan permodelan *run up* dan inundasi tsunami.
12. Kapten Dede Yuliadi, Serka Edi Gunadi, dari DISHIDROS TNI AL, atas penjelasan ilmu batimetri dan pasang surut.
13. Ir. Muchlizar, MT (Stasiun Maritim Teluk Bayur), Rina Patra Dewi, Dedy Asmara (KOGAMI Kota Padang), Dra. Izzati M.Pd (SMUN 1 Kota Padang), Aminan, Amd (PPS Bungus), Adri (FH-Universitas Andalas), Ferry (FH- Universitas Andalas), Prima (FT- Universitas Andalas), Lisa (FE- Universitas Andalas), Mira (FIP- Universitas Negeri Padang), Pak Jenggot (Nelayan), Pak Djuanda (Nelayan), Pak Ujang (Pedagang), atas kesempatan dan waktunya untuk dijadikan narasumber untuk kegiatan wawancara yang dilaksanakan pada saat survei lapangan.
14. Teman-teman di Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, Institut Pertanian Bogor, atas dukungan, dan semangatnya.
15. Bang Iwan, Bang Jamal, Bang Arif, Bang Ery, Bang Nur, Mbak Maria, Eva, Bang La Ode Syamsul Iman, Bang Aries, Bang Denny, Bang Ristiano, Bang Arifin, Mbak Ratu, Mbak Denna, Mbak Tuten, Mbak Novi, Mbak Fatonah, Mbak Diah (Teman-teman seperjuangan di kelas *Regional Planning* dan *GIS Application* – Program Pascasarjana Magister Geografi, Universitas Indonesia), seluruh dosen dan staff Tata Usaha, atas bantuan, motivasi, dan kebersamaannya saat ini.

Depok, Juli 2009

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Akbar Novianto Hadaning Putra
NPM : 0706304712
Program Studi : Magister Ilmu Geografi
Peminatan : Perencanaan Wilayah
Departemen : Geografi
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Jenis Karya : Tesis

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia, Hak Bebas Royalti Non-eksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul : “Tingkat Risiko Bencana Tsunami dan Variasi Spasialnya (Studi Kasus Kota Padang, Sumatera Barat)” beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : Juli 2009

Yang menyatakan,

(Akbar Novianto Hadaning Putra)

ABSTRAK

Tingkat Risiko Bencana Tsunami dan Variasi Spasialnya (Studi Kasus: Kota Padang, Sumatera Barat)

Kota Padang menurut para pakar geologi dinyatakan sebagai daerah rawan gempa, karena terletak diantara dua sumber gempa aktif yaitu pertemuan lempeng Australia dan lempeng Eurasia. Berdasarkan catatan sejarah pada tahun 1797 M dan 1833 M telah terjadi gempa besar (+ 9 skala richter) di sekitar Mentawai yang diikuti oleh gelombang tsunami yang besar, sehingga menghabiskan sepertiga Kota Padang. Oleh karena itu kesiapsiagaan untuk mengantisipasi bencana menjadi sangat penting, mengingat jika terjadi gempa besar yang diikuti oleh tsunami, maka resiko bahaya akan sangat besar, karena Kota Padang terletak di pinggir pantai dengan konsentrasi penduduk yang tinggal di wilayah pantai cukup tinggi. Pemetaan dan analisis tingkat resiko tsunami harus dilakukan dengan pendekatan multikriteria sesuai dengan daerah kajian. Berdasarkan analisis Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis (SIG) dengan metode *Cell Based Modelling* dapat ditunjukkan bahwa tingkat risiko bencana tsunami di setiap wilayah kecamatan di Kota Padang memiliki variasi spasial yang berbeda-beda. Wilayah-wilayah yang memiliki tingkat risiko tinggi dan sangat tinggi berada pada wilayah Kota Padang bagian barat yang dekat dengan permukaan laut, dimana memiliki ketinggian topografi <10 m. Risiko bencana yang tinggi ini juga diakibatkan karena lokasi kemungkinan terjadi bencana tsunami tersebut berada pada daerah pemukiman padat penduduk sehingga perlu dikembangkan mitigasi bencana tsunami yang komprehensif di Kota Padang, terutama pada wilayah-wilayah yang memiliki kerawanan dan kerentanan bencana tsunami yang tinggi, dan memiliki tingkat kesiapsiagaan bencana yang rendah. Sedangkan wilayah yang hanya memiliki tingkat risiko rendah, dan sangat rendah terdapat di wilayah Kota Padang bagian timur, atau yang jauh dari permukaan laut, dimana memiliki ketinggian >15 m. Wilayah ini dapat digunakan sebagai zona evakuasi bencana tsunami.

Kata Kunci : Tsunami, Padang, *Cell Based Modelling*

ABSTRACT
Risk level of Tsunami Disaster and its Spatial Variation
(Case Study of Padang City, West Sumatera)

According to some geology experts Padang City is declared as an earthquake tendency region because it locates between two active earthquakes sources that are Australian and Eurasian plates. Based on the history record on 1787 M and 1833 M a massive earthquake (+ 9 Richter scale) has already happened around Mentawai that followed by a big tsunami until depleted one per three of Padang City. Therefore state of being prepared and on the alert for anticipating disasters is become very important, remembering if big earthquake followed by tsunami happen then the danger risk will be very huge because of Padang City is located in the coastal area with high enough population. Mapping and analysis of tsunami risk level must be done by multi criterion approach which appropriate with the location of study. Based on Remote Sensing and Geography Information System (GIS) analysis with Cell Based Modeling method it can be shown that tsunami risk level in every sub district region of Padang City have different spatial variation. The regions which are high risk and very high risk locates on the west of Padang City that is close to the sea surface where the topography height <10 m. This high risk is also caused by those tsunami possibility locations located on the high population settlement area so that a comprehensive tsunami disaster mitigation is need to be develop in Padang City, especially on the regions which have high potential tsunami disaster, and low disaster prepared level. Whereas some regions which only have low and very low risk level locates on the east of Padang City or far from sea surface with height >15 m. These regions can be used as tsunami disaster evacuation zone.

Keywords: Tsunami, Padang, Cell Based Modelling

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	vi
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR SINGKATAN.....	xvii
1. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar belakang	1
1.2. Masalah penelitian	3
1.2.1 Pembatasan masalah	4
1.2.2 Pertanyaan penelitian	4
1.3. Tujuan penelitian	3
1.4. Batasan penelitian	3
1.4.1 Wilayah penelitian	4
1.4.2 Variabel	4
1.4.3 Pengertian istilah	5
2. TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1. Bencana tsunami di wilayah pesisir	8
2.2. Penilaian tingkat risiko tsunami (<i>Tsunami Risk Assesment</i>)	13
2.3. Variabel yang mempengaruhi tingkat risiko bencana tsunami	15
2.3.1. Variabel kerawanan bencana (<i>hazard</i>) tsunami	15
2.3.1.1 Jarak dari sumber penyebab tsunami	15
2.3.1.2 Morfologi dan elevasi lereng dasar laut	17
2.3.1.3 Pulau-pulau penghalang	18
2.3.1.4 Ekosistem pesisir	18
2.3.1.5 Kenaikan air (<i>run-up</i>) dan Inundasi tsunami	20
2.3.2. Variabel kerentanan bencana (<i>vulnerability</i>) tsunami	21
2.3.2.1 Kerentanan fisik lingkungan	21
a. Elevasi daratan	21
b. Kemiringan daratan (<i>slope</i>)	22

c. Morfologi garis pantai	22
d. Jarak dari garis pantai	24
2.3.2.2 Kerentanan infrastruktur wilayah	24
a. Penggunaan lahan (<i>land use</i>)	24
b. Jaringan jalan	26
c. Sungai dan kanal pengendalian banjir	26
2.3.2.3 Kerentanan sosial dan kependudukan	26
a. Kepadatan penduduk	27
b. Komposisi penduduk	27
c. Tingkat kesejahteraan penduduk	27
2.3.3. Variabel kesiapsiagaan bencana (<i>disaster preperadness</i>).....	28
2.3.3.1 Kapasitas kesiapsiagaan Rumah Tangga (individu)....	28
2.3.3.1 Kapasitas kesiapsiagaan komunitas sekolah	29
2.3.3.1 Kapasitas kesiapsiagaan pemerintah	29
2.4. Integrasi Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis	30
2.5. Struktur data raster dan <i>Cell Based Modelling</i>	32
3. METODOLOGI	36
3.1. Waktu dan lokasi penelitian.....	36
3.2. Metode penelitian	36
3.2.1 Pengumpulan data	36
3.2.2 Pengolahan data	37
3.2.2.1 Pengolahan citra awal (<i>Pre Processing</i>).....	37
3.2.2.2 Ekstraksi data spasial dari citra yang digunakan	40
3.2.2.3 Survei lapangan	41
3.2.3 Analisis data	42
3.2.3.1 Analisis variabel kerawanan bencana tsunami	42
3.2.3.2 Analisis variabel kerentanan bencana tsunami	45
3.2.3.3 Analisis variabel kesiapsiagaan bencana tsunami	51
3.2.3.4 Pengolahan data dengan <i>Cell Based Modelling</i>	51
3.2.3.5 Pembuatan matriks tingkat risiko tsunami	54
3.2.3.6 Analisis tingkat risiko tsunami dan variasi spasialnya	57
3.2.3.7 Bagan alur kerja	59
4. GAMBARAN UMUM DAERAH PENELITIAN	60
4.1. Letak geografis	60
4.2. Administrasi	61
4.3. Kondisi fisik dasar	62
3.3.1 Topografi	62
3.3.2 Iklim	64
3.3.3 Hidrologi	65
3.3.4 Oseanografi	67
3.3.5 Ekosistem pesisir	69
3.4. Kondisi sosial dan kependudukan.....	69
3.3.1 Jumlah dan sebaran penduduk	69
3.3.1 Perkembangan dan laju pertumbuhan jumlah penduduk	71
3.3.1 Komposisi penduduk	73
3.3.1 Tingkat kesejahteraan penduduk	75

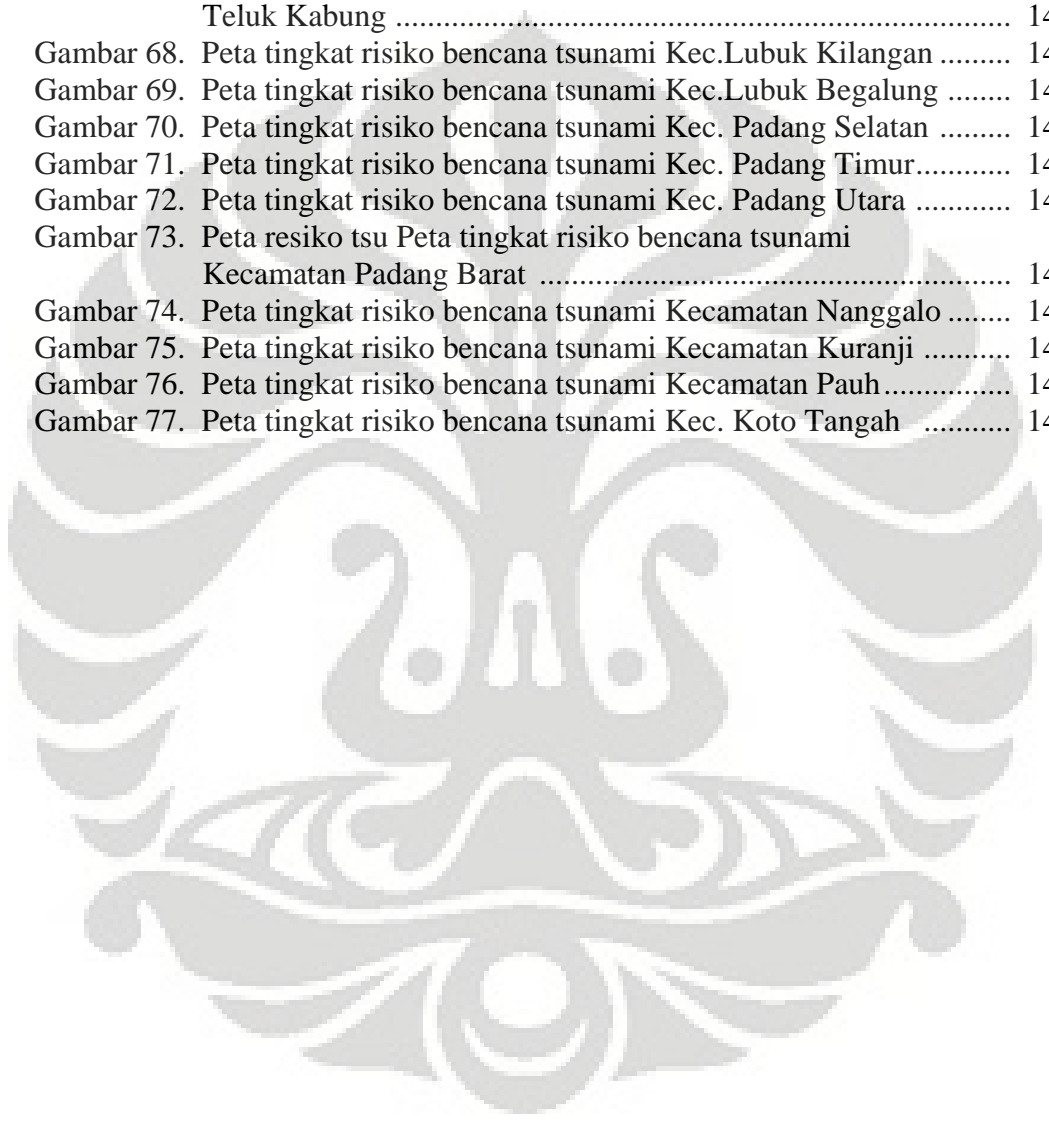
3.5. Kondisi infrastruktur wilayah	76
3.6. Penggunaan lahan (<i>Land use</i>)	77
3.7. Konsep mitigasi bencana tsunami di Kota Padang	80
3.7.1 Pra bencana	81
3.7.2 Pada saat terjadi bencana dan pasca bencana	84
5. HASIL DAN PEMBAHASAN	85
5.1. Pengolahan data spasial dari citra satelit	85
4.1.1 Pengolahan citra awal (<i>Pre processing</i>)	86
4.1.1 Ekstraksi data citra	87
5.2. Survei lapangan	87
5.3. Analisis variabel tingkat kerawanan bencana tsunami	87
5.3.1. Jarak dari sumber penyebab tsunami	88
5.3.2. Morfologi dan elevasi lereng dasar laut	89
5.3.3. Pulau-pulau penghalang	90
5.3.4. Ekosistem pesisir	91
5.3.5. Kenaikan air (<i>run-up</i>) dan inundasi tsunami	93
5.4. Variabel tingkat kerentanan bencana (<i>vulnerability</i>) tsunami	97
4.4.1. Kerentanan fisik lingkungan	97
4.4.1.1. Elevasi (ketinggian) daratan	97
4.4.1.2. Kemiringan daratan (<i>slope</i>)	100
4.4.1.3. Morfologi garis pantai	101
4.4.1.4. Jarak dari garis pantai	103
4.4.2. Kerentanan infrastruktur wilayah	105
4.4.2.1. Penggunaan lahan (<i>land use</i>)	105
4.4.2.2. Jaringan jalan	107
4.4.2.3. Sungai dan kanal pengendalian banjir	108
4.4.3. Kerentanan sosial dan kependudukan	110
4.4.3.1. Kepadatan penduduk	110
4.4.3.2. Komposisi penduduk	111
4.4.3.3. Tingkat kesejahteraan penduduk	112
5.5. Variabel tingkat kesiapsiagaan bencana (<i>disaster preperadness</i>)	113
5.6. Model spasial dan identifikasi tingkat risiko bencana tsunami	116
5.7. Analisis tingkat risiko bencana tsunami dan variasi spasialnya	119
4.7.1. Analisis tingkat risiko bencana tsunami	119
4.7.2. Analisis bariasi spasial tingkat risiko bencana tsunami	122
6. KESIMPULAN	123
DAFTAR REFERENSI	125
LAMPIRAN	128

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Batas wilayah darat dan laut	31
Gambar 2. Struktur dasar laut yang dapat menyebabkan terjadinya tsunami	32
Gambar 3. Peta seismisitas Indonesia periode 1900 – 2006	33
Gambar 4. Penampang geologi <i>cross-section</i> Pulau Sumatra	35
Gambar 5. Hasil pengamatan pergerakan relatif jalur subduksi berdasarkan observasi dengan GPS	35
Gambar 6. Clustering Gempa di darat dan laut Pulau Sumatera	36
Gambar 7. Jarak perkiraan pusat gempa dan elevasi dasar laut barat Pulau Sumatera	39
Gambar 8. Palung laut di pantai barat Sumatera	40
Gambar 9. Pembangkitan tsunami yang dipengaruhi oleh elevasi lereng bawah laut	41
Gambar 10. Fungsi hutan pantai selain untuk meredam gelombang tsunami juga menahan benda-benda atau puing-puing yang akan dihanyutkan ke daratan	42
Gambar 11. Ekosistem pesisir	42
Gambar 12. Tinggi gelombang tsunami membesar ketika memasuki teluk	46
Gambar 13. Bangunan yang memperlambat tsunami	48
Gambar 14. Konfigurasi Satelit Landsat 7 ETM +	54
Gambar 15. Struktur data raster	55
Gambar 16. Ilustrasi operasi piksel	57
Gambar 17. Perbandingan antara data raster dan data vektor	58
Gambar 18. Desain penentuan tingkat risiko bencana tsunami	24
Gambar 19. Kerangka konseptual penelitian	29
Gambar 20. Bagan alir metode penelitian	30
Gambar 21. Kota Padang sebagai daerah penelitian	60
Gambar 22. Grafik perkembangan jumlah penduduk Kota Padang	72
Gambar 23. Peta Sebaran Jalur Evakuasi di Jl. Khatib Sulaiman (Jalan Protokol)	81
Gambar 24. <i>Sea Wall</i> yang ada pada Kawasan Pesisir pantai Kecamatan Padang Utara dan Padang Barat	82
Gambar 25. Peta jalur dan titik-titik evakuasi bencana tsunami	82
Gambar 26. Pemasangan Alat Pendeteksi Gempa (<i>Early Warning System</i>) bantuan dari Pemerintah Jerman bekerjasama dengan BPPT dan Kementerian Ristek RI	83
Gambar 27. Suasana pada saat simulasi evakuasi bencana tsunami	84
Gambar 28. Komposit RGB 547 Citra Landsat 7 ETM+ akusisi 18 Januari 2005	86
Gambar 29. Permodelan morfologi dan lereng dasar laut perairan Kota Padang	90

Gambar 30. Peta rawan bencana tsunami hasil permodelan genangan tsunami	95
Gambar 31. Grafik komposisi penduduk Kota Padang Tahun 2007 menurut kelompok umur dan jenis kelamin	112
Gambar 32. Grafik nilai Indeks Kesiapsiagaan Bencana Tsunami Kota Padang	113
Gambar 33. Peta Indeks Kesiapsiagaan Bencana	114
Gambar 34. Peta Risiko Bencana Tsunami Kota Padang	117
Gambar 35. Hasil <i>overlay</i> Peta Tingkat Kerawanan Bencana Tsunami dengan Peta Penggunaan Lahan	120
Gambar 36. Hasil <i>overlay</i> Peta Tingkat Kerawanan Bencana Tsunami dengan Infrastruktur Wilayah	124
Gambar 37. Pantai Carolina	131
Gambar 38. Jembatan Siti Nurbaya	131
Gambar 39. Pantai Padang	131
Gambar 40. Pemukiman tahan gempa di Padang Selatan.....	131
Gambar 41. Plaza Andalas Padang	131
Gambar 42. Kantor Walikota	131
Gambar 43. Peringatan bahaya tsunami	131
Gambar 44. Objek wisata batu malin kundang, pantai air manis	131
Gambar 45. SMUN 1 Padang	132
Gambar 46. Pasar Banda Buek Lubuk Kilangan	132
Gambar 47. Universitas Andalas	132
Gambar 48. Universitas Negeri Padang	132
Gambar 49. Bandara Internasional Minangkabau-Kab.Padang Pariaman	132
Gambar 50. GPS pada saat survei.....	132
Gambar 51. Wawancara dengan penduduk sekitar	132
Gambar 52. Konsultasi dengan pakar dan instansi terkait	132
Gambar 53. <i>Software</i> operasi permodelan gempa, <i>run –up</i> , dan genangan tsunami	133
Gambar 54. Hasil pemodelan sebaran titik kejadian gempa dan deliniasi daerah pusat gempa	133
Gambar 55. Sebaran jumlah kejadian gempa pada suatu periode	137
Gambar 56. Peta profil batimetri di perairan Kota Padang	138
Gambar 57. Sebaran Ekosistem Pesisir di Kota Padang	138
Gambar 58. Tingkat kerentanan elevasi daratan terhadap bencana tsunami	139
Gambar 59. Tingkat kerentanan <i>slope</i> daratan terhadap bencana tsunami	139
Gambar 60. Tingkat kerentanan morfometri pantai terhadap bencana tsunami	140
Gambar 61. Tingkat kerentanan jarak dari garis pantai terhadap bencana tsunami	140
Gambar 62. Tingkat kerentanan penggunaan lahan terhadap bencana tsunami	141

Gambar 63. Tingkat kerentanan jarak dari jalan terhadap bencana tsunami	141
Gambar 64. Tingkat kerentanan jarak dari sungai dan kanal terhadap bencana tsunami	142
Gambar 65. Tingkat kerentanan kepadatan penduduk terhadap bencana tsunami.....	142
Gambar 66. Konsep pengembangan ruang berdasarkan ancaman bencana tsunami	143
Gambar 67. Peta tingkat risiko bencana tsunami Kecamatan Bungus Teluk Kabung	144
Gambar 68. Peta tingkat risiko bencana tsunami Kec.Lubuk Kilangan	144
Gambar 69. Peta tingkat risiko bencana tsunami Kec.Lubuk Begalung	144
Gambar 70. Peta tingkat risiko bencana tsunami Kec. Padang Selatan	144
Gambar 71. Peta tingkat risiko bencana tsunami Kec. Padang Timur.....	145
Gambar 72. Peta tingkat risiko bencana tsunami Kec. Padang Utara	145
Gambar 73. Peta resiko tsu Peta tingkat risiko bencana tsunami Kecamatan Padang Barat	145
Gambar 74. Peta tingkat risiko bencana tsunami Kecamatan Nanggalo	145
Gambar 75. Peta tingkat risiko bencana tsunami Kecamatan Kuranji	146
Gambar 76. Peta tingkat risiko bencana tsunami Kecamatan Pauh.....	146
Gambar 77. Peta tingkat risiko bencana tsunami Kec. Koto Tangah	146



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Variabel yang digunakan untuk menentukan tingkat risiko bencana tsunami.....	4
Tabel 2. Kejadian tsunami dan dampaknya di Indonesia sejak tahun 1961-2005	11
Tabel 3. Matriks risiko bencana tsunami	55
Tabel 4. Luas daerah administrasi Kota Padang	61
Tabel 5. Karakteristik pulau - pulau kecil di Kota Padang	62
Tabel 6. Ketinggian topografi dan kemiringan lahan Kota Padang.....	63
Tabel 7. Kondisi iklim Kota Padang tahun 2007	64
Tabel 8. Curah Hujan Tahunan Kota Padang Tahun 2000-2007	64
Tabel 9. Nama Sungai, panjang / lebar, dan daerah yang dilaluinya di Kota Padang	66
Tabel 10. Karakteristik pantai di Kota Padang	68
Tabel 11. Perbandingan sebaran penduduk Kota Padang 1987-2007	70
Tabel 12. Perkembangan jumlah penduduk dan laju pertumbuhan penduduk Kota Padang 1986-2007	72
Tabel 13. Komposisi Penduduk Kota Padang menurut jenis kelamin	73
Tabel 14. Komposisi penduduk Kota Padang menurut kelompok umur	74
Tabel 15. Persentase penduduk umur >10 tahun yang bekerja menurut lapangan usaha di Kota Padang tahun 2007.....	75
Tabel 16. Jumlah keluarga menurut tingkat kesejahteraan Kota Padang	75
Tabel 17. Perkembangan panjang jalan Kota Padang tahun 1992-2007.....	76
Tabel 18. Jumlah dan panjang jembatan Kota Padang Tahun 2007	77
Tabel 19. Luas lahan Kota Padang menurut jenis penggunaannya	77
Tabel 20. Data luasan ekosistem pesisir	92
Tabel 21. Informasi data historis gempa dan tsunami di Kota Padang	93
Tabel 22. Bahaya tsunami Kota Padang	94
Tabel 23. Luasan daerah rawan bencana tsunami Kota Padang	96
Tabel 24. Luasan daerah kerentanan elevasi daratan	99
Tabel 25. Luasan daerah kerentanan <i>slope</i> daratan	100
Tabel 26. Luasan daerah kerentanan morfometri pantai.....	102
Tabel 27. Luasan daerah kerentanan jarak dari pantai.....	104
Tabel 28. Luasan daerah kerentanan penggunaan lahan.....	106
Tabel 29. Luasan daerah kerentanan jaringan jalan.....	107
Tabel 30. Luasan daerah kerentanan jarak dari sungai	109
Tabel 31. Luasan daerah kerentanan kepadatan penduduk.....	111
Tabel 32. Variasi nilai Indeks Kesiapsiagaan Bencana Kota Padang	114
Tabel 33. Luasan daerah kesiapsiagaan terhadap bencana tsunami.....	115
Tabel 34. Luasan daerah risiko bencana tsunami	118
Tabel 35. Jumlah sel per variabel hasil klasifikasi	121
Tabel 36. Persentase tingkat risiko bencana tsunami per kecamatan	122
Tabel 37. Daerah yang diidentifikasi memiliki tingkat risiko bencana tsunami yang tinggi, dan sangat tinggi	123
Tabel 38. Posisi pengamatan di lapangan	130

Tabel 39. Data Gempa > 6 SR yang terjadi di Padang tahun 2007	134
Tabel 40. Kejadian Gempa 200 tahun terakhir di Padang	134
Tabel 41. Frekuensi Kejadian Gempa ($M > 5$ SR) tahun 1797 – 2004	137
Tabel 42. Jalur Evakuasi Kota Padang	147



DAFTAR SINGKATAN

BAKORNAS PB	= Badan Koordinasi Nasional Penanggulangan Bencana
BAPPEDA Kota Padang	= Badan Perencanaan dan Pembangunan Kota Padang
BAPEDALDA	= Badan Pengendalian Pencemaran dan Dampak Lingkungan
BMKG	= Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika
BNPB	= Badan Nasional Penanggulangan Bencana
BTIC	= Biotrop Training and Information Centre
BPPT	= Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi
BPS Kota Padang	= Badan Pusat Statistik Kota Padang
DISHIDROS TNI AL	= Dinas Hidrografi dan Oseanografi Tentara Nasional Indonesia Angkatan Laut
DKP	= Departemen Kelautan dan Perikanan
ESRI	= <i>Environmental System Research Institute</i>
KNRT-RI	= Kementerian Negara Riset dan Teknologi- Republik Indonesia
KOGAMI Kota Padang	= Komunitas Siaga Bencana Tsunami Kota Padang
LIPI	= Lembaga Ilmu dan Pengetahuan Indonesia
NASA	= <i>National Aeronautics and Space Agency</i>
PSBA-Bakosurtanal	= Pusat Studi Bencana Alam - Badan Koordinasi Survei dan Pemetaan Nasional
UNDP	= <i>United Nations Development Program</i>
UNESCO-IOC	= <i>United Nations Educational Scientific and Cultural Organization- Intergovernmental Oceanographic Commission</i>
UN-ISDR	= <i>United Nations International Strategy for Disaster Reduction</i>

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar belakang

Indonesia terletak di pertemuan tiga lempeng tektonik besar, yaitu Lempeng Eurasia, Lempeng Hindia-Australia, dan Lempeng Pasifik. Di wilayah Indonesia juga terdapat banyak gunung api (ada 128 gunung api aktif) yang sewaktu waktu dapat meletus dan menimbulkan bencana. Selain itu, banyaknya jalur gempa di wilayah Indonesia menyebabkan tingginya intensitas dan frekuensi gempa bumi yang sering diikuti oleh tsunami (PSBA-Bakosurtanal, 2003). Konsekuensi dari wilayah Indonesia yang terletak pada lempeng-lempeng tektonik tersebut adalah mempunyai wilayah yang rawan gempa dan banyak mempunyai gunung api. Jika aktivitas gempa dan gunung api tersebut berada di dasar laut yang dangkal juga akan dapat berpotensi menimbulkan bencana tsunami.

Bencana tsunami yang melanda Aceh, Sumatera Utara dan beberapa negara di sekitarnya pada tanggal 26 Desember 2004 serta bencana tsunami 17 Juli 2006 di pesisir selatan Pulau Jawa, telah memberikan beberapa pelajaran penting bagi bangsa Indonesia. Pertama, betapa banyak daerah di Indonesia yang rawan terhadap bencana alam khususnya bencana tsunami yang membutuhkan kesiapsiagaan pada berbagai tingkat, baik masyarakat, pemerintah dan berbagai institusi non-pemerintah. Sudah saatnya Indonesia meningkatkan kesiagaan bencana (*disaster preparedness*) dalam berbagai sektor, sehingga dapat mengantisipasi berbagai bencana alam, industri, sosial dan politik yang dapat terjadi secara berkala di berbagai tempat. Kedua, bencana tsunami merupakan bencana yang bersifat destruktif dan menimbulkan banyak kerugian sehingga dibutuhkan suatu sistem manajemen bencana yang terpadu yang memungkinkan respons cepat terhadap bencana yang terjadi dalam berbagai bentuknya. Bencana gempa dan tsunami tersebut menegaskan bahwa negeri ini belum memiliki kapasitas institusional dalam menghadapi ancaman bencana secara cepat dan tepat. Ketiga, belum dimilikinya suatu pendekatan yang tepat dalam merespons

bencana, khususnya menyangkut usaha rekonstruksi daerah bencana secara strategis dan dapat diterima oleh masyarakat yang menjadi korban.

Kota Padang menurut para pakar geologi dinyatakan sebagai daerah rawan gempa, karena terletak diantara dua sumber gempa aktif yaitu pertemuan lempeng Australia dan lempeng Eurasia. Berdasarkan catatan sejarah pada tahun 1797 M dan 1833 M telah terjadi gempa besar (+ 9 Skala Richter) di sekitar Kepulauan Mentawai yang diikuti oleh gelombang tsunami yang besar, sehingga menghabiskan sepertiga Kota Padang. Jika dilihat sejarahnya, diperkirakan akan terjadi pengulangan gempa besar setiap 200 s/d 300 tahunan. Oleh karena itu kesiapsiagaan untuk mengantisipasi bencana menjadi sangat penting, mengingat jika terjadi gempa besar yang diikuti oleh tsunami, maka risiko bahaya akan sangat besar, karena Kota Padang terletak di pinggir pantai dengan konsentrasi penduduk yang tinggal di wilayah pantai cukup tinggi (LIPI, 2006).

Pemetaan dan analisis tingkat risiko tsunami harus dilakukan dengan pendekatan multikriteria sesuai dengan daerah kajian. Untuk itu, diperlukan metode dan aplikasi teknologi yang akurat untuk menjelaskan variasi secara spasial dari tingkat risiko bencana tsunami di suatu wilayah yang berpotensi terkena dampak bencana tsunami. Teknologi Penginderaan Jauh dapat menampilkan kenampakan bumi baik dalam bentuk 2 dimensi ataupun 3 dimensi dan dapat menggambarkan berbagai fenomena di permukaan bumi melalui data citra satelit. Sedangkan teknologi SIG (Sistem Informasi Geografis) memiliki fasilitas sistem integrasi yang berperan dalam menangani kumpulan informasi yang berbeda-beda sehingga perbedaan tersebut dapat dibuat kompatibel dan termanfaatkan, sehingga dalam menganalisis daerah rawan bencana tsunami dapat dilakukan dengan menggunakan aplikasi teknologi penginderaan jauh dan SIG. Aplikasi teknologi penginderaan jauh dan SIG juga banyak digunakan sebagai dasar analisis untuk menentukan kebijakan oleh pemerintah terkait dengan tata guna lahan di kawasan pantai yang rawan bencana.

Tingkat risiko bencana tsunami yang dihasilkan dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode *Cell Based Modelling*. Metode *Cell Based Modelling* merupakan suatu metode analisis permodelan dengan menggunakan data raster. Analisis spasial pada data raster adalah dasar dari

metode *Cell Based Modelling*, sehingga luasan area hasil analisis dengan metode ini cukup akurat karena tidak mengalami proses generalisasi (ESRI, 2002).

Penelitian yang menggunakan metode *Cell Based Modelling* untuk penentuan tingkat risiko bencana tsunami masih sangat terbatas. Oleh karena itu pentingnya dilakukan penelitian ini diantaranya adalah membuat suatu model spasial yang komprehensif dan diharapkan dapat menjadi masukan untuk kegiatan penataan ruang berbasis mitigasi bencana di Kota Padang, Sumatera Barat.

1.2. Masalah penelitian

1.2.1. Pembatasan masalah

Masalah dalam penelitian ini dibatasi pada identifikasi tingkat risiko bencana tsunami dan variasi spasialnya di Kota Padang, Sumatera Barat. Analisis tingkat risiko bencana tsunami dalam penelitian ini meliputi analisis potensi kerawanan bahaya tsunami (*hazard*), analisis kerentanan (*vulnerability*), dan analisis kapasitas penanggulangan atau kesiapsiagaan (*disaster preparedness*). Penentuan tingkat risiko bencana tsunami di Kota Padang dilakukan dengan menggunakan metode *Cell Based Modelling*, dimana analisisnya menggunakan data raster.

1.2.2. Pertanyaan penelitian

Bagaimana tingkat risiko bencana tsunami dan variasi spasialnya di Kota Padang yang dilakukan dengan menggunakan metode *Cell Based Modelling* ?

1.3. Tujuan penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

Melakukan pemodelan spasial dan mengkaji model spasial yang komprehensif untuk identifikasi dan pemetaan tingkat risiko bencana tsunami dan variasi spasialnya di Kota Padang.

1.4. Batasan penelitian

Batasan penelitian terdiri atas wilayah penelitian, variabel, dan pengertian istilah-istilah yang digunakan dalam tesis ini.

1.4.1. Wilayah penelitian

Kota Padang terdiri dari 11 kecamatan yaitu Kecamatan Bungus Teluk Kabung, Kecamatan Lubuk Kilangan, Kecamatan Lubuk Begalung, Kecamatan Padang Selatan, Kecamatan Padang Timur, Kecamatan Padang Barat, Kecamatan Padang Utara, Kecamatan Nanggalo, Kecamatan Kuranji, Kecamatan Pauh, dan Kecamatan Koto Tangah.

1.4.2. Variabel

Untuk mengetahui tingkat risiko bencana tsunami dan variasi spasialnya, digunakan variabel kerawanan (*hazard*), kerentanan (*vulnerability*), dan kapasitas penanggulangan atau kesiapsiagaan bencana (*disaster preperadness*) yang kemudian secara umum diklasifikasikan menjadi beberapa aspek dan kriteria seperti Tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1. Variabel yang digunakan untuk menentukan tingkat risiko bencana tsunami

No	Variabel	Aspek	Kriteria
1	Kerawanan (<i>hazard</i>)	Bahaya tsunami	Jarak dari sumber penyebab tsunami
			Elevasi dan morfologi dasar laut
			Pulau-pulau penghalang
			Ekosistem pesisir
			<i>Run-up</i> dan Inundasi tsunami
2	Kerentanan (<i>vulnerability</i>)	Fisik lingkungan	Elevasi daratan
			Kemiringan (<i>slope</i>) daratan
			Morfologi garis pantai
		Infrastruktur wilayah	Jarak dari pantai
			Penggunaan lahan
			Jarak dari jaringan jalan
		Sosial kependudukan	Jarak dari sungai dan kanal
			Kepadatan penduduk
		Komposisi penduduk	
		Tingkat kesejahteraan penduduk	
3	Kesiapsiagaan bencana (<i>disaster preperadness</i>)	Kapasitas kesiapsiagaan	Indeks Kesiapsiagaan Bencana

(Sumber: UU RI No.24 Tahun 2007; UU RI No 27 Tahun 2007; KNRT-RI, 2007; LIPI, 2006; Diposaptono dan Budiman, 2008)

1.4.3. Pengertian istilah

- 1) Bencana 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 psikologis (UU RI No. 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana).
- 2) Penelitian ini dititik beratkan pada tingkat risiko terhadap bahaya tsunami di wilayah pesisir Kota Padang, Sumatera Barat. Risiko diartikan sebagai kemungkinan akan munculnya kehilangan, sebagai akibat dari kerawanan dan kerentanan yang buruk (UNDP, 1995). Pada dasarnya, risiko sebuah bencana memiliki tiga variabel, yaitu :
 - (a) aspek kerawanan atau jenis ancaman, (b) aspek kerentanan, dan (c) aspek kemampuan menanggulangi atau ketahanan (Diposaptono dan Budiman, 2008).
- 3) Risiko bencana adalah potensi kerugian yang ditimbulkan akibat bencana pada suatu wilayah dan kurun waktu tertentu yang dapat berupa kematian, luka, sakit, jiwa terancam, hilangnya rasa aman, mengungsi, kerusakan atau kehilangan harta, dan gangguan kegiatan masyarakat (KNRT-RI, 2007).
- 4) Ancaman adalah suatu kondisi alam dan lingkungan, kejadian atau peristiwa yang bisa menimbulkan bencana. Istilah ini sering disebut juga sebagai kerawanan (UU RI No. 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana)
- 5) Kerentanan (*vulnerability*) adalah sekumpulan kondisi dan atau suatu akibat keadaan (faktor fisik, sosial, ekonomi, dan lingkungan) yang berpengaruh buruk terhadap upaya – upaya pencegahan dan penaggulangan bencana (Badan Koordinasi Nasional Penanganan Bencana, 2007).
- 6) Kesiapsiagaan bencana (*disaster preparedness*) diartikan sebagai segala upaya dan kegiatan yang dilakukan untuk menghadapi atau

mengantisipasi (tanggap darurat) bencana lingkungan yang mungkin terjadi pada skala nasional, regional, dan lokal (DKP, 2005).

- 7) Tsunami secara singkat dideskripsikan sebagai gelombang laut yang mempunyai periode panjang yang ditimbulkan oleh suatu gangguan impulsif yang terjadi pada medium laut, seperti terjadinya gempa bumi, hantaman asteroid atau benda – benda angkasa lainnya, erupsi vulkanik, atau oleh longsoran (*land slide*) (Haslett, 2001).
- 8) Mitigasi adalah serangkaian upaya untuk mengurangi risiko bencana, baik melalui pembangunan fisik maupun penyadaran dan peningkatan kemampuan menghadapi ancaman bencana (UU RI No. 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana).
- 9) Pemetaan risiko bencana tsunami (*tsunami risk mapping*) adalah penunjukan zona-zona khusus sepanjang daerah – daerah pantai dengan derajat risiko dan kerentanan yang berbeda-beda. Ini ditujukan untuk kesiapsiagaan terhadap bencana, perencanaan, aturan mendirikan bangunan atau tempat pengungsi umum (UNESCO-IOC, 2007).
- 10) Metode *Cell Based Modelling* merupakan suatu metode analisis permodelan dengan menggunakan data raster sehingga pembuatan jarak dan pengkelasan variabel lebih mudah dilakukan secara cepat dan teratur pada setiap sel (ESRI, 2002).
- 11) Data historis tsunami merupakan data historis yang tersedia dalam banyak bentuk dan di banyak tempat. Bentuk ini mencakup katalog baik yang diterbitkan maupun tidak tentang kejadian tsunami, penuturan pribadi, marigraf (alat pencatat pasang surut), amplitudo tsunami, ukuran zona banjir bandang dan kenaikan air, laporan penelitian lapangan, artikel koran, rekaman video atau film (UNESCO-IOC, 2007).
- 12) Kenaikan air (*run-up*) adalah selisih antara ketinggian terjangan maksimum tsunami (garis banjir bandang) dan ketinggian air laut pada saat tsunami, dimana kenaikan yang dicapai oleh air laut diukur secara relatif terhadap datum (suatu tingkat yang diketahui) seperti tinggi

rata-rata permukaan laut, air terendah rata-rata, atau tinggi permukaan laut pada saat terjadinya tsunami, dan idealnya diukur pada satu titik yang merupakan maksimum lokal dari banjir bandang secara horisontal, dan dalam istilah praktis, kenaikan air hanya diukur dimana ada bukti jelas dari batas inundasi di pantai (UNESCO-IOC, 2007).

- 13) Terpaan gelombang (*inundation*) adalah jarak horisontal ke daratan yang dipenetrasi oleh gelombang tsunami (banjir bandang), umumnya diukur tegak lurus dari garis pantai (LIPI, 2006).



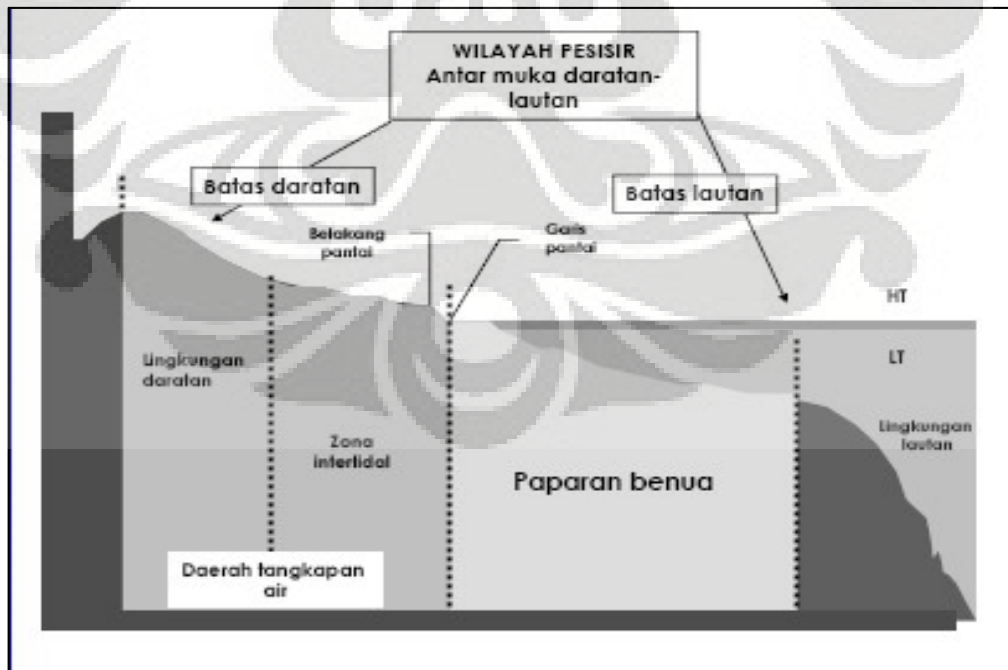
BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Bencana tsunami di wilayah pesisir

Bencana adalah peristiwa atau rangkaian peristiwa yang mengancam dan mengganggu kehidupan dan penghidupan masyarakat yang disebabkan, baik oleh faktor alam dan/atau faktor non-alam maupun faktor manusia sehingga mengakibatkan timbulnya korban jiwa manusia, kerusakan lingkungan, kerugian harta benda, dan dampak psikologis (UU RI No. 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana).

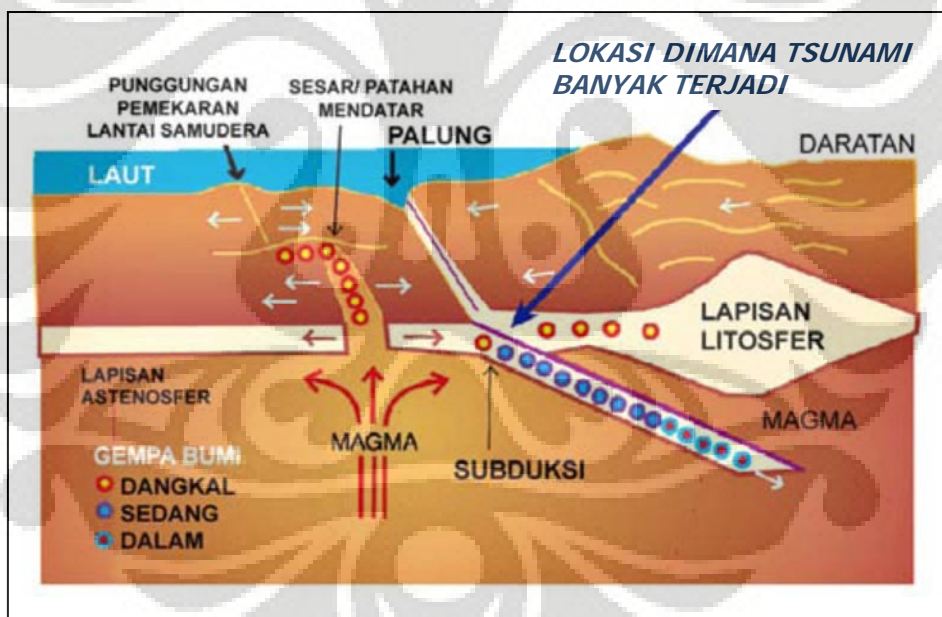
Batasan pesisir yang digunakan dalam penelitian ini adalah batasan pesisir yang ditinjau untuk kepentingan pengelolaan dalam lingkup kota di wilayah pesisir. Pertimbangan tersebut diambil berkaitan dengan pendekatan spasial yang digunakan dalam penelitian ini untuk identifikasi dan analisis daerah risiko tsunami yang berkaitan dengan kepentingan pengelolaan wilayah yang berbasis administrasi untuk pengelolaan wilayah pesisir (Gambar 1).



Gambar 1. Batas wilayah darat dan laut (Komar, 1983 dengan dimodifikasi)

Secara singkat tsunami dapat dideskripsikan sebagai gelombang laut yang mempunyai periode panjang yang ditimbulkan oleh suatu gangguan impulsif yang terjadi pada medium laut, seperti terjadinya gempa bumi, hantaman asteroid atau benda – benda angkasa lainnya, erupsi vulkanik, atau oleh longsoran (*land slide*) (Haslett, 2001).

Tsunami paling sering disebabkan oleh gempa bumi yang terjadi terutama karena adanya pergeseran tektonik di bawah laut yang disebabkan oleh gempa bumi di pusat yang dangkal sepanjang daerah subduksi. Lempeng kerak bumi (*crustal blocks*) yang terdorong ke atas dan ke bawah memberi energi potensial pada massa air sehingga terjadi perubahan drastis pada permukaan air laut di daerah yang terkena. Energi yang dilepas ke dalam massa air itu menyebabkan timbulnya tsunami yaitu energi yang memancar menjauh dari daerah sumbernya dalam bentuk gelombang berperiode panjang (BMKG, 2007).



Gambar 2. Struktur dasar laut yang dapat menyebabkan terjadinya tsunami (UNESCO-IOC, 2007)

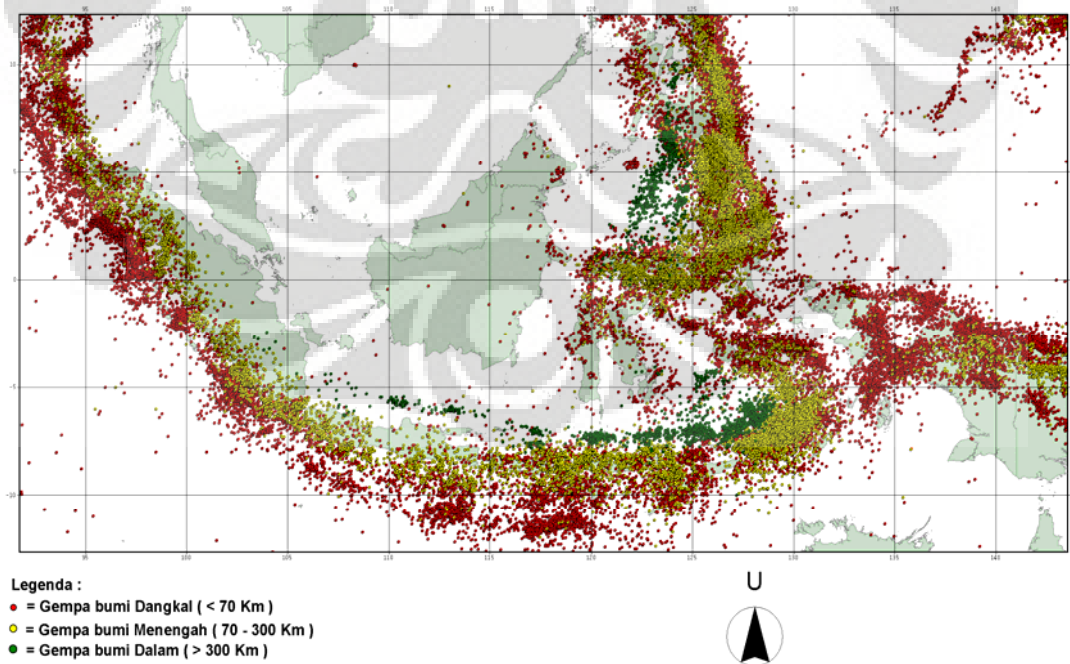
Tsunami yang ditimbulkan oleh dorongan gempa bumi yang besar dan dangkal terjadi karena proses subduksi lempengan tektonik. Gempa bumi dangkal juga terjadi di sepanjang punggung pemekaran lantai samudra namun ini tidak cukup kuat untuk menghasilkan sebuah tsunami (Gambar 2). Gempa bumi yang besar dan dangkal juga terjadi di sepanjang patahan mendatar antar lempeng,

tetapi ketika terjadi patahan hanya menghasilkan gerakan vertikal kecil saja sehingga tidak mengakibatkan tsunami (UNESCO-IOC, 2007).

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 (LIPI, 2006).

Gelombang tsunami yang ditimbulkan oleh gaya impulsif ini bersifat transien yaitu gelombangnya bersifat sesar. Gelombang tsunami ini berbeda dengan gelombang laut biasa lainnya yang sudah mempunyai sifat kontinu karena disebabkan oleh gaya gesek angin atau gelombang pasang surut yang ditimbulkan oleh gaya tarik benda angkasa (Diposaptono dan Budiman, 2008).

Gambar 3 menunjukkan kondisi seismisitas di Indonesia dan beberapa negara di kawasan pasifik dalam periode 1900 – 2006 yang diklasifikasikan menjadi tiga jenis gempa bumi yaitu gempa bumi dangkal (<70 Km), gempa bumi menengah (70 – 300 Km), dan gempa bumi dalam (> 300 Km) (BMKG, 2007).



Gambar 3. Peta seismisitas Indonesia periode 1900 – 2006 (BMKG, 2007)

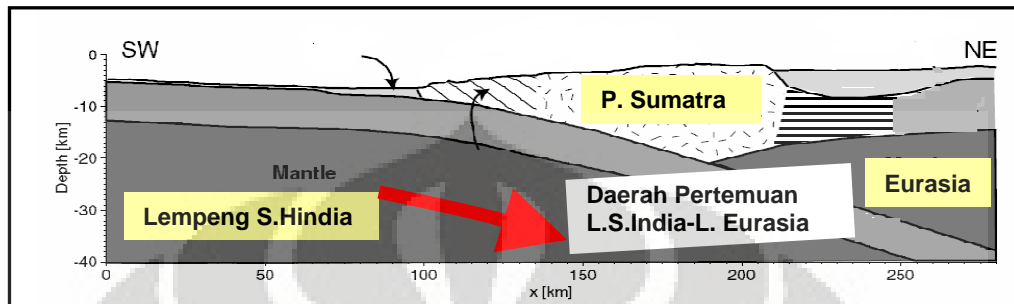
Tsunami yang terjadi di Indonesia sebagian besar disebabkan oleh gempa – gempa tektonik di sepanjang daerah subduksi dan daerah seismik aktif lainnya. Selama kurun waktu 1600-1999 terdapat 105 kejadian tsunami dimana 90% disebabkan oleh gempa-gempa tektonik, 9% disebabkan oleh letusan gunung berapi dan 1% disebabkan oleh longsor (DKP, 2007). Tabel 2 dibawah ini menunjukkan kejadian tsunami dan dampaknya di Indonesia sejak tahun 1961-2005 (Diposaptono dan Budiman, 2008)

Tabel 2. Kejadian tsunami dan dampaknya di Indonesia sejak tahun 1961-2005

<i>No</i>	<i>Tahun</i>	<i>Pusat Gempa</i>	<i>Run-up maksimum (meter)</i>	<i>Jumlah korban (tewas/luka)</i>	<i>Daerah bencana</i>
1	1961	8,2 LS-122 BT	Tidak terdata	2/6	NTT, Flores Tengah
2	1964	5,8 LU-95,6 BT	Tidak terdata	110/479	Sumatera
3	1965	2,4 LU - 126 BT	Tidak terdata	71 Tewas	Maluku, Seram dan Sanana
4	1967	3,7 LU - 119 BT	Tidak terdata	58/100	Tinambung (Sulsel)
5	1968	0,7 LS - 119,7 BT	8-10	392 tewas	Tambo (Sulteng)
6	1969	3,1 LS - 118,8 BT	10	64/97	Majene (Sulteng)
7	1977	11,1 LS - 118,5 BT	Tidak terdata	316 tewas	NTB dan P. Sumbawa
8	1977	8,0 LS - 125,3 BT	Tidak terdata	2/25	NTT, Flores, P. Ataura
9	1979	8,4 LS - 115,9 BT	Tidak terdata	27/200	NTB, Sumbawa, dan Bali
10	1982	8,4 LS - 123 BT	Tidak terdata	13/400	NTT, Larantuka
11	1987	8,4 LS - 124,3 BT	Tidak terdata	83/108	NTT, Flores Timur dan P. Bantar
12	1989	8,1 LS - 125,1 BT	Tidak terdata	7 tewas	NTT dan P. Alor
13	1992	8,5 LS - 121,9 BT	11,2 - 26,2	1.952/2.126	NTT, Flores, P. Babi
14	1994	10,7 LS - 113,1 BT	19,1	38/400	Banyuwangi (Jatim)
15	1996	1,1 LS - 118,8 BT	Tidak terdata	3/63	Palu (Sulteng)
16	1996	0,5 LS - 136 BT	13,7	107 tewas	Pulau Biak (Irian Jaya)
17	1998	2 LS - 124,9 BT	2,75	34 tewas	Tabuna Maliabu (Maluku)
18	2000	0,6 LU - 119,92 BT	3	4 tewas	Banggai (Sulteng)
19	2004	3,298 LU - 95,6 BT	34	Lebih dari 200.000 tewas	NAD dan Sumut
20	2005	2,06 LU - 97,01 BT	3,5	Tidak terdata	Pulau Nias
21	2006	9,4 LS - 107,2 BT	7,6	688 tewas	Jawa Barat, Jawa Tengah, dan Sumatera Barat
22	2007	4,67 LS - 101,3 BT	3,6	-	Bengkulu, dan Sumatera Barat

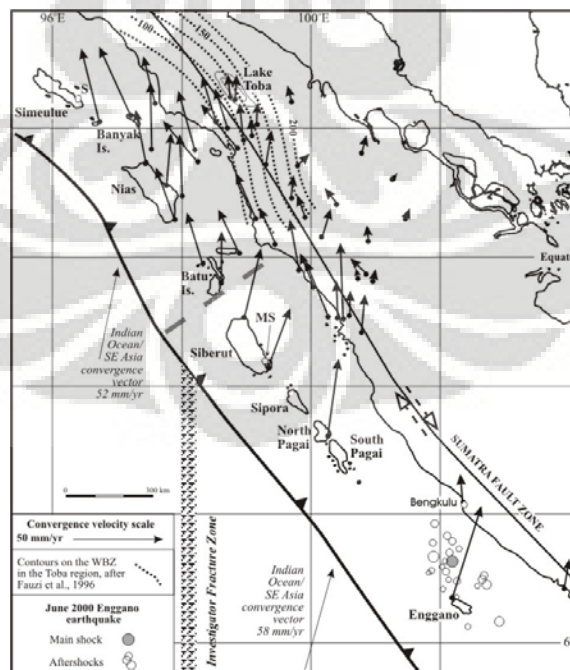
Sumber: Diposaptono dan Budiman (2008)

Secara umum, Indonesia berada pada posisi yang diapit oleh interaksi beberapa lempeng tektonik (konvergensi) ; yaitu Lempeng Indo-Australia, Lempeng Eurasia, dan Lempeng Pasifik. Kenyataan ini menempatkan Indonesia, Pulau Sumatra khususnya berada pada daerah rawan bencana gempa bumi.

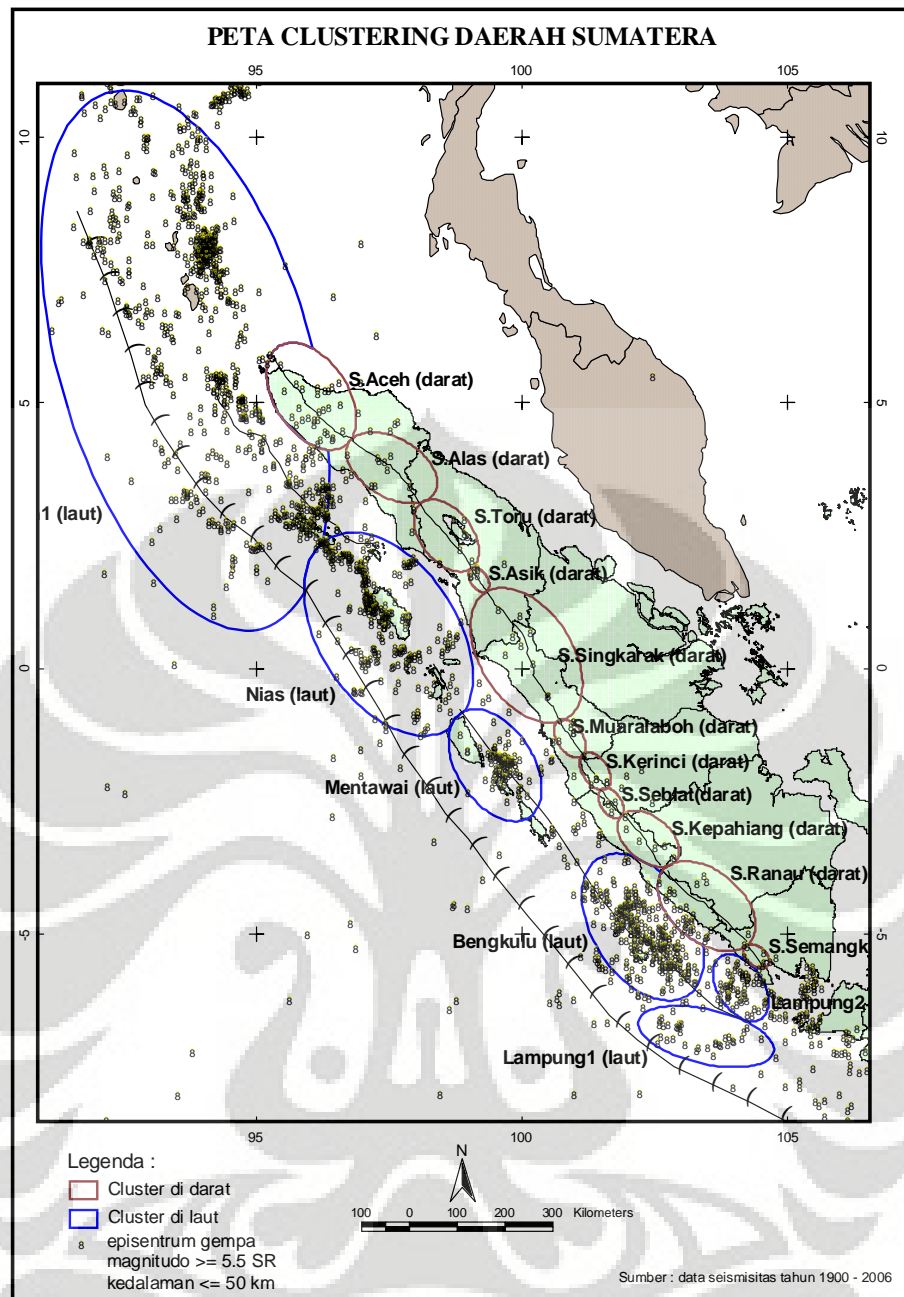


Gambar 4. Penampang geologi *cross-section* Pulau Sumatra (BMKG, 2007)

Gambar 4 diatas memberikan sebuah ilustrasi mengenai Lempeng Samudra India menyusup kedalam Lempeng Benua Eurasia. Penyusupan lempeng samudra dikarenakan secara umum densitas lempeng samudra lebih berat dibandingkan dengan lempeng benua. Daerah pertemuan kedua lempeng ini disebut sebagai jalur subduksi. Gempa bumi secara umum dapat didefinisikan secara sederhana sebagai pelepasan energi akibat gesekan dua lempeng tersebut.



Gambar 5. Hasil pengamatan pergerakan relatif jalur subduksi berdasarkan observasi dengan GPS (BMKG, 2007)



Gambar 6. Peta Clustering Gempa di darat dan laut Pulau Sumatera (BMKG, 2007)

2.2. Penilaian tingkat risiko bencana tsunami (*Tsunami Risk Assesment*)

Hakekat dari mitigasi bencana tsunami adalah menekan hingga seminimal mungkin risiko bencana tsunami. Pada dasarnya, risiko sebuah bencana memiliki tiga variabel, yaitu : (1) aspek kerawanan atau jenis ancaman, (2) aspek kerentanan, dan (3) aspek kemampuan menanggulangi (Diposaptono dan Budiman, 2006).

Dewasa ini banyak terminologi yang digunakan untuk menjelaskan pengertian rawan, rentan, dan risiko bencana. Menurut Undang – Undang Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 2007) tentang Penanggulangan Bencana, ancaman adalah suatu kondisi alam dan lingkungan, kejadian atau peristiwa yang bisa menimbulkan bencana. Istilah ini sering disebut juga sebagai kerawanan.

Kerentanan (*vulnerability*) adalah sekumpulan kondisi dan atau suatu akibat keadaan (faktor fisik, sosial, ekonomi, dan lingkungan) yang berpengaruh buruk terhadap upaya – upaya pencegahan dan penanggulangan bencana (Badan Koordinasi Nasional Penanganan Bencana, 2007).

Risiko bencana adalah potensi kerugian yang ditimbulkan akibat bencana pada suatu wilayah dan kurun waktu tertentu yang dapat berupa kematian, luka, sakit, jiwa terancam, hilang rasa aman, mengungsi, kerusakan atau kehilangan harta dan gangguan kegiatan masyarakat (UU RI No.24 Tahun 2007).

Risiko berbanding lurus dengan ancaman atau bahaya (kerawanan) dan tingkat kerentanan terhadap tsunami, serta berbanding terbalik dengan kemampuan (kapasitas) dalam menghadapi tsunami. Semakin besar kerawanan dan kerentanan terhadap tsunami, serta semakin rendah kemampuan penanggulangan terhadap tsunami, maka akan semakin besar risiko tsunami yang timbul (Siahaan, 2008).

Hubungan antara kerawanan (*hazard*), kerentanan (*vulnerability*), kapasitas penanggulangan (*capacity*) dan risiko (*risk*) dirumuskan pada persamaan di bawah ini (Diposaptono dan Budiman, 2008) :

$$\text{Resiko (R)} = \frac{\text{Kerawanan (H)} \times \text{Kerentanan (V)}}{\text{Kapasitas Penanggulangan dan Kesiapsiagaan (C)}} \dots\dots\dots(1)$$

dimana : R = Risiko;

H = Kerawanan ;

V = Kerentanan ; dan

C = Kapasitas Penanggulangan dan Kesiapsiagaan

2.3. Variabel yang mempengaruhi tingkat risiko bencana tsunami

Bencana dapat disebabkan oleh kejadian alam (*natural disaster*) maupun oleh ulah manusia (*man-made disaster*). Faktor-faktor yang dapat menyebabkan bencana menurut Srinivas (2002) antara lain:

- (a) Bahaya alam (*natural hazards*) dan bahaya karena ulah manusia (*man-made hazards*) yang menurut *United Nations International Strategy for Disaster Reduction* (UN-ISDR) dapat dikelompokkan menjadi bahaya geologi (*geological hazards*), bahaya hidrometeorologi (*hydrometeorological hazards*), bahaya biologi (*biological hazards*), bahaya teknologi (*technological hazards*) dan penurunan kualitas lingkungan (*environmental degradation*);
- (b) Kerentanan (*vulnerability*) yang tinggi dari masyarakat, infrastruktur serta elemen-elemen di dalam kota/kawasan yang berisiko bencana;
- (c) Kapasitas yang rendah dari berbagai komponen di dalam masyarakat.

Tingkat risiko bencana tsunami dipengaruhi variabel kerawanan bencana (*hazard*), variabel kerentanan (*vulnerability*) dan variabel kesiapsiagaan bencana (*disaster preparedness*) yang tiap variabelnya disebutkan di bawah ini.

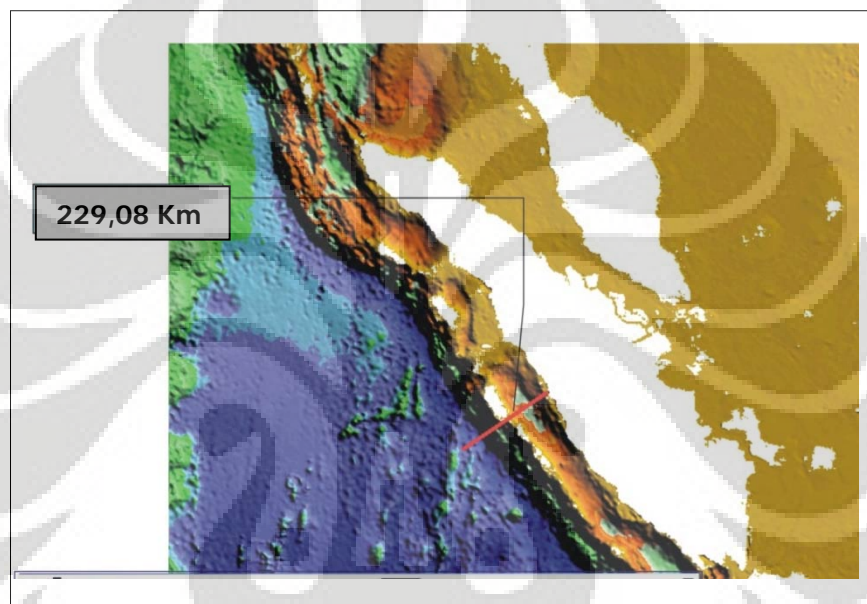
2.3.1. Variabel kerawanan bencana (*hazard*) tsunami

2.3.1.1. Jarak dari sumber penyebab tsunami

Gelombang tsunami bergerak dengan kecepatan ratusan kilometer per jam di lautan dalam dan dapat melanda daratan dengan ketinggian gelombang mencapai 30 m atau lebih. Magnitudo tsunami yang terjadi di Indonesia berkisar antara 1,5-4,5 Skala Imamura, dengan tinggi gelombang tsunami maksimum yang mencapai pantai berkisar antara 4 - 24 meter dan jangkauan gelombang ke daratan berkisar antara 50 sampai 200 meter dari garis pantai.

Tsunami yang telah terbentuk dari berbagai penyebab di atas akan menjalar ke segala arah dari sumber penyebab. Gelombang tsunami dapat menjalar dengan jarak ribuan kilometer dari pusat gempa dengan kecepatan yang tinggi. Kecepatan yang tinggi tsunami tersebut disebabkan oleh besarnya energi yang dimiliki gelombang ini sehingga dapat menerjang apa saja yang dilaluinya ketika melewati daratan pesisir. Gelombang tsunami yang menerpa daratan pesisir menyebabkan bencana di wilayah pesisir (BMKG, 2009).

Daerah yang mempunyai jarak yang semakin jauh dari sumber penyebab tsunami akan menyebabkan daerah tersebut mempunyai tingkat kerawanan yang semakin kecil. Daerah yang semakin jauh dari sumber penyebab, tsunami yang sampai menjalar ke daerah tersebut akan semakin lama. Peta digital yang dibuat oleh Hartoko dan Helmi (2005) pada Gambar 7 menjelaskan bahwa untuk wilayah pantai barat Padang dapat diketahui jarak dari pusat gempa di laut sampai wilayah pantai adalah 229,08 Km dengan potensi kekuatan gempa yang dapat diantisipasi berdasarkan bentuk permukaan dasar laut (batimetri).

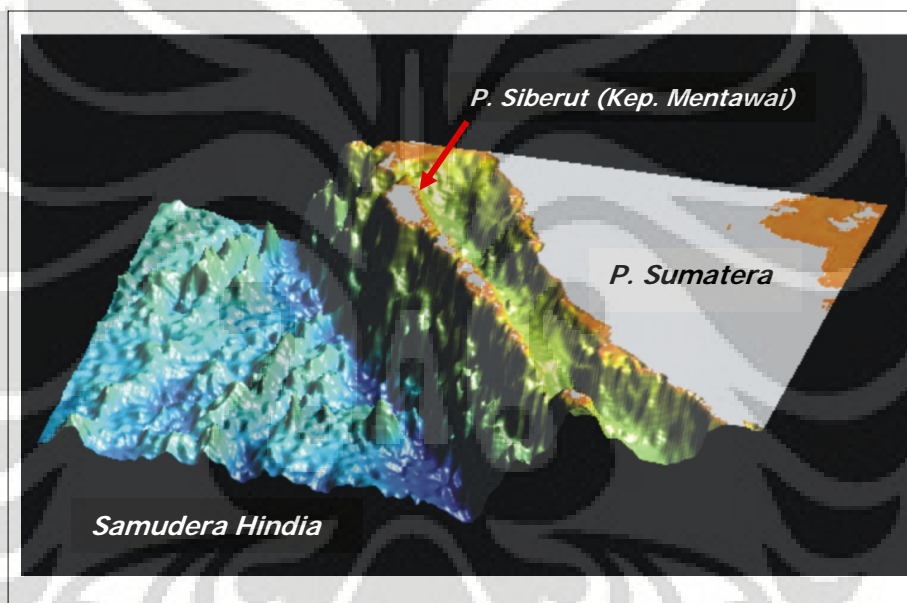


Gambar 7. Jarak perkiraan pusat gempa dan elevasi dasar laut barat Pulau Sumatera (Hartoko dan Helmi, 2005).

Ancaman tsunami dapat dikelompokkan menjadi dua macam yaitu jarak dekat (*local field tsunami* atau *near field tsunami*) dan jarak jauh (*far field tsunami*) (Diposaptono dan Budiman, 2005). Kejadian tsunami di Indonesia pada umumnya adalah tsunami lokal yang terjadi sekitar 10-20 menit setelah terjadinya gempa bumi yang dirasakan oleh masyarakat setempat. Sedangkan tsunami jarak jauh terjadi 1 sampai 8 jam setelah gempa dan masyarakat tidak merasakan getaran gempa buminya karena jauh dari pusat gempunya. Jenis tsunami di Indonesia yang umumnya berupa jenis *near field tsunami* menjadi salah satu sebab bahwa Indonesia tidak cocok untuk dibuat sistem peringatan dini sebagai salah satu upaya mitigasi.

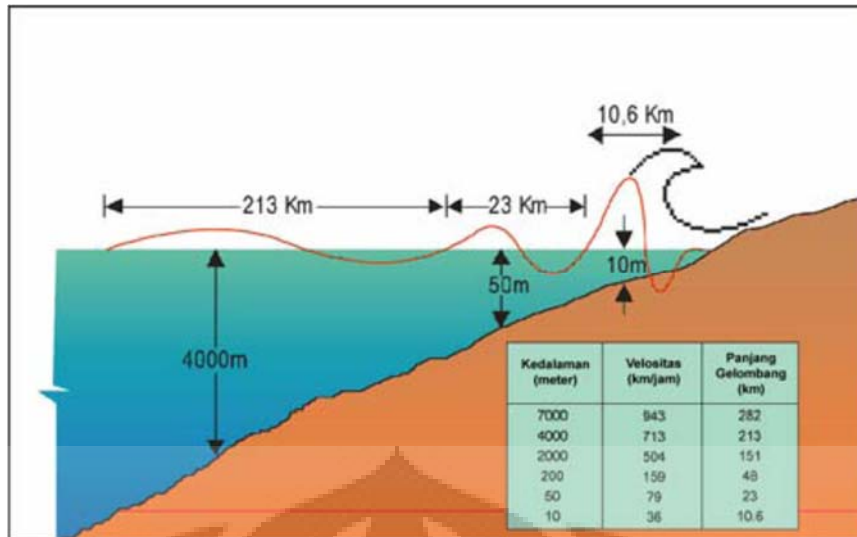
2.3.1.2. Morfologi dan elevasi lereng dasar laut

Sebagaimana diketahui bahwa kecepatan tsunami akan menurun signifikan setelah gelombang tersebut mendekati pantai, hal ini menunjukkan bahwa bentuk dasar laut daerah pantai dapat mempengaruhi perilaku gelombang tsunami yang sedang berjalan melewatinya begitu juga perbukitan yang ada di lepas pantai akan memfokuskan energi tsunami (National Tsunami Hazard Mitigation Program, 2001). UNDP (1995) menunjukkan bahwa bentuk pengaruh dari menurunnya pantai secara tajam akan mampu memperkecil energi gelombang tsunami yang menghempas menuju kearah pantai. Gambar 8 menunjukkan palung laut di pantai barat Sumatera yang dibuat oleh Hartoko dan Helmi (2005).



Gambar 8. Palung laut di pantai barat Sumatera (Hartoko dan Helmi, 2005)

Yusuf dalam Ikawati (2005) pernah mengingatkan soal ancaman sesar Mentawai yang terusannya mengarah ke perairan di selatan Jawa Barat. Diketahui bahwa di Samudra Hindia sebelah selatan Pulau Jawa terdapat palung Jawa yang sangat curam dengan ketinggian lereng 2500 kilometer. Bila terjadi gempa di patahan Mentawai yang masih tergolong aktif ini, ada kemungkinan hal itu mengganggu kestabilan lereng dan bila sampai roboh akan menimbulkan tsunami. Seperti diketahui bahwa pembangkitan tsunami sangat dipengaruhi oleh elevasi lereng bawah laut (Gambar 9).



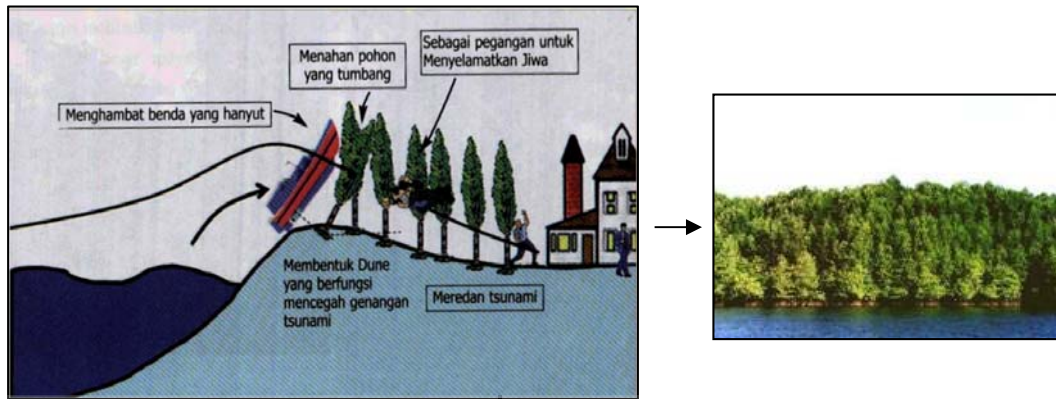
Gambar 9. Pembangkitan tsunami yang dipengaruhi oleh elevasi lereng bawah laut (UNESCO-IOC, 2007)

2.3.1.3. Pulau-pulau penghalang

Menurut Diposaptono dan Budiman (2005) bahwa pada kasus tsunami di Sumatera Utara yang disebabkan gempa Nias pada tanggal 29 Maret 2005 tidak menyebabkan kerusakan yang berarti di pesisir barat Sumatera Utara dan sekitarnya karena terhalang pulau Nias. Dari sini dapat dilihat peran pulau penghalang terhadap tingkat kerawanan bencana tsunami di suatu wilayah dilihat dari keberadaannya yang dapat melindungi pulau dibelakangnya dari hantaman gelombang tsunami secara langsung. Melihat perannya yang melindungi pulau di belakangnya, maka ukuran pulau penghalang juga perlu dipertimbangkan untuk menentukan tingkat risiko bencana tsunami.

2.3.1.4. Ekosistem pesisir

Di wilayah pesisir, ada beberapa ekosistem pesisir diantaranya adalah ekosistem mangrove, ekosistem lamun, dan ekosistem terumbu karang. Mangrove (hutan bakau) mempunyai sistem perakaran yang dapat meredam ombak, arus serta menahan sedimen. Peneliti tsunami asal jepang, Kenji Harada dan Imamura Fumihiko, pada tahun 2003 meneliti efektivitas hutan pantai untuk meredam tsunami hutan. Hasil penelitian tersebut memperlihatkan bahwa hutan pantai dengan ketebalan 200 meter, kerapatan 30 pohon per 100 meter persegi dan diameter 15 meter ternyata dapat meredam 50 persen gelombang tsunami (Diposaptono dan Budiman, 2005). Gambar 10 menunjukkan fungsi hutan pantai (hutan mangrove) sebagai peredam gelombang tsunami.



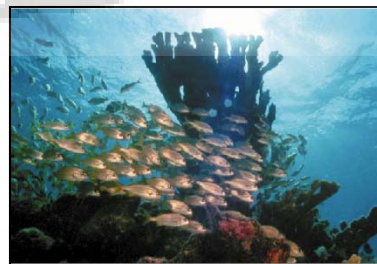
Gambar 10. Fungsi hutan pantai selain untuk meredam gelombang tsunami juga menahan benda-benda atau puing-puing yang akan dihanyutkan ke daratan (Diposaptono dan Budiman, 2005)

Lamun (*seagrass*) adalah tumbuhan berbunga (*angiospermae*) yang berbiji satu (*monokotil*) dan mempunyai akar rimpang, daun, bunga dan buah. Jadi sangat berbeda dengan rumput laut (*algae*). Hampir semua tipe substrat dapat ditumbuhi lamun, mulai dari substrat berlumpur sampai berbatu. Namun padang lamun lebih sering ditemukan di substrat lumpur berpasir yang tebal antara hutan rawa mangrove dan terumbu karang (Wood *et al.* 1969; Thomlinson 1974; Askab 1999 in Bengen, 2001).

Ekosistem terumbu karang adalah suatu ekosistem tropis yang mempunyai karakter yang unik dan keanekaragaman hayati yang tinggi serta kelimpahan biota yang sulit ditandingi oleh komunitas-komunitas lainnya. Walaupun hanya menempati bagian terkecil dari kawasan samudera dunia, ekosistem terumbu karang mampu menghasilkan biota laut yang kaya dan bervariasi selain itu nilai ekonomisnya yang tinggi berpotensi sebagai obyek wisata bahari dan sebagai perlindungan pantai dari gelombang tsunami. Keberadaan terumbu karang mampu meredam gelombang pasang yang menuju pantai (BRKP-DKP, 2004).



(a)



(b)

Gambar 11. Ekosistem pesisir; (a) Lamun (b) Terumbu karang (Bengen, 2001)

2.3.1.5. Kenaikan air (*run-up*) dan Inundasi tsunami

Menurut Diposaptono dan Budiman (2008), identifikasi daerah yang berpotensi mengalami bahaya tsunami dilakukan dengan beberapa cara yaitu identifikasi jalur pertemuan lempeng (*tectonic setting plate*) yang berpotensi menyebabkan gempa dan tsunami baik *near field* maupun *far field* tsunami, analisis aspek historis kejadian gempa yang berpotensi tsunami, analisis historis kejadian tsunami dan permodelan tsunami terutama permodelan *run up* dan inundasi tsunami.

Run up tsunami adalah elevasi air laut vertikal yang dapat dicapai oleh tsunami ke arah darat diukur dari muka air laut rata – rata (*Mean Sea Level*) atau dari garis pantai pada saat tsunami (DKP, 2007).

Data *run up* merupakan data yang penting sebagai variabel kerawanan dalam kajian risiko tsunami. Pembuatan peta bahaya tsunami dapat dibuat dengan tiga pendekatan (Diposaptono dan Budiman (2008), yaitu:

1. Menggunakan data historis genangan dan *run up* tsunami yang pernah terjadi. Metode ini digunakan jika ada data historis yang lengkap.
2. Menggunakan simulasi permodelan matematik untuk pembangkitan, penjalaran, *run up*, dan inundasi tsunami di wilayah pesisir. Pendekatan model ini akurasi didasarkan pada ketelitian data batimetri dan topografi yang digunakan. Pada penelitian ini akan digunakan metode dengan pendekatan hasil simulasi permodelan matematik seperti ini sehingga di dapatkan peta bahaya tsunami yang menjadi salah satu faktor penting dalam penentuan tingkat risiko bencana tsunami.
3. Menggunakan asumsi gelombang tsunami yang mencapai pantai mempunyai ketinggian yang sama diukur dari permukaan. Berdasarkan kontur wilayah maka distribusi luas dan tinggi genangan secara spasial dapat diperoleh dengan mudah. Akan tetapi asumsi ini banyak memiliki kekurangan dalam penentuan kajian risiko tsunami karena proses – proses generalisasi daerah kajian.

Hasil dari salah satu dari tiga pendekatan tersebut kemudian dapat di-overlay dengan variabel-variabel lainnya yang menentukan variasi spasial tingkat risiko bencana tsunami di daerah kajian.

2.3.2. Variabel kerentanan bencana (*vulnerability*) tsunami

Tingkat kerentanan adalah suatu hal penting untuk diketahui sebagai salah satu faktor yang berpengaruh terhadap risiko terjadinya bencana, karena bencana baru akan terjadi bila bahaya (*hazard*) terjadi pada kondisi yang rentan. Penilaian kerentanan pada suatu wilayah tergantung dari ragam atau jenis bahaya yang mungkin terjadi pada daerah tersebut. Jika suatu wilayah berpeluang terhadap multi bahaya, maka diperlukan penilaian kerentanan untuk setiap jenis bahaya tersebut. Tingkat kerentanan dapat ditinjau dari kerentanan fisik lingkungan, kerentanan infrastruktur wilayah, dan kerentanan sosial dan ekonomi (KNRT-RI, 2007).

2.3.2.1. Kerentanan fisik lingkungan

Keadaan fisik lingkungan sangat mempengaruhi kerentanan. Konsentrasi penduduk yang tidak merata, sebagian tinggal di daerah yang rawan terhadap tsunami seperti di pesisir, di ketinggian yang rendah, dan tidak terlindung dari topografi daratan, maka tingkat kerentanan fisik lingkungannya lebih tinggi jika dibandingkan dengan keadaan fisik lingkungan dimana sebagian penduduk tinggal di daerah yang memiliki ketinggian yang aman dari tsunami, jauh dari pantai, dan terlindung dari bukit. Bencana tsunami yang terjadi di Indonesia seringkali menimbulkan dampak korban yang sangat besar mengingat banyak daerah yang sangat rentan terhadap tsunami masih dihuni oleh penduduk karena keterbatasan tempat tinggal, atau karena daerah tersebut subur untuk kehidupannya Indikator kerentanan fisik lingkungan diantaranya adalah elevasi daratan, kemiringan daratan, morfologi garis pantai, keterlindungan daratan, dan jarak dari garis pantai (KNRT, 2007).

a. 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 semakin tinggi letak suatu kawasan maka semakin aman dari terpaan gelombang tsunami. (Aprianti, 2005) mengatakan bahwa dengan mengacu pada gelombang tsunami dengan ketinggian 20 m yang

pernah melanda Aceh, maka berdasarkan kriteria ketinggian, Aceh di bagi dalam tiga zona yaitu zona sangat berbahaya pada ketinggian dibawah ketinggian 7 m, ketinggian 7-12 m merupakan zona berbahaya, zona cukup aman berada pada ketinggian 12-25 m dan zona aman berada pada ketinggian diatas 25 m.

b. Kemiringan daratan (*slope*)

Terjal dan landainya morfologi pantai akan mempengaruhi jarak jangkauan tsunami yang menghempasnya. Pada pantai yang terjal, tsunami tidak akan terlalu jauh mencapai daratan karena sebagian tsunami tersebut akan tertahan dan dipantulkan kembali oleh tebing pantai, sedangkan pada pantai yang landai tsunami dapat menerjang sampai beberapa kilometer masuk ke daratan.

Gelombang tsunami di perairan dangkal mempunyai sifat seperti gelombang perairan dangkal. Sifat tersebut berpengaruh terhadap terjadinya refraksi gelombang tsunami. Sifat gelombang tsunami di perairan dangkal di atas juga dapat dijelaskan melalui rumus gelombang perairan dangkal $v = \sqrt{g \cdot h}$ dimana v adalah kecepatan gelombang, g adalah gravitasi bumi dan h adalah ketinggian gelombang. Rumus tersebut dapat menjelaskan penurunan kecepatan gelombang tsunami di perairan dangkal karena penurunan kedalaman laut.

Refraksi adalah transformasi (perubahan) gelombang akibat adanya perubahan geometri dasar laut yaitu perubahan kedalaman laut. Apabila ditinjau dari suatu garis puncak gelombang, berdasarkan rumus $v = \sqrt{g \cdot h}$ bagian dari puncak gelombang di air yang lebih dangkal akan menjalar dengan kecepatan yang lebih kecil daripada bagian yang di air dalam. Akibatnya garis puncak gelombang akan membelok dan berusaha untuk sejajar dengan garis kontur laut (Diposaptono dan Budiman, 2005).

c. Morfologi garis pantai

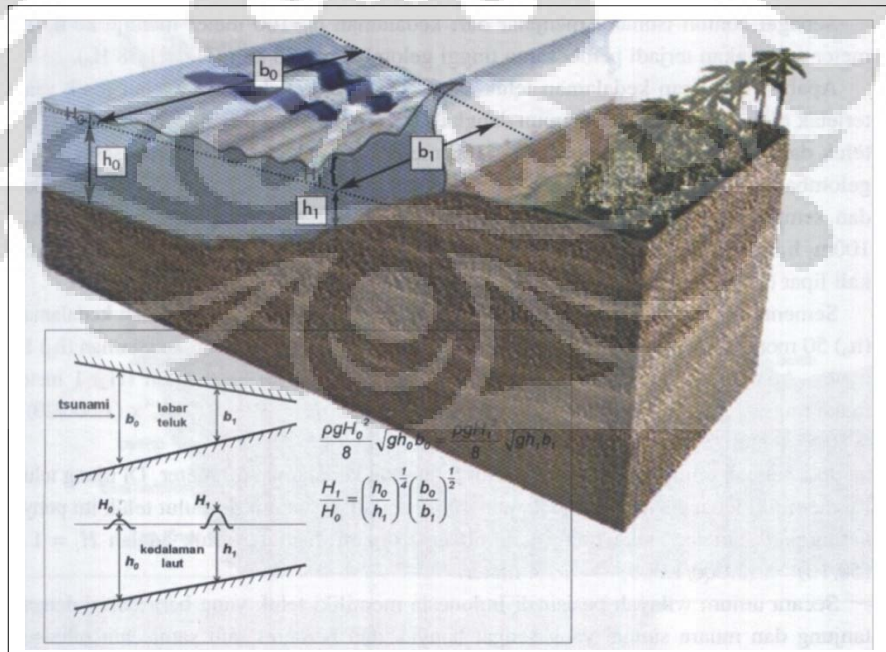
National Tsunami Hazard Mitigation Program (2001) menjelaskan bahwa teluk, inlet, sungai, perbukitan lepas pantai, pulau-pulau dan kanal-kanal pengendalian banjir dapat memberikan berbagai pengaruh yang dapat menyebabkan kerusakan yang lebih besar dari yang diperkirakan. Daerah-daerah selat dan teluk (pantai yang cekung menghadap laut) akan menyebabkan

gelombang mengalami refleksi yang memfokuskan energi gelombang tsunami yang sedang berjalan kearahnya sehingga energi gelombang tsunami tersebut terakumulasi pada cekungan tersebut dan mampu meningkatkan ketinggian gelombang tsunami yang sampai di pantai. Diposaptono dan Budiman (2005) menjelaskan bahwa tsunami yang mempunyai ketinggian yang kecil di banding panjang gelombangnya selama penjarannya dari sumbernya, akan mengalami peningkatan ketinggian ketika melewati pantai yang menyempit dan dangkal. Peningkatan ketinggian tersebut sesuai dengan rumus Green :

$$\frac{H_1}{H_0} = \left(\frac{h_0}{h_1}\right)^{1/4} \left(\frac{b_0}{b_1}\right)^{1/2} \dots\dots\dots (2)$$

- dimana;
- H_1 : Tinggi tsunami pada pantai yang lebih dangkal
 - H_0 : Tinggi tsunami pada pantai yang lebih dalam
 - h_0/h_1 : Perbandingan perubahan kedalaman air laut
 - b_0 : Lebar teluk di titik yang lebih dalam
 - b_1 : Lebar teluk yang lebih dangkal

Berbagai proses tersebut akhirnya akan meninggikan gelombang tsunami yang telah mencapai garis pantai di daerah teluk tersebut sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 12.



Gambar 15. Tinggi gelombang tsunami membesar ketika memasuki teluk (Diposaptono dan Budiman, 2005)

d. Jarak dari garis pantai

Pada kasus tsunami yang melanda Aceh terlihat bahwa semua infrastruktur yang dibangun dalam jarak 1 kilometer dari garis pantai telah hancur tersapu oleh tsunami sehingga rata dengan tanah bahkan disekitar daerah sebelah selatan Kota Meulaboh gelombang tsunami dapat menerobos ke daratan sejauh 8 kilometer dari garis pantai meskipun jarak pantai dari sumber gempa cukup jauh yaitu 149 kilometer (Diposaptono dan Budiman, 2005). Oleh karena itu pembangunan pemukiman harus melihat jarak dari garis pantai disesuaikan dengan jauh dekatnya penetrasi gelombang tsunami ke arah darat.

2.3.2.2. Kerentanan infrastruktur wilayah

Kerentanan infrastruktur menggambarkan suatu kondisi fisik yang rawan terhadap faktor bahaya tertentu. Wilayah pemukiman pesisir di Indonesia pada umumnya dapat dikatakan berada pada kondisi yang sangat rentan karena persentase kawasan terbangun dalam hal ini pemukiman dan jaringan jalan sangat tinggi sehingga apabila terjadi bencana tsunami maka kerugiannya sangat besar. Selain itu bentuk kerentanan fisik yang dimiliki masyarakat berupa daya tahan menghadapi bahaya tertentu. Sebagai contoh adalah kekuatan bangunan rumah, dan tanggul pengaman bagi masyarakat yang tinggal di daerah pesisir. Kondisi kerentanan ini dapat dilihat dari berbagai indikator seperti penggunaan lahan, jaringan jalan serta sungai dan kanal pengendalian banjir. (KNRT, 2007).

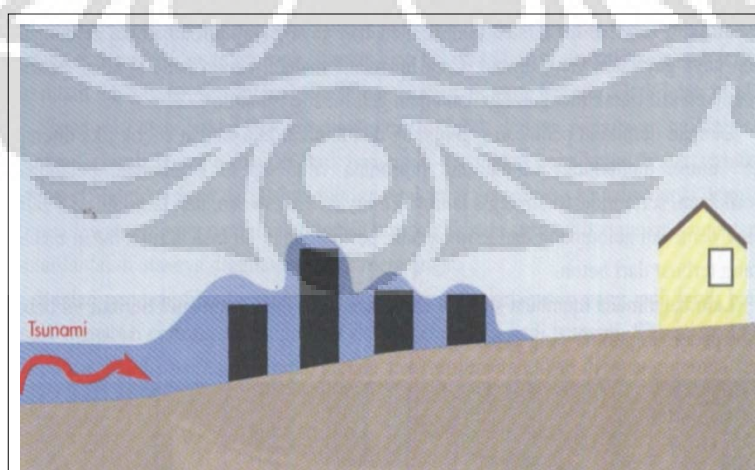
a. Penggunaan lahan (*land use*)

Penutupan lahan (*land cover*) dan penggunaan lahan (*land use*) adalah istilah yang seringkali diberi pengertian yang sama, padahal keduanya mempunyai pengertian yang berbeda, istilah penutupan lahan (*land cover*) berkaitan dengan jenis kenampakan di permukaan bumi, sedangkan penggunaan lahan (*land use*) berkaitan dengan kegiatan manusia pada bidang tertentu. Penyebab utama perubahan ini dapat dibagi ke dalam dua kategori yaitu perubahan karena aktivitas manusia, dan perubahan karena sifat lahannya sendiri yang berubah. Perubahan karena manusia sangat menonjol terutama karena faktor aksesibilitas, pesatnya laju pertumbuhan penduduk, dan jarak lokasi terhadap pusat kegiatan. Perubahan

karena sifat lahannya sendiri banyak disebabkan karena pengaruh alam seperti abrasi pantai, erosi, dan perubahan karena iklim dan bencana (Lillesand dan Kiefer, 1990 dalam Mukaryanti, 2005).

Mukaryanti (2005) menyebutkan bahwa kawasan pesisir yang termasuk dalam kerentanan tinggi terhadap bencana tsunami perlu dikembangkan konsep penggunaan lahan yang dapat melindungi daratan dari hantaman gelombang tsunami. Bangunan tersebut dapat berupa *soft protection* seperti pengembangan jalur hijau yang meliputi hutan mangrove dan perkebunan kelapa, maupun yang bersifat *hard protection*, seperti bangunan pemecah gelombang (*breakwater*). Penggunaan lahan yang berkaitan dengan aktivitas manusia untuk keberlangsungan hidup sudah semestinya tidak dibangun pada daerah rawan dan rentan bencana tsunami.

Pembangunan penahan-penahan atau *bunker* berupa pemecah air khusus atau tembok-tembok laut merupakan salah satu upaya untuk melindungi garis pantai. Kementerian Lingkungan Hidup pernah membuat desain kota yang dapat mempunyai daya tangkal terhadap gelombang tsunami. Diantaranya adalah dengan menggunakan beberapa teknik yang terdapat dalam teknik perencanaan wilayah dasar untuk mengurangi resiko tsunami yaitu membuat bangunan yang dapat memperlambat arus air dan menghambat terpaan air. Gambar 13 menunjukkan bangunan yang memperlambat tsunami.



Gambar 13. Bangunan yang memperlambat tsunami
(Diposaptono dan Budiman, 2005)

b. Jaringan jalan

Identifikasi jaringan jalan akan lebih bermanfaat ketika diwujudkan dalam bentuk peta jaringan jalan. Pembuatan peta jaringan jalan atau jaringan transportasi harus informatif dan tidak menyimpang dari kaidah kartografi. Editing dan proses kartografi memegang peranan penting dalam pembuatan peta tematik, agar peta lebih mudah dibaca. Proses identifikasi jaringan jalan untuk pembuatan peta tematik jaringan jalan dapat dilakukan dalam enam tahapan, yaitu (1) penentuan skala peta, (2) generalisasi, (3) eksagerasi, (4) topomini dan simbolisasi, (5) desain dan tata letak peta, dan (6) informasi tambahan sesuai dengan tema (Purwadhi Sri Hardiyanti, dan Tjaturahono Budi Sanjoto, 2008).

c. Sungai-sungai dan kanal pengendalian banjir

Sungai-sungai dan kanal-kanal pengendalian banjir dapat memberikan berbagai pengaruh terhadap rambatan gelombang tsunami. Telah diperkirakan bahwa tsunami yang merambat melalui kanal dapat menimbulkan kerusakan yang lebih hebat dari yang diperkirakan karena semakin mendorong tsunami untuk melintas lebih jauh ke daratan, sebagai contoh, bahwa sebuah tsunami yang memasuki California lewat kanal-kanal pengendalian banjir dapat memasuki daratan sejauh satu mil (= 1,609 km) atau lebih, terutama jika terjadi pada saat pasang (National Tsunami Hazard Mitigation Program, 2001).

2.3.2.3. Kerentanan sosial dan kependudukan

Kerentanan sosial dan kependudukan menggambarkan kondisi tingkat kerapuhan sosial dan kependudukan dalam menghadapi bahaya. Pada kondisi sosial dan kependudukan yang rentan maka jika terjadi bencana dapat dipastikan akan menimbulkan dampak kerugian yang besar. Beberapa indikator kerentanan sosial antara lain kepadatan penduduk, laju pertumbuhan penduduk, persentase penduduk usia tua-balita, penduduk wanita, persentase rumah tangga miskin, dan penggunaan lahan. Kelompok rentan bencana adalah anggota masyarakat yang membutuhkan bantuan karena keadaan yang disandangnya di antaranya masyarakat lanjut usia, penyandang cacat, anak-anak serta ibu hamil dan menyusui (KNRT-RI, 2007).

a. Kepadatan penduduk

Kota Padang yang merupakan ibu kota propinsi Sumatera Barat adalah pusat perekonomian, pendidikan, maupun pelabuhan bahkan juga pusat pariwisata. Kota Padang mempunyai potensi yang besar. Sebagian besar masyarakat di kota ini banyak bergantung pada potensi tersebut. Di sisi lain letak wilayah Kota Padang berada di pinggir pantai barat Sumatera Barat yang mempunyai potensi bahaya tsunami karena pusat gempa berada di dasar laut sekitar pantai tersebut. Hal yang perlu mendapat perhatian adalah jumlah penduduk yang tinggal di zona rawan apabila terjadi tsunami, yaitu mereka yang bermukim di tepi pantai, hingga 5 meter di atas permukaan laut. Semakin banyaknya penduduk yang tinggal di lokasi yang tingkat risikonya tinggi terhadap bencana tsunami, maka semakin meningkatkan pentingnya kesiapsiagaan dalam mengantisipasi bencana tersebut (LIPI, 2006).

b. Komposisi penduduk

Sebaran dan kepadatan penduduk dan pemukiman menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi risiko bencana tsunami yang akan terjadi. Pemukiman penduduk menggambarkan tingkat kepadatan penduduk dan sebaran tempat hunian yang akan mempengaruhi tingkat kerugian akibat tsunami baik dari segi kerugian jiwa maupun harta benda. Penempatan area pemukiman pada zona paling aman dari bahaya tsunami adalah prioritas utama sehingga diletakkan jauh dari laut (Irfani, 2005).

c. Tingkat kesejahteraan penduduk

Kerentanan kesejahteraan penduduk menggambarkan suatu kondisi tingkat kerapuhan ekonomi dalam menghadapi ancaman bahaya. Kemampuan ekonomi suatu individu atau masyarakat sangat menentukan tingkat kerentanan terhadap ancaman bahaya. Beberapa indikator kerentanan ekonomi diantaranya adalah persentase rumah tangga yang bekerja di sektor rentan (sektor yang rawan terhadap pemutusan hubungan kerja) dan persentase rumah tangga miskin (KNRT-RI, 2007).

2.3.3. Variabel kapasitas kesiapsiagaan bencana (*disaster preparedness*)

Kapasitas merupakan kekuatan dan sumber daya yang ada pada individu, rumah tangga dan komunitas yang dapat membantu mereka dalam menghadapi kejadian bencana, melakukan upaya mitigasi atau memulihkan kembali dari kondisi bencana. Kemampuan merupakan kebalikan dari kerentanan, semakin mampu masyarakat menghadapi bahaya maka semakin kecil kerentanannya (KNRT-RI, 2007).

Kesiapsiagaan bencana tsunami merupakan kegiatan dari upaya yang diambil dalam mengantisipasi bencana tsunami untuk memastikan tanggapan yang efektif terhadap bencana tersebut. Tujuannya, mencegah kematian sejauh yang dapat dihindarkan, mengurangi kerusakan harta benda, mengurangi penderitaan, serta memudahkan tanggapan dan pemulihan secara cepat. Perlu ditegaskan bahwa tidak semua tugas kesiapsiagaan ini memerlukan biaya atau keterampilan teknis yang luar biasa. Sebaliknya, tugas - tugas kesiapsiagaan ini sebenarnya biasa - biasa saja dan seharusnya dapat dilaksanakan lembaga – lembaga penanganan bencana, baik dari pemerintah maupun non-pemerintah. Setidaknya ada sembilan unsur kesiapsiagaan dalam menghadapi tsunami yang terdiri dari : (1) pengkajian risiko tsunami, (2) paparan terhadap tsunami, (3) rencana penanggulangan bencana, (4) pendidikan, pelatihan, dan gladi (*drill*), (5) mekanisme tanggap darurat, (6) tata laksana informasi, (7) keterkaitan antara rencana dan sistem di suatu kawasan, (8) sistem peringatan dini, dan (9) mobilisasi sumber daya (Diposaptono dan Budiman, 2008).

Ada tiga *stakeholders* utama dalam kajian rencana kesiapsiagaan menghadapi bencana yaitu masyarakat umum (rumah tangga/individu), komunitas sekolah, dan pemerintah. Ketiga *stakeholders* ini masing-masing memegang peranan penting dalam upaya meningkatkan kesiapsiagaan menghadapi bencana.

2.3.3.1. Kapasitas kesiapsiagaan rumah tangga (individu) terhadap bencana

Masyarakat sebagai pelaku awal penanggulangan bencana sekaligus korban bencana harus mampu dalam batasan tertentu menangani bencana sehingga diharapkan bencana tidak berkembang ke skala yang lebih besar. Dalam lingkungan masyarakat yang sering terjadi suatu bencana perlu dibuat suatu

organisasi dalam penanganan ancaman bahaya tersebut. Konsep pembuatan Kelompok Masyarakat Penanggulangan Bencana, dimana masyarakat melakukan segala usaha untuk mengurangi risiko dan dampak bencana, dapat digunakan sebagai salah satu acuan untuk organisasi dalam kaitannya dengan peningkatan kapasitas masyarakat dalam penanggulangan bencana (KNRT-RI, 2007).

2.3.3.2. Kapasitas kesiapsiagaan komunitas sekolah terhadap bencana

Masyarakat yang akan terkena dampak langsung jika terjadi bencana berperan mengupayakan adanya kesiapsiagaan dengan difasilitasi pemerintah. Sementara itu, komunitas sekolah yang terdiri dari sekolah sebagai institusi, guru dan siswa mempunyai peran yang cukup strategis. Komunitas sekolah berperan menyiapkan rencana penyelamatan sekaligus juga menyebarluaskan peringatan bencana. Dalam jangka panjang komunitas sekolah berperan untuk meningkatkan pengetahuan masyarakat tentang bencana melalui pelajaran yang diberikan di sekolah (LIPI, 2006).

2.4.3.3. Kapasitas kesiapsiagaan pemerintah terhadap bencana

Pemerintah berperan memfasilitasi segala upaya untuk meningkatkan kesiapsiagaan menghadapi bencana, seperti dukungan kebijakan, sarana-prasarana untuk perencanaan penyelamatan, peringatan bencana dan mobilisasi sumber daya (LIPI, 2006).

Pemerintah pusat dan daerah juga mempunyai kontribusi terhadap peningkatan kapasitas masyarakat. Pemerintah pusat dan daerah diharapkan mempunyai kebijakan yang mendukung upaya penanggulangan bencana. Setelah UU No. 24 Tahun 2007 diundangkan, perlu kebijakan yang lebih implementatif yang mendukung UU tersebut. Penyiapan peraturan, pedoman, dan rencana kontigensi yang mendukung upaya penanggulangan bencana beserta sosialisasinya perlu segera dilaksanakan. Pelatihan untuk merekonstruksi terjadi suatu bahaya melalui gladi, dan pembuatan posko merupakan bentuk kesiapsiagaan yang harus dilakukan pemerintah pusat maupun daerah. Wilayah Indonesia mempunyai karakteristik budaya dan potensi ancaman bahaya yang banyak, sehingga kesiapsiagaan sangat perlu dilakukan (KNRT-RI, 2007).

2.4. Integrasi Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis

Didalam melakukan perencanaan pada level tertentu, seseorang perencana sering kali dihadapkan pada berbagai ragam format data yang berbeda seperti dalam hal skala, resolusi spasial dan spektral saat data tersebut direkam atau dibuat, sistem *georeference*, batas wilayah terwakili, dan sebagainya. Selain perbedaan-perbedaan tersebut informasi yang berbasis inderaja serta yang dikelola dan dihasilkan oleh SIG sangat berbeda dalam hal kompatibilitas format datanya.

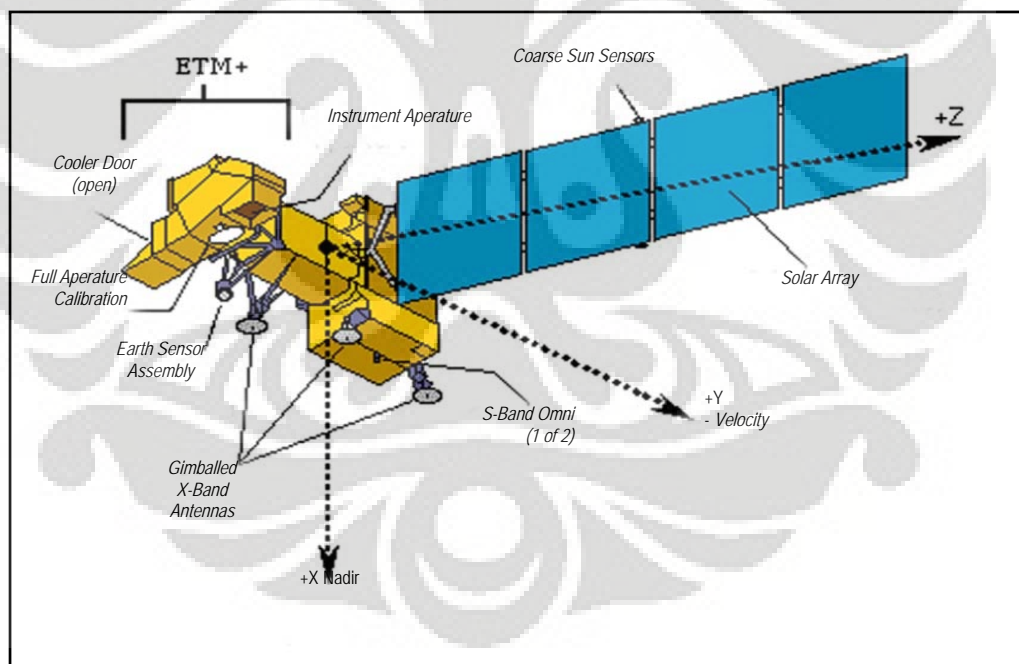
Data digital yang diterima langsung dari sensor atau pengindera satelit maupun yang diperoleh dari terapan klasifikasi citra secara digital adalah dalam format *raster*. Sementara itu data masukan SIG pada umumnya adalah dalam bentuk *vektor*. Teknologi SIG memiliki fasilitas sistem integrasi yang berperan dalam menangani kumpulan informasi yang berbeda-beda sehingga perbedaan tersebut dapat dibuat kompatibel, sehingga dalam menganalisis daerah rawan, rentan, maupun risiko bencana tsunami dapat dilakukan dengan menggunakan aplikasi teknologi penginderaan jauh dan SIG (Diposaptono dan Budiman, 2008).

Aplikasi teknologi penginderaan jauh dan SIG juga banyak digunakan sebagai dasar analisis untuk menentukan kebijakan pemerintah terkait dengan tata guna lahan di kawasan pantai yang rawan bencana. Pada tempat-tempat yang berada di kawasan risiko bencana tsunami perlu dilakukan penataan ulang kembali mengenai penggunaan lahan di tempat tersebut sebagai salah satu upaya mitigasi bencana tsunami. Pembuatan peta bencana tsunami dapat mendukung upaya mitigasi tersebut. Peta yang dibuat tersebut dapat menjadi dasar dalam menentukan arah dan rekomendasi pengembangan wilayah pesisir yang rawan bencana tsunami sehingga kerusakan dan korban jiwa yang ditimbulkan oleh bencana tersebut bisa diminimalkan (Diposaptono dan Budiman, 2005).

Pada penelitian ini data penginderaan jauh yang digunakan adalah Citra Landsat 7 ETM + (*Enhanced Thematic Mapper*). Satelit Landsat 7 ETM + diluncurkan pada tanggal 15 April 1999. Satelit yang memiliki cakupan sebesar ± 185 km ini akan melewati lintasan (daerah) yang sama setiap 16 hari, berada pada ketinggian 705 km dengan periode edar 99 menit dan orbit polar *sun-synchronous* yang mempunyai sudut inklinasi 30° . Satelit ini mengalami kerusakan pada *Scan Line Corrector* (SLC) pada bulan Mei 2003. Stasiun Bumi

Internasional (IGS = *International Ground Station*) menghentikan perekaman data Landsat dan USGS (*United States Geological Survey*) berusaha memperbaiki kerusakan dengan operasi SLC cadangan, namun tidak berhasil. Pada bulan November 2003 dilakukan transmisi dengan Model *SLC-Off* sehingga gambar yang diterima tidak sempurna. Akan tetapi, data citra Landsat 7 ETM + hingga kini masih dapat digunakan dengan melakukan ekstrapolasi data dengan Model *SLC-Off* dengan data yang sama pada saat sebelum ada kerusakan SLC (Purwadhi, dan Sanjoto, 2008).

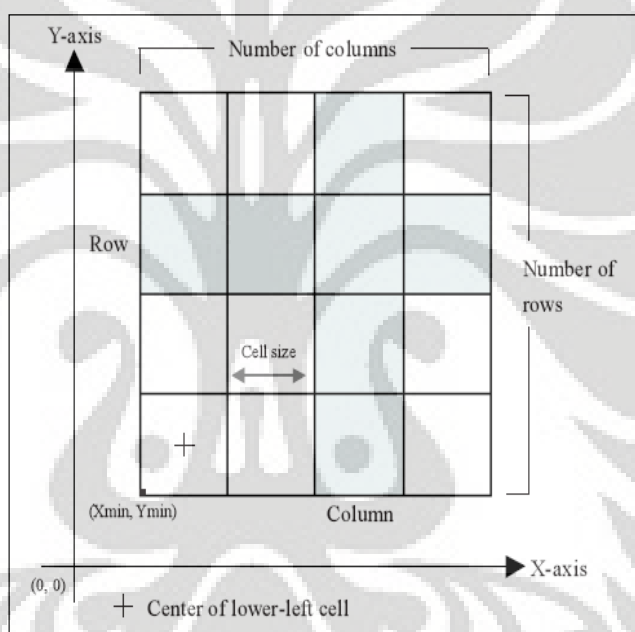
Landsat 7 ETM + memiliki resolusi spasial 30 m (kanal 1-7) kecuali kanal 6 yang memiliki resolusi spasial 60 m, dan merupakan generasi ke tujuh yang mengalami penambahan kemampuan seperti penambahan kanal pankromatik dengan resolusi spasial 15 m (kanal 8) (NASA, 2005). Konfigurasi satelit Landsat 7 ETM+ dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 14. Konfigurasi Satelit Landsat 7 ETM + (NASA, 2005)

2.5. Struktur data raster dan *Cell Based Modeling*

Sebuah data raster terdiri atas sekumpulan sel. Masing-masing sel atau piksel berupa persegi yang berukuran sama yang merepresentasikan tempat spesifik pada suatu area. Data raster tersusun dari sel yang membentuk baris dan kolom yang analog dengan matriks kartesius (baris sel mewakili bidang x dan kolom sel mewakili bidang y). Masing-masing sel memiliki koordinat serta sebuah nilai sebagai identitas untuk menggambarkan sebuah kelas, kategori atau grup. Dalam analisis spasial, ukuran sel ditentukan oleh objek apa yang akan dianalisis dengan SIG. Struktur data raster dapat dilihat pada Gambar 15.



Gambar 15. Struktur Data Raster (ESRI, 2002)

Salah satu analisis spasial dalam SIG yang dapat digunakan untuk memodelkan keadaan di alam adalah *Cell Based Modelling* (ESRI, 2002). Secara umum suatu model merepresentasikan kekompleksitasan dan interaksi di alam dengan suatu penyederhanaan. Permodelan tersebut akan menolong kita untuk mengerti, menggambarkan dan memprediksi banyak hal di alam. Ada dua model yang dikenal dalam analisis spasial, yaitu model yang merepresentasikan objek/kenampakan di alam (*Representation Models*) dan model yang mensimulasikan proses di alam (*Process Models*).

Representation Models akan menggambarkan kenampakan di bumi seperti bangunan, taman atau hutan. Cara untuk menampilkan objek tersebut di dalam SIG melalui *layer-layer*, di mana untuk analisis spasial, *layer* tersebut dapat berupa raster. *Layer* raster akan menampilkan objek-objek kenampakan di bumi dengan bidang bujursangkar yang saling bertautan atau disebut *grid*, dan setiap lokasi di raster *layer* akan berupa *grid cell* yang memiliki nilai tertentu.

Process Models menggambarkan interaksi dari objek di bumi yang terdapat di dalam *Representation Models*. *Process Modeling* dapat digunakan untuk menggambarkan suatu proses, tetapi lebih sering digunakan untuk memprediksi apa yang terjadi pada suatu lokasi tertentu. Salah satu dasar dari analisis spasial dalam model ini adalah operasi penambahan dua data raster bersamaan, di mana konsep ini kemudian dapat diterapkan untuk berbagai macam operasi aljabar pada lebih dari dua data raster.

Beberapa tipe dari *Process Models* antara lain :

1. *Suitability modelling*, hampir semua analisis spasial bertujuan untuk menentukan lokasi yang paling optimum, seperti menemukan lokasi yang paling sesuai untuk mendirikan sekolah baru atau tempat wisata.
2. *Distance modelling*, analisis ini bertujuan untuk menentukan jarak yang paling efisien dari suatu lokasi ke lokasi lain.
3. *Hidrologic modelling*, salah satu aplikasi analisis ini adalah untuk menentukan arah aliran air di suatu lokasi.
4. *Surface modelling*, salah satu aplikasi analisis ini adalah untuk mengkaji tingkat penyebaran polusi di suatu lokasi.

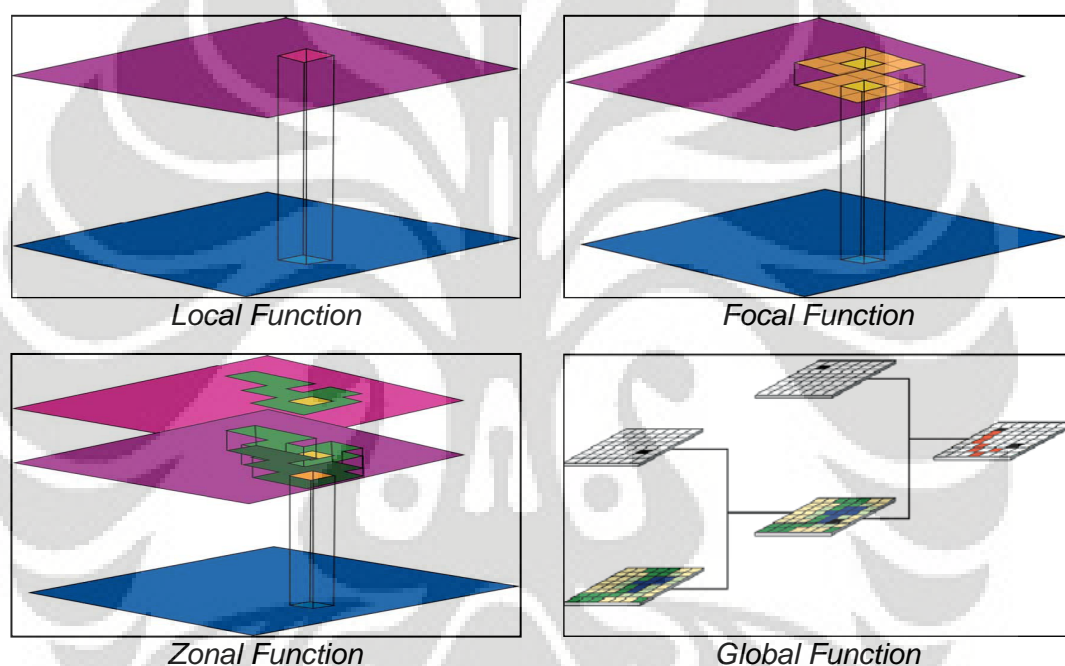
Keseluruhan model tersebut akan lebih efisien bila dilakukan pada data raster, selanjutnya analisis spasial pada data raster disebut *Cell Based Modelling* karena metode ini bekerja berdasarkan sel atau piksel (ESRI, 2002).

Operasi piksel pada *Cell Based Modelling* dibagi menjadi lima kelompok:

1. *Local Function* adalah operasi piksel yang hanya melibatkan satu sel. Nilai piksel output ditentukan oleh satu piksel input.
2. *Focal Function* adalah operasi piksel yang hanya melibatkan beberapa sel terdekat.

3. *Zonal Function* adalah operasi piksel yang melibatkan suatu kelompok sel yang memiliki nilai atau keterangan yang sama.
4. *Global Function* yang melibatkan keseluruhan sel dalam data raster dan gabungan antara keempat kelompok tersebut.
5. *Application Function* adalah gabungan dari keempat operasi di atas yang meliputi *Local Function*, *Focal Function*, *Zonal Function* dan *Global Function*.

Ilustrasi dari keempat operasi *Cell Based Modelling* dapat dilihat pada Gambar 16 dibawah ini.

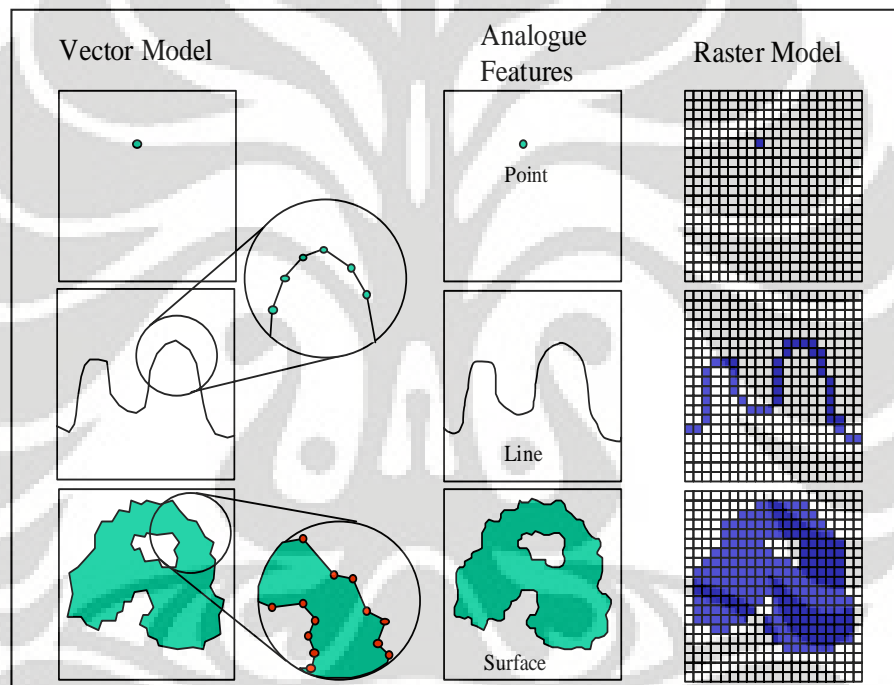


Sumber: ESRI (2002)

Gambar 16. Ilustrasi operasi piksel

Sumber data raster yang digunakan dalam pendekatan *cell based modeling* dapat diturunkan dari citra satelit. Dengan pendekatan *cell based modeling*, pembuatan jarak dan pengkelasan variabel lebih mudah dilakukan secara cepat dan teratur pada setiap sel. Keunggulan lain metode ini dibandingkan analisis lainnya adalah struktur data raster yang lebih sederhana sehingga lebih mudah dalam pemodelan dan analisis serta kompatibel dengan data citra satelit serta memiliki variabilitas spasial yang tinggi dalam merepresentasikan suatu kondisi di lapangan.

Metode *Cell Based Modelling* juga memiliki beberapa kelemahan, di antaranya membutuhkan *space* komputer yang cukup besar dalam pengolahannya dan secara spasial memiliki tampilan yang kurang estetik karena berupa data raster yang berbentuk sel. Saat ini pengolahan dan analisa data spasial SIG masih banyak dititikberatkan pada data vektor, padahal data vektor memiliki kelemahan yaitu keterbatasan dalam representasi variabilitas spasial yang tinggi dan tidak dapat melakukan manipulasi dan penajaman pada citra digital sebagai input SIG (Meaden, 1996). Perbandingan visualisasi antara data raster dan vektor dapat dilihat pada Gambar 17.



Sumber: Modifikasi dari Meaden (1996)

Gambar 17. Perbandingan antara data raster dan data vektor

Tsunami merupakan bencana alam yang sangat sulit untuk diprediksi kapan akan terjadi, disamping itu efek bahaya yang ditimbulkan juga sangat dahsyat sehingga dibutuhkan suatu manajemen bencana yang terencana. Metode *Cell Based Modelling* dapat digunakan sebagai *counter measure* (alat pengukur) yang efektif untuk penentuan tingkat risiko bencana tsunami dan variasi spasialnya disuatu wilayah kajian.

BAB 3

METODOLOGI

3.1. Waktu dan lokasi penelitian

Penelitian ini dilaksanakan selama bulan Nopember tahun 2008 hingga bulan Juni 2009. Survei lapangan dilakukan pada tanggal 2 – 20 Maret 2009, yang terkonsentrasi di 11 Kecamatan di Kota Padang.

3.2. Metode penelitian

Metode penelitian dalam kajian ini mencakup; (1) Pengumpulan data, (2) Pengolahan data, dan (3) Analisis data.

3.2.1. Pengumpulan data

Peralatan yang akan digunakan dalam pelaksanaan penelitian ini mencakup *software-software* yang digunakan untuk mengolah data citra dan peta-peta digital yaitu: ER MAPPER 7.0, Global Mapper 9, Surfer 8.0, Map Source 6.3, Arc GIS 9.2, Arc View 3.2, TURMINA (*Earthquake Analysis and Tsunami Run Up Modelling*), Win ITBD (*Integrated Tsunami Data Base*) 2005. Sedangkan alat - alat yang akan digunakan pada saat survey lapangan adalah peralatan tulis, laptop, GPS, digital camera, dan video recorder (*handycam*).

Pada penelitian ini sumber data yang akan digunakan antara lain:

1. Citra Landsat 7/ETM+ Kota Padang akusisi tanggal 9 Maret 2000 dan 18 Januari 2005 *path/row* 127/61 dari BTIC Biotrop
2. Peta batimetri Kota Padang 1: 200.000 tahun 2001 dari DISHIDROS TNI AL
3. Peta tematik rupabumi Kota Padang 1:25.000 tahun 2006 dari BAKOSURTANAL dan BAPPEDA Kota Padang
4. Peta topografi dan digital Kota Padang tahun 2006 dari BAPPEDA Kota Padang dan Dinas Pemukiman dan Prasarana Jalan Provinsi Sumatera Barat
5. Data historis seismik gempa Kota Padang tahun 1904-2007 dari BMKG
6. Data permodelan *run up* dan inundasi tsunami Kota Padang tahun 2007 dari LIPI dan BPPT

7. Data kependudukan tahun 2007 dari BPS Kota Padang
8. Data potensi desa Kota Padang tahun 2007 dari BPS Kota Padang dan dari BAPPEDA Kota Padang
9. Data profil wilayah dan administrasi Kota Padang tahun 2007 dari BAPPEDA Kota Padang
10. Data spasial (jaringan jalan sungai dan kanal-kanal pengendali banjir, infrastruktur, penggunaan lahan, dan sosial kependudukan) Kota Padang tahun 2007 dari BAPPEDA Kota Padang dan Dinas Pemukiman dan Prasarana Jalan Provinsi Sumatera Barat
11. Data spasial profil ekosistem pesisir dan pulau-pulau kecil Kota Padang tahun 2007 dari DKP
12. Data Indeks Kesiapsiagaan Bencana Kota Padang tahun 2008 dari KOGAMI dan Badan Penanggulangan Bencana Kota Padang
13. Data *image spatial* IKONOS dari BAPPEDA Kota Padang

3.2.2. Pengolahan data

Hasil kegiatan pengumpulan informasi dari berbagai sumber diolah dan disajikan dalam bentuk tabel, grafik, dan peta, sesuai tujuan masing-masing. Hasil penyajian data dan informasi tersebut kemudian di analisis sesuai tujuan penelitian untuk menjelaskan identifikasi tingkat risiko bencana tsunami dan variasi spasialnya di Kota Padang. Metode penelitian untuk analisis data dan informasi dilakukan tegan tahapan sebagai berikut :

3.2.2.1. Pengolahan citra awal (*Pre processing*)

Citra yang digunakan dalam penelitian ini adalah citra Landsat 7 ETM + *path/row* 127/61 yang direkam pada tanggal 18 Januari 2005. Pengolahan citra awal yaitu pengolahan gambar hasil perekaman satelit sehingga gambar tersebut dapat memberikan informasi kenampakan bumi yang jelas. Proses ini meliputi *cropping/subset*, koreksi radiometrik dan geometrik, pemulihan citra, penajaman, dan klasifikasi citra.

a. Cropping/subset (pemotongan citra)

Cropping/subset merupakan pemotongan citra melalui *software* yang digunakan dengan tujuan untuk membatasi area penelitian sehingga penelitian dapat difokuskan pada daerah yang diperlukan.

b. Koreksi radiometrik dan geometrik

Koreksi radiometrik merupakan koreksi citra dari distorsi yang disebabkan oleh proses-proses yang terjadi di atmosfer seperti hamburan (*scattering*) dan absorpsi oleh atmosfer. Koreksi radiometrik ini dilakukan dengan teknik *histogram adjustment*. Teknik ini didasarkan pada pengurangan nilai *digital number* sebesar bias dari masing-masing *band*. Nilai bias adalah nilai digital number minimum pada setiap *band*, nilai bias diasumsikan sama dengan besarnya pengaruh atmosfer terhadap gelombang cahaya. Secara matematis, koreksi pengaruh atmosfer dengan pengaturan histogram dirumuskan sebagai berikut:

$$DN_{i,j,k}(\text{output terkoreksi}) = DN_{i,j,k}(\text{Input asli}) - \text{bias} \dots\dots\dots(2)$$

dimana:

DM = Nilai *digital number*
 i = Baris
 j = Kolom
 k = Input nilai
 Bias = Nilai digital terendah

Perekaman obyek dalam penginderaan jauh, tidak jarang terjadi kesalahan selama proses perekaman atau disebut distorsi yang bisa disebabkan oleh alat, sudut pandang sensor dan rotasi bumi sehingga perlu dilakukan koreksi yang disebut koreksi geometri. Koreksi geometrik dilakukan untuk mengurangi distorsi yang disebabkan oleh beberapa hal diatas. Koreksi geometrik ini juga dilakukan untuk menentukan skala dan proyeksi peta tertentu dimana proses tersebut disebut dengan rektifikasi. Koreksi geometrik ini dapat dilakukan melalui dua cara yaitu dengan menggunakan peta wilayah setempat sebagai acuan untuk menetapkan koordinat, atau dengan menggunakan citra sebelumnya dari

wilayah setempat tersebut yang telah dikoreksi. Pada penelitian ini acuan untuk koreksi geometrik adalah Citra Landsat dengan *path/row* yang sama, dan direkam pada tanggal 9 Maret 2000.

c. Pemulihan citra, penajaman, dan klasifikasi citra

Pemulihan citra (*image restoration*) dilakukan untuk memulihkan data citra yang mengalami distorsi yang disebabkan oleh proses-proses yang terjadi di atmosfer yang mempengaruhi/mengganggu perekaman data dan distorsi geometrik yang menyebabkan distorsi posisi sehingga citra awal yang akan digunakan untuk interpretasi dalam penelitian ini harus dilakukan koreksi terhadap distorsi-distorsi tersebut agar citra yang ditampilkan lebih tepat. Distorsi yang terjadi pada citra dipulihkan dengan melakukan koreksi radiometrik dan koreksi geometrik.

Citra yang kekontrasannya rendah akan lebih sulit diinterpretasi dibandingkan dengan citra yang mempunyai kekontrasan yang tinggi. Untuk itu perlu dilakukan penajaman terhadap citra untuk dapat meningkatkan informasi dalam citra sehingga dapat membedakan antar obyek di dalam citra yang menjadi variabel kesesuaian lahan. Penajaman citra dilakukan dengan menggunakan FCC (*false color composite*) dan dengan algoritma-algoritma yang sesuai dengan obyek yang ingin diperjelas ketajamannya.

FCC merupakan penajaman awal pada citra yang pada prinsipnya adalah citra komposit yang disusun tumpang tindih (*super impose*) dari tiga filter warna, yaitu: merah, hijau, biru yang disebut komposit warna semu (*false*). Komposit warna yang digunakan pada citra satelit adalah band 5, band 4, band 7.

Klasifikasi citra merupakan suatu proses pengelompokan nilai reflektansi dari setiap objek ke dalam kelas-kelas tertentu sehingga mudah dikenali. Klasifikasi citra dapat digunakan untuk penentuan kelas penggunaan lahan, identifikasi pulau-pulau kecil, hutan mangrove dan terumbu karang.

3.2.2.2. Ekstraksi data spasial dari citra dan peta yang digunakan

Ekstraksi data tersebut berupa pemetaan karakteristik daerah pesisir Kota Padang. Karakteristik yang dipetakan tersebut merupakan faktor-faktor atau variabel yang mempengaruhi tingkat kerawanan bencana tsunami di Kota Padang. Variabel-variabel tersebut terdiri dari variabel kerawanan (jarak dari penyebab tsunami, morfologi dan lereng dasar laut, pulau-pulau penghalang, ekosistem pesisir, dan permodelan *run up* dan inundasi tsunami), variabel kerentanan fisik lingkungan (elevasi daratan, kemiringan (*slope*) daratan, morfologi garis pantai, dan jarak dari garis pantai), variabel kerentanan infrastruktur wilayah (penggunaan lahan, jarak dari jaringan jalan, dan jarak dari sungai dan kanal pengendali banjir), kerentanan sosial kependudukan (kepadatan penduduk, komposisi penduduk, dan tingkat kesejahteraan penduduk), dan variabel kesiapsiagaan bencana (Indeks Kesiapsiagaan Bencana). Seluruh variabel dari beberapa aspek tersebut tidak semuanya digunakan dalam analisis spasial untuk menentukan tingkat risiko bencana tsunami di Kota Padang. Variabel yang digunakan tersebut disesuaikan dengan kondisi daerah kajian setelah survei lapangan dan analisis awal.

Ekstraksi dilakukan diawali dengan mengklasifikasi semua keberadaan faktor-faktor atau variabel-variabel yang mempengaruhi tsunami sebagai informasi yang akan di-*overlay*. Informasi tersebut didigitasi dengan menggunakan metode *digitasi on screen* melalui perangkat lunak yang digunakan. Kemudian hasil digitasi dimasukkan ke dalam basis data untuk dilakukan analisis spasial. Ekstraksi data tersebut berupa pemetaan karakteristik daerah pesisir Kota Padang yang meliputi:

1. Pemetaan seismisitas untuk identifikasi jarak dari sumber gempa
2. Pemetaan morfologi dan elevasi dasar laut
3. Pemetaan wilayah berdasarkan keberadaan pulau penghalang
4. Pemetaan ekosistem pesisir seperti hutan mangrove, lamun, dan terumbu karang.
5. Pemetaan permodelan hasil kenaikan air (*run up*) dan inundasi tsunami berdasarkan skenario yang ditentukan
6. Pemetaan elevasi (ketinggian) daratan

7. Pemetaan kemiringan (*slope*) daratan
8. Pemetaan morfologi garis pantai (teluk, tanjung, atau datar)
9. Pemetaan klasifikasi jarak dari pantai
10. Pemetaan penggunaan lahan
11. Pemetaan jaringan jalan
12. Pemetaan sungai dan kanal–kanal pengendali banjir
13. Pemetaan kepadatan penduduk berdasarkan data kependudukan
14. Pemetaan kesiapsiagaan bencana (rumah tangga (individu), komunitas sekolah, dan pemerintah setempat)
15. Pemetaan risiko bencana tsunami

3.2.2.3. Survei lapangan

Survei lapangan bertujuan untuk memperoleh data penggunaan lahan di wilayah yang diteliti untuk kemudian dilakukan analisis mengenai letak/posisi penggunaan lahan tersebut terkait dengan wilayah rawan, rentan, dan risiko bencana. Survei ini juga bertujuan untuk memastikan keberadaan variabel-variabel yang mempengaruhi tingkat risiko bencana tsunami di Kota Padang.

Pengamatan yang dilakukan pada saat survei lapangan adalah melihat dan melakukan pengamatan terhadap kondisi pemukiman pesisir, kondisi sarana dan prasarana penting, ekosistem pesisir, mencari informasi mengenai konsep mitigasi bencana baik yang sudah diterapkan dan yang akan diterapkan baik dalam jangka waktu pendek maupun dalam jangka waktu yang panjang, serta memahami kondisi kesiapsiagaan dari masyarakat yang berada pada daerah risiko bencana tsunami, komunitas sekolah dan perguruan tinggi, serta kapasitas penanggulangan dari pemerintah daerah.

Konsultasi dengan pakar kebencanaan (khususnya tsunami dan kegempaan) bertujuan untuk menampung opini mengenai metode dan variabel data yang akan digunakan. Konsultasi ini sangat penting dilakukan karena hingga saat ini belum banyak produk hukum yang mengatur mengenai identifikasi tingkat risiko bencana tsunami dan variasi spasial-nya.

3.2.3. Analisis data

3.2.3.1. Variabel kerawanan bencana tsunami

Variabel kerawanan bencana tsunami pada penelitian ini terdiri dari jarak dari sumber penyebab tsunami, morfologi dan elevasi bawah laut, pulau-pulau penghalang, ekosistem pesisir, serta *run up* dan inundasi tsunami. Dari variabel-variabel tersebut yang digunakan dalam penilaian tingkat risiko bencana tsunami dengan menggunakan *Cell Based Modelling* hanya hasil permodelan *run up* dan inundasi tsunami sehingga dapat dihasilkan peta kerawanan bencana tsunami di Kota Padang. Penjelasan dari masing-masing variabel adalah sebagai berikut :

1. Jarak dari sumber penyebab tsunami

Data yang mendukung variabel ini adalah data dan peta sesimisitas yang menggambarkan *tectonic setting plate* dan sebaran titik-titik gempa di suatu wilayah. Peta seismisitas merupakan peta pendukung penting untuk melihat sebaran titik – titik gempa dan tsunami yang pernah terjadi di daerah kajian. Pada penelitian ini, data yang digunakan untuk membuat peta seismisitas adalah data kegempaan dari BMKG selama 200 tahun terakhir serta data gempa yang berpotensi mengakibatkan tsunami dari *software* Win ITDB tahun 2005. Berdasarkan kumpulan data tersebut, kemudian dipetakan titik-titik gempa dan *plate tectonic setting* sehingga dapat diketahui dan dianalisis sebaran pusat-pusat gempa bumi dan tsunami yang pernah terjadi di Kota Padang.

2. Morfologi dan lereng dasar laut

Morfologi dan lereng dasar laut merupakan variabel yang penting dikaji karena mempengaruhi refraksi gelombang, tinggi kenaikan muka air (*run up*) dan inundasi (genangan) tsunami. Data morfologi dan lereng dasar laut diolah dengan menggunakan data batimetri. Kecepatan dan energi gelombang akan menurun sejalan dengan berkurangnya kedalaman, akan tetapi tinggi gelombang semakin meningkat. Data batimetri dianalisis dengan menggunakan *software* ER Mapper 7.0, sehingga dapat ditampilkan kenampakan 3 dimensi dari morfologi dan lereng bawah laut. Variabel ini digunakan dalam analisis *Cell Based Modelling* apabila terdapat heterogenitas atau variasi spasial variabel ini di daerah kajian.

3. Pulau penghalang

Identifikasi dan pemetaan pulau-pulau penghalang didapat dari hasil ekstraksi citra satelit dan data profil kelautan dan perikanan baik dari BAPPEDA Kota Padang dan DKP. Secara visual dari citra satelit Landsat yang digunakan, komposit citra RGB 321 akan dapat ditunjukkan keberadaan pulau-pulau penghalang. Keberadaan pulau penghalang terbukti sangat efektif dalam meredam energi gelombang tsunami. Jarak, bentuk, dan ukuran pulau sangat menentukan tingkat risiko tsunami. Dari identifikasi pulau-pulau penghalang yang ada, dan skenario dimana terjadinya sumber penyebab tsunami, apakah variabel ini digunakan atau tidak dalam penentuan tingkat risiko bencana tsunami. Jika digunakan, maka dapat diklasifikasikan variabel ini ke dalam beberapa kelas, seperti ada tidaknya pulau penghalang beserta ukuran pulau penghalang tersebut yang dapat mengakibatkan variasi spasial dari tingkat risiko bencana tsunami. Jika terdapat homogenitas variabel ini di daerah kajian, maka variabel ini hanya digunakan untuk variabel pendukung dan tidak dimasukkan dalam penentuan tingkat risiko bencana tsunami dengan menggunakan *Cell Based Modelling*.

4. Ekosistem pesisir

Keberadaan ekosistem pesisir merupakan pelindung alami terhadap ancaman gelombang tsunami. Yang termasuk dalam ekosistem pesisir alami adalah hutan mangrove, lamun, dan terumbu karang. Luasan ekosistem pesisir bisa didapat dari hasil klasifikasi citra dan data spasial ekosistem pesisir yang sudah ada. Untuk mendeteksi mangrove menggunakan klasifikasi citra RGB 453, dimana vegetasi hutan mangrove akan terlihat berwarna merah. Hal ini karena klorofil dalam daun mangrove menyerap dengan kuat sinar merah dan memantulkan kuat sinar inframerah (Earth Observatory-NASA, 2007). Sedangkan untuk klasifikasi terumbu karang dan lamun dapat digunakan komposit RGB 421 dengan perhitungan algoritma *lyzenga*. Setelah dilakukan *training area*, terbentuk kelas mangrove, lamun dan terumbu karang sehingga dapat diketahui sebaran dan juga luasan ekosistem pesisir di Kota Padang.

5. Kenaikan muka air (*run up*) dan inundasi (genangan) tsunami (Bobot 20)

Untuk analisis tingkat risiko bencana tsunami harus dilakukan pemetaan daerah rawan tsunami yaitu sebagai variabel penting dengan memetakan data tinggi *run up* tau ketinggian inundasi (genangan) tsunami. Peta kenaikan muka air (*run up*) dan inundasi (genangan) tsunami yang ideal adalah menggunakan data hasil permodelan dan ditunjang dengan hasil data survei lapangan yang lengkap. Dalam penelitian ini hanya menggunakan data hasil skenario permodelan menggunakan data Win ITDB tahun 2005 yang dianalisis menggunakan *software* TURMINA yang diinisiasi oleh BPPT dan merupakan turunan *software* permodelan tsunami TUNAMI N-2 dari pemerintah Jepang.

Skenario yang digunakan adalah skenario yang terburuk yang pernah terjadi berdasarkan data historis. Skenario terburuk untuk tsunami Kota Padang didasarkan pada data historis pada tahun 1833 dimana pernah terjadi tsunami yang menghabiskan sepertiga Kota Padang akibat gempa yang mendekati 9 Skala Richter di sebelah barat Kepulauan Mentawai. Penurunan ketinggian air pada masing-masing piksel dihitung dengan persamaan (McSaveney dan Rattenbury 2000 *in* Barryman, 2006) :

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

dimana

H_{loss} : penurunan ketinggian air per-meter dari jarak genangan
 n : koefisien kekasaran permukaan
 H_0 : ketinggian air pada garis pantai
 S : kelerengan

Nilai penurunan ketinggian kemudian dimodelkan dengan fungsi *cost distance* untuk memperoleh jarak genangan dan ketinggian genangan yang masuk ke darat. Dari skenario tersebut didapatkan ketinggian dan luasan daerah tergenang, yang kemudian di re-klasifikasikan menjadi 5 kelas tingkat kerawanan bencana tsunami yaitu: (1) kelas tingkat kerawanan sangat tinggi (> 3 m), (2) tinggi (2-3 m), (3) sedang (1-2 m), (4) (0-1 m), dan (5) sangat rendah (0 m).

Variabel ini merupakan variabel yang sangat penting dalam penentuan tingkat risiko bencana tsunami, atas pertimbangan tersebut, setelah konsultasi dengan pembimbing dan pakar tsunami dan kebencanaan, maka variabel yang diberi bobot 20 ini mewakili keseluruhan dari variabel kerawanan bencana. Permodelan variabel ini cukup mewakili dari variabel-variabel lain yang menentukan tingkat kerawanan bencana tsunami di daerah kajian, karena didalam *software* permodelan telah diperhitungkan mengenai pengaruh variabel seperti jarak dari penyebab tsunami, morfologi dan elevasi dasar laut, pulau penghalang dan ekosistem pesisir.

3.2.3.2. Variabel kerentanan bencana tsunami

Pada analisis ini variabel yang digunakan terdiri dari tiga aspek yaitu kerentanan fisik lingkungan, kerentanan infrastruktur wilayah, dan kerentanan sosial kependudukan. Variabel kerentanan bencana tsunami dalam penelitian ini tidak seluruhnya digunakan dalam analisis spasial penentuan tingkat risiko bencana tsunami, karena penggunaan variabel disesuaikan dengan data yang tersedia dan kondisi wilayah penelitian.

Kriteria-kriteria dari aspek kerentanan fisik lingkungan terdiri dari; elevasi (ketinggian) daratan, kemiringan (*slope*) daratan, morfologi garis pantai, dan jarak dari garis pantai. Penjelasan dari masing-masing variabel adalah sebagai berikut :

1. Elevasi (ketinggian) daratan (Bobot 15)

Elevasi daratan merupakan salah satu faktor terpenting yang mempengaruhi risiko tsunami yang akan terjadi. Daerah dengan elevasi rendah akan mudah dihantam gelombang tsunami, dan sebaliknya. Berdasarkan pustaka yang dikaji, tsunami yang pernah melanda daratan Indonesia mempunyai tinggi *run-up* 5 meter, 12 meter, 14 meter, 30 meter, 31 meter dan 41 meter. Kelas ketinggian daratan menurut BAPPEDA Kota Padang (2007), elevasi (ketinggian) daratan diklasifikasikan menjadi 5 kelas dengan selang mulai dari elevasi 5 meter sampai lebih dari 20 meter di atas permukaan laut dengan interval 5 meter pada tiap kelasnya.

Berdasarkan pertimbangan tersebut maka klasifikasi elevasi daratan dibagi menjadi 5 kelas tingkat kerentanan yaitu : (1) kelas tingkat kerentanan sangat tinggi (0-5 m), (2) tinggi (5-10 m), (3) sedang (10-15 m), (4) rendah (15-20 m), dan (5) sangat rendah (> 20 m). Skor pada masing-masing kriteria berkisar dari 1 sampai 5. Variabel ini diberi bobot 15. Bobot 15 merupakan bobot terbesar setelah variabel *run up* dan inundasi tsunami sebagai variabel kerawanan. Pemberian bobot tersebut didasarkan pada pengaruh variabel elevasi daratan yang juga signifikan terhadap penetrasi gelombang tsunami ke arah daratan sehingga juga mempengaruhi tingkat risiko bencana tsunami di suatu wilayah.

2. Kemiringan (*slope*) daratan (Bobot 15)

Data kemiringan (*slope*) daratan bisa didapat dari turunan data elevasi atau data kemiringan (*slope*) daratan yang sudah ada. Pada penelitian ini data elevasi menggunakan data kemiringan (*slope*) daratan hasil turunan dari data elevasi (ketinggian) daratan.

Klasifikasi yang digunakan berdasarkan profil wilayah Kota Padang dimana kemiringan (*slope*) daratan di Kota Padang dibagi menjadi 5 kelas tingkat kerentanan yaitu : (1) kelas tingkat kerentanan sangat tinggi (0-2 %), (2) tinggi (3-15%), (3) sedang (16-30 %), (4) rendah (31-40 %), dan (5) sangat rendah (> 40 %). Variabel ini diberi bobot 15.

3. Morfologi (morfometri) garis pantai (Bobot 10)

Morfologi atau morfometri garis pantai sangat berpengaruh terhadap tingkat energi tsunami yang akan terhempas ke daratan. Tipe pantai teluk akan mengalami amplifikasi energi gelombang dan tipe tanjung akan mereduksi energi gelombang. Hal ini disebabkan karena pantai berteluk tersebut akan memfokuskan energi gelombang tsunami yang sedang berjalan kearahnya sehingga energi gelombang tsunami tersebut terakumulasi pada cekungan tersebut dan mampu meningkatkan ketinggian gelombang tsunami yang sampai di pantai.

Dari berbagai pustaka yang dikaji, belum ada bentuk klasifikasi morfologi garis pantai yang baku untuk menentukan tingkat risiko bencana tsunami. Oleh karena itu pada penelitian ini klasifikasi variabel morfologi

garis pantai dilakukan berdasarkan justifikasi ilmiah peneliti. Justifikasi ilmiah tersebut berdasarkan kajian pustaka, diskusi dengan pakar tsunami dan disesuaikan dengan kondisi daerah penelitian.

Setelah melihat kondisi lapangan, analisis awal, serta konsultasi pembimbing dan pakar tsunami maka pada penelitian ini akan digunakan 5 kelas tingkat kerentanan tipe morfometri atau morfologi garis pantai terhadap bencana tsunami yaitu : (1) kelas tingkat kerentanan sangat tinggi (teluk V), (2) tinggi (teluk U), (3) sedang (tanjung), (4) rendah (lurus), dan (5) sangat rendah (non teluk/tanjung). Variabel morfologi garis pantai pada penelitian ini diberi bobot 10.

4. Jarak dari garis pantai (Bobot 10)

Klasifikasi jarak dari pantai adalah membagi daerah kedalam kelas-kelas berdasarkan jarak dari garis pantai. Klasifikasi tersebut menjelaskan tingkat kerentanan bencana tsunami pada daerah berdasarkan jauh dekatnya daerah tersebut dari garis pantai. Semakin dekat daerah dengan garis pantai maka daerah tersebut mempunyai tingkat risiko yang tinggi, sebaliknya pada daerah yang mempunyai jarak semakin jauh dari garis pantai, maka daerah tersebut mempunyai tingkat risiko bencana tsunami yang rendah.

Berdasarkan pustaka yang dikaji, tsunami yang pernah melanda daratan Indonesia mempunyai tinggi *run-up* 5 meter, 12 meter, 14 meter, 30 meter, 31 meter dan 41 meter. Gelombang tsunami dengan *run-up* 5-12 meter yang pernah melanda Aceh bisa masuk ke daratan sejauh 8-11 kilometer dari garis pantai. Maka dengan mengacu pada pola *run-up* dan jauhnya daratan yang disapu, maka pada penelitian ini mencoba mengklasifikasikan jarak dari garis pantai menjadi 5 kelas dengan interval 2500 meter. Kelas-kelas tersebut yaitu: (1) kelas tingkat kerentanan sangat tinggi (0-2500 m), (2) tinggi (2500-5000 m), (3) sedang (5000-7500 m), (4) rendah (7500-10.000 m), dan (5) sangat rendah (>10.000 m)

Variabel ini diberi bobot 10, pemberian bobot tersebut didasarkan pada pengaruh variabel jarak dari garis pantai yang juga signifikan

terhadap penetrasi gelombang tsunami ke arah daratan sehingga sangat mempengaruhi tingkat risiko bencana tsunami di suatu wilayah.

Kriteria-kriteria dari aspek kerentanan infrastruktur wilayah terdiri dari penggunaan lahan, jarak dari jaringan jalan, dan jarak dari sungai dan kanal pengendalian banjir. Penjelasan dari masing-masing variabel adalah sebagai berikut :

1. Penggunaan lahan (Bobot 10)

Berdasarkan pustaka yang dikaji penggunaan lahan juga berpengaruh terhadap risiko bencana tsunami di suatu wilayah. Semakin padat suatu pemukiman atau infrastruktur wilayah dan penggunaan lahan lainnya yang memiliki nilai ekonomi, maka semakin tinggi tingkat risikonya terhadap suatu bencana, begitu pula sebaliknya jika suatu wilayah dominan dengan kelas penggunaan lahan yang tidak memiliki nilai ekonomi maka risiko bencana tsunami semakin rendah. Atas pertimbangan tersebut maka sebaran pemukiman dan infrastruktur yang ada pada variabel penggunaan lahan diklasifikasikan menjadi 5 kelas tingkat kerentanan penggunaan lahan terhadap bencana tsunami yaitu; (1) kelas tingkat kerentanan sangat tinggi (pemukiman dan lahan terbangun), (2) tinggi (sawah, kebun campuran, dan mangrove), (3) sedang (ladang dan tanah kosong), (4) rendah (hutan, dan semak belukar), dan (5) sangat rendah (batuan cadas dan gamping). Variabel ini diberi bobot 10, dimana untuk kelas kerentanan sangat tinggi diberi skor paling besar, dan kelas kerentanan sangat rendah diberi skor paling kecil.

2. Jarak dari jaringan jalan (Bobot 5)

Berdasarkan kajian pustaka dan konsultasi dengan pakar tsunami dan kebencanaan, jangkauan tsunami juga dipengaruhi oleh jaringan jalan yang ada. Seperti yang terjadi pada tsunami di Aceh pada tahun 2004, laju tsunami juga melewati jalur jalan yang sudah ada. Dari berbagai pustaka yang dikaji, belum ada bentuk klasifikasi jarak dari jaringan jalan untuk yang baku untuk menentukan tingkat risiko bencana tsunami. Oleh karena itu pada penelitian ini klasifikasi variabel morfologi garis pantai dilakukan berdasarkan justifikasi ilmiah peneliti. Justifikasi ilmiah tersebut

berdasarkan kajian pustaka, diskusi dengan pakar tsunami dan disesuaikan dengan kondisi daerah penelitian.

Atas pertimbangan tersebut maka variabel jarak dari jaringan jalan diklasifikasikan menjadi 5 kelas dengan *buffer* dari jalan dengan selang 50 m. Kelas-kelas tingkat kerentanan jarak dari jaringan jalan terhadap bencana tsunami yaitu; (1) kelas tingkat kerentanan sangat tinggi (0-50 m), (2) tinggi (50-100 m), (3) sedang (100-150 m), (4) rendah (150-200 m), dan (5) sangat rendah (> 200 m). Variabel ini diberi bobot 5, dimana jarak terdekat dengan jalan diberi skor paling besar dan jarak terjauh dari jalan di beri skor paling kecil.

3. Jarak dari sungai dan kanal pengendalian banjir (Bobot 5)

Jarak dari sungai merupakan salah satu variabel penting yang mempengaruhi tingkat risiko tsunami. Tsunami yang memasuki kanal banjir/ sungai akan mengakibatkan kerusakan yang lebih besar karena adanya pemusatan energi tsunami sehingga semakin mendorong tsunami masuk lebih jauh ke daratan. Oleh karena itu, perlu dilakukan *buffer* dari sungai. Pada penelitian ini kelas *buffer* dari sungai dilakukan pada selang jarak 250 meter, dan diklasifikasikan menjadi 5 kelas. Kelas-kelas tingkat kerentanan jarak dari sungai dan kanal pengendali banjir terhadap bencana tsunami yaitu; (1) kelas tingkat kerentanan sangat tinggi (0-250 m), (2) tinggi (250-500 m), (3) sedang (500-750 m), (4) rendah (750-1000 m), dan (5) (> 1000 m) sangat rendah. Variabel ini diberi bobot 5, dimana jarak terdekat dengan sungai dan kanal banjir diberi skor paling besar dan jarak terjauh dari sungai di beri skor paling kecil.

Kriteria-kriteria dari aspek kerentanan sosial dan kependudukan terdiri dari variabel kepadatan penduduk, komposisi penduduk, dan tingkat kesejahteraan penduduk. Penjelasan dari masing-masing variabel adalah sebagai berikut :

1. Kepadatan penduduk (Bobot 5)

Sebaran kepadatan penduduk merupakan variabel yang cukup penting dalam penentuan tingkat risiko bencana tsunami di Kota Padang. Klasifikasi kelas yang digunakan dalam penelitian ini didasarkan pada data kependudukan yang ada dimana untuk variabel kepadatan penduduk

dibagi menjadi 5 kelas tingkat kerentanan kepadatan penduduk terhadap bencana tsunami yaitu; (1) kelas tingkat kerentanan sangat tinggi (>10.000 jiwa/km²), (2) tinggi ($>7500-10.000$ jiwa/km²), (3) sedang ($5000-7500$ jiwa/km²), (4) rendah ($2500-5.000$ jiwa/km²), dan (5) sangat rendah (< 2500 jiwa/km²). Variabel ini diberi bobot 5, dimana kelas sangat tinggi memiliki skor terbesar dan kelas sangat rendah memiliki skor terkecil.

Dari variabel aspek kerentanan sosial dan kependudukan, hanya variabel kepadatan kependudukan yang digunakan dalam perhitungan *Cell Based Modelling* karena dari data yang didapat hanya variabel ini yang dapat menunjukkan variasi spasialnya.

2. Komposisi penduduk

Komposisi penduduk terdiri dari komposisi penduduk berdasarkan jenis kelamin dan komposisi penduduk berdasarkan umur. Data yang digunakan adalah data sosial kependudukan Kota Padang tahun 2008 baik itu dari BPS Kota Padang dan BAPPEDA Kota Padang. Ada beberapa kajian yang menjadikan variabel komposisi penduduk sebagai salah satu variabel yang mempengaruhi tingkat kerentanan sosial kependudukan.

Dalam penelitian ini, variabel komposisi penduduk hanya dijadikan variabel pendukung yang menunjukkan risiko sosial kependudukan apabila tsunami tersebut terjadi di daerah kejadian.

3. Tingkat kesejahteraan penduduk

Salah satu indikator yang sering digunakan untuk mengetahui tingkat kesejahteraan penduduk adalah jumlah keluarga yang termasuk dalam kategori Pra sejahtera (Pra KS), Keluarga Sejahtera-I (KS-I); Keluarga Sejahtera-II (KS-II); Keluarga Sejahtera-III (KS-III) dan Keluarga Sejahtera plus. Berdasarkan indikator tersebut dapat dilihat apakah tingkat kesejahteraan penduduk cukup bervariasi dalam mempengaruhi tingkat risiko bencana tsunami di Kota Padang.

Dalam penelitian ini tingkat kesejahteraan penduduk hanya dijadikan faktor pendukung dalam upaya merelevansikan kondisi sosial kependudukan dengan tingkat risiko bencana tsunami di Kota Padang. Di satu sisi, semakin tinggi tingkat kesejahteraan penduduk maka pada

umumnya pengetahuan dan kepedulian mereka tentang bahaya tsunami juga semakin tinggi, begitu pula sebaliknya. Akan tetapi disini yang lain semakin tinggi tingkat kesejahteraan penduduk maka kerentanan akan kehilangan harta benda terhadap bencana khususnya tsunami juga akan semakin besar.

3.2.3.3. Variabel kesiapsiagaan bencana tsunami

Pada analisis variabel kesiapsiagaan bencana tsunami menggunakan klasifikasi berdasarkan data Indeks Kesiapsiagaan Bencana (IKB) per kecamatan di Kota Padang. Data IKB yang diinisiasi oleh UNESCO, LIPI, dan KOGAMI Kota Padang merupakan data sekunder hasil survei terhadap lebih dari 2800 narasumber pada tahun 2006 dan 2008. Penghitungan IKB menggunakan *software* khusus yang dibuat oleh UNESCO yaitu IKB versi 1.0. IKB ini terdiri dari IKB rumah tangga (individu), komunitas sekolah, dan aparaturnya pemerintah, dimana indeks IKB berkisar antara 0-100 yang diklasifikasikan menjadi 5 kelas. Kelas-kelas tersebut adalah; (1) kelas dengan tingkat kesiapsiagaan sangat rendah (0-45), (2) rendah (46-55), (3) sedang (56-65), (4) tinggi (66-75), dan (5) sangat tinggi (76-100). Dari pustaka yang dikaji dan konsultasi dengan beberapa pakar tsunami dan kebencanaan maka variabel kesiapsiagaan bencana ini diberi bobot 5.

3.2.3.4. Pengolahan data dengan metode *Cell Based Modelling*

Cell Based Modelling merupakan metode yang digunakan dalam pengolahan data pada penelitian ini. Oleh karena itu, berbagai variabel baik kerawanan, kerentanan, dan kesiapsiagaan harus dikonversi ke bentuk raster. Pada pengolahan data raster di *software* ArcGIS 9.2, seluruh *output cell size* adalah 30x30 m. Pemilihan resolusi spasial tersebut mengikuti resolusi spasial citra Landsat 7/ETM+ supaya mudah dalam *overlay* data raster.

Untuk variabel kerawanan bencana tsunami, yang hanya digunakan dalam perhitungan *Cell Based Modelling* adalah hasil permodelan *run up* dan inundasi tsunami. Variabel ini menghasilkan peta kerawanan atau peta bahaya tsunami, dimana data yang berupa vektor harus dikonversi ke bentuk raster dengan fungsi *convert feature to raster* pada menu *3D Analyst*.

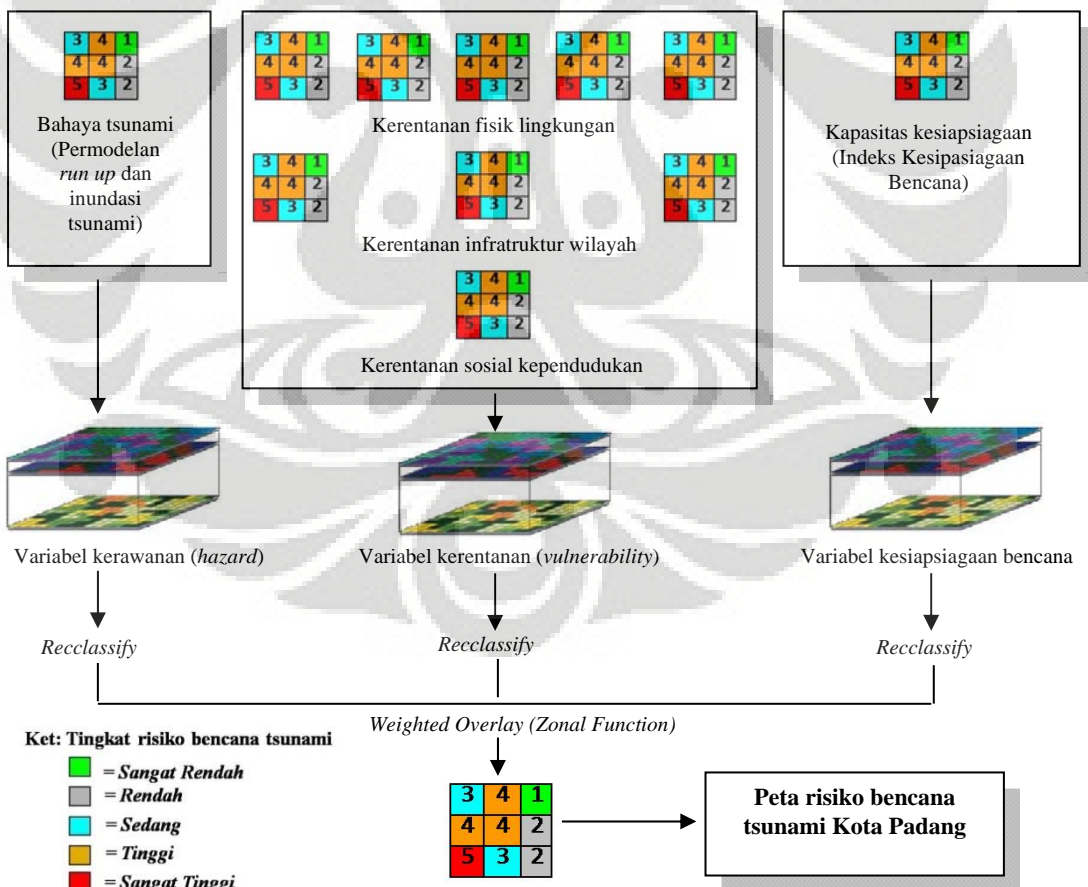
Untuk variabel kerentanan fisik lingkungan yang terdiri dari elevasi daratan, kemiringan (*slope*) daratan, morfologi garis pantai, keterlindungan daratan, dan jarak dari pantai, seluruhnya digunakan dalam perhitungan *Cell Based Modelling*. Untuk variabel elevasi daratan menggunakan peta topografi Kota Padang, input layer data berupa data line contour yang selanjutnya diolah menjadi data set TIN (*Triangulated Irregular Network*). Data set TIN adalah suatu struktur data yang digunakan untuk model permukaan seperti ketinggian yang berbentuk jejaring triangular (ESRI, 2002). Besar kecilnya ukuran segitiga pada data TIN tergantung dari banyaknya data. Semakin banyak data, semakin rapat/kecil ukuran segitiga yang menunjukkan interpolasi yang detail. Hasil TIN berupa topografi yang *smooth* dengan kenampakan informasi yang cukup detail. Selanjutnya dikonversi ke raster dengan fungsi *convert feature to raster* pada menu *3D Analyst*, dan dilakukan pengkelasan sesuai matriks untuk mendapatkan kelas elevasi daratan. Untuk data kemiringan langsung diturunkan dari data elevasi dengan fungsi *Slope Surface Analyst* pada menu *Spatial Analyst* sehingga sudah berformat raster. Selanjutnya tinggal diklasifikasi berdasarkan matriks. Begitu juga dengan kriteria yang lain seperti morfologi garis pantai, keterlindungan daratan dan jarak dari pantai, hasil digitasi dan *buffering* sesuai pengkelasan dan selanjutnya dikonversi ke format data raster dan di-*reclassify* sesuai matriks.

Pada variabel kerentanan infrastruktur wilayah (penggunaan lahan, jarak dari jaringan jalan, dan jarak dari sungai atau kanal), variabel kerentanan sosial kependudukan (kepadatan penduduk), dan variabel kesiapsiagaan bencana (Indeks Kesiapsiagaan Bencana) yang digunakan dalam penghitungan *Cell based Modelling*, hasil klasifikasi dan *buffering* sesuai pengkelasan, harus dikonversi ke format data raster dengan fungsi *convert feature to raster* pada menu *3D Analyst*.

Pada pengolahan data raster di *software* ArcGIS 9.2, seluruh *output cell size* adalah 30x30 m. Seluruh variabel yang digunakan akan berformat grid yang terdiri atas sekumpulan sel. Setiap sel memiliki nilai tertentu yang besarnya tergantung dari besarnya nilai dan bobot masing-masing variabel. Sel-sel tersebut kemudian dikelompokkan berdasarkan nilainya ke dalam lima kelas (zona), yaitu kelas tingkat risiko sangat tinggi, risiko tinggi, risiko sedang, risiko rendah, dan

risiko sangat rendah. Setiap kriteria yang akan digunakan yang sudah berformat raster direklasifikasi menjadi kelas berdasarkan variabel kerawanan, kerentanan, dan kesiapsiagaan bencana. Pengelompokan setiap variabel mengikuti operasi *zonal function* karena setiap kriteria pada suatu variabel akan mengelompok berdasarkan kesamaan nilai sel tersebut. Setelah dikelompokkan, pengkodean sel (*calculation*) dilakukan secara otomatis oleh perangkat lunak ArcGis 9.2 menurut selang variabel yang ditentukan. Gambaran desain fisik penentuan tingkat risiko tsunami selengkapnya disajikan pada Gambar 18. *Overlay* data raster dilakukan dengan fungsi *raster calculator* pada menu *Spatial Analyst*. Secara matematis *overlay* setiap layer variabel dapat ditulis sebagai berikut :

$$(([\text{permodelan run up dan inundasi tsunami} * 0,20] + [\text{elevasi} * 0,15] + [\text{slope} * 0,10] + [\text{morfometri garis pantai} * 0,10] + [\text{jarak dari garis pantai} * 0,15] + [\text{landuse} * 0,10] + [\text{jarak dari jaringan jalan} * 0,05] + [\text{jarak dari sungai} * 0,05] + [\text{kepadatan penduduk} * 0,05]) / [\text{indeks kesiapsiagaan bencana} * 0,05]) \dots\dots\dots(4)$$



Gambar 18. Desain penentuan tingkat risiko bencana tsunami

3.2.3.5. Pembuatan matriks tingkat risiko tsunami

Pembuatan matriks ini dimulai dengan menentukan variabel-variabel yang akan berpengaruh terhadap tingkat risiko terhadap bencana tsunami, dimana penentuan kriteria harus disesuaikan dengan kondisi lingkungan di Kota Padang. Kriteria yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari beberapa sumber pustaka hasil penelitian terdahulu, hasil konsultasi dengan pembimbing dan beberapa pakar tsunami dan kegempaan. Variabel yang digunakan dalam penentuan risiko tsunami merupakan gabungan dari variabel kerawanan, variabel kerentanan serta variabel kesiapsiagaan bencana. Pembuatan matriks ditentukan dengan pembobotan dan skor. Pemberian skor dimaksudkan untuk menilai faktor pembatas pada setiap kriteria dalam suatu variabel, sedangkan pembobotan setiap variabel berdasarkan dominannya pengaruh variabel tersebut dalam penentuan tingkat risiko tsunami. Komponen pemicu yang dianggap memiliki pengaruh paling besar terhadap tsunami diberikan bobot dan skor paling besar, dan sebaliknya.

Dari variabel yang mempengaruhi tingkat risiko bencana tsunami yang telah diuraikan di atas, pada penelitian ini seluruh variabel tersebut tidak seluruhnya di pakai. Pada penelitian ini hanya beberapa variabel saja yang digunakan dalam analisis risiko, setelah disesuaikan dengan kondisi wilayah kajian. Variabel-variabel tersebut diperlihatkan pada Tabel. Sedangkan variabel variabel yang tidak dimasukkan pada analisis risiko bencana, digunakan sebagai variabel pendukung.

Penilaian secara kuantitatif terhadap tingkat risiko bencana tsunami dilakukan melalui skoring dengan faktor pembobot dari setiap variabel yang menjadi kriteria dalam penentuan daerah risiko bencana tsunami. Variabel yang dominan memiliki faktor pembobot paling besar (secara rinci ditampilkan pada Tabel 2.). Pemberian skor dilakukan berdasarkan tingkat pengaruh variabel tersebut terhadap potensi terbentuknya bencana tsunami. Tujuannya adalah untuk menyusun urutan tingkat risiko bencana tsunami. Matriks risiko tsunami ditentukan berdasarkan justifikasi peneliti, kajian pustaka yang ada, dan hasil konsultasi dengan pembimbing dan pakar tsunami dan kebencanaan.

Tabel 3. Matriks risiko bencana tsunami

No	Variabel	Aspek	Kriteria	Bobot* (%)	Skor		
1	Kerawanan	Bahaya tsunami	Run-up dan Inundasi	> 3 meter	20	5	
				2-3 meter		4	
				1-2 meter		3	
				0-1 meter		2	
				0 meter		1	
2	Kerentanan	Fisik lingkungan	Elevasi daratan	0-5 meter	15	5	
				5-10 meter		4	
				10-15 meter		3	
				15-20 meter		2	
				>20 meter		1	
			Kemiringan (<i>slope</i>) daratan	0-2 %	15	5	
				3-15 %		4	
				16-30 %		3	
				31-40%		2	
				>40%		1	
			Morfologi garis pantai	Pantai berteluk V	10	5	
				Pantai berteluk U		4	
				Lurus		3	
				Tanjung		2	
				Non tanjung/teluk		1	
			Jarak dari pantai	0-2500 meter	10	5	
				2500-5000 meter		4	
				5000-7500 meter		3	
				7500-10000 meter		2	
				>10000 meter		1	
			Infrastruktur wilayah	Penggunaan lahan	Pemukiman	10	5
					Sawah, mangrove		4
					Tanah kosong, ladang		3
					Hutan		2
					Batuan Cadas		1
				Jarak dari jaringan jalan	0-50 meter	5	5
					50-100 meter		4
100-150 meter		3					
150-200 meter		2					
>200 meter		1					
Jarak dari sungai dan kanal	0-250 meter	5		5			
	250-500 meter			4			
	500-750 meter			3			
	750-1000 meter			2			
	> 1000 meter			1			
Sosial kependudukan	Kepadatan penduduk	> 10000 jiwa/km ²	5	5			
		7500-10000 jiwa/km ²		4			
		5000 -7500 jiwa/km ²		3			
		2500-5000 jiwa/km ²		2			
		< 2500 jiwa/km ²		1			
3	Kesiapsiagaan Bencana	Kapasitas Kesiapsiagaan Bencana	Indeks Kesiapsiagaan Bencana	IKB: 0-45	5	5	
				IKB: 46-55		4	
				IKB: 56-65		3	
				IKB: 66-75		2	
				IKB: 76-100		1	

Total

100

(Sumber: UU RI no 24 Tahun 2007, UU RI no 27 Tahun 2007, BAPPEDA Kota Padang; Diposaptono dan Budiman, 2008; * modifikasi berdasarkan konsultasi pakar dan pembimbing)

Seluruh bobot dan skor pada keseluruhan kriteria di atas akan di proses melalui *software* yang digunakan dan akan dihasilkan klasifikasi daerah risiko bencana tsunami berdasarkan tingkat risiko bencana tsunami. Banyaknya klasifikasi tingkat risiko tergantung oleh *user*. Pada penelitian ini, peneliti

(sebagai *user*) membuat 5 klasifikasi tingkat risiko bencana tsunami yaitu daerah resiko sangat tinggi, daerah risiko tinggi, daerah berisiko sedang, daerah risiko rendah, dan daerah risiko sangat rendah.

Nilai tiap-tiap kelas didasarkan pada perhitungan dengan rumus sebagai berikut:

$$N = \sum B_i \times S_i \quad \dots\dots\dots (5)$$

Keterangan:

N = Total bobot nilai

B_i = bobot pada tiap kriteria

S_i = Skor pada tiap kriteria

Selang tiap-tiap kelas diperoleh dari jumlah perkalian nilai maksimum dari tiap bobot dan skor dikurangi jumlah perkalian nilai minimumnya yang kemudian dibagi 5 yang dituliskan dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Lebar selang kelas (L)} = \frac{\sum(B_i \times S_i \text{ max}) - \sum(B_i \times S_i \text{ min})}{5} \quad \dots\dots\dots (6)$$

Dari perhitungan menggunakan rumus di atas dihasilkan selang sebesar 0,800 dengan nilai N_{minimum} sebesar 1,000 dan N_{maksimum} sebesar 5,000. Masing-masing kelas dapat ditetapkan selang dari bobot nilainya sebagai berikut:

Kelas risiko sangat rendah (K_1) dengan selang bobot nilai	: 1,000-1,800
Kelas risiko rendah (K_2) dengan selang bobot nilai	: 1,801-2,600
Kelas risiko sedang (K_3) dengan selang bobot nilai	: 2,601-3,400
Kelas risiko tinggi (K_4) dengan selang bobot nilai	: 3,401-4,200
Kelas risiko sangat tinggi (K_5) dengan selang bobot nilai	: 4,201-5,000

Nilai-nilai pada masing-masing kelas tersebut akan dideskripsikan secara otomatis berupa model klasifikasi wilayah Kota Padang berdasarkan tingkat risiko bencana tsunami. Didalam model tersebut wilayah Kota Padang akan terklasifikasi kedalam lima kelas secara otomatis. Masing-masing klasifikasi dalam model tersebut menggambarkan tingkat risiko bencana tsunami di wilayah yang bersangkutan.

Dari model tersebut dapat dibuat peta risiko bencana tsunami untuk Kota Padang. Peta inilah yang diharapkan dapat menjadi masukan yang bermanfaat bagi pihak-pihak terkait khususnya terkait dengan proses mitigasi bencana tsunami untuk Kota Padang.

3.2.3.6. Analisis tingkat risiko tsunami dan variasi spasialnya

Untuk melihat tingkat risiko, dan potensi kerugian yang ditimbulkan akibat bencana tsunami maka peta risiko akan di-*overlay* dengan data sosial kependudukan, infrastruktur dan penggunaan lahan terkini.

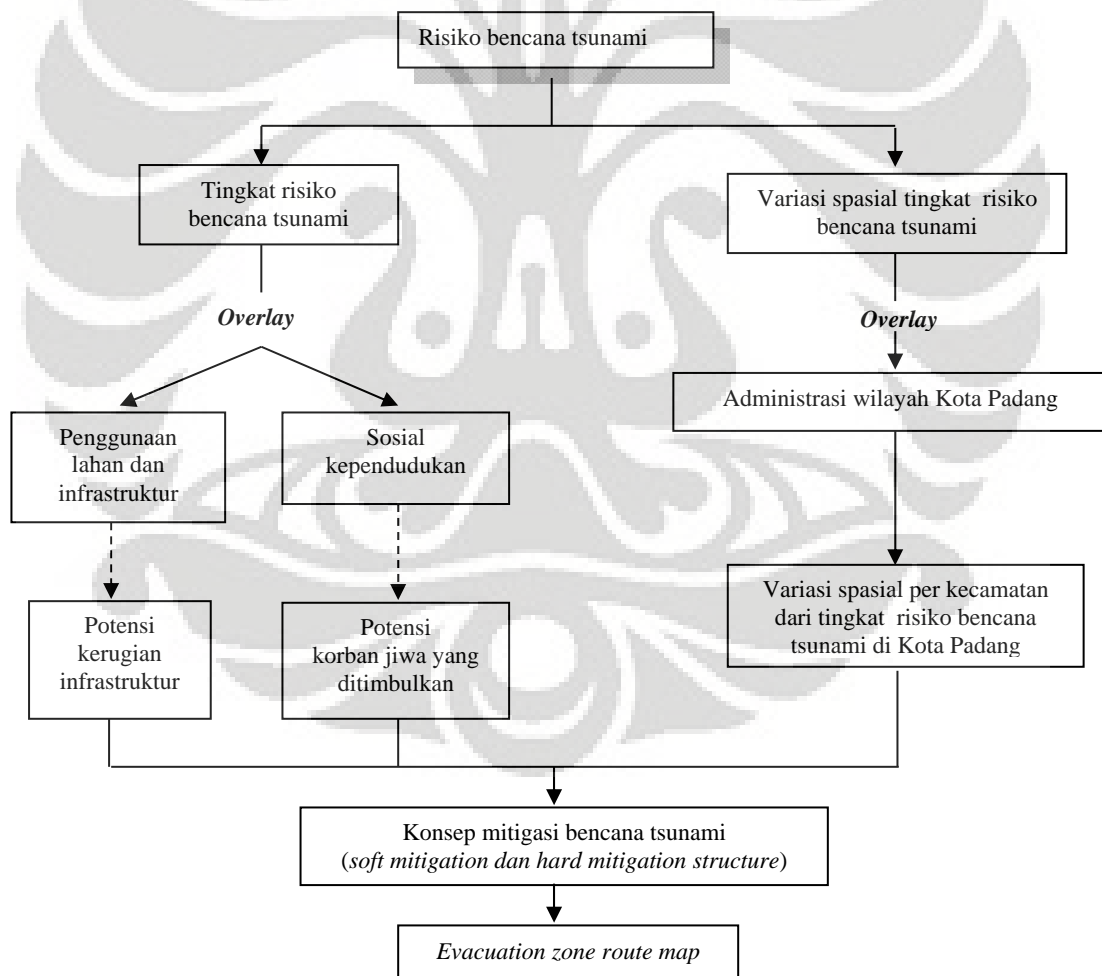
Pada penelitian ini penyajian spasial dilakukan melalui fungsi analisis berupa *Digital Image Processing*, *3D Analyst* dan *Overlay* dengan menggunakan metode *Cell Base Modelling*. *Cell Base Modelling* ini merupakan salah satu model dalam aplikasi SIG berbasis grid yang membagi ruang berdasarkan satuan unit sel dengan bentuk dan ukuran yang seragam serta terdistribusi secara sistematis sebagai suatu fungsi permukaan ruang (ESRI, 2002).

Konsep ini didasarkan pada proses individu dari tiap sel (*cell processing*) yang digunakan sebagai sarana untuk menganalisis obyek diatas permukaan bumi. Setiap sel tersebut memuat variabel yang digunakan untuk menentukan tingkat risiko bencana tsunami dan memiliki format data grid. Dari sini setiap sel yang dimaksud memiliki nilai tertentu yang besarnya tergantung dari besarnya nilai masing-masing variabel dari seluruh variabel yang digunakan untuk menentukan tingkat kerawanan bencana tsunami. Dalam operasi ini sel-sel tersebut akan dikelompokkan berdasarkan nilai-nilainya kedalam lima kelas (zona). Operasi ini dinamakan *zonal function*. Lima kriteria tersebut antara lain: kelas risiko sangat tinggi, kelas risiko tinggi, kelas risiko cukup tinggi, kelas risiko cukup aman dan kelas risiko sangat aman.

Analisis ini pada dasarnya menampilkan hubungan antar informasi yang akan dijadikan dasar penelitian. Kriteria dan tolak ukurnya (variabel-variabel fisik keruangan) harus ditentukan terlebih dahulu. Analisis risiko bencana dilakukan dengan pendekatan matematis. Setelah dibuat peta risiko bencana tsunami berdasarkan perhitungan variabel-variabel yang digunakan dengan menggunakan metode *Cell Based Modelling*, maka dari peta tersebut dapat

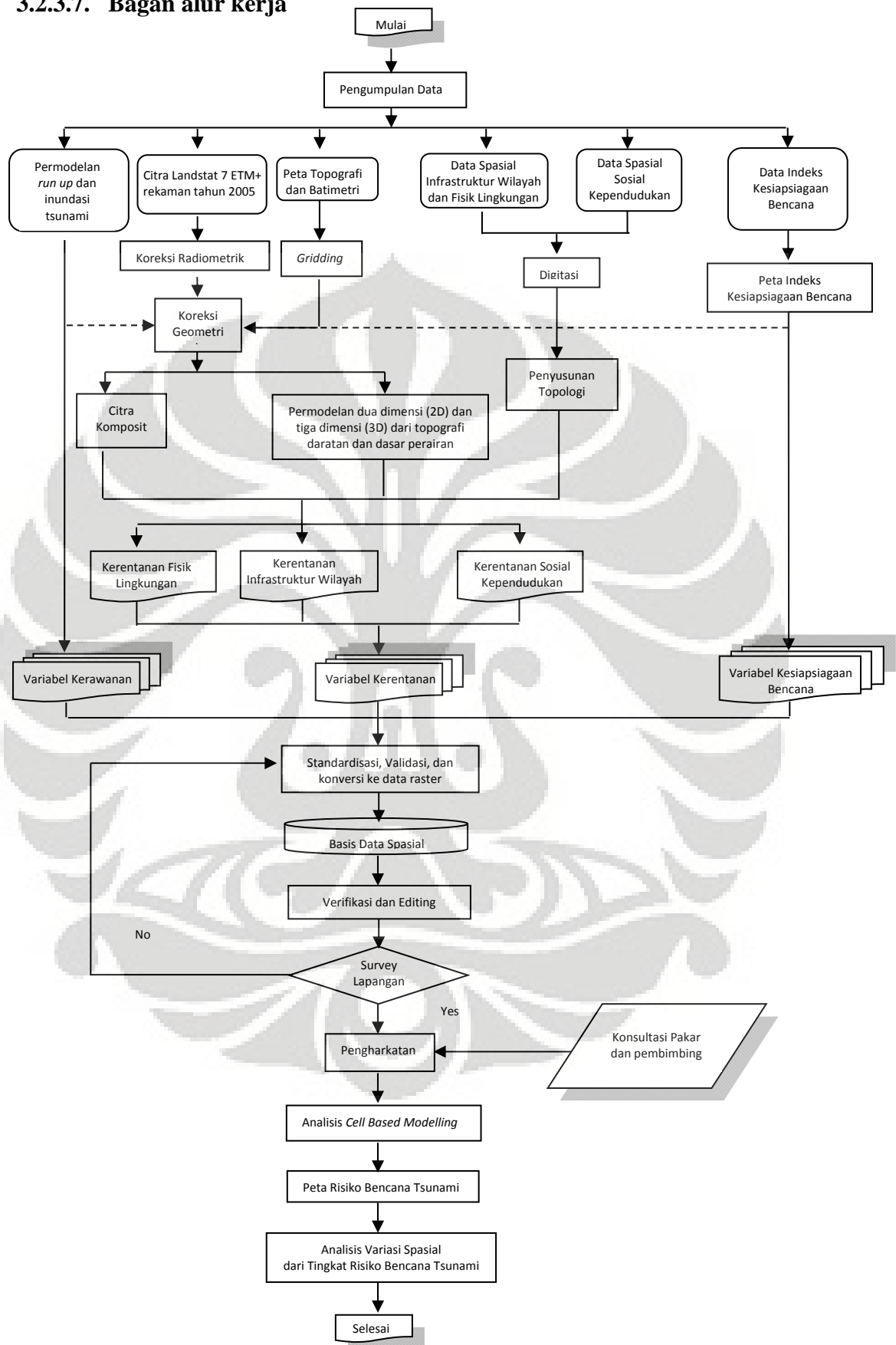
dianalisis variasi spasialnya. Dalam penelitian ini akan dilihat variasi spasial dari tingkat risiko bencana tsunami per kecamatan, dimana tiap daerah dalam hal ini kecamatan memiliki variasi tingkat risiko bencana tsunami yang berbeda-beda sehingga dapat membantu pembuat kebijakan di Kota Padang untuk memberikan informasi yang dibutuhkan dalam penentuan daerah risiko bencana tsunami yang lebih komprehensif.

Dalam penelitian ini juga akan dijelaskan secara umum bagaimana potensi kerugian infrastruktur dan ancaman korban jiwa jika model bencana tsunami menimpa daerah yang berisiko sesuai hasil analisis. Gambar 19 menunjukkan konsep analisis tingkat risiko dan variasi spasialnya dari peta risiko bencana tsunami yang telah dibuat.



Gambar 19. Kerangka konseptual penelitian

3.2.3.7. Bagan alur kerja



Gambar 20. Bagan alir metode penelitian



BAB 4

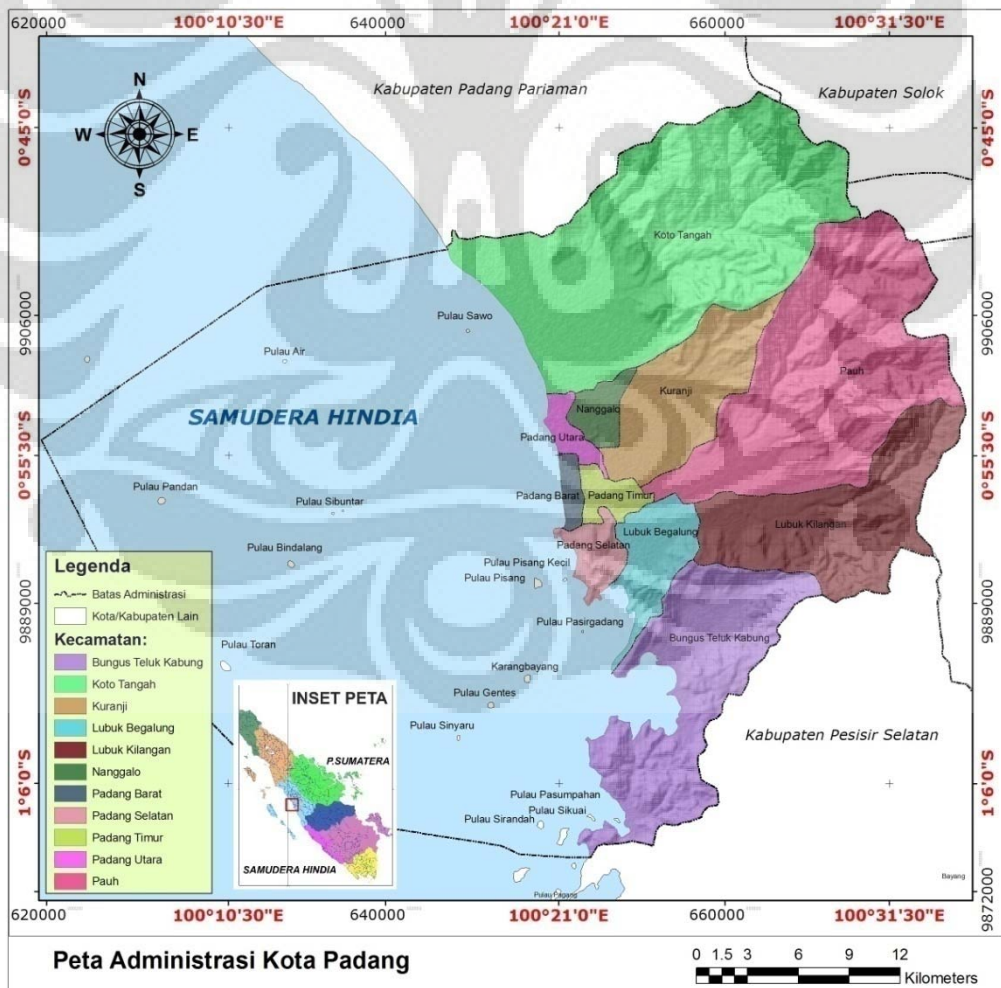
GAMBARAN UMUM DAERAH PENELITIAN

4.1. Letak Geografis

Kota Padang merupakan ibukota Provinsi Sumatera Barat, yang terletak di pesisir pantai bagian barat Sumatera Barat, dengan luas keseluruhan Kota Padang adalah 694,96 km², terletak pada 100°05'05''–100°34'09'' Bujur Timur dan 00°44'00''–01°08'35'' Lintang Selatan (BAPPEDA Kota Padang, 2008).

Batas-batas wilayah Kota Padang adalah sebagai berikut (Gambar 21) :

- Sebelah Utara berbatasan dengan Kabupaten Padang Pariaman
- Sebelah Timur berbatasan dengan Kabupaten Solok
- Sebelah Selatan berbatasan dengan Kabupaten Pesisir Selatan
- Sebelah Barat berbatasan dengan Samudera Hindia



Gambar 21. Kota Padang sebagai daerah penelitian

4.2. Administrasi

Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 17 Tahun 1980, luas wilayah Kota Padang secara administratif adalah 694,96 km². Wilayah Kota Padang yang sebelumnya terdiri dari 3 kecamatan dengan 15 kampung, dikembangkan menjadi 11 kecamatan dengan 193 kelurahan. Dengan adanya UU No. 22 Tahun 1999 tentang Pemerintahan Daerah yang diikuti oleh Peraturan Pemerintah No. 25 Tahun 2000 dilakukan restrukturisasi administrasi kota, yang menyebabkan penambahan luas administrasi menjadi 1.414,96 km² (dimana 720,00 km² di antaranya adalah wilayah laut) dan penggabungan beberapa kelurahan, sehingga menjadi 104 kelurahan (BAPPEDA Kota Padang, 2008). Luas wilayah administrasi selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Luas wilayah administrasi Kota Padang

No	Kecamatan	Sebelum UU 22/1999		Setelah UU 22/1999	
		Luas (Km ²)	Jumlah Kelurahan	Luas (Km ²)	Jumlah Kelurahan
A.	Wilayah Darat				
1.	Bungus Teluk Kabung	100,78	13	100,78	6
2.	Lubuk Kilangan	85,99	7	85,99	7
3.	Lubuk Begalung	30,91	21	30,91	15
4.	Padang Selatan	10,03	24	10,03	12
5.	Padang Timur	8,15	27	8,15	10
6.	Padang Barat	7,00	30	7,00	10
7.	Padang Utara	8,08	18	8,08	7
8.	Nanggalo	8,07	7	8,07	6
9.	Kuranji	57,41	9	57,41	9
10.	Pauh	146,29	13	146,29	9
11.	Koto Tangah	232,25	24	232,25	13
	Total Wilayah Darat	694,96	193	694,96	104
B.	Wilayah Laut	-	-	720,00	-
	Kota Padang	694,96	193	1.414,96	104

Sumber : BAPPEDA dan BPS Kota Padang, Tahun 2008.

Kota Padang mempunyai total garis pantai 95.632 Km dimana panjang garis pantai yang berada di daratan Pulau Sumatera 76.050 Km dan garis pantai yang terletak pada pulau-pulau kecil 23.582 Km (yang tersebar dalam 19 buah pulau - pulau kecil yang masih termasuk dalam pemerintahan Kota Padang). Karakteristik pulau – pulau kecil yang masuk dalam daerah administrasi Kota Padang dapat dilihat dalam Tabel 5.

Tabel 5. Karakteristik pulau - pulau kecil di Kota Padang

No.	Nama pulau	Kecamatan	Luas (Ha)	Keliling (m)	Karakteristik pantai	Jenis pantai
1.	Bintangur	-	56,78	3.396,80	Landai, curam	Pasir, batu, cadas
2.	Sikuai	Bungus Teluk Kabung	48,12	3.198,11	Landai, curam	Pasir, batu, cadas
3.	Toran	Padang Selatan	33,67	2.277,23	Landai	Pasir, batu
4.	Bindalang	Padang Selatan	27,06	1.996,47	Landai	Pasir, batu
5.	Pisang	Padang Selatan	26,19	2.007,05	Landai, curam	Pasir, batu, cadas
6.	Pandan	Padang Selatan	24,32	1.821,77	Landai	Pasir, batu
7.	Sirandah	Bungus Teluk Kabung	19,18	1.741,27	Landai	Pasir, batu
8.	Pasumpahan	Bungus Teluk Kabung	16,90	1.916,02	Landai, curam	Pasir, batu, cadas
9.	Sibonta	Bungus Teluk Kabung	13,18	1.423,56	Landai	Pasir, batu
10.	Sao	Koto Tengah	12,46	1.310,79	Landai	Pasir, batu
11.	Sironjong	Bungus Teluk Kabung	11,04	1.381,15	Curam	Cadas, pasir
12.	Sinyaru	Bungus Teluk Kabung	7,90	1.139,06	Landai	Pasir, batu
13.	Setan	Bungus Teluk Kabung	7,81	1.331,92	Landai, curam	Batu, cadas
14.	Air	Koto Tengah	7,09	990,20	Landai	Pasir, batu
15.	Pasir Gadang	Padang Selatan	4,91	891,71	Landai	Pasir, batu
16.	Setan Kecil	Bungus Teluk Kabung	3,33	692,47	Landai, curam	Batu, cadas
17.	Pisang Ketek	Padang Selatan	3,02	846,43	Landai, curam	Batu, cadas
18.	Kasik	Bungus Teluk Kabung	1,73	483,82	Landai	Pasir, batu
19.	Ular	Bungus Teluk Kabung	1,38	594,98	Curam	Cadas

Sumber : BAPPEDA dan BPS Kota Padang, Tahun 2008.

4.3. Kondisi Fisik Dasar

4.3.1. Topografi

Kota Padang memiliki topografi yang bervariasi, perpaduan daratan yang landai dan perbukitan bergelombang yang curam. Sebagian besar topografi wilayah Kota Padang memiliki tingkat kemiringan rata-rata >40%. Ketinggian wilayah Kota Padang dari permukaan laut juga bervariasi, mulai 0 m dpl sampai >1.000 m dpl (BAPPEDA Kota Padang, 2008).

Kawasan dengan kemiringan 0 – 2% umumnya terletak pada Kecamatan Padang Barat, Padang Timur, Padang Utara, Nanggalo, sebagian Kecamatan Kuranji, Kecamatan Padang Selatan, Kecamatan Lubuk Begalung dan Kecamatan Koto Tengah. Kawasan dengan kemiringan 2 – 15% tersebar di Kecamatan Koto Tengah, Kecamatan Pauh dan Kecamatan Lubuk Kilangan yaitu berada pada bagian tengah Kota Padang dan kawasan dengan kemiringan 15% – 40% tersebar di Kecamatan Lubuk Begalung, Lubuk Kilangan, Kuranji, Pauh dan Kecamatan Koto Tengah. Sedangkan kawasan dengan kemiringan lebih dari 40% tersebar di bagian timur Kecamatan Koto Tengah, Kuranji, Pauh, dan bagian selatan

Kecamatan Lubuk Kilangan dan Lubuk Begalung dan sebagian besar Kecamatan Bungus Teluk Kabung. Kawasan dengan kemiringan > 40% ini merupakan kawasan yang telah ditetapkan sebagai kawasan hutan lindung (BAPPEDA Kota Padang, 2008). Ketinggian topografi dan kemiringan lahan wilayah Kota Padang selengkapnya disajikan dalam Tabel 6.

Tabel 6. Ketinggian topografi dan kemiringan lahan Kota Padang

No	Kondisi topografi		Luas	
			Km ²	Persentase
A.	Kemiringan lahan			
	0 – 2%	Datar	16.379,82	23,57%
	3 – 15%	Bergelombang	5.510,93	7,93%
	16 - 40%	Curam	13.219,48	19,02%
	> 40%	Sangat Curam	34.385,77	49,48%
	Jumlah		69.496,00	100,00%
B.	Ketinggian			
	0 – 25 m dpl		15.898,68	22,88%
	25 – 100 m dpl		6.479,39	9,32%
	100 – 500 m dpl		19.324,56	27,81%
	100 – 1.000 m dpl		15.787,23	22,72%
	> 1.000 m dpl		12.006,13	17,28%
	Jumlah		69.496,00	100,00%

Sumber : BAPPEDA dan BPS Kota Padang, Tahun 2008

Kota Padang yang terletak di pinggir pantai Barat Pulau Sumatera merupakan pusat perekonomian, pendidikan, pelabuhan dan pariwisata. Kota dengan luas wilayah sekitar 1.414,89 Km² merupakan perpaduan antara wilayah pantai, daerah aliran sungai, dataran, perbukitan dan pegunungan. Wilayah geografis kota yang membentang dari pantai sampai pegunungan ini rawan terhadap ancaman berbagai bencana alam, diantaranya letusan gunung berapi, tanah longsor dan banjir. Bencana tanah longsor berpotensi terjadi di kawasan pegunungan Bukit Barisan, tepatnya sebelah timur dari pusat kota dan pada bukit lainnya di kawasan Gunung Padang. Bentuk perbukitan yang relatif terjal dan tinggi dengan jenis tanah yang sangat labil menyebabkan bencana tanah longsor tidak hanya terjadi pada kawasan perbukitan dan pegunungan, namun juga berpotensi melanda daerah yang terletak di aliran lima sungai besar di kota Padang. Dengan adanya lima aliran sungai besar tersebut, bencana banjir juga sudah menjadi langganan Kota Padang yang menyebar di seluruh wilayah pusat kota.

4.3.2. Iklim

Suhu udara Kota Padang sepanjang tahun 2007 berkisar 22,0°C – 31,7°C dan kelembaban udara rata-rata berkisar antara 70% - 84%. Curah hujan rata-rata tahunan Kota Padang pada tahun 2007 sebesar 4.7619 mm, dengan curah hujan rata-rata 385 mm/bulan. Curah hujan tertinggi terjadi pada bulan Januari dengan curah hujan 776 mm dan terendah pada bulan Mei dengan curah hujan 167 mm (BPS Kota Padang, 2008). Kondisi iklim Kota Padang pada tahun 2007 disajikan dalam Tabel 7. Sedangkan perkembangan curah hujan tahunan Kota Padang dapat dilihat pada Tabel 8 dimana dapat dilihat variasi data curah hujan pada tahun 2000 – 2007.

Tabel 7. Kondisi iklim Kota Padang tahun 2007

Bulan	Curah Hujan (mm)	Hari Hujan (hari)	Kelembaban Udara	Kec. Angin (knots)	Suhu Udara (°C)		
					Maks.	Min.	Rata-rata
Januari	776	20	82%	5	30,8	23,6	26,6
Februari	296	17	70%	6	31,5	22,8	24,4
Maret	349	16	70%	6	31,7	23,1	27,0
April	413	20	82%	5	31,1	23,5	26,8
Mei	167	10	80%	5	31,6	24,0	27,5
Juni	394	10	82%	5	30,3	22,7	26,1
Juli	305	10	84%	5	29,8	22,0	25,8
Agustus	176	10	80%	6	29,7	22,4	26,3
September	344	13	80%	5	29,0	22,2	26,2
Oktober	579	13	83%	5	29,2	22,4	26,1
November	230	22	77%	5	29,6	22,5	26,4
Desember	591	23	81%	5	29,6	22,6	26,4
Jumlah	4.619	184	-	-	-	-	-
Rata-rata	385	17	79,3%	5,25	30,3	22,8	26,3

Sumber : BAPPEDA dan BPS Kota Padang, Tahun 2008.

Tabel 8. Curah Hujan Tahunan Kota Padang Tahun 2000-2007

Tahun	Curah hujan
2000	4.120,20 mm
2001	3.300,70 mm
2002	Tidak tersedia data
2003	4.870,00 mm
2004	3.918,40 mm
2005	4.973,50 mm
2006	3.773,60 mm
2007	4.619,00 mm

Sumber : BAPPEDA dan BPS Kota Padang, Tahun 2008.

Pola curah hujan di Kota Padang sangat dipengaruhi oleh ketinggian tempat dan topografi. Karena letak kota padang yang dilatarbelakangi oleh pegunungan bukit barisan yang tinggi serta terletak tidak jauh dari pantai barat Sumatera, maka daerah ini sangat dipengaruhi oleh angin laut dan angin monzon. Kedua kenyataan ini megakibatkan curah hujan sangat tinggi di Kota Padang. Pola curah hujan di Kota Padang dipengaruhi oleh bentuk wilayah terutama lereng, dan ketinggian sebagai unsur makro, disamping penggunaan tanah sebagai unsur mikro (hujan konveksi). Jumlah curah hujan per tahun di Kota Padang cukup banyak dengan tidak ada bulan kering.

Curah hujan ini disebabkan oleh iklim musim, musim pancaroba dan hujan konveksi (hujan lokal). Musim pancaroba jatuh pada bulan Maret dan Mei. Keadaan ini dipengaruhi oleh peredaran matahari yang menyebabkan terjadinya Daerah Konvergensi Antar Tropik (DKAT). Akibat peredaran matahari pada saat suhu tinggi terjadi tekanan udara terhadap wilayah bersangkutan yang menyebabkan terjadinya angin yang membawa uap air yang jatuh sebagai hujan. Tipe iklim seperti ini menurut metoda Schmidt dan Fergusson (1951) *in* BAPPEDA Kota Padang (2008) adalah tipe A (basah) yang menggambarkan bulan basah > 9 bulan dalam setahun.

4.3.3. Hidrologi

Wilayah Kota Padang dilalui oleh banyak aliran sungai, baik sungai yang besar, maupun yang kecil. Terdapat tidak kurang dari 21 aliran sungai yang mengalir di wilayah Kota Padang dengan total panjang mencapai 133,90 Km (5 sungai besar dan 16 sungai kecil). Sungai-sungai tersebut ada yang di buat kanal-kanal pengendali banjir yang dibuat oleh pemerintah untuk meminimalisir dampak bencana banjir yang sering terjadi di Kota Padang.

Umumnya sungai-sungai besar dan kecil yang ada di wilayah Kota Padang ketinggiannya tidak jauh berbeda dengan tinggi permukaan laut. Kondisi ini mengakibatkan cukup banyak bagian wilayah Kota Padang yang rawan terhadap banjir/genangan. Karakteristik sungai yang terdapat di wilayah Kota Padang dapat dilihat pada Tabel 9 berikut ini.

Tabel 9. Nama Sungai, panjang / lebar, dan daerah yang dilaluinya di Kota Padang, Tahun 2007

No	Nama Sungai / Batang	Panjang (Km)	Lebar (m)	Debit (m ³ /detik) *)		Kecamatan Yang Dilalui
				Ms. Hujan	Kemarau	
1	Batang Kuranji	17,00	30	1,20	833,58	Kec. Pauh, Kuranji, Nanggalo dan Kec. Padang Utara
2	Batang Belimbing	5,00	5	-	-	Kec. Kuranji
3	Batang Guo	5,00	5	-	-	Kec. Kuranji
4	Batang Arau	5,00	60	2,50	844,38	Kec. Padang Selatan
5	Batang Muaro	0,40	24	-	-	Kec. Padang Utara
6	Sungai Banjir Kanal	5,50	60	-	-	Kec. Padang Timur dan Kec. Padang Utara
7	Batang Logam	15,00	25	-	-	Kec. Koto Tengah
8	Batang Kandis	20,00	20	1,70	283,90	Kec. Koto Tengah
9	Sungai Tarung	12,00	12	-	-	Kec. Koto Tengah
10	Batang Dagang	11,00	11	-	-	Kec. Naggalo
11	Sungai Gayo	3,00	12	-	-	Kec. Pauh
12	Sungai Padang Aru	5,00	8	-	-	Kec. Lubuk Kilangan
13	Sungai Padang Idas	4,50	6	-	-	Kec. Lubuk Kilangan
14	Batang Kampung Juar	2,50	30	-	-	Kec. Lubuk Begalung
15	Batang Aru	6,00	30	-	-	Kec. Lubuk Begalung
16	Batang Kayu Aro	5,00	15	-	-	Kec. Bungus Teluk Kabung
17	Sungai Timbalun	3,00	8	0,30	40,00	Kec. Bungus Teluk Kabung
18	Sungai Sarasah	2,00	7	-	-	Kec. Bungus Teluk Kabung
19	Sungai Pisang	3,00	6	-	-	Kec. Bungus Teluk Kabung
20	Bandar Jati	2,00	6	-	-	Kec. Bungus Teluk Kabung
21	Sungai Koto	2,00	6	-	-	Kec. Padang Timur
Total		133,90				

*) *Status Lingkungan Hidup Kota Padang Tahun 2008*, BAPEDALDA Kota Padang.

Sumber : BAPPEDA dan BPS Kota Padang, Tahun 2008.

Potensi ketersediaan air permukaan (sungai) di Kota Padang adalah 31.738.995 m³, terdiri dari 10.395.000 m³ dari Batang Kuranji (debit 1,20 – 833,58 m³/dt); 9.678.000 m³ dari Batang Arau (2,50 - 844,38 m³/dt); 4.777.300 m³ dari Batang Air Dingin (5,30 – 540 m³/dt), 1.289.105 m³ dari Batang Kandis (1,70 – 283,90 m³/dt); 1.550.250 m³ Sungai Limau Manis, selebihnya oleh sungai-sungai lain yang ada di Kota Padang.

Kota Padang saat ini baru mempunyai satu waduk yang dikenal dengan Danau Cimpago yang berlokasi di Kelurahan Purus Kecamatan Padang Barat

dengan luas 1 Ha. Waduk ini difungsikan sebagai pengendali air untuk kawasan sekitarnya. Sedangkan potensi rawa yang ada di Kota Padang ada 3, yaitu :

- 1 lokasi di Kecamatan Koto Tangah, yaitu Rawa Merak Baru di Pasir Jambak (114,10 Ha)
- 2 lokasi di Kecamatan Bungus Teluk Kabung, yaitu Rawa Teluk Pandan di Teluk Buo (34,70 Ha) dan Rawa Teluk Ulo di Sungai Pisang (42,01 Ha).

4.3.4. Oseanografi

Kota Padang mempunyai garis pantai sepanjang ± 84 Km dan luas kewenangan pengelolaan perairan ± 72.000 Ha dan 19 pulau-pulau kecil. Secara fisik administratif ada 6 kecamatan yang bersentuhan langsung dengan pantai yaitu Kecamatan Koto Tangah, Kecamatan Padang Utara, Kecamatan Padang Barat, Kecamatan Padang Selatan, Kecamatan Lubuk Begalung dan Kecamatan Bungus Teluk Kabung.

Wilayah pesisir, laut dan pulau-pulau kecil ini mempunyai potensi sumber daya alam yang dapat pulih (*renewable*) antara lain perikanan, hutan bakau, terumbu karang, padang lamun, estuaria, dan pulau-pulau kecil .

Kondisi pesisir pantai Kota Padang secara garis besar dapat dibedakan atas 2 kelompok, yaitu :

- a. Pesisir yang landai, yaitu di daerah Padang Sarai - Batang Arau, Labuhan Tarok - Teluk Kabung,
- b. Pesisir yang curam dimana kawasan pesisir yang landai relatif sangat kecil antara lain pada kawasan pesisir Batang Arau – Labuhan Tarok, Teluk Kabung - Sungai Pisang - Pantai Padang.

Karakteristik pantai Kota Padang ada yang berpasir, berbatu, cadas dan berlumpur. Pengelompokan pantai menurut karakteristiknya dapat dilihat pada Tabel 10 berikut.

Tabel 10. Karakteristik pantai di Kota Padang

No.	Pantai	Karakteristik	Jenis Pantai
1.	Padang Sarai – Parupuk	Landai	Pasir
2.	Parupuk Tabing – Muaro Padang	Landai	Pasir, batu/krip
3.	Batang Arau – Air Manis	Curam	Cadas
4.	Air Manis	Landai	Pasir, batu
5.	Air Manis - Teluk Bayur	Curam	Batu, cadas
6.	Teluk Bayur – Sungai Baremas	Landai	Pasir, batu
7.	Sungai Baremas – Labuhan Tarok	Curam	Cadas
8.	Labuhan Tarok – Teluk Kabung	Landai	Pasir, batu
9.	Teluk Labuhan Cina	Landai	Lumpur, pasir, batu
10.	Labuhan Cina – Teluk Kaluang	Landai, dan curam	Pasir, batu, cadas
11.	Teluk Kaluang	Landai	Lumpur
12.	Teluk Kaluang – Teluk Buo	Landai – curam	Pasir, batu, cadas
13.	Teluk Buo	Landai	Lumpur, pasir, batu
14.	Teluk Buo - Sungai Pisang	Landai, curam	Pasir, batu, cadas
15.	Sungai Pisang	Landai	Pasir, lumpur
16.	Sungai Pisang – Pesisir Selatan	Landai, curam,	Pasir, batu, cadas

Sumber : BAPPEDA dan BPS Kota Padang, Tahun 2008

Kondisi pulau-pulau kecil umumnya landai hanya beberapa pulau yang mempunyai ketinggian sampai 100 m dpl yaitu; Pulau Pasumpahan, Pulau Sikuai, Pulau Sironjong.

Pantai Kota Padang yang memanjang dari arah Barat Laut ke Tenggara membentuk garis pantai yang relatif lurus, dimana bagian utara landai dan ke arah selatan mempunyai gradasi perairan pantai yang curam. Kawasan utara di daerah Padang Sarai garis isobath 15 m ditemui sampai 1 kilometer ke arah laut sedangkan di bagian selatan di Pantai Air Manis sampai kawasan pulau Sironjong kedalaman mencapai 20 –50 meter. Kedalaman rata-rata perairan antara Kota Kota Padang dengan pulau-pulau kecil mencapai 80 meter, sementara di luar jajaran pulau tersebut kedalaman mencapai 300 m. Kondisi perairan di sekitar pulau-pulau kecil berupa karang (*fringing reef*) sampai jarak 50 meter dari pantai dengan kedalaman mencapai 3 meter, kemudian perairan berubah secara tajam dengan kedalaman mencapai 30 - 60 meter.

4.3.5. Ekosistem pesisir

Potensi hutan bakau (mangrove) di Kota Padang relatif sangat sedikit dibanding dengan kabupaten lainnya di Sumatera Barat yaitu 64,45 ha. Sedangkan terumbu karang merupakan salah satu sumber daya alam yang sangat penting dalam menjaga ekosistem dan merupakan habitat tempat hidup ikan tempat mencari makan dan tempat pemijahan. Luas terumbu karang yang ada di wilayah Kota Padang sebesar 435,27 ha. Padang lamun terdapat sepanjang pantai yang merupakan habitat, tempat makanan ikan tempat pemijahan dan tempat berlindung larva ikan. Rumpun laut merupakan salah-satu sumber daya alam laut yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan makanan. Saat ini pengolahan rumput laut masih dalam skala kecil rumah tangga untuk dijadikan bahan agar-agar. Merupakan kawasan yang fungsinya sebagai salah satu sumber penyedia dan penyimpan zat hara bagi lautan yang terdiri dari estuaria muara sungai, estuaria laguna, estuaria dataran pasir. Namun fungsi estuaria di Kota Padang belum banyak mendukung kesuburan pantai kecuali yang ada di Kecamatan Bungus Teluk Kabung, hal ini disebabkan kawasan estuaria telah tercemar oleh limbah permukiman dan industri disekitarnya. Estuaria di kawasan Bungus Teluk Kabung perlu diantisipasi pengelolannya agar tidak rusak karena berdekatan dengan pelabuhan pertamina.

4.4. Kondisi sosial dan kependudukan

4.4.1. Jumlah dan sebaran penduduk

Penduduk Kota Padang terkonsentrasi pada beberapa kecamatan yang merupakan “kawasan kota lama”, yaitu di Kecamatan Padang Selatan, Kecamatan Padang Timur, Kecamatan Padang Barat, Kecamatan Padang Utara, dan Kecamatan Nanggalo. Kecamatan “baru” yang menunjukkan kecenderungan penambahan jumlah penduduk cukup signifikan dalam 20 tahun terakhir adalah Kecamatan Koto Tangah, Kecamatan Pauh, dan Kecamatan Kuranji. Pertambahan jumlah penduduknya mencapai antara 2 sampai 3 kali lipat dalam 20 tahun terakhir. Perbandingan sebaran penduduk Kota Padang Tahun 1987 dan 2007 dapat dilihat pada Tabel 11 dibawah ini.

Tabel 11. Perbandingan sebaran penduduk Kota Padang Tahun 1987 dan 2007

No	Kecamatan	Luas (Km ²)	Jumlah Penduduk (Jiwa)		Kepadatan Penduduk (Jiwa/Km ²)	
			1987	2007	1987	2007
1.	Bungus Teluk Kabung	100,78	15.452	23.592	153	234
2.	Lubuk Kilangan	85,99	28.587	42.585	332	495
3.	Lubuk Begalung	30,91	58.763	104.323	1.901	3.375
4.	Padang Selatan	10,03	56.685	61.967	5.652	6.178
5.	Padang Timur	8,15	75.447	85.279	9.257	10.464
6.	Padang Barat	7,00	81.237	60.102	11.605	8.586
7.	Padang Utara	8,08	60.275	74.667	7.460	9.241
8.	Nanggalo	8,07	41.590	57.523	5.154	7.128
9.	Kuranji	57,41	55.678	117.694	970	2.050
10.	Pauh	146,29	26.771	52.502	183	359
11.	Koto Tangah	232,25	68.400	157.956	295	680
Kota Padang		694,96	568.885	838.190	819	1.206

Sumber : BAPPEDA Kota Padang dan BPS Kota Padang, Tahun 2008

Memperhatikan pertumbuhan penduduk pada masing-masing kecamatan, terdapat kecenderungan pada beberapa kecamatan. Terjadi perkembangan penduduk yang cukup tinggi dari tahun 1987 - 2007, seperti Kecamatan Koto Tangah, Lubuk Begalung, Pauh, dan Kuranji yang dapat di kategorikan sebagai kecamatan-kecamatan di luar pusat kota. Sebaliknya terlihat adanya kecamatan-kecamatan dengan pertumbuhan penduduk yang relatif rendah seperti Kecamatan Padang Selatan, Padang Timur, Padang Barat, dan Padang Utara yang dikategorikan sebagai kecamatan-kecamatan di pusat kota.

Pertumbuhan penduduk Kota Padang per kecamatan tahun 1987-2007 tersebut mengindikasikan bahwa Kota Padang secara fisik mengalami perkembangan ke arah utara dan timur kota. Hal ini tergambar dengan terus bertambahnya penduduk pada kecamatan-kecamatan yang berada di bagian utara dan timur Kota Padang. Hal ini juga mencerminkan kecendrungan orientasi penduduk untuk bertempat tinggal dari kawasan pusat kota ke kawasan pinggiran kota. Pergeseran orientasi penduduk untuk bertempat tinggal tersebut ditunjang oleh sarana dan prasarana perkotaan, sehingga tingkat kemudahan hubungan (aksesibilitas) tidak lagi menjadi kendala yang berarti bagi penduduk untuk melakukan pergerakan ke pusat kota.

4.4.2. Perkembangan dan laju pertumbuhan jumlah penduduk

Perkembangan jumlah penduduk Kota Padang dalam 20 tahun terakhir menunjukkan kecenderungan pertambahan yang tidak terlalu signifikan. Pada tahun 1986 penduduk Kota Padang tercatat sebanyak 564.440 jiwa, dan pada tahun 2007 bertambah menjadi 838.190 jiwa. Jadi dalam kurun waktu 1986 - 2007, jumlah penduduk Kota Padang bertambah sebanyak 273.750 jiwa atau 48,40%, atau rata-rata tumbuh sekitar 2,31% per-tahun.

Jumlah penduduk Kota Padang mengalami koreksi yang cukup signifikan pada tahun 1990 dan tahun 2000 karena dilaksanakannya sensus penduduk. Terdapat metode yang tidak sama dalam pelaksanaan sensus penduduk dengan pencatatan (registrasi) penduduk yang dilakukan oleh BPS Kota Padang, sehingga terjadi penurunan laju pertumbuhan jumlah penduduk yang cukup besar pada tahun 2000 sebesar -9,26 %, dan kembali mengalami peningkatan laju pertumbuhan penduduk di tahun-tahun berikutnya hingga tahun 2007.

Perkembangan penduduk pada masing-masing kecamatan di Kota Padang tahun 1986 sampai 2007 memperlihatkan kecenderungan sebagai berikut ;

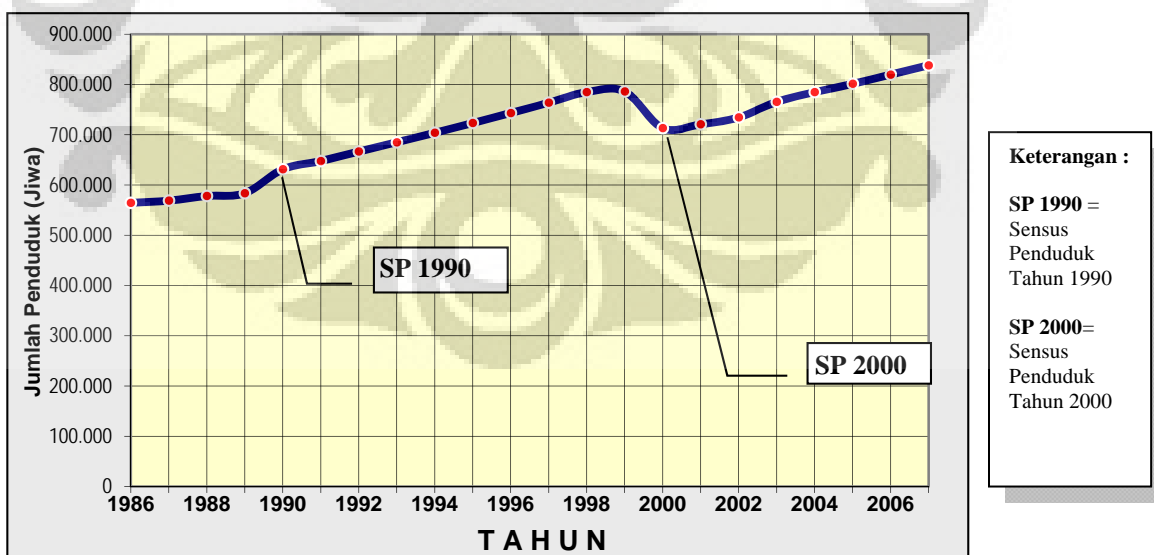
- Penduduk Kecamatan Padang Barat terus mengalami penurunan, baik dalam periode 1986-1996 maupun periode 1996-2007
- Penduduk Kecamatan Padang Utara dan Kecamatan Nanggalo mengalami penurunan pada periode 1996-2007.
- Penduduk Kecamatan Lubuk Begalung dan Kecamatan Koto Tangah mengalami penambahan yang sangat besar dalam periode 1986-1996.
- Penduduk Kecamatan Kuranji dan Kecamatan Koto Tangah mengalami penambahan yang cukup besar dalam periode 1996-2007.

Perkembangan jumlah penduduk Kota Padang tahun 1986 – 2007 dapat dilihat pada Tabel 12, sedangkan grafik perkembangan jumlah penduduk Kota Padang pada tahun 1986 hingga tahun 2007 dapat dilihat pada Gambar 22 berikut ini.

Tabel 12. Perkembangan jumlah penduduk dan laju pertumbuhan penduduk Kota Padang tahun 1986- 2007

Tahun	Jumlah penduduk (Jiwa)	Laju pertumbuhan tahunan	Laju pertumbuhan rata - rata	Keterangan
1986	564.440	-		
1987	568.885	0,79%		
1988	578.041	1,61%		
1989	583.675	0,97%		
1990	631.263	8,15%		Sensus Penduduk 1990
1991	647.686	2,60%		
1992	666.590	2,92%		
1993	684.987	2,76%		
1994	703.893	2,76%		
1995	723.321	2,76%		
1996	743.285	2,76%		
1997	763.799	2,76%		
1998	784.849	2,76%		
1999	786.011	0,15%		
2000	713.242	-9,26%		Sensus Penduduk 2000
2001	720.753	1,05%		
2002	734.421	1,90%		
2003	765.450	4,22%		
2004	784.740	2,52%		
2005	801.344	2,12%		
2006	819.740	2,30%		
2007	838.190	2,25%		
Rata-rata		1,95%	2,31%	

Sumber : BAPPEDA Kota Padang dan BPS Kota Padang, tahun 2008



Gambar 22. Grafik perkembangan jumlah penduduk Kota Padang Tahun 1986-2007

4.4.3. Komposisi Penduduk

Komposisi penduduk Kota Padang menurut jenis kelamin menunjukkan bahwa jumlah penduduk perempuan jumlahnya lebih besar daripada jumlah penduduk laki-laki. *Sex ratio* penduduk Kota Padang adalah 98,98 per-100 penduduk perempuan (Tabel 13).

Tabel 13. Komposisi Penduduk Kota Padang menurut jenis kelamin tahun 2007.

No.	Kecamatan	Jumlah penduduk (Jiwa)		Sex ratio
		Perempuan	Laki-laki	
1.	Bungus Tl. Kabung	11.341	12.251	108,02
2.	Lubuk Kilangan	21.055	21.530	102,26
3.	Lubuk Begalung	51.287	53.036	103,41
4.	Padang Selatan	30.899	31.068	100,55
5.	Padang Timur	43.892	41.387	94,29
6.	Padang Barat	30.302	29.800	98,34
7.	Padang Utara	38.227	36.440	95,33
8.	Nanggalo	29.824	27.699	92,87
9.	Kuranji	59.066	58.628	99,26
10.	Pauh	25.940	26.562	102,40
11.	Koto Tengah	79.415	78.541	98,90
Jumlah		421.248	416.942	98,98

Sumber : BAPPEDA Kota Padang dan BPS Kota Padang, Tahun 2008

Jumlah penduduk menurut jenis kelamin di Kota Padang paling banyak adalah penduduk berjenis kelamin perempuan dengan jumlah 421.248 jiwa dan penduduk laki-laki berjumlah 416.942 jiwa. Jumlah penduduk terbanyak terdapat di Kecamatan Koto Tengah, hal ini disebabkan karena perkembangan jumlah penduduk cenderung kearah utara dan juga didukung oleh banyak perumahan-perumahan yang tumbuh kearah utara serta didukung oleh Kecamatan Koto Tengah yang berbatasan langsung dengan Kabupaten Padang Pariaman dan telah beroperasinya Bandara International Minangkabau.

Komposisi penduduk Kota Padang menurut kelompok umum menunjukkan pola piramida yang menggambarkan penduduk berusia muda (>50 tahun) memiliki jumlah terbesar, dan semakin tinggi kelompok umurnya semakin sedikit jumlahnya. Kelompok penduduk pada kelompok usia produktif (15-44 tahun) lebih banyak berjenis kelamin perempuan. Sedangkan pada kelompok usia muda (0-14 tahun) lebih banyak jumlah penduduk berjenis kelamin laki-laki. Tabel 14 menunjukkan komposisi penduduk menurut kelompok umur pada tahun 2007.

Tabel 14. Komposisi penduduk Kota Padang menurut kelompok umur tahun 2007

Kelompok umur (Tahun)	Jumlah penduduk (Jiwa)		Jumlah	
	Perempuan	Laki-laki	Jiwa	Persentase
0 – 4	36.954	40.171	77.125	9,20%
5 – 9	38.955	43.327	82.282	9,82%
10 – 14	38.769	42.681	81.450	9,72%
15 – 19	47.102	45.990	93.092	11,11%
20 – 24	55.494	48.969	104.463	12,46%
25 – 29	38.383	36.858	75.241	8,98%
30 – 34	32.887	32.380	65.267	7,79%
35 – 39	30.217	28.491	58.708	7,00%
40 – 44	27.722	25.929	53.651	6,40%
45 – 49	22.410	23.657	46.067	5,50%
50 – 54	17.432	17.568	35.000	4,18%
55 – 59	9.194	9.669	18.863	2,25%
60 – 64	8.473	8.147	16.620	1,98%
65 – 69	6.533	5.424	11.957	1,43%
70 – 74	5.198	4.103	9.301	1,11%
75+	5.525	3.578	9.103	1,09%
JUMLAH	421.248	416.942	838.190	100,00%

Sumber : BAPPEDA Kota Padang dan BPS Kota Padang, Tahun 2008

Dari total jumlah penduduk berumur di atas 10 tahun tahun 2007, masing-masing 333.444 jiwa penduduk laki-laki dan 345.339 jiwa penduduk perempuan, komposisi lapangan usaha yang dominan dilakukan adalah di bidang perdagangan, hotel dan restoran (33,87%), dan bidang jasa-jasa (23,07%). Tabel 15 menunjukkan Persentase penduduk umur >10 tahun yang bekerja menurut lapangan usaha di Kota Padang tahun 2007

Tabel 15. Persentase penduduk umur >10 tahun yang bekerja menurut lapangan usaha di Kota Padang tahun 2007

No.	Lapangan usaha	Jenis kelamin		Jumlah
		Laki-laki	Perempuan	
1.	Pertanian, Kehutanan, & Perikanan	6,59%	4,32%	5,43%
2.	Pertambangan dan Penggalian	0,63%	0,00%	0,31%
3.	Industri	11,23%	9,58%	10,39%
4.	Listrik, Gas dan Air Bersih	0,41%	0,51%	0,46%
5.	Konstruksi	12,08%	8,96%	10,49%
6.	Perdagangan, Hotel & Restoran	30,09%	37,51%	33,87%
7.	Komunikasi dan Transportasi	12,81%	8,23%	10,48%
8.	Keuangan	2,62%	4,75%	3,71%
9.	Jasa-jasa	21,48%	24,60%	23,07%
10.	Lainnya	2,05%	1,53%	1,79%
Jumlah		100,00%	100,00%	100,00%

Sumber : BAPPEDA Kota Padang dan BPS Kota Padang, Tahun 2008

4.4.4. Tingkat kesejahteraan penduduk

Secara umum, kondisi tingkat kesejahteraan penduduk di Kota Padang dapat dikatakan sudah cukup baik. Hal ini terindikasi dari data tingkat kesejahteraan keluarga kondisi pada akhir tahun 2007, dimana dari total 164.999 keluarga, ternyata sebagai besar yaitu sekitar 88,47% (145.974 keluarga) merupakan kelompok Keluarga Sejahtera (KS) dengan proporsi terbesar pada KS III sekitar 33,71% (55.619 keluarga), disusul oleh KS II sekitar 33,68% (55.570 keluarga), KS I sekitar 21,08% (34.785 keluarga), dan KS Plus sekitar 8,89% (14.676 keluarga), dan selebihnya yaitu sekitar 2,64% (4.349 keluarga) merupakan kelompok keluarga Pra Sejahtera. Gambaran kondisi di atas relatif sama dengan keadaan pada beberapa tahun sebelumnya. Lebih jelasnya, kondisi tingkat kesejahteraan penduduk di Kota Padang yang dirinci per-kecamatan ini dapat dilihat pada Tabel 16 berikut ini.

Tabel 16. Jumlah keluarga menurut tingkat kesejahteraan Kota Padang tahun 2007

No	Kecamatan	Tingkat Kesejahteraan (KK)					Jumlah
		Pra Sejahtera	KS I	KS II	KS III	KS Plus	
1	Bungus Teluk Kabung	278	1.468	1.547	1.201	413	4.907
2	Lubuk Kilangan	439	1.797	4.136	3.284	515	10.171
3	Luhuk Begalung	196	4.547	7.699	7.142	1.632	21.216
4	Padang Selatan	521	3.051	6.119	2.582	534	12.807
5	Padang Timur	292	2.554	5.940	6.682	1.524	16.992
6	Padang Barat	157	2.120	2.024	5.758	753	10.812
7	Padang Utara	73	1.846	3.333	5.167	2.732	13.151
8	Nanggalo	47	2.111	4.460	4.022	684	11.324
9	Kuranji	802	6.175	6.499	6.193	2.455	22.124
10	Pauh	6	2.930	3.824	2.779	702	10.241
11	Koto Tengah	1.538	6.186	9.989	10.809	2.732	31.254
Kota Padang		4.349	34.785	55.570	55.619	14.676	164.999
		2,64%	21,08%	33,68%	33,71%	8,89%	100,00%
	2006	2.773	38.914	49.924	52.957	11.899	156.467
	2005	1.562	28.258	41.710	50.094	8.478	151.141
	2004	221	10.341	44.696	49.725	8.579	148.806
	2003	247	9.679	43.110	51.208	8.787	147.802

Sumber : Padang Dalam Angka, Tahun 2007. BPS dan Bappeda Kota Padang

Kondisi tersebut menggambarkan bahwa upaya-upaya yang dilakukan oleh pihak-pihak terkait sehubungan dengan pengentasan kemiskinan belum mencapai harapan dan sasaran sebagaimana yang ditargetkan, dengan kata lain perlu terus dilakukan upaya-upaya nyata untuk mengatasinya serta perlu konsistensi pelaksanaan dari kebijakan penanggulangan kemiskinan yang telah digariskan, baik dalam lingkup nasional maupun daerah.

4.5. Kondisi infrastruktur wilayah

Panjang jalan yang ada di Kota Padang selama kurun waktu 15 tahun terakhir (periode 1992-2007) secara umum menunjukkan perkembangan yang cukup pesat, yaitu terjadi penambahan total panjang jalan sekitar 466,72 Km (98,33%) atau rata-rata penambahan panjang sebesar 6,56% per-tahun. Namun demikian, bila dicermati dari data yang ada khususnya pada kondisi 2 tahun terakhir (tahun 2006 dan tahun 2007) relatif tidak terjadi pergeseran dan atau perubahan panjang jalan, baik untuk status jalan nasional maupun jalan kota. Jelasnya, perkembangan panjang jalan di Kota Padang dapat dilihat pada Tabel 17 berikut.

Tabel 17. Perkembangan panjang jalan Kota Padang tahun 1992-2007

TAHUN	Jalan Nasional	Jalan Kota	Jumlah
1992	108,92 Km	365,70 Km	474,62 Km
1993	129,04 Km	365,70 Km	494,74 Km
1994	129,04 Km	365,70 Km	494,74 Km
1995	163,00 Km	437,20 Km	600,20 Km
1996	163,00 Km	437,20 Km	600,20 Km
1997	109,67 Km	494,07 Km	603,74 Km
1998	109,67 Km	494,07 Km	603,74 Km
1999	110,26 Km	747,82 Km	858,08 Km
2000	109,67 Km	747,82 Km	857,49 Km
2001	110,25 Km	747,82 Km	858,07 Km
2002	110,25 Km	834,43 Km	944,68 Km
2003	109,29 Km	834,43 Km	943,72 Km
2004	100,60 Km	834,36 Km	934,96 Km
2005	100,60 Km	843,36 Km	943,96 Km
2006	97,98 Km	844,86 Km	942,84 Km
2007	97,98 Km	843,36 Km	941,34 Km

Sumber : (Dinas Kimpraswil Kota Padang (Padang Dalam Angka Tahun 2001, Profil Daerah Kota Padang Tahun 2003-2005, dan Profil Daerah Kota Padang Tahun 2004-2006, dan Padang Dalam Angka Tahun 2007), BAPPEDA Kota Padang, Tahun 2008.

Data sampai akhir tahun 2007, jumlah jembatan di Kota Padang terdapat sebanyak 163 buah dengan total panjang 3.718,9 meter. Dari total jembatan tersebut, paling banyak berupa jembatan beton (58 jembatan) dengan panjang keseluruhan 483 meter, kemudian jenis jembatan nasional/provinsi (53 jembatan) dengan total panjang 1.725,4 meter, dan selebihnya berupa jembatan gantung, jembatan rangka baja dan jembatan leger INP. Jelasnya seperti tersaji pada Tabel 18 berikut ini.

Tabel 18. Jumlah dan panjang jembatan Kota Padang Tahun 2007

No.	Jenis Jembatan	Jumlah Jembatan	Panjang Jembatan
1.	Jembatan Gantung	13	564,0 meter
2.	Jembatan Rangka Baja/Bally	16	756,0 meter
3.	Jembatan Leger INP	11	190,5 meter
4.	Jembatan Beton	58	483,0 meter
5.	Jembatan Nasional/Provinsi	53	1.725,4 meter
Jumlah		163	3.718,9 meter

Sumber : Dinas Kimpraswil dan BAPPEDA Kota Padang, Tahun 2008.

4.6. Penggunaan Lahan (*Land use*)

Dari data pada tahun 2007, penggunaan lahan di Kota Padang didominasi oleh hutan seluas 35.448 Ha, ladang/tegalan/kebun/semak seluas 17.781,82 Ha, serta permukiman seluas 6.315,53 Ha. Untuk lebih jelasnya penggunaan lahan Kota Padang dapat dilihat pada Tabel 19 berikut ini.

Tabel 19. Luas lahan Kota Padang menurut jenis penggunaannya tahun 2007

No.	Jenis penggunaan	Luas lahan	
		(Ha)	Persentase
1	Tanah Perumahan	6.315,53	9,09%
2	Tanah Perusahaan	234,75	0,34%
3	Tanah Industri Termasuk PT Semen Padang	702,25	1,01%
4	Tanah Jasa	715,32	1,03%
5	Sawah Beririgasi Teknis	4.934,00	7,10%
6	Sawah Non Irigasi	278,50	0,40%
7	Ladang / Tegalan	952,75	1,37%
8	Perkebunan Rakyat	2.147,50	3,09%
9	Kebun Campuran	13.920,32	20,03%
10	Kebun Sayuran	1.343,00	1,93%

11	Peternakan	26,83	0,04%
12	Kolam Ikan	100,80	0,15%
13	Danau Buatan	2,25	0,00%
14	Tanah Kosong	158,00	0,23%
15	Tanah Kota	16,00	0,02%
16	Semak	1.565,75	2,25%
17	Rawa / Hutan Mangrove	120,00	0,17%
18	Jalan Arteri dan Jalan Kolektor	135,00	0,19%
19	Hutan Lebat	35.448,00	51,01%
20	Sungai dan Lain-lain	379,45	0,55%
Jumlah		69.496,00	100,00%

Sumber : BAPPEDA Kota Padang dan BPS Kota Padang, Tahun 2008

Karakteristik penggunaan lahan Kota Padang dapat digambarkan dalam beberapa uraian berikut ini :

- a) Secara umum, wilayah Kota Padang dapat dibagi menjadi 3 (tiga) karakteristik penggunaan lahan, yaitu :
 - 1) Kawasan hutan yang sebagian besar adalah hutan lindung.
 - 2) Kawasan transisi yang dimanfaatkan sebagai lahan pertanian dan sebagian masih berupa semak/alang-alang.
 - 3) Kawasan perkotaan yang didominasi oleh permukiman, sarana sosial-ekonomi-budaya dan prasarana perkotaan.
- b) Koridor Jalan Padang *By-Pass* menjadi batas imajiner antara Kawasan Perkotaan dengan Kawasan Transisi.
- c) Penggunaan lahan di kawasan Pusat Kota tidak mengalami perubahan yang berarti, namun terlihat semakin tinggi intensitasnya.
- d) Perkembangan fisik di sepanjang pantai akan dapat dikendalikan dengan pembangunan jalan sepanjang pantai.
- e) Keberadaan Bandara Internasional Minangkabau mendorong perkembangan fisik di kawasan bagian utara kota, terutama di sepanjang jalan-jalan utama.

Kawasan/ruang pesisir sepanjang pantai wilayah Kota Padang telah dimanfaatkan untuk kegiatan; permukiman, perikanan, perhubungan, industri, pertanian dan konservasi. Profil pemanfaatan ruang sepanjang pesisir, lautan dan pulau- pulau kecil adalah :

- ❖ Kawasan pesisir pantai wilayah Kota Padang sebagian besar telah dimanfaatkan untuk kawasan permukiman beserta fasilitasnya mencapai 60% dari panjang pantai yang ada. Permukiman di sepanjang pantai dapat dikelompokkan menjadi 2, yaitu permukiman yang padat terdapat di Kec. Padang Utara, Kec. Padang Barat dan Kec. Koto Tengah. Permukiman yang kurang padat berada pada Kec. Padang Selatan, Kec. Lubuk Begalung, dan Kec. Bungus Teluk Kabung. Sedangkan pulau-pulau kecil yang ada di wilayah Kota Padang tidak semua dapat dimanfaatkan karena luasnya yang terlalu kecil. Hanya 6 pulau yang mempunyai luas lebih dari 20 Ha, yaitu Pulau Bintangur, Pulau Sikuai, Pulau Toran, Pulau Bindalang, Pulau Pisang, dan Pulau Pandan.
- ❖ Ruang lautan, pesisir dan pulau-pulau kecil telah dimanfaatkan untuk kegiatan penangkapan dan budidaya, pengolahan ikan dan pra-sarana dan sarana penunjang, seperti pangkalan pendaratan ikan dan pelabuhan. Pemanfaatan lautan sebagai kawasan penangkapan dibagi dalam 3 zona yaitu:
 - Zona Perairan Pantai; yaitu daerah penangkapan ikan sampai dengan kedalaman perairan 25 meter.
 - Zona Perairan Lepas Pantai; daerah penangkapan ikan dengan kedalaman perairan 25 sampai 200 meter. Pemanfaatan perairan lepas pantai masih sangat rendah karena penggunaan alat dengan teknologi maju sangat terbatas.
 - Zona Perairan Laut Dalam; yaitu daerah penangkapan ikan pada perairan kedalaman lebih dari 200 meter. Penangkapan pada perairan laut dalam masih sangat terbatas. Perairan laut dalam mempunyai potensi ikan tuna dan cakalang yang dapat dipasarkan dalam negeri maupun untuk ekspor.
- ❖ Kawasan pesisir memiliki peranan penting untuk pengembangan sektor transportasi laut. Di pesisir Kota Padang terdapat Pelabuhan Teluk Bayur yang berfungsi sebagai pelabuhan untuk angkutan barang

dan penumpang. Selain itu juga terdapat Pelabuhan Muaro dan PPI Bungus.

- ❖ Pemanfaatan pesisir, laut dan pulau-pulau kecil untuk kegiatan pariwisata meliputi ; wisata pantai, berenang, menyelam memancing. Objek-objek wisata perairan yang dapat dinikmati antara lain terumbu karang, ikan hias, penyu, dan biota laut lainnya. Kegiatan wisata menikmati pemandangan bawah air melalui *snorkling* dan *scuba diving* atau dengan perahu kaca. Lokasi yang potensial untuk *snorkling* dan *scuba diving* adalah Pulau Pandan, Pulau Sinyaru, Pulau Air, Pulau Ular dan Pulau Sirindah. Sedangkan kegiatan wisata dengan perahu kaca di Pulau Pasumpahan, Pulau Setan, Pulau Sao, dan Pulau Sikuai.
- ❖ Pemanfaatan kawasan pesisir untuk kegiatan industri antara lain untuk industri yang berhubungan dengan perikanan, seperti industri pengolahan ikan, pembangunan kapal.
- ❖ Pemanfaatan kawasan pesisir dan pulau kecil untuk sektor pertanian umumnya adalah perkebunan kelapa dan cengkeh.
- ❖ Di sepanjang pesisir terdapat berbagai ekosistem yang spesifik seperti, hutan bakau, padang lamun, terumbu karang dan estuaria, yang sangat penting bagi keberlangsungan sumber daya perikanan. Pada beberapa

4.7. Konsep mitigasi bencana tsunami di Kota Padang

Setelah dianalisis tingkat risiko bencana tsunami yang mungkin terjadi di Kota Padang, dalam penelitian ini juga dibahas mengenai konsep mitigasi bencana khususnya bencana tsunami oleh pemerintah setempat dalam hal ini Pemerintah Kota Padang. Secara umum ada tiga tahapan upaya mitigasi yang diterapkan oleh Pemerintah Kota Padang untuk mengantisipasi berbagai kemungkinan yang ditimbulkan akibat bencana tsunami. Tiga tahapan tersebut meliputi; pra bencana, saat terjadi bencana dan pasca terjadinya bencana yang dapat dilihat dari berbagai bidang.

4.7.1. Pra bencana

Pada tahapan pra bencana, Pemerintah Kota Padang menggunakan konsep-konsep yang telah dan akan di terapkan di berbagai bidang diantaranya adalah:

1. Bidang kelembagaan dan sumberdaya manusia
 - a. Mengefektifkan fungsi dan tugas Satuan Koordinasi Pelaksanaan Penanggulangan Bencana Dan Penanganan Pengungsi (Satkorlak PBP)
 - b. Membentuk posko-posko di setiap kecamatan dan kelurahan yang dimotori oleh Karang Taruna melalui gerakan Taruna Siaga, Pramuka, dan pemuka masyarakat
 - c. Menetapkan keorganisasian penanganan bencana dan evakuasi
 - d. Menetapkan proses operasi tanggap darurat bencana
 - e. Mengefektifkan distribusi logistik
2. Bidang regulasi dan perencanaan
 - a. Mengevaluasi RTRW agar berbasis bencana
 - b. Membuat Perda Penanggulangan Bencana
 - c. Menetapkan Kawasan Rawan Bencana
 - d. Menyusun Renstra & Rencana Aksi Daerah Penanggulangan Bencana
 - e. Menyusun *Zoning Regulation* Kawasan Rawan Bencana
3. Bidang sarana dan prasarana
 - a. Menetapkan Peta dan Petunjuk Jalur Evakuasi serta Zona Relokasi yang dipasang di berbagai lokasi di Kota Padang



Gambar 23. Peta Sebaran Jalur Evakuasi di Jl. Khatib Sulaiman (Jalan Protokol)

- b. Merencanakan lanjutan penguatan pantai (*seawall*, krib pantai)



Gambar 24. *Sea Wall* yang ada pada Kawasan Pesisir pantai Kecamatan Padang Utara dan Padang Barat sepanjang 2.435 m'

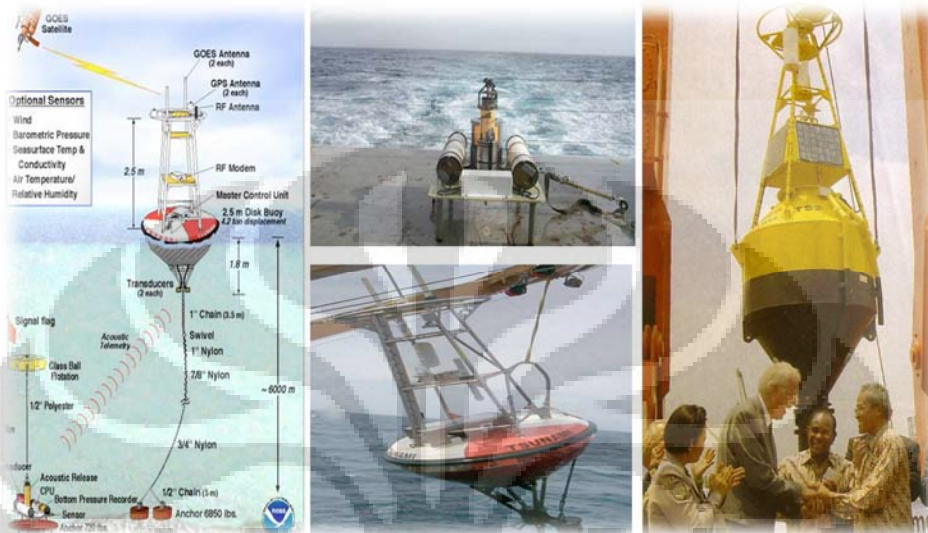
- c. Menetapkan dan membuat jalur evakuasi

Pada Tabel 41 (Lampiran 12) menjelaskan secara rinci jalur evakuasi bencana tsunami di Kota Padang. Penetapan jalur evakuasi dibutuhkan kajian yang lebih mendalam mengenai keadaan infrastruktur pendukung untuk agar jalur evakuasi yang ada dapat dimanfaatkan secara efektif jika terjadi bencana tsunami.



Gambar 25. Peta jalur dan titik-titik evakuasi bencana tsunami

- d. Pemasangan Alat Pendeteksi Gempa (*Early Warning System*) pada 2 titik (Nias & Mentawai) Bantuan dari Pemerintah Jerman bekerjasama dengan BBPT dan Kementerian Ristek RI.



Gambar 26. Pemasangan Alat Pendeteksi Gempa (*Early Warning System*) bantuan dari Pemerintah Jerman bekerjasama dengan BPPT dan Kementerian Ristek RI.

- e. Pemasangan alat peringatan dini (Sirene) pada tower-tower tertentu dalam daerah Kota Padang kerjasama dengan PT. Telkom (84 Tower).
- f. Siaga Telekomunikasi 24 Jam.
4. Bidang sosial dan ekonomi
- a. Menyusun kurikulum siaga bencana
 - Memasukan Pengetahuan Bencana pada Kurikulum Sekolah.
 - Mempraktekan Prosedur Tetap Penanganan Bencana Sekolah
 - Pelatihan Evakuasi Bencana Pada Jam Belajar
 - Memanfaatkan Tenaga Guru, Pramuka, dan PMR Sebagai Satuan Tugas Siaga Bencana Sekolah.
 - b. Sosialisasi dan simulasi penanggulangan bencana terhadap kelompok masyarakat dan pelajar



SUASANA SAAT SIMULASI EVAKUASI TSUNAMI

Gambar 27. Suasana pada saat simulasi evakuasi bencana tsunami

4.7.2. Pada saat terjadi bencana dan pasca bencana

Saat terjadi bencana dan pasca bencana yang dilakukan oleh pemerintah dan instansi terkait setempat diantaranya adalah:

- a. Pendirian posko bencana
- b. Evakuasi korban
- c. Pemberian bantuan tanggap darurat
- d. Mobilisasi & distribusi bantuan
- e. Identifikasi kerusakan

BAB 5

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1. Pengolahan data spasial dari citra satelit

5.1.1. Pengolahan citra awal (*Pre processing*)

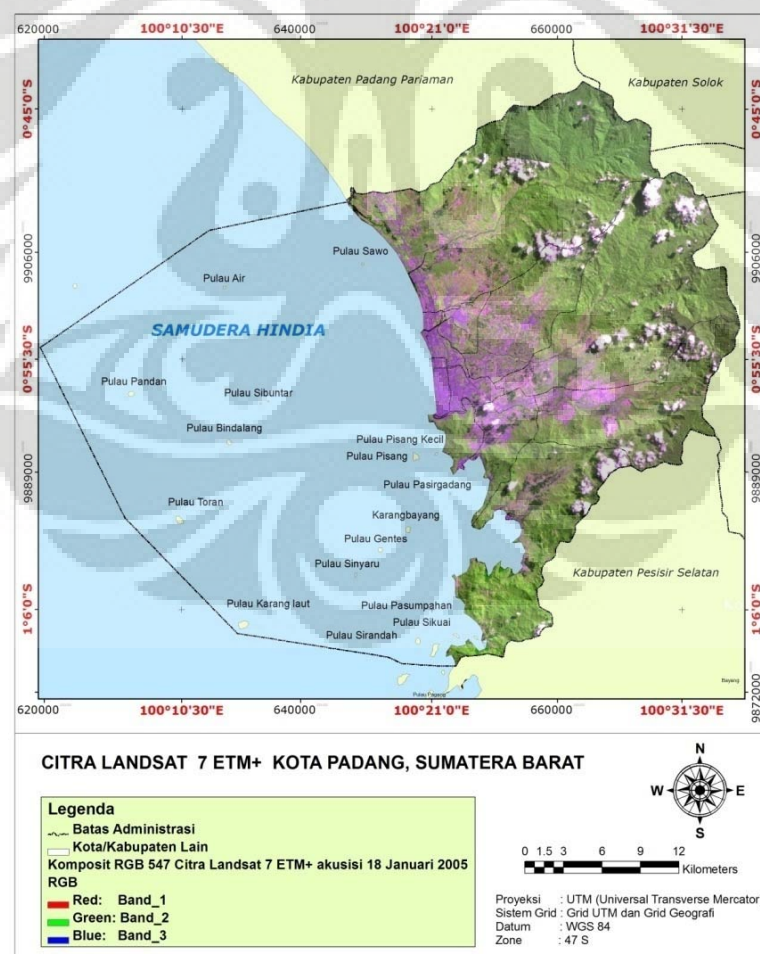
Tingkat risiko bencana tsunami yang dihasilkan dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode *Cell Based Modelling* yang menggunakan data raster, dimana salah satu data utamanya adalah citra satelit. Citra satelit yang digunakan adalah Citra Landsat 7/ETM+ *path/row* 127/61 akusisi 18 Januari 2005. Citra tersebut digunakan karena selain harga terjangkau, resolusi spasialnya cukup tinggi yaitu 30x30 m, sehingga dapat mewakili pemetaan risiko tsunami untuk skala kabupaten / kota. Data citra yang diperoleh dalam penelitian ini sudah terkoreksi baik secara radiometrik maupun geometrik. Akan tetapi, untuk mendapatkan data dan hasil yang lebih akurat, dilakukan pengkoreksian ulang secara radiometrik dan geometrik.

Koreksi radiometrik citra dilakukan untuk mengurangi pengaruh hamburan atmosfer yang mempengaruhi nilai spektral citra. Metode yang biasa digunakan dalam koreksi ini adalah metode penyesuaian histogram (*histogram adjustment*), karena dapat dilakukan dengan mudah, tidak menggunakan algoritma yang rumit serta memberikan hasil yang baik. Pada metode ini nilai respon terendah dari setiap band adalah nol, sehingga nilai minimumnya sama yaitu nol. Seluruh band pada citra satelit yang akan digunakan telah memiliki nilai spektral nol dan nilai spektral maksimum 255, sehingga pengolahan langsung dilanjutkan dengan koreksi geometrik. Koreksi geometrik citra dilakukan dengan metode rektifikasi (*image to image rectification*) dengan acuan citra akusisi tanggal 9 Maret 2000 dan *path/row* yang sama. Metode rektifikasinya adalah *polynomial* dan tipe resampling citra adalah *nearest neighbour* dengan mengambil beberapa titik kontrol bumi (*Ground Control Point*). GCP yang diambil adalah sebanyak 30 titik yang menyebar merata pada permukaan objek daratan pada citra. Kualitas pada GCP yang digunakan cukup baik dengan nilai *Root Mean Square Error* (RMSE) yang kecil yaitu 0.261 (Lampiran 1). Ini berarti simpangan kesalahan

yang dapat ditoleransi adalah 7.845 m (didapatkan dari perkalian RMSE dengan piksel Citra Landsat). RMSE merupakan sebuah standar pengukuran statistik yang menjelaskan perbedaan antara lokasi titik yang sebenarnya di alam (*actual point location*) dan lokasi titik yang diestimasi secara matematik (Earth Resource Mapping Ltd., 2008). Nilai RMSE sebaiknya kurang dari satu piksel. Hal ini berarti bahwa rata-rata kesalahan di titik lokasi (X,Y) kurang dari satu sel citra.

5.1.2. Ekstraksi data citra

Citra Landsat 7 ETM+ ini dikomposit dengan menggunakan kombinasi band 547 untuk dapat melihat penggunaan lahan dan kondisi geografis secara jelas (Gambar 28). Dari variabel-variabel yang mempengaruhi tingkat risiko bencana tsunami ada beberapa variabel yang tidak digunakan dalam proses analisis spasial pada penelitian ini karena menunjukkan homogenitas dari variasi spasialnya pada daerah kajian.



Gambar 28. Komposit RGB 547 Citra Landsat 7 ETM+ akusisi 18 Januari 2005

5.2. Survei lapangan

Survei lapangan yang dilakukan pada tanggal 2-20 Maret 2009 bertujuan untuk mengetahui kondisi daerah penelitian, verifikasi variabel yang akan digunakan untuk pemetaan dalam analisis tingkat risiko bencana tsunami, melakukan wawancara dengan masyarakat, komunitas sekolah, dan otoritas pemerintah daerah setempat. Survei dilakukan pada 11 kecamatan dimana posisi, koordinat titik pengamatan, dan dokumentasi disajikan pada Lampiran 2. Pengamatan yang dilakukan pada saat survei lapangan adalah melihat dan melakukan pengamatan terhadap kondisi pemukiman pesisir, ekosistem pesisir, mencari informasi mengenai konsep mitigasi bencana baik yang sudah diterapkan dan yang akan diterapkan baik dalam jangka waktu pendek maupun dalam jangka waktu yang panjang, serta memahami kondisi kesiapsiagaan dari masyarakat yang berada pada daerah pesisir, komunitas sekolah, serta kapasitas penanggulangan bencana dari pemerintah daerah. Pada saat survei lapangan, juga dilakukan wawancara dan konsultasi dengan pihak-pihak instansi yang berkaitan dengan topik penelitian diantaranya adalah dari BAPPEDA Kota Padang, Badan Penanggulangan Bencana Kota Padang, Dinas Tata Ruang dan Bangunan Kota Padang, Dinas Kelautan dan Perikanan Kota Padang, Dinas Pariwisata Kota Padang, Stasiun Maritim Teluk Bayur, dan KOGAMI Kota Padang.

Pada penelitian ini juga dilakukan wawancara dengan pakar kebencanaan dilakukan dengan beberapa ahli tsunami dan kegempaan dari berbagai instansi dan lembaga kajian tsunami yang ada, diantaranya : BMKG, BPPT, LIPI, DKP, BNPB, KNRT, dan KOGAMI.

5.3. Analisis variabel kerawanan bencana tsunami

Variabel kerawanan bencana tsunami pada penelitian ini terdiri dari jarak dari sumber penyebab tsunami, morfologi dan elevasi bawah laut, pulau-pulau penghalang, ekosistem pesisir, serta *run up* dan inundasi tsunami. Dari variabel-variabel yang digunakan dalam penilaian tingkat risiko bencana tsunami dengan menggunakan *Cell Based Modelling* hanya hasil permodelan *run up* dan inundasi tsunami yang digunakan sebagai variabel kerawanan bencana tsunami sehingga dapat dihasilkan peta kerawanan bencana tsunami di Kota Padang.

5.3.1. Jarak dari sumber penyebab tsunami

Peran variabel ini diketahui dengan cara mengklasifikasi jarak daerah penelitian terhadap sumber penyebab tsunami menjadi beberapa kelas. Klasifikasi variabel ini didasarkan pada berbagai pustaka yang dikaji, diskusi dengan pakar tsunami dan disesuaikan dengan kondisi daerah penelitian.

Berdasarkan data citra yang digunakan, diketahui bahwa daerah penelitian ini berada di pantai Sumatera Barat yang posisinya juga terletak di jajaran kepulauan Mentawai. Posisi tersebut sangat dekat dengan pertemuan lempeng Indo-Australia dan lempeng Eurasia. Posisi yang dekat dengan pertemuan dua lempeng tersebut menjadikan daerah ini juga dekat dengan sumber-sumber gempa yang terjadi di Laut.

Dari data sebaran titik-titik sejarah kejadian gempa seperti yang ditampilkan pada Lampiran 3 dan 4, titik terjauh yang diidentifikasi dari daratan Kota Padang adalah 316 km. Jika terjadi gempa di daerah tersebut, dapat menimbulkan tsunami di daerah Kota Padang. Tsunami yang ditimbulkan tersebut merupakan jenis *near field tsunami* yang mempunyai jarak tempuh kurang dari 1000 km dari pusat gempa di laut.

Dari data yang diperoleh, sumber-sumber gempa yang dapat menimbulkan tsunami ditampilkan dalam bentuk titik-titik yang tersebar di sekitar laut yang berhadapan dengan Kota Padang. Titik-titik sejarah gempa laut tersebut kemudian dijadikan acuan untuk menetapkan skenario yang digunakan untuk permodelan risiko bencana tsunami (Lampiran 3 dan 4).

Dari sebaran titik-titik gempa tersebut dilakukan deliniasi untuk mendapatkan jarak dari sumber gempa, maka pada penelitian ini jarak pantai dari sumber gempa yang dapat menimbulkan tsunami di wilayah Kota Padang pengaruhnya terhadap tingkat kerawanan bencana tsunami di Kota Padang dianggap homogen. Homogenitas jarak dari sumber gempa dan juga posisi daerah yang deliniasi didasarkan pada model simulasi, maka variabel ini juga tidak digunakan ke dalam perhitungan *Cell Based Modelling* dan hanya digunakan sebagai informasi tambahan untuk menjelaskan sebaran titik – titik data historis gempa yang berpotensi mengakibatkan terjadinya tsunami.

5.3.2. Pulau penghalang

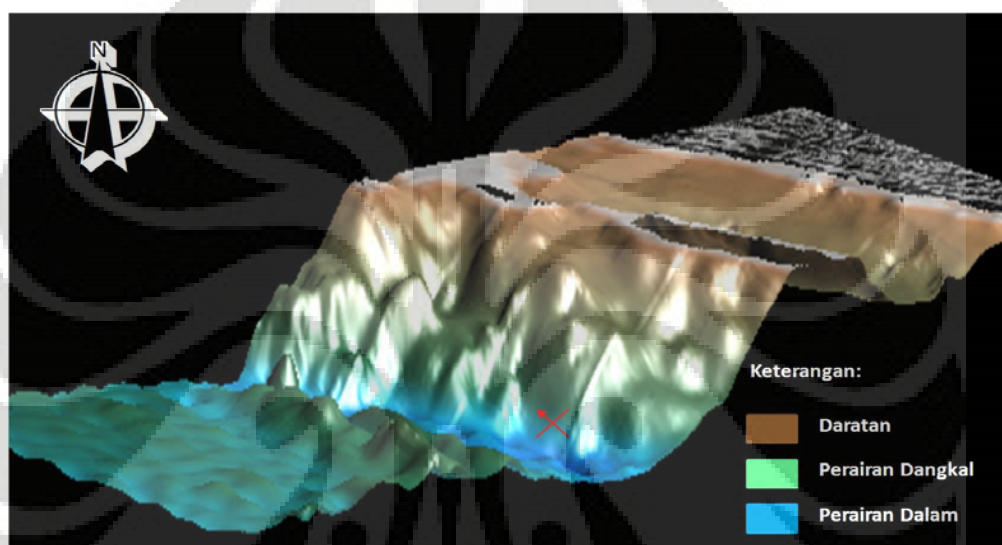
Dari berbagai pustaka yang dikaji, tidak ada bentuk baku untuk klasifikasi pulau penghalang untuk menentukan tingkat bahaya dan risiko bencana tsunami. Untuk itu klasifikasi variabel ini berikut skor pada masing-masing kelasnya dan juga pemobotannya berdasarkan justifikasi ilmiah. Justifikasi ilmiah tersebut berdasarkan kajian pustaka, diskusi dengan pakar tsunami dan disesuaikan dengan kondisi daerah penelitian.

Pada penelitian ini sebenarnya telah dikelaskan 3 kelas klasifikasi yaitu : ada pulau penghalang besar, ada pulau penghalang kecil, tidak ada pulau penghalang. Setelah dianalisis, hanya ada satu kelas klasifikasi untuk identifikasi daerah bahaya tsunami yaitu kelas ada pulau penghalang berukuran besar yaitu kelas daerah yang berada dibelakang pulau penghalang yang besar karena wilayah Kota Padang berada di belakang pulau yang besar yaitu Kabupaten Kepulauan Mentawai. Ukuran pulau ini lebih besar dibanding luasan wilayah Kota Padang dan posisinya tepat menutupi seluruh Kota Padang dari daerah gempa. Kelas pulau penghalang berukuran kecil dan kelas tidak ada pulau penghalang mungkin dapat digunakan jika daerah penelitian lebih luas misalnya skala propinsi atau lebih luas lagi. Hal ini dikarenakan hanya ada satu pulau penghalang yang besar yaitu pulau Siberut yang menghalangi seluruh wilayah kota padang dan berhadapan langsung dengan patahan yang menurut para ahli juga merupakan daerah sumber gempa yang berpotensi menimbulkan tsunami. Pulau Siberut tersebut mempunyai peran untuk mereduksi gelombang tsunami yang muncul dari sumber penyebab yang berada di sebelah barat Pulau Siberut.

Berdasarkan pertimbangan di atas, maka variabel adanya pulau penghalang tidak digunakan dalam perhitungan *Cell Based Modelling*, karena daerah kajian memiliki homogenitas dalam hal ada tidaknya pulau penghalang yang menjadi pelindung sumber penyebab tsunami dengan Kota Padang. Dari peta dengan skala yang lebih luas dapat dideskripsikan bahwa Kota Padang mempunyai tingkat kerawanan bencana tsunami yang lebih rendah dibanding dengan daerah lain jika ditinjau dari variabel keberadaan pulau penghalang. Secara lengkap peran variabel pulau penghalang dapat dilihat pada Lampiran 3.

5.3.3. Morfologi dan lereng dasar laut

Variabel ini tidak digunakan karena kondisi morfologi dasar laut di wilayah Kota Padang bersifat homogen dengan kondisi dasar yang landai, datar atau tidak bergelombang landai dan tidak berbukit. Kondisi morfologi yang homogen tersebut tidak berpengaruh signifikan terhadap tingkat bahaya dan risiko bencana tsunami di wilayah Kota Padang. Homogenitas kondisi morfologi dasar laut tersebut diketahui dari pengolahan data batimetri melalui *software* ER MAPPER 7.0. Hasil pengolahan data tersebut diperlihatkan pada Gambar 29.



Gambar 29. Permodelan morfologi dan lereng dasar laut perairan Kota Padang

Gambar 29 di atas merupakan tampilan tiga dimensi dari data batimetri daerah Kota Padang. Tampilan yang berwarna hijau muda dan coklat merupakan tampilan dari morfologi daratan sedangkan tampilan yang berwarna biru merupakan tampilan dari kondisi morfologi dasar laut. Tanda silang berwarna merah merupakan posisi patahan lempeng tektonik yang merupakan sumber gempa. Daerah tampilan hijau muda yang terpisah dari daerah tampilan coklat merupakan daerah kepulauan mentawai. Dari arah barat atau sebelah kiri kepulauan mentawai, dapat dilihat bahwa bentuk morfologi dasar laut tampak tidak ada perbedaan yang nyata atau relatif tidak bergelombang sehingga dapat dikatakan bahwa daerah morfologi dasar laut daerah Kota Padang relatif homogen. Data batimetri juga digunakan untuk membuat profil kontur batimetri di perairan Kota Padang seperti diperlihatkan pada Gambar 56 (Lampiran 5).

Variabel ini mungkin dapat digunakan jika penelitian dilakukan pada daerah yang lebih luas, misalnya skala propinsi atau lebih karena variasi morfologi dan elevasi lereng bawah laut akan mempengaruhi tingkat kerawanan dan risiko bencana tsunami antara suatu daerah dengan daerah yang lainnya. Pada Gambar daerah Kepulauan Mentawai terlihat seperti tebing atau lereng yang curam jika dilihat dari arah barat (sebelah kiri) kepulauan mentawai. Ini menunjukkan bahwa daerah ini merupakan daerah patahan atau merupakan palung laut. lereng yang curam tersebut juga tampak homogen. Kondisi lereng dasar laut yang homogen tersebut menyebabkan variabel lereng dasar laut tidak digunakan. Hal ini sekaligus mendeskripsikan bahwa tidak ada perbedaan tingkat kerawanan dan risiko bencana tsunami yang signifikan di daerah penelitian yang disebabkan oleh variabel tersebut.

Jika penelitian dilakukan pada daerah yang lebih luas misalnya skala propinsi atau lebih, mungkin terdapat lereng dasar laut yang tidak homogen. Jika ditemukan kondisi lereng dasar laut yang beragam pada daerah penelitian yang lebih luas tersebut, maka perlu dilakukan klasifikasi terhadap variabel ini untuk menentukan tingkat kerawanan dan risiko bencana tsunami

5.3.4. Ekosistem pesisir

Ekosistem pesisir yang mempunyai pengaruh terhadap gelombang tsunami adalah ekosistem hutan mangrove, lamun dan terumbu karang. Ditinjau dari keberadaan ekosistem mangrove di wilayah Kota Padang keberadaan hutan mangrove sangat sedikit. Wilayah Kota Padang sebagian besar berhadapan langsung dengan laut. Sedangkan sebaran lamun dan terumbu karang bersifat lokal dan sempit mengelilingi pulau-pulau kecil di depan pulau utama. Keberadaan ekosistem pesisir yang sedikit mengakibatkan ekosistem ini tidak mempunyai pengaruh yang signifikan untuk menurunkan tingkat risiko bencana tsunami. Kondisi sebaran mangrove, lamun, dan terumbu karang, di daerah penelitian ini diperlihatkan pada Gambar 57 (Lampiran 5). Gambar tersebut memperlihatkan bahwa keberadaan ekosistem terumbu karang tidak memberikan pengaruh yang signifikan untuk menurunkan tingkat kerawanan dan risiko bencana tsunami di wilayah Kota Padang.

Oleh karena keberadaan ketiga ekosistem ini tidak mempunyai pengaruh yang signifikan untuk menurunkan tingkat kerawanan bencana tsunami di daerah penelitian ini, maka variabel ekosistem pesisir ini tidak digunakan untuk menentukan tingkat risiko bencana tsunami di Kota Padang.

Dari peta sebaran ekosistem pesisir di Kota Padang, hutan mangrove hanya ditemukan di Kecamatan Bungus Teluk Kabung, dan Lubuk Begalung. Mangrove juga dominan di terdapat disekitar pulau – pulau kecil. Ekosistem mangrove yang dominan di Kota Padang adalah jenis *Rhizophora*. *Rhizophora* adalah jenis mangrove yang paling mampu maredam abrasi dan tinggi gelombang tsunami dibanding jenis lainnya. Akan tetapi, luasannya yang sempit mengakibatkan keberadaan mangrove ini tidak berpengaruh secara signifikan untuk menurunkan tingkat bahaya tsunami. Terumbu karang jarang hidup di kedalaman 40-60 m, dan hidup menyebar di pesisir pulau – pulau kecil, sedangkan karang mati luasannya lebih luas dibandingkan dengan terumbu karang yang hidup diduga karena karakteristik pengaruh gelombang yang cukup besar di perairan Samudera Hindia. Tabel 20 menunjukkan data luasan ekosistem pesisir di wilayah Kota Padang.

Tabel 20. Data luasan ekosistem pesisir

No	Jenis Ekosistem	Luasan (Ha)
1	Mangrove	64,45
2	Terumbu karang hidup	435,27
3	Karang mati	1.283,42
4	Lamun	38,35

Sumber: Profil kelautan dan perikanan Kota Padang, BAPPEDA, 2008

Berdasarkan Tabel 20 diatas dapat dilihat bahwa ekosistem terumbu karang merupakan ekosistem yang paling luas, akan tetapi didominasi oleh karang mati. Hal ini juga diduga karena pengaruh faktor lingkungan dan aktivitas masyarakat yang menangkap ikan dengan cara-cara yang tidak ramah lingkungan, sehingga banyak karang yang mati. Keberadaan ekosistem pesisir merupakan penghalang pertama untuk maredam energi gelombang tsunami, sehingga dibutuhkan suatu upaya untuk memperbaiki ekosistem pesisir di Kota Padang agar risiko tsunami dapat diperkecil.

5.3.5. Kenaikan muka air (*run up*) dan inundasi (genangan) tsunami

Solusi mekanisme fokal dari beberapa pusat gempa, umumnya menunjukkan tipe sesar naik. Sumber patahan seperti ini jika mempunyai magnitude lebih besar dari atau sama dengan 7 Skala Richter sangat berpotensi sebagai pembangkit tsunami. Letak Kota Padang yang berada di Pantai Barat Sumatra, yang berbatasan langsung dengan laut terbuka (*Samudra Hindia*) dan zona tumbukan aktif dua lempeng menjadikan Padang menjadi salah satu kota paling rawan bahaya tsunami. Gempa tektonik sepanjang daerah subduksi dan adanya seismik aktif, dapat mengakibatkan gelombang yang luar biasa dahsyat.

Dari catatan sejarah bencana, tsunami besar pernah melanda Sumatera Barat pada 1797 dan 1833. Untuk kejadian bencana tsunami yang bersumber dari gempa yang berada di Sumatera Barat dapat dilihat pada Tabel 21 berikut ini.

Tabel 21. Informasi data historis gempa dan tsunami di Kota Padang

Year	Mon	Day	Hour	Min	Sec	Lat	Lon	Ms	I	N	C	V	TR	BR	Source
1797	2	10	0	0	0	-1	100	8				4			TURMINA
1833	9	25	0	0	0	-1.5	100	9	1.5	1	T	3	IND	SG1	TURMINA
1922	4	10	0	0	0	-1	100	6.5		0	U	1	IND	SG1	TURMINA

Sumber : LIPI, 2006

Berdasarkan pada catatan tersebut, dapat dibuat skenario terpaan tsunami. Dari skenario tersebut, tsunami pada tahun 1833 memiliki dampak tsunami yang terbesar hingga menyapu sepertiga Kota Padang. Dari data elevasi dan batimetri yang ada dapat dibuat simulasi permodelan dengan menggunakan *software* permodelan TURMINA yang diinisiasi oleh BPPT yang merupakan turunan dari *software* permodelan TUNAMI N-2 yang dikembangkan oleh pemerintah Jepang.

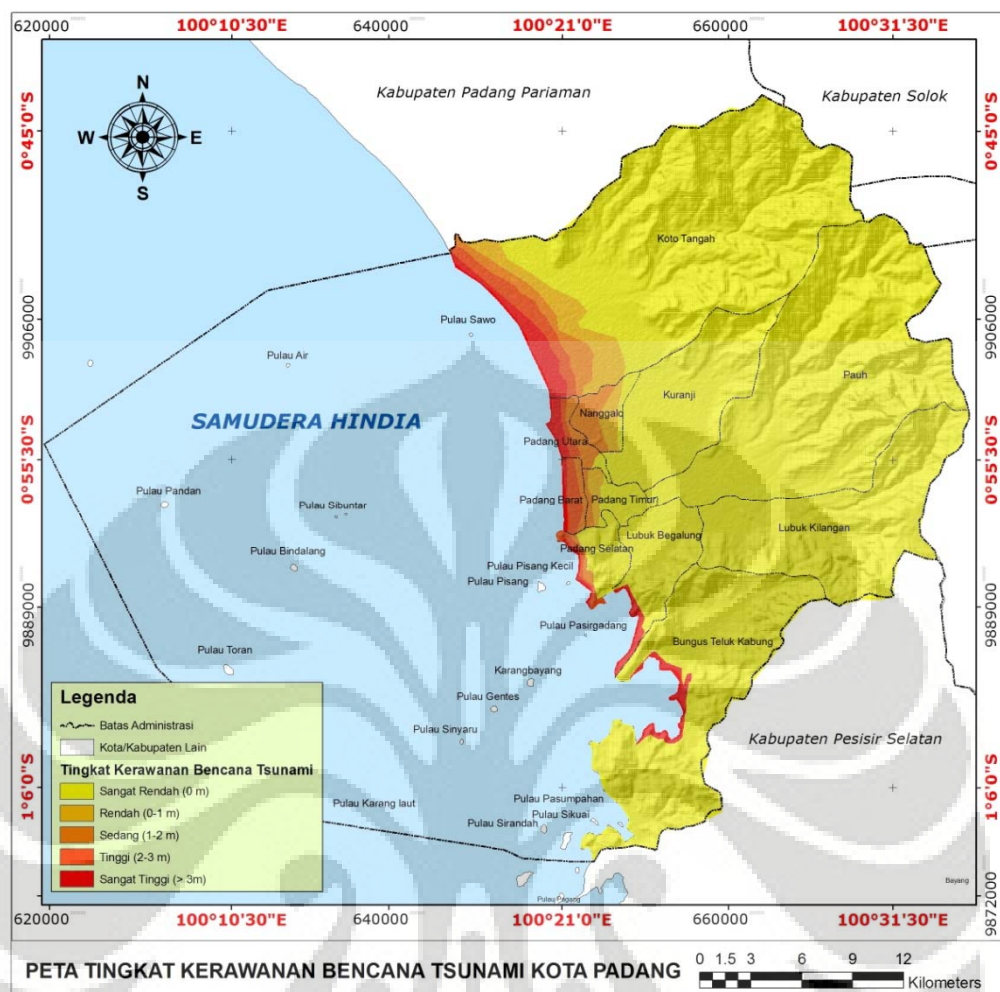
Hasil simulasi merupakan skenario terburuk sampai saat ini yang diawali dengan terjadinya slip vertikal sepanjang 20 meter di dasar laut, tsunami akan ditandai dengan terjadinya gempa bumi besar diatas 9 Skala Richter selama lebih dari 1 menit tanpa terputus, yang terjadi di dasar laut pada kedalaman 70 m dibawah permukaan laut. Terpaan pertama akan datang selang antara 20-40 menit setelah terjadinya gempa tersebut. Tsunami akan menerpa Kota Padang dengan kenaikan muka air (*run up*) bervariasi antara 5-16 meter. Ketinggian 16 meter

akan terjadi pada daerah teluk. Seperti daerah Teluk Bayur dan Sungai Pisang. Didaerah padat penduduk seperti Kecamatan Koto Tangah, Padang Utara dan lainnya, gelombang diperkirakan akan datang dengan ketinggian 5-6 meter. Sedangkan ketinggian inundasi (genangan) yang menunjukkan bahaya tsunami dapat diklasifikasikan menjadi 5 kelas tingkat kerawanan yaitu : kelas tingkat kerawanan sangat tinggi (> 3 m), tinggi (2-3 m), sedang (1-2 m), rendah (0-1 m), sangat rendah (0 m/ tidak tergenang) (Tabel 22).

Tabel 22. Bahaya tsunami Kota Padang

No	Kecamatan	Luas Total (Ha)	Bahaya Tsunami	Luas Bahaya tsunami (Ha)	Luas Bahaya Tsunami (%)
1	Koto Tangah	21594	>3 m	248	1,14
	Koto Tangah		>3 m	692	3,20
	Koto Tangah		>3 m	342	1,58
	Koto Tangah		>3 m	647	2,99
	Koto Tangah		>3 m	19665	91,06
2	Pauh	15953	0-1 m	15953	100
3	Kuranji	5795	0-1 m	5795	100
4	Nanggalo	1112	>3 m	19	1,70
	Nanggalo		2-3 m	36	3,23
	Nanggalo		1-2 m	87	7,82
	Nanggalo		0-1 m	970	87,23
5	Padang Utara	617	>3 m	84	13,61
	Padang Utara		>3 m	328	53,16
	Padang Utara		2-3 m	93	15,07
	Padang Utara		1-2 m	20	3,24
	Padang Utara		0-1 m	92	14,91
6	Lubuk Kilangan	8362	0-1 m	8362	100
7	Padang Timur	639	2-3 m	14	2,19
	Padang Timur		1-2 m	157	24,56
	Padang Timur		0-1 m	468	73,23
8	Padang Barat	508	>3 m	80	15,74
	Padang Barat		>3 m	283	55,70
	Padang Barat		2-3 m	145	28,54
9	Lubuk Begalung	2711	>3 m	24	0,88
	Lubuk Begalung		0-1 m	2687	99,11
10	Padang Selatan	1119	>3 m	30	2,68
	Padang Selatan		>3 m	20	1,78
	Padang Selatan		2-3 m	7	0,62
	Padang Selatan		0-1 m	1060	94,72
11	Bungus Teluk Kabung	9975	>3 m	140	1,40
	Bungus Teluk Kabung		0-1 m	9836	98,60
12	Pulau	164	>3 m	164	100

Sumber : Analisis data tahun 2007 (BPPT)



Gambar 30. Peta rawan bencana tsunami hasil permodelan genangan tsunami

Gambar 30 adalah peta rawan bencana tsunami yang dibuat berdasarkan data ketinggian inundasi yang menunjukkan tingkat bahaya atau kerawanan bencana tsunami. Tingkat kerawanan ini diklasifikasi menjadi 5 kelas berdasarkan ketinggian genangan tsunami maksimum yang dihasilkan. Untuk daerah dengan ketinggian inundasi > 3 meter diklasifikasikan sebagai daerah sangat rawan, 2-3 meter diklasifikasikan sebagai daerah rawan, 1-2 meter diklasifikasikan sebagai daerah kerawanan sedang, 0-1 meter diklasifikasikan sebagai daerah aman atau tingkat kerawanan rendah, sedangkan daerah yang tidak tergenang tsunami (0 meter) diklasifikasikan sebagai daerah aman atau tingkat kerawanannya sangat rendah.

Variabel *run up* dan inundasi tsunami diberi bobot 20, karena variabel ini sangat mempengaruhi tingkat risiko bencana tsunami di Kota Padang. Untuk

daerah dengan ketinggian inundasi > 3 meter dan diklasifikasikan sebagai daerah sangat rawan diberi skor paling besar yaitu 5, sehingga mempunyai nilai 100. Sedangkan daerah yang tidak tergenang tsunami (0 meter) dan diklasifikasikan sebagai daerah aman atau tingkat kerawanannya sangat rendah diberi skor yang paling kecil yaitu 1, sehingga mempunyai nilai 5. Pengolahan data pada *software* ArcGis 9.2 dapat diketahui luas daerah kerawan tsunami pada Tabel 23.

Tabel 23. Luasan daerah rawan bencana tsunami Kota Padang

No	Tingkat Kerawanan	Jumlah Sel	Luas (m ²)	Luas (Ha)	Persentase (%)
1	Sangat rendah	677.567	609.810.300	60.981,03	89,41
2	Rendah	22.126	19.913.400	1.991,34	2,92
3	Sedang	22.135	19.921.500	1.992,15	2,92
4	Tinggi	15.701	14.130.900	1.413,09	2,07
5	Sangat tinggi	20.329	18.296.100	1.829,61	2,68
<i>Total</i>		757.858	682.072.200	68.207,22	100,00

Dari Tabel 23 diatas didapatkan luasan daerah hasil klasifikasi tingkat kerawanan bencana tsunami di Kota Padang, dimana kelas tingkat kerawanan sangat tinggi mempunyai luasan 2,68 % dari luas total yang tersebar di sekitar pesisir Kota Padang, yaitu Kecamatan Koto Tangah bagian barat, Padang Utara, Padang Barat, Lubuk Begalung, Padang Selatan dan Bungus Teluk Kabung bagian barat. Sedangkan untuk kelas dengan tingkat kerawanan sangat rendah atau daerah yang sangat aman mempunyai persentase sebesar 89, 41 % dari luas total yang tersebar di sebagian Kecamatan Koto Tangah bagian timur, Kuranji, Pauh, Lubuk Kilangan dan Bungus Teluk Kabung bagian timur.

Kelas kerawanan sangat tinggi merupakan daerah yang berisiko sangat tinggi terhadap bencana tsunami. Berdasarkan pengukuran dengan menggunakan *tools measure* diketahui jarak jangkauan tsunami (inundasi) maksimum pada wilayah kerawanan tinggi adalah ± 5 km ke darat. Besarnya kemungkinan jangkauan limpasan tsunami yang masuk ke daratan tersebut menunjukkan pula batas kawasan rawan tsunami. Setiap kecamatan memiliki tinggi *run up* dan inundasi tsunami yang bervariasi. Hal ini dipengaruhi oleh kondisi fisik lingkungan di masing-masing wilayah tersebut, yang akan dibahas lebih lanjut pada analisis variabel kerentanan.

5.4. Analisis variabel kerentanan (*vulnerability*) bencana tsunami

Daerah yang berpotensi tinggi rawan bencana tsunami, belum tentu memiliki tingkat kerentanan dan tingkat risiko yang tinggi terhadap tsunami. Besar kecilnya risiko tsunami sangat tergantung dari kondisi sosial, ekonomi, budaya dan fisik lingkungan sekitarnya (Diposaptono dan Budiman, 2006). Pada penelitian ini variabel yang dikelaskan adalah variabel kerentanan fisik lingkungan, infrastruktur wilayah, dan sosial kependudukan.

Dari berbagai pustaka yang dikaji, tidak ada bentuk baku untuk klasifikasi variabel kerentanan bencana tsunami untuk menentukan tingkat risiko bencana tsunami. Untuk itu klasifikasi variabel-variabel ini berikut skor pada masing-masing kelasnya dan juga pemobotannya baik itu kerentanan fisik lingkungan, infrastruktur wilayah, dan sosial kependudukan, berdasarkan justifikasi ilmiah. Justifikasi ilmiah tersebut berdasarkan kajian pustaka, diskusi dengan pakar tsunami, kegempaan, dan kebencanaan serta disesuaikan dengan kondisi daerah penelitian.

5.4.1. Kerentanan fisik lingkungan

Dari variabel kerentanan fisik lingkungan yang mempengaruhi tingkat risiko bencana tsunami seluruh variabel digunakan dalam proses analisis spasial pada penelitian ini. Analisis spasial tingkat kerentanan fisik lingkungan terhadap bencana tsunami di Kota Padang dalam penelitian ini didasarkan pada 4 variabel yang mempengaruhi tingkat risiko bencana tsunami. Variabel tersebut antara lain elevasi (ketinggian) daratan, kemiringan (*slope*) daratan, morfologi garis pantai, dan jarak dari garis pantai. Variabel tersebut diperoleh dari berbagai pustaka terkait, diskusi dengan pakar tsunami dan disesuaikan dengan kondisi daerah penelitian. Pengaruh masing-masing variabel tersebut akan diuraikan sebagai berikut:

5.4.1.1. Elevasi (ketinggian) daratan

Dari analisis awal dihasilkan model tingkat kerentanan bencana tsunami sesuai (*realistic*) untuk digunakan sebagai pemodelan tingkat risiko bencana tsunami di Kota Padang. Untuk itu model klasifikasi ini diputuskan untuk

digunakan sebagai salah satu penentu tingkat risiko bencana tsunami di Kota Padang dalam perhitungan *Cell Based Modelling*. Variabel ini diberi bobot 15 dan diklasifikasikan menjadi 5 kelas. Bobot 15 merupakan bobot terbesar seperti variabel *run up* dan inundasi tsunami sebagai variabel kerawanan. Pemberian bobot tersebut didasarkan pada pengaruh variabel elevasi daratan yang juga signifikan terhadap penetrasi gelombang tsunami ke arah daratan sehingga juga mempengaruhi tingkat risiko bencana tsunami di suatu wilayah.

Dari bobot dan skor di atas, maka nilai pada kelas-kelas elevasi daratan berkisar 15 sampai 75. Kisaran nilai tersebut diperoleh dari mengalikan bobot dan skor yang diberikan pada variabel elevasi daratan. Klasifikasi elevasi daratan tersebut dideskripsikan dengan jelas pada Gambar 58 (Lampiran 6).

Pada Gambar tersebut kelas-kelas elevasi ditampilkan secara berurutan dari kelas ke-1 sampai ke-5 dengan warna yang berbeda-beda. Nilai-nilai kelas dari yang terkecil yaitu 15 sampai yang terbesar yaitu 75 secara berurutan mengikuti kelas terkecil yaitu kelas ke-1 sampai kelas yang terbesar yaitu kelas ke-5. Kelas ke-1 merupakan kelas yang mempunyai kisaran elevasi tertinggi yaitu lebih dari 20 meter di atas permukaan laut, yang ditunjukkan dengan warna hijau. Pada kelas ini mempunyai nilai yang paling kecil daripada kelas yang lain yaitu 15. Nilai terkecil tersebut mendeskripsikan bahwa daerah pada kelas elevasi di atas 20 meter mempunyai tingkat kerentanan bencana tsunami yang rendah. Kelas ke-5 merupakan kelas yang mempunyai kisaran elevasi yang terendah yaitu antara 0 sampai 5 meter di atas permukaan laut. Pada Gambar 58 (Lampiran 6) ditunjukkan dengan warna coklat. Kelas ini mempunyai nilai terbesar yaitu sebesar 75. Nilai terbesar tersebut mendeskripsikan bahwa daerah pada kelas elevasi terendah mempunyai tingkat kerentanan bencana tsunami yang besar.

Dari Gambar 58 (Lampiran 6) tersebut dapat kita lihat bahwa ditinjau dari variabel elevasi daratan, semakin rendah elevasi suatu daerah di daratan maka daerah tersebut mempunyai tingkat kerentanan bencana tsunami yang semakin besar. Sebaliknya semakin tinggi elevasi suatu daerah di daratan maka daerah tersebut mempunyai tingkat kerentanan bencana tsunami yang semakin kecil. Dilihat dari variabel elevasi daratan, wilayah Kota Padang bagian barat mempunyai tingkat kerentanan yang besar. Daerah tersebut mempunyai tingkat

kerentanan yang tinggi karena daerah tersebut mempunyai elevasi yang lebih rendah dibanding dengan wilayah bagian timur Kota Padang. Sedangkan wilayah Kota Padang bagian timur mempunyai tingkat kerawanan yang lebih rendah karena daerah tersebut mempunyai elevasi yang lebih tinggi dibanding dengan wilayah bagian barat Kota Padang. Pengolahan data pada *software* ArcGis 9.2 dapat diketahui luas daerah kerawanan tsunami pada Tabel 24.

Tabel 24. Luasan daerah kerentanan elevasi daratan terhadap bencana tsunami

No	Tingkat Kerentanan	Jumlah Sel	Luas (m ²)	Luas (Ha)	Persentase (%)
1	Sangat rendah	616.127	554.514.300	55.451,430	81,30
2	Rendah	16.558	14.902.200	1.490,220	2,18
3	Sedang	27.108	24.397.200	2.439,720	3,58
4	Tinggi	53.343	48.008.700	4.800,870	7,04
5	Sangat tinggi	44.722	40.249.800	4.024,980	5,90
<i>Total</i>		757.858	682.072.200	68.207,22	100,00

Dari Tabel 24 diatas didapatkan luasan daerah hasil klasifikasi tingkat kerentanan elevasi daratan terhadap bencana tsunami di Kota Padang, dimana kelas tingkat kerentanan sangat tinggi (elevasi 0-5 meter dpl), mempunyai luasan 5,90 % dari luas total yang menyebar di sekitar pesisir Kota Padang, yaitu Kecamatan Koto Tangah bagian barat, Padang Utara, Padang Barat, Lubuk Begalung, Padang Selatan dan Bungus Teluk Kabung bagian barat. Sedangkan untuk kelas dengan tingkat kerentanan elevasi daratan sangat rendah atau daerah yang sangat aman terhadap bencana tsunami (elevasi > 20 meter dpl) mempunyai persentase sebesar 81,30 % dari luas total yang menyebar di Kota Padang bagian timur yang jauh dari pesisir.

Secara umum dari variasi kerentanan elevasi daratan terhadap bencana tsunami di Kota Padang, dapat dijelaskan bahwa, persentase daerah yang mempunyai tingkat kerentanan yang sangat tinggi cukup luas, dan dominan berada pada daerah rawan bencana tsunami yaitu pada daerah pesisir Kota Padang. Variasi ini juga dapat menggambarkan keadaan topografi didaerah kajian sehingga dapat dilihat daerah mana saja yang langsung berhadapan dengan laut lepas, dan daerah mana saja yang terlindung oleh bukit atau pegunungan.

5.4.1.2. Kemiringan (*slope*) daratan

Dari analisis awal yang dilakukan, variabel ini juga menghasilkan model tingkat kerentanan bencana tsunami yang sesuai untuk digunakan sebagai pemodelan tingkat risiko bencana tsunami di Kota Padang. Untuk itu model klasifikasi ini diputuskan untuk digunakan dalam perhitungan *Cell Based Modelling*. Pada penelitian ini data elevasi menggunakan data kemiringan (*slope*) daratan hasil turunan dari data elevasi (ketinggian) daratan. Klasifikasi yang digunakan berdasarkan profil wilayah Kota Padang dimana kemiringan (*slope*) daratan di Kota Padang dibagi menjadi 5 kelas tingkat kerentanan yaitu : (1) kelas tingkat kerentanan sangat tinggi (0-2 %), (2) tinggi (3-15%), (3) sedang (16-30 %), (4) rendah (31-40 %), dan (5) sangat rendah (> 40 %). Variabel ini diberi bobot 15. Pengolahan data pada *software* dapat diketahui luas daerah kerawanan tsunami pada Tabel 25.

Tabel 25. Luasan daerah kerentanan *slope* daratan terhadap bencana tsunami

No	Tingkat Kerentanan	Jumlah Sel	Luas (m ²)	Luas (Ha)	Persentase (%)
1	Sangat rendah	681.928	613.735.200	61.373,520	89,98
2	Rendah	17.949	16.154.100	1.615,410	2,37
3	Sedang	44.706	40.235.400	4.023,540	5,90
4	Tinggi	4887	4.389.300	438,930	0,64
5	Sangat tinggi	8388	7.549.200	754,920	1,11
<i>Total</i>		757.858	682.072.200	68.207,22	100,00

Dari Tabel 25 diatas didapatkan luasan daerah hasil klasifikasi tingkat kerentanan kemiringan (*slope*) daratan terhadap bencana tsunami di Kota Padang, dimana kelas tingkat kerentanan sangat tinggi (0-2 %), mempunyai luasan 1,11 % dari luas total yang menyebar di sekitar pesisir Kota Padang, yaitu Kecamatan Koto Tangah bagian barat, Padang Utara, Padang Barat, Lubuk Begalung, Padang Selatan dan Bungus Teluk Kabung bagian barat. Sedangkan untuk kelas dengan tingkat kerentanan kemiringan (*slope*) daratan sangat rendah atau daerah yang sangat aman terhadap bencana tsunami (> 40 %) mempunyai persentase sebesar 89,98 % dari luas total yang menyebar di Kota Padang bagian timur yang jauh dari pesisir. Peta kerentanan *slope* daratan dapat dilihat pada Gambar 59 (Lampiran 6).

5.4.1.3. Morfologi garis pantai

Klasifikasi morfologi garis pantai untuk menentukan tingkat kerentanan bencana tsunami di Kota Padang pada penelitian ini ada 5 kelas. Kelas-kelas morfologi garis pantai tersebut adalah kelas pantai berteluk V, berteluk U, lurus, tanjung, dan pantai non-teluk/tanjung. Klasifikasi ini berdasarkan justifikasi ilmiah peneliti karena belum ada bentuk klasifikasi morfologi garis pantai untuk menentukan tingkat kerawanan bencana tsunami belum ada bentuk yang baku.

Variabel morfologi garis pantai untuk menentukan tingkat kerawanan bencana tsunami di Kota Padang pada penelitian ini diberi bobot 10 dengan skor pada masing-masing kelasnya adalah 1 untuk daerah non-teluk/tanjung, skor 2 untuk kelas pantai tanjung, skor 3 untuk pantai lurus, skor 4 untuk pantai berteluk U, dan skor 5 untuk daerah pantai berteluk V. Daerah-daerah pada masing-masing kelas tersebut dapat dibedakan dengan jelas pada Gambar 60 (Lampiran 7). Daerah yang masuk dalam kelas non-teluk/tanjung adalah daerah yang posisinya berada dibelakang kelas-kelas pantai yang lain. Dalam klasifikasi, daerah ini sesuai dengan skornya yang dikalikan dengan bobot variabel mempunyai nilai 10 dan diperlihatkan pada daerah dengan warna abu-abu. Daerah ini mempunyai tingkat kerawanan yang lebih kecil. Sedangkan untuk kelas pantai berteluk V, berteluk U, lurus, dan tanjung diklasifikasikan dengan diawali membuat *buffer* sejauh 2500 meter yang disesuaikan dengan kelas terdekat dari variabel jarak dari garis pantai, dan kemudian pantai diklasifikasikan berdasarkan bentuk pantainya. Pada peta, kelas pantai berteluk V, berteluk U, lurus, dan tanjung, diperlihatkan dengan daerah masing-masing berwarna merah, kuning, hijau, dan biru.

Dari Gambar 60 (Lampiran 7) tersebut dapat dideskripsikan bahwa kondisi morfologi garis pantai wilayah Kota Padang ada 5 macam. Kota Padang bagian utara mempunyai kondisi morfologi garis pantai berupa pantai tidak berteluk. Kondisi morfologi garis pantai ini menjadikan wilayah Kota Padang bagian utara mempunyai tingkat kerawanan tsunami yang lebih rendah. Kondisi morfologi garis pantai Kota Padang bagian selatan memiliki beberapa pantai yang berteluk V dan U. Kondisi morfologi garis pantai yang demikian menjadikan wilayah Kota Padang bagian selatan mempunyai tingkat kerawanan yang lebih tinggi dibanding dengan Kota Padang bagian utara. Hal ini disebabkan karena pantai berteluk

tersebut akan memfokuskan energi gelombang tsunami yang sedang berjalan kearahnya sehingga energi gelombang tsunami tersebut terakumulasi pada cekungan tersebut dan mampu meningkatkan ketinggian gelombang tsunami yang sampai di pantai. Perubahan ketinggian tersebut sebagaimana dijelaskan oleh Diposaptono dan Budiman (2005) bahwa tsunami yang mempunyai ketinggian yang kecil di banding panjang gelombangnya selama penjarannya dari sumbernya, akan mengalami peningkatan ketinggian ketika melewati pantai yang menyempit dan dangkal. Pengolahan data pada *software* dapat diketahui luas daerah kerentanan morfologi pantai terhadap bencana tsunami pada Tabel 26.

Tabel 26. Luasan daerah kerentanan morfometri pantai terhadap bencana tsunami

No	Tingkat Kerentanan	Jumlah Sel	Luas (m ²)	Luas (Ha)	Persentase (%)
1	Sangat rendah	623.331	560.997.900	56.099,790	82,25
2	Rendah	37.937	34.143.300	3.414,330	5,01
3	Sedang	17.260	15.534.000	1.553,400	2,28
4	Tinggi	40.066	36.059.400	3.605,940	5,29
5	Sangat tinggi	39.264	35.337.600	3.533,760	5,18
<i>Total</i>		757.858	682.072.200	68.207,22	100,00

Dari Tabel 26 diatas didapatkan luasan daerah hasil klasifikasi tingkat kerentanan morfologi garis pantai terhadap bencana tsunami di Kota Padang, dimana kelas tingkat kerentanan sangat tinggi (pantai berteluk V), mempunyai luasan 5,18 % dari luas total yang menyebar di sekitar pesisir Padang Barat, sebagian daerah pesisir Bungus Teluk Kabung. Untuk daerah dengan tingkat kerentanan tinggi (pantai berteluk U) mempunyai luasan 5,29 %, dan menyebar di Kecamatan Koto Tangah dan Lubuk Begalung. Sedangkan untuk kelas dengan tingkat kerentanan sedang (pantai lurus) mempunyai luasan yang paling sedikit yaitu 2,28 %, yang berada pada Kecamatan Padang Utara, Padang Barat, dan Padang Timur. Pada daerah tanjung yang mempunyai tingkat kerentanan rendah, mempunyai luasan 5,01 %, dan berada pada Kecamatan Padang Selatan, Lubuk Begalung, dan Bungus Teluk Kabung. Sedangkan untuk daerah non-pantai berteluk/tanjung yang berada dibelakang daerah-daerah pantai diklasifikasikan sebagai daerah yang mempunyai tingkat kerentanan morfometri yang sangat rendah terhadap bencana tsunami di Kota Padang mempunyai luas 82,25 %.

5.4.1.4. Jarak dari garis pantai

Setelah dilakukan analisis awal, maka variabel ini dapat digunakan sebagai variabel kerawanan bencana tsunami yang sesuai (realistis untuk digunakan) dalam perhitungan *Cell Based Modelling* yang menentukan tingkat risiko bencana tsunami. Setelah diperoleh model akhir dari pemodelan tingkat kerawanan yang sesuai (realistis), maka klasifikasi jarak dari garis pantai tersebut ditetapkan sebagai klasifikasi yang digunakan untuk menentukan tingkat kerawanan bencana tsunami.

Klasifikasi jarak dari pantai adalah membagi daerah kedalam kelas-kelas berdasarkan jarak dari garis pantai. Klasifikasi tersebut menjelaskan tingkat kerawanan bencana tsunami pada daerah berdasarkan jauh dekatnya daerah tersebut dari garis pantai. Semakin dekat daerah dengan garis pantai maka daerah tersebut mempunyai tingkat kerentanan yang tinggi, sebaliknya pada daerah yang mempunyai jarak semakin jauh dari garis pantai, maka daerah tersebut mempunyai tingkat kerentanan bencana tsunami yang rendah. Klasifikasi daerah berdasarkan jarak dari garis pantai dibagi menjadi 5 kelas. Jarak dari garis pantai yang digunakan memiliki interval 2500 meter. Variabel ini diberi bobot 10 dan skor pada masing-masing kelas berkisar dari 1 sampai 5 sehingga nilai pada kelas-kelas tersebut berkisar dari 10 sampai 50.

Kelas ke-1 merupakan daerah yang mempunyai kisaran jarak paling dekat dengan pantai yaitu 0-2500 meter. Kelas ini mempunyai nilai 50. Nilai tersebut mendeskripsikan bahwa daerah pada kisaran jarak ini mempunyai tingkat kerentanan paling tinggi karena paling dekat dengan pantai. Kelas ke-5 merupakan kelas terakhir dalam klasifikasi daerah berdasarkan jarak dari garis pantai. Daerah yang masuk dalam kelas ini adalah daerah yang mempunyai jarak 10.000 meter atau lebih. Kelas ini mempunyai nilai terkecil dibanding dengan kelas lainnya yaitu 10. Nilai terkecil tersebut mendeskripsikan bahwa daerah pada kisaran jarak ini mempunyai tingkat kerentanan yang sangat kecil atau dengan kata lain merupakan daerah yang lebih aman dari bencana tsunami jika ditinjau dari jaraknya terhadap garis pantai. Seluruh klasifikasi daerah berdasarkan jarak dari garis pantai dapat dilihat dengan jelas pada Gambar 61 (Lampiran 7).

Klasifikasi jarak ini digunakan karena paling sesuai (realistis) dengan model akhir dari pemodelan tingkat kerawanan bencana tsunami. Gambar 61 (Lampiran 7) juga memperlihatkan bahwa wilayah pusat Kota Padang merupakan wilayah yang dekat dengan garis pantai. Hal ini menyebabkan wilayah ini mempunyai tingkat kerentanan bencana tsunami yang lebih besar dibanding dengan Kota atau Kabupaten lain di propinsi Sumatera Barat yang jaraknya lebih jauh dari garis pantai. Pengolahan data pada *software* dapat diketahui luas daerah kerentanan jarak dari garis pantai terhadap bencana tsunami pada Tabel 27.

Tabel 27. Luasan daerah kerentanan jarak dari pantai terhadap bencana tsunami

No	Tingkat Kerentanan	Jumlah Sel	Luas (m ²)	Luas (Ha)	Persentase (%)
1	Sangat rendah	382.232	344.008.800	34.400,880	50,44
2	Rendah	73.691	66.321.900	6.632,190	9,72
3	Sedang	75.609	68.048.100	6.804,810	9,98
4	Tinggi	90.648	81.583.200	8.158,320	11,96
5	Sangat tinggi	135.678	122.110.200	12.211,020	17,90
<i>Total</i>		757.858	682.072.200	68.207,22	100,00

Dari Tabel 27 diatas didapatkan luasan daerah hasil klasifikasi tingkat kerentanan jarak dari pantai terhadap bencana tsunami di Kota Padang, dimana kelas tingkat kerentanan sangat tinggi (0-2500 m), mempunyai luasan 17,90 % dari luas total yang menyebar di sekitar seluruh pesisir Kota Padang. Untuk daerah dengan tingkat kerentanan tinggi (2500-5000 m) mempunyai luasan 11,96 %, dan menyebar di Kecamatan Koto Tangah, Kuranji, Nanggalo, Padang Timur, dan Lubuk Begalung. Sedangkan untuk kelas dengan tingkat kerentanan sedang (5000-7500 m) mempunyai luasan 9,98 %, yang menyebar pada Kecamatan Koto Tangah, Kuranji, Pauh, dan Lubuk Kilangan. Pada daerah yang berjarak 7500-10000 meter dari garis pantai mempunyai tingkat kerentanan rendah mempunyai luasan 5,01 %, dan berada pada Kecamatan Padang Selatan, Lubuk Begalung, dan Bungus Teluk Kabung. Sedangkan untuk daerah yang berjarak > 10000 meter mempunyai tingkat kerentanan jarak dari garis pantai yang sangat rendah terhadap bencana tsunami di Kota Padang, mempunyai wilayah yang paling luas dengan persentase wilayah mencapai 50,44 %, dan berada di wilayah yang jauh dari pantai seperti Kecamatan Pauh, Lubuk Kilangan, dan Koto Tangah bagian timur.

5.4.2. Kerentanan infrastruktur wilayah

Dari variabel kerentanan infrastruktur wilayah yang mempengaruhi tingkat risiko bencana tsunami seluruh variabel digunakan dalam proses analisis spasial pada penelitian ini. Analisis spasial tingkat kerentanan infrastruktur wilayah terhadap bencana tsunami di Kota Padang dalam penelitian ini didasarkan pada 3 variabel yang mempengaruhi tingkat risiko bencana tsunami. Variabel tersebut antara lain penggunaan lahan, jarak dari jaringan jalan, dan jarak dari sungai serta kanal pengendali banjir. Variabel tersebut diperoleh dari berbagai pustaka terkait, diskusi dengan pakar tsunami dan disesuaikan dengan kondisi daerah penelitian. Pengaruh masing-masing variabel tersebut akan diuraikan sebagai berikut:

5.4.2.1. Penggunaan lahan

Variabel ini juga diklasifikasikan menjadi 5 kelas, yaitu; (1) kelas tingkat kerentanan sangat tinggi (pemukiman), (2) tinggi (sawah, kebun, dan mangrove), (3) sedang (ladang dan tegalan), (4) rendah (semak belukar, rumput, tanah kosong), dan (5) sangat rendah (hutan, batuan cadas dan gamping). Variabel ini diberi bobot 10, dimana untuk kelas sangat padat diberi skor paling besar, dan kelas sangat jarang diberi skor paling kecil.

Kondisi penggunaan lahan yang biasanya menjadi tempat aktivitas yang melibatkan banyak manusia sebagian besar berada pada daerah pesisir yang rentan bencana tsunami. Kondisi fisiografis dan penggunaan lahan Kota Padang yang sebagian besar berhadapan langsung dengan sumber penyebab tsunami. Beberapa penggunaan lahan memiliki nilai ekonomi yang tinggi. Penggunaan lahan tersebut antara lain: tanah ladang, kebun campuran dan sawah. Bahkan lokasi pemukiman hampir seluruhnya berada pada daerah yang mempunyai tingkat kerentanan yang tinggi atau daerah rentan terjadi bencana tsunami. Sedangkan penggunaan lahan yang tidak banyak melibatkan manusia seperti hutan lindung, hutan suaka alam berada pada daerah yang aman.

Gambar 62 (Lampiran 8) menunjukkan variasi penggunaan lahan yang diklasifikasikan berdasarkan tingkat kerentanan terhadap bencana tsunami. Untuk kelas tingkat kerentanan sangat tinggi (pemukiman) disajikan dengan daerah berwarna merah, kelas tingkat kerentanan tinggi (sawah, kebun, dan mangrove)

disajikan dengan daerah berwarna kuning, untuk kelas tingkat kerentanan sedang (ladang dan tegalan) disajikan dengan daerah berwarna hijau, untuk kelas dengan tingkat kerentanan rendah (semak belukar, rumput, tanah kosong) disajikan dengan daerah berwarna biru, dan kelas dengan tingkat kerentanan sangat rendah (hutan, batuan cadas dan gamping) disajikan dengan daerah berwarna abu-abu. Pengolahan data pada *software* dapat diketahui luas daerah kerentanan penggunaan lahan terhadap bencana tsunami pada Tabel 28.

Tabel 28. Luasan daerah kerentanan penggunaan lahan terhadap bencana tsunami

No	Tingkat Kerentanan	Jumlah Sel	Luas (m ²)	Luas (Ha)	Persentase (%)
1	Sangat rendah	9.781	8.802.900	880,290	1,29
2	Rendah	411.255	370.129.500	37.012,950	54,27
3	Sedang	80.561	72.504.900	7.250,490	10,63
4	Tinggi	175.490	157.941.000	15.794,100	2,32
5	Sangat tinggi	80.771	72.693.900	7.269,390	10,66
<i>Total</i>		757.858	682.072.200	68.207,22	100,00

Dari Tabel 28 diatas didapatkan luasan daerah hasil klasifikasi tingkat kerentanan penggunaan lahan terhadap bencana tsunami di Kota Padang, dimana kelas tingkat kerentanan sangat tinggi (0-2500 m), mempunyai luasan 17,90 % dari luas total yang menyebar di sekitar seluruh pesisir Kota Padang. Untuk daerah dengan tingkat kerentanan tinggi (2500-5000 m) mempunyai luasan 11,96 %, dan menyebar di Kecamatan Koto Tengah, Kuranji, Nanggalo, Padang Timur, dan Lubuk Begalung. Sedangkan untuk kelas dengan tingkat kerentanan sedang (5000-7500 m) mempunyai luasan 9,98 %, yang menyebar pada Kecamatan Koto Tengah, Kuranji, Pauh, dan Lubuk Kilangan. Pada daerah yang berjarak 7500-10000 meter dari garis pantai mempunyai tingkat kerentanan rendah mempunyai luasan 5,01 %, dan berada pada Kecamatan Padang Selatan, Lubuk Begalung, dan Bungus Teluk Kabung. Sedangkan untuk daerah yang berjarak > 10000 meter mempunyai tingkat kerentanan jarak dari garis pantai yang sangat rendah terhadap bencana tsunami di Kota Padang, mempunyai wilayah yang paling luas dengan persentase wilayah mencapai 50,44 %, dan berada di wilayah yang jauh dari pantai seperti Kecamatan Pauh, Lubuk Kilangan, dan Koto Tengah bagian timur.

5.4.2.2. Jaringan jalan

Klasifikasi daerah terhadap jarak dari jaringan jalan adalah membagi daerah kedalam kelas-kelas berdasarkan jarak dari jaringan jalan. Klasifikasi tersebut menjelaskan tingkat kerentanan bencana tsunami pada daerah berdasarkan jauh dekatnya daerah tersebut dari jaringan jalan. Klasifikasi variabel jarak dari jaringan jalan beserta skor untuk masing-masing kelasnya dan bobot variabel jarak dari sungai juga berdasarkan justifikasi ilmiah peneliti, diskusi dengan pakar tsunami dan disesuaikan dengan kondisi daerah penelitian.

Atas pertimbangan tersebut maka variabel jarak dari jaringan jalan diklasifikasikan menjadi 5 kelas dengan *buffer* dari jalan dengan selang 50 m. Gambar 63 (Lampiran 8) menjelaskan variasi kelas tingkat kerentanan jarak dari jaringan jalan terhadap bencana tsunami yaitu; (1) kelas tingkat kerentanan sangat tinggi (0-50 m), (2) tinggi (50-100 m), (3) sedang (100-150 m), (4) rendah (150-200 m), dan (5) sangat rendah (> 200 m). Variabel ini diberi bobot 5, dimana jarak terdekat dengan jalan diberi skor paling besar dan jarak terjauh dari jalan di beri skor paling kecil. Pengolahan data pada *software* dapat diketahui luas daerah kerentanan jarak dari jaringan jalan terhadap bencana tsunami pada Tabel 29.

Tabel 29. Luasan daerah kerentanan jaringan jalan terhadap bencana tsunami

No	Tingkat Kerentanan	Jumlah Sel	Luas (m ²)	Luas (Ha)	Persentase (%)
1	Sangat rendah	599.393	539.453.700	53.945,370	79,09
2	Rendah	33.792	30.412.800	3.041,280	4,46
3	Sedang	37.198	33.478.200	3.347,820	4,91
4	Tinggi	41.600	37.440.000	3.744,000	5,49
5	Sangat tinggi	45.875	41.287.500	4.128,750	6,05
<i>Total</i>		757.858	682.072.200	68.207,22	100,00

Dari Tabel 29 diatas didapatkan luasan daerah hasil klasifikasi tingkat kerentanan jarak dari jaringan jala terhadap bencana tsunami di Kota Padang, dimana kelas tingkat kerentanan sangat tinggi (0-50 m), mempunyai luasan 6,05 % dari luas total yang menyebar di sekitar pusat Kota Padang. Sedangkan untuk daerah yang berjarak >200 meter mempunyai tingkat kerentanan jarak dari jaringan jalan yang sangat rendah terhadap bencana tsunami di Kota Padang, mempunyai persentase wilayah mencapai 79,09 %.

5.4.2.3. Jarak dari sungai dan kanal pengendalian banjir

Berdasarkan National Tsunami Hazard Mitigation Program (2001) bahwa sebuah tsunami yang memasuki California lewat kanal-kanal pengendalian banjir dapat memasuki daratan sejauh satu mil (= 1,609 km) atau lebih. Untuk kasus tsunami di Aceh, terjangan air laut dari gelombang tsunami lewat sungai bisa terlihat di kawasan sekitar Masjid Raya yang mempunyai jarak 3 km dari garis pantai (Harian Kompas, edisi Selasa 4 Januari 2005 in Canahar 2005).

Berdasarkan pustaka-pustaka tersebut, maka pada penelitian ini, klasifikasi daerah berdasarkan jarak dari sungai dibagi menjadi 5 kelas. Jarak dari sungai yang digunakan memiliki interval 250 meter. Skor yang diberikan pada masing-masing kelas berkisar dari 1 sampai 5. Sebelum diputuskan sebagai klasifikasi yang digunakan pada penelitian ini, model klasifikasi variabel ini di uji coba terlebih dahulu melalui *software* ArcGIS 9.2 untuk mengetahui apakah klasifikasi tersebut menghasilkan bentuk model klasifikasi tingkat kerawanan bencana tsunami akhir yang sesuai (realistis untuk digunakan) sebagai pemodelan klasifikasi tingkat risiko bencana tsunami.

Berdasarkan klasifikasi dan pembobotan yang diberikan, maka nilai pada kelas-kelas jarak dari sungai untuk menentukan tingkat kerawanan bencana tsunami berkisar dari 5 sampai 25. Kelas kesatu merupakan daerah yang mempunyai kisaran jarak paling dekat dengan pantai yaitu 0-250 meter. Kelas ini mempunyai nilai 25. Nilai tersebut mendeskripsikan bahwa jika ditinjau dari jaraknya dari sungai, daerah pada kisaran jarak yang terdekat dengan sungai mempunyai tingkat kerentanan paling tinggi. Kelas ke-5 merupakan kelas terakhir dalam klasifikasi daerah berdasarkan jarak dari sungai. Daerah yang masuk dalam kelas ini adalah daerah yang mempunyai jarak lebih dari 1000 meter. Kelas ini mempunyai nilai terkecil dibanding dengan kelas lainnya yaitu 5. Nilai terkecil tersebut mendeskripsikan bahwa daerah pada kisaran jarak ini mempunyai tingkat kerentanan yang sangat kecil atau dengan kata lain merupakan daerah yang lebih aman dari bencana tsunami jika ditinjau dari jaraknya terhadap sungai. Seluruh klasifikasi daerah berdasarkan jarak dari sungai dapat dilihat dengan jelas pada Gambar 64 (Lampiran 9).

Gambar 64 (Lampiran 9) tersebut menunjukkan bahwa wilayah Kota Padang mempunyai sungai-sungai yang dekat dengan muaranya. Sungai-sungai tersebut banyak yang saling berhadapan antara yang satu dengan yang lain. Hal ini menyebabkan daerah yang terletak diantara sungai yang saling berhadapan tersebut akan mempunyai tingkat kerentanan yang besar. Wilayah Kota Padang yang mempunyai tingkat kerentanan bencana tsunami yang besar karena dekat dengan sungai dan kanal berada pada bagian barat. Pada model daerah tersebut diperlihatkan dengan warna merah. Sedangkan wilayah Kota Padang yang mempunyai tingkat kerawanan yang lebih kecil karena lebih jauh dengan sungai dan kanal berada pada bagian timur. Pada model daerah tersebut ditunjukkan dengan warna hijau, dimana pengaruh kanal pada daerah ini sangat kecil bahkan tidak ada. Pengolahan data pada *software* dapat diketahui luas daerah kerentanan jarak dari sungai dan kanal pengendali banjir terhadap bencana tsunami pada Tabel 30.

Tabel 30. Luasan daerah kerentanan jarak dari sungai terhadap bencana tsunami

No	Tingkat Kerentanan	Jumlah Sel	Luas (m ²)	Luas (Ha)	Persentase (%)
1	Sangat rendah	548.545	493.690.500	49.369,050	72,38
2	Rendah	36.436	32.792.400	3.279,240	4,81
3	Sedang	42.831	38.547.900	3.854,790	5,65
4	Tinggi	53.299	47.969.100	4.796,910	7,03
5	Sangat tinggi	76.747	69.072.300	6.907,230	10,13
<i>Total</i>		757.858	682.072.200	68.207,22	100,00

Dari Tabel 30 diatas didapatkan luasan daerah hasil klasifikasi tingkat kerentanan jarak dari sungai dan kanal pengendali banjir terhadap bencana tsunami di Kota Padang, dimana kelas tingkat kerentanan sangat tinggi (0-250 m), mempunyai luasan 10,13 % dari luas total yang menyebar di sekitar seluruh pesisir Kota Padang. Sedangkan untuk daerah yang berjarak > 1000 meter mempunyai tingkat kerentanan jarak dari sungai dan kanal yang sangat rendah terhadap bencana tsunami di Kota Padang, mempunyai wilayah yang paling luas dengan persentase wilayah mencapai 72,38 %. Sungai-sungai dan kanal ini dominan berada di Kota Padang bagian barat karena tempat bermuaranya sungai.

5.4.3. Kerentanan sosial dan kependudukan

Dari variabel kerentanan sosial dan kependudukan yang mempengaruhi tingkat risiko bencana tsunami tidak seluruh variabel digunakan dalam proses analisis spasial pada penelitian ini. Analisis spasial tingkat kerentanan sosial dan kependudukan terhadap bencana tsunami di Kota Padang dalam penelitian ini didasarkan hanya pada variabel kepadatan penduduk yang mempengaruhi tingkat risiko bencana tsunami. Sedangkan variabel lainnya seperti komposisi penduduk dan tingkat kesejahteraan penduduk hanya digunakan sebagai variabel pendukung. Variabel kerentanan sosial dan kependudukan ini diperoleh dari berbagai pustaka terkait, diskusi dengan pakar tsunami dan disesuaikan dengan kondisi daerah penelitian. Pengaruh masing-masing variabel tersebut akan diuraikan sebagai berikut:

5.4.3.1. Kepadatan penduduk

Jumlah penduduk Kota Padang pada tahun 2007 sebanyak 838.190 jiwa, terdiri dari 421.148 penduduk perempuan atau sekitar 50,24 % dan penduduk laki-laki sebanyak 416.942 (49,76 %). Pada Tabel 11 dalam gambaran umum wilayah penelitian persebaran penduduk antar kecamatan memperlihatkan bahwa jumlah penduduk terbesar tinggal di Kecamatan Koto Tengah yaitu sebesar 157.956 jiwa (18 persen), diikuti dengan Kecamatan Kuranji dan Lubuk Begalung masing-masing sebesar; 117.694 jiwa (14 persen) dan 104.323 jiwa (12 persen). Apabila dilihat dari kepadatan ternyata Kecamatan Koto Tengah mempunyai kepadatan penduduk yang cukup rendah, hanya sekitar 680 jiwa per Km², disebabkan kecamatan ini merupakan wilayah terluas. Sementara itu untuk kecamatan-kecamatan di pusat kota, seperti Padang Timur, Padang Barat dan Padang Utara mempunyai wilayah dengan kepadatan paling tinggi, masing-masing mencapai 10.464, 8.586, dan 9.241 jiwa per Km². Gambar 65 (Lampiran 9) menunjukkan variasi tingkat kerentanan kepadatan penduduk terhadap bencana tsunami di Kota Padang.

Hal yang perlu mendapat perhatian adalah dari data BAPPEDA Kota Padang Tahun 2008, jumlah penduduk yang tinggal di zona rawan bencana tsunami, yaitu mereka yang bermukim di tepi pantai, hingga 5 meter di atas

permukaan laut, jumlahnya cukup besar, mencapai 340.446 jiwa atau sekitar 43 persen dari total penduduk Kota Padang. Proporsi terbesar adalah penduduk yang tinggal di Kecamatan Koto Tangah, yaitu mencapai 89.764 jiwa. Pengolahan data pada *software* dapat diketahui luas daerah kerentanan kepadatan penduduk terhadap bencana tsunami pada Tabel 31.

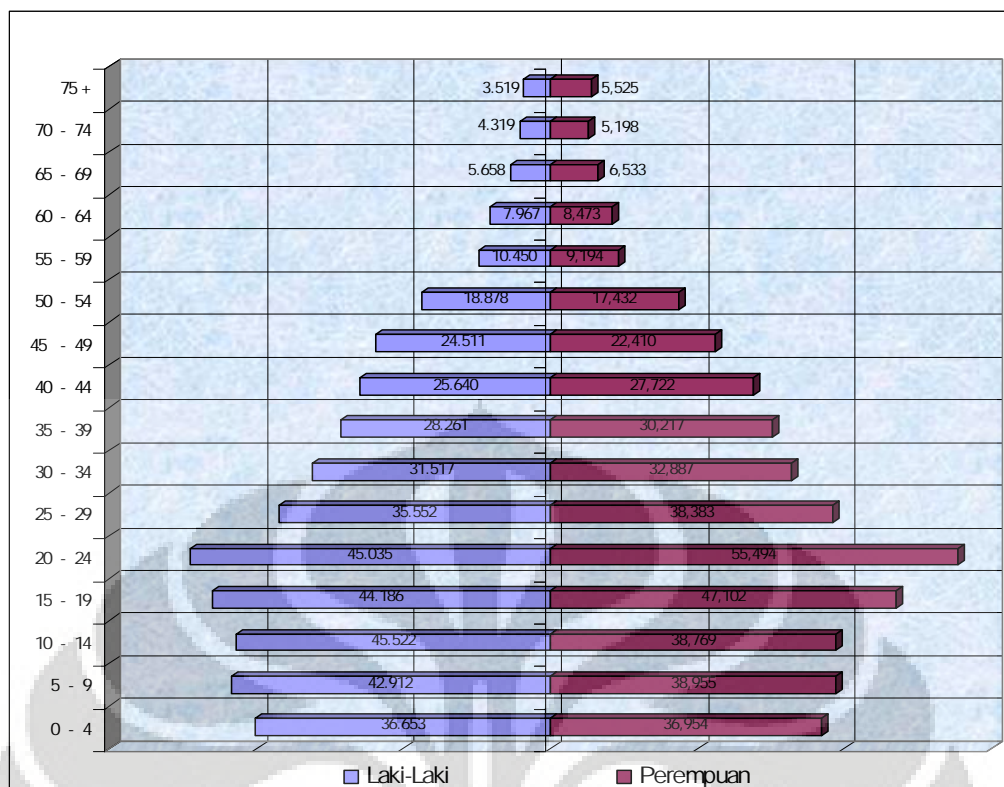
Tabel 31. Luasan daerah kerentanan kepadatan penduduk terhadap bencana tsunami

No	Tingkat Kerentanan	Jumlah Sel	Luas (m ²)	Luas (Ha)	Persentase (%)
1	Sangat rendah	680.726	612.653.400	61.265,340	89,82
2	Rendah	28.406	25.565.400	2.556,540	3,75
3	Sedang	24.807	22.32.630	2.232,630	3,27
4	Tinggi	13.642	12.27.780	1.227,780	1,80
5	Sangat tinggi	10.277	9.249.300	924,930	1,36
<i>Total</i>		757.858	682.072.200	68.207,22	100,00

Dari Tabel 31 diatas didapatkan luasan daerah hasil klasifikasi tingkat kerentanan kepadatan penduduk terhadap bencana tsunami di Kota Padang, dimana kelas tingkat kerentanan sangat tinggi (>10000 jiwa/km²), mempunyai luasan 1,36 % dari luas total yang menyebar di sekitar seluruh pesisir Kota Padang. Sedangkan untuk daerah yang kepadatan penduduknya < 2500 jiwa/km² mempunyai tingkat kerentanan kepadatan yang sangat rendah terhadap bencana tsunami di Kota Padang, mempunyai wilayah yang paling luas dengan persentase wilayah mencapai 89,82 %. Dari variasi diatas dapat dijelaskan bahwa daerah-daerah yang memiliki kepadatan penduduk yang relatif tinggi adalah Kecamatan Padang Selatan, Padang Timur, Padang Barat, dan Padang Utara. Sedangkan daerah-daerah yang memiliki kepadatan penduduk yang relatif rendah adalah Kecamatan Koto Tangah, Lubuk Begalung, Pauh, dan Kuranji.

5.4.3.2. Komposisi penduduk

Dari data kependudukan Kota Padang seperti yang sudah ditampilkan pada Tabel 13 dan 14, maka dapat digambarkan dalam grafik, variasi komposisi penduduk berdasarkan umur dan jenis kelamin seperti pada Gambar 31 dibawah ini.



Gambar 31. Grafik komposisi penduduk Kota Padang Tahun 2007 menurut kelompok umur dan jenis kelamin

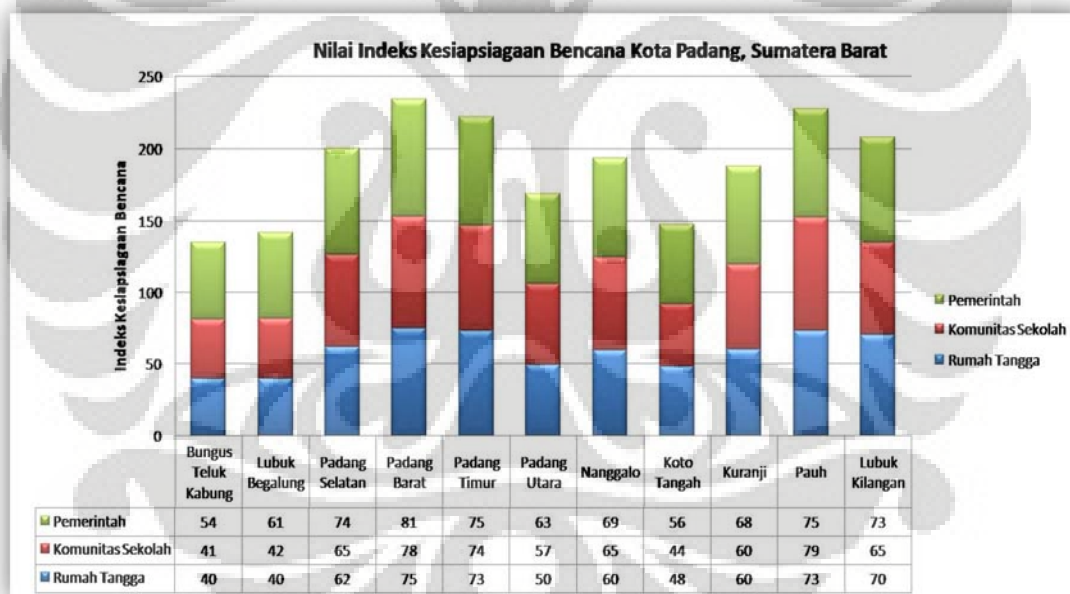
Pada penelitian ini data komposisi penduduk bukan digunakan sebagai variabel penentu tingkat risiko bencana tsunami di Kota Padang. Variabel komposisi penduduk hanya digunakan sebagai variabel pendukung untuk relevansi data sosial kependudukan dengan variasi tingkat risiko bencana tsunami.

5.4.3.3. Tingkat kesejahteraan ekonomi

Pada Tabel 16 pada Bab gambaran umum wilayah penelitian telah dijelaskan bahwa, secara umum kondisi tingkat kesejahteraan penduduk di Kota Padang dapat dikatakan sudah cukup baik. Hal ini terindikasi dari data tingkat kesejahteraan keluarga kondisi pada akhir tahun 2007, dimana dari total 164.999 keluarga, ternyata sebagai besar yaitu sekitar 88,47% (145.974 keluarga) merupakan kelompok Keluarga Sejahtera (KS) dengan proporsi terbesar pada KS III sekitar 33,71% (55.619 keluarga), disusul oleh KS II sekitar 33,68% (55.570 keluarga), KS I sekitar 21,08% (34.785 keluarga), dan KS Plus sekitar 8,89% (14.676 keluarga), dan selebihnya yaitu sekitar 2,64% (4.349 keluarga) merupakan kelompok keluarga Pra Sejahtera. Variabel ini pun hanya digunakan sebagai variabel pendukung untuk kerentanan sosial dan kependudukan.

5.5. Variabel tingkat kesiapsiagaan bencana tsunami

Pada penelitian ini data yang digunakan untuk menentukan tingkat kesiapsiagaan bencana tsunami adalah Indeks Kesiapsiagaan Bencana (IKB) yang diinisiasi oleh UNESCO, LIPI, dan KOGAMI Kota Padang. IKB ini terdiri dari IKB rumah tangga (individu), komunitas sekolah, dan aparat pemerintah. Rata-rata ketiga IKB tersebut dijadikan sebagai nilai Indeks Kesiapsiagaan Bencana dimana indeks IKB berkisar antara 0-100 yang diklasifikasikan menjadi 5 kelas. Kelas-kelas tersebut adalah; (1) kelas dengan tingkat kesiapsiagaan sangat rendah (0-45), (2) rendah (46-55), (3) sedang (56-65), (4) tinggi (66-75), dan (5) sangat tinggi (76-100). Dari pustaka yang dikaji dan konsultasi dengan beberapa pakar tsunami dan kebencanaan maka variabel kesiapsiagaan bencana ini diberi bobot 5. Grafik nilai Indeks Kesiapsiagaan Bencana (IKB) Kota Padang disajikan pada Gambar 32.



Sumber: KOGAMI Kota Padang, 2008 dan LIPI, 2006

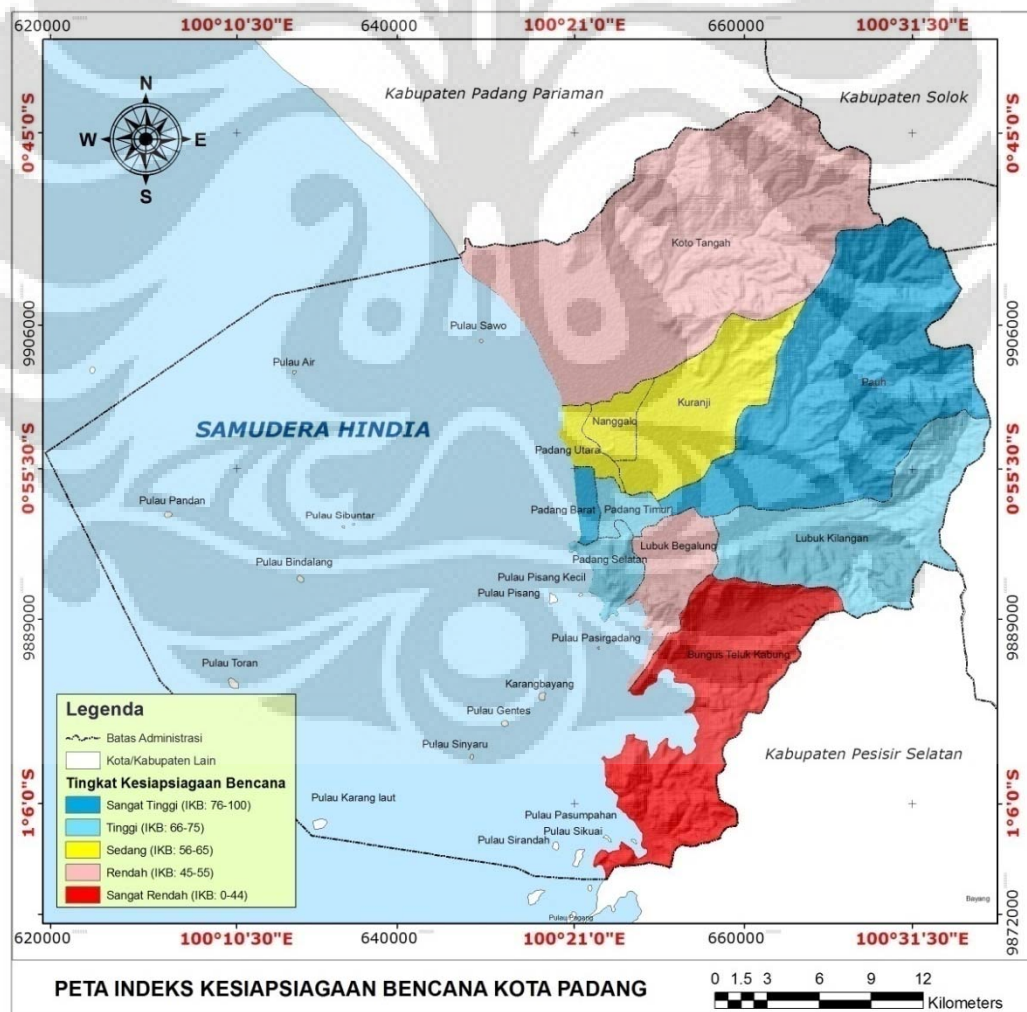
Gambar 32. Grafik nilai Indeks Kesiapsiagaan Bencana Tsunami Kota Padang

Dari grafik diatas dapat dilihat Kecamatan Padang Barat memiliki nilai IKB tertinggi, sedangkan Kecamatan Bungus Teluk Kabung memiliki nilai IKB terendah, dan nilai IKB rata-rata selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 32 dan disajikan ke dalam peta tingkat kesapsiagaan bencana pada Gambar 33.

Tabel 32. Variasi nilai Indeks Kesiapsiagaan Bencana Kota Padang

No	Kecamatan	Rumah Tangga	Komunitas Sekolah	Pemerintah	IKB
1	Bungus Teluk Kabung	40	41	54	45
2	Lubuk Begalung	40	42	61	47
3	Padang Selatan	62	65	74	67
4	Padang Barat	75	78	81	78
5	Padang Timur	73	74	75	74
6	Padang Utara	50	57	63	56
7	Nanggalo	60	65	69	65
8	Koto Tangah	48	44	56	49
9	Kuranji	60	60	68	62
10	Pauh	73	79	75	76
11	Lubuk Kilangan	70	65	73	69
Rata-rata		56	59	75	63

Sumber: KOGAMI Kota Padang, 2008 dan LIPI, 2006



Gambar 33. Peta Indeks Kesiapsiagaan Bencana

Pada Gambar 33 dapat dilihat sebaran nilai IKB dimana terdapat pola yang cukup menarik, dimana wilayah Kota Padang bagian tengah (Kecamatan Padang Barat, Padang Timur, Pauh dan Lubuk Kilangan) pada umumnya memiliki nilai IKB yang cukup tinggi, hal ini dikarenakan di daerah-daerah tersebut, peran serta masyarakat dan kepedulian terhadap bahaya yang diakibatkan oleh beberapa bencana yang ada di daerah tersebut cukup tinggi, kontribusi pemerintah setempat dan komunitas sekolah untuk mensosialisasikan pengetahuan mengenai kebencanaan khususnya tsunami cukup baik. Keberadaan Perguruan Tinggi seperti Universitas Andalas dan Universitas Negeri Padang, serta sekolah-sekolah favorit pada daerah ini juga sedikit banyak membantu dalam upaya-upaya mensosialisasikan kesiapsiagaan bencana tsunami. Sedangkan wilayah-wilayah di bagian utara dan selatan, cenderung memiliki nilai IKB yang lebih rendah, ini berarti tingkat kesiapsiagaan bencana di daerah ini sangat rendah sehingga risiko terjadi bencana tsunami juga makin tinggi. Pengolahan data pada *software* dapat diketahui luas daerah kesiapsiagaan terhadap bencana tsunami pada Tabel 33.

Tabel 33. Luasan daerah kesiapsiagaan terhadap bencana tsunami

No	Tingkat Kesiapsiagaan	Jumlah Sel	Luas (m ²)	Luas (Ha)	Persentase (%)
1	Sangat tinggi	181.649	163.484.100	16.348,410	23,97
2	Tinggi	117.482	105.733.800	10.573,380	15,50
3	Sedang	81.175	73.057.500	7.307,570	10,71
4	Rendah	268.805	241.924.500	24.192,450	35,47
5	Sangat rendah	108.747	97.872.300	9.787,230	14,35
<i>Total</i>		757.858	682.072.200	68.207,22	100,00

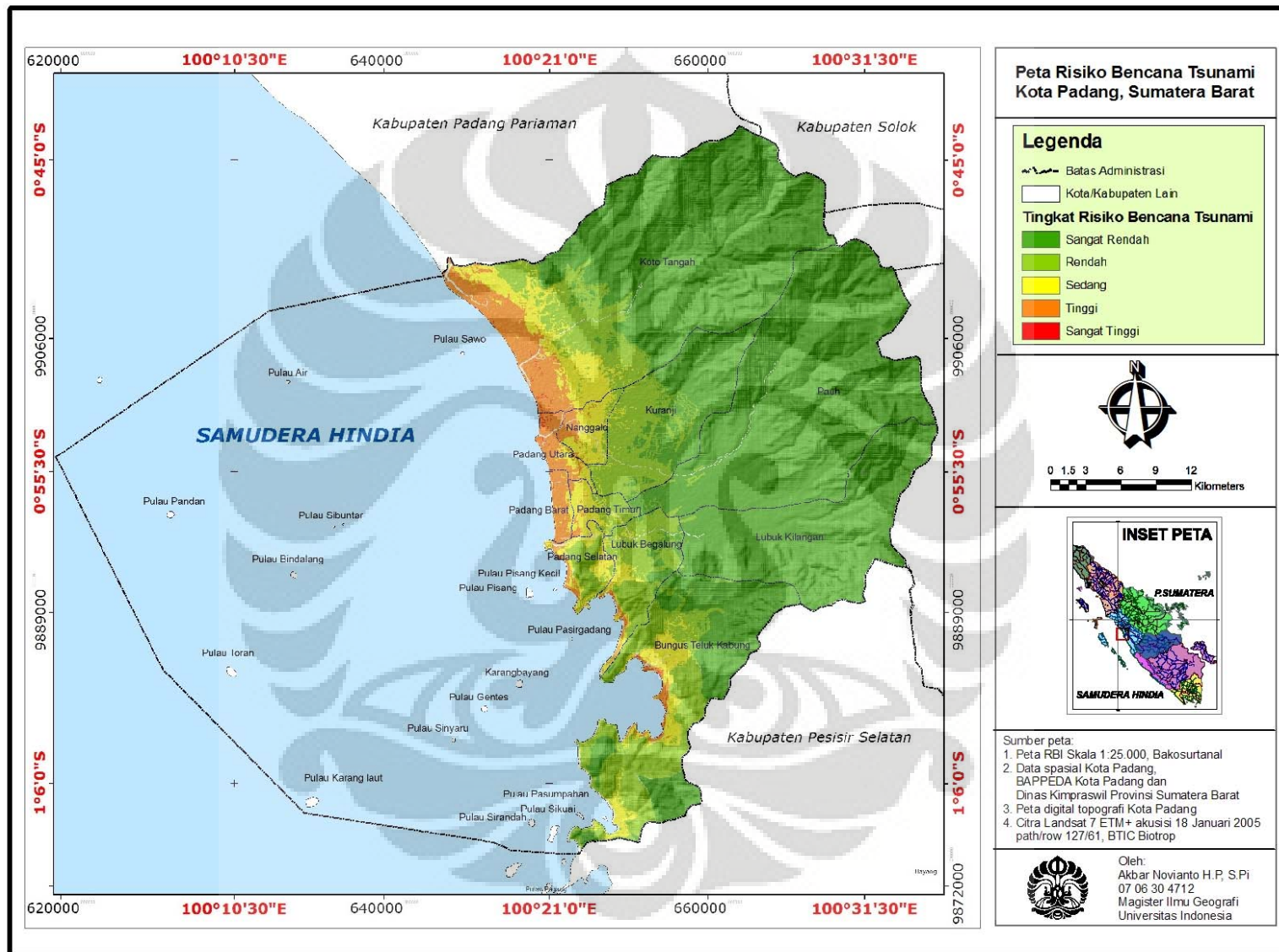
Dari Tabel 33 diatas didapatkan luasan daerah hasil klasifikasi tingkat kesiapsiagaan terhadap bencana di Kota Padang, dimana kelas tingkat kesiapsiagaan bencana sangat tinggi (IKB 76-100), mempunyai luasan 23,97 % dari luas total yang menyebar di Kecamatan Pauh dan Padang Barat. Sedangkan untuk daerah yang nilai IKB nya 0- 45 mempunyai tingkat kesiapsiagaan bencana yang sangat rendah terhadap bencana tsunami di Kota Padang, berada pada Kecamatan Bungus Teluk Kabung dimana persentase wilayah mencapai 14,35 %. Dokumentasi mengenai kesiapsiagaan bencana tsunami di Kota Padang dapat dilihat pada Gambar 66 (Lampiran 10).

5.6. Model spasial dan identifikasi tingkat risiko bencana tsunami

Variabel-variabel yang digunakan untuk menentukan tingkat kerawanan bencana tsunami setelah di *overlay* dengan metode *Cell Based Modelling* akan menghasilkan model spasial yang baru. Model spasial tersebut yang menjelaskan klasifikasi tingkat risiko bencana tsunami. Model spasial klasifikasi tingkat risiko bencana tsunami di Kota Padang tersebut dapat dilihat pada Gambar 34.

Klasifikasi tingkat kerawanan bencana tsunami pada Gambar 34 tersebut membagi daerah menjadi 5 kelas berdasarkan tingkat risiko bencana tsunami. Kelas ke-1 adalah kelas risiko sangat rendah yang ditunjukkan dengan warna kehijau-hijauan. Kelas ini mempunyai kisaran nilai antara 1,000 sampai 1,800. Kisaran nilai tersebut merupakan kisaran nilai yang terkecil dibanding dengan kisaran nilai pada kelas-kelas yang lain. Kisaran nilai terkecil tersebut menunjukkan bahwa daerah pada kelas ini merupakan daerah yang paling aman dari bencana tsunami berdasarkan berbagai variabel yang digunakan untuk menentukan tingkat risiko bencana tsunami.

Kelas ke-2 adalah kelas risiko rendah yang ditunjukkan dengan warna hijau kekuning-kuningan. Kelas ini masih merupakan kelas yang aman. Kelas ini mempunyai kisaran nilai 1,801 sampai 2,600. Kisaran nilai tersebut lebih besar daripada kisaran nilai pada kelas ke-1. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun kelas ini merupakan kelas yang aman tetapi masih lebih aman daerah pada kelas ke-1. Kelas ke-3 adalah kelas risiko sedang yang ditunjukkan dengan warna kuning. Kelas ini mempunyai kisaran nilai 2,601 sampai 3,400. Kisaran nilai ini yang lebih besar dari dua kelas sebelumnya. Hal ini menunjukkan bahwa daerah pada kelas ke-3 ini tidak lebih aman dibanding dengan daerah pada dua kelas sebelumnya. Kelas ke-4 adalah kelas risiko tinggi yang ditunjukkan dengan warna merah muda. Kelas ini mempunyai kisaran nilai 3,401 sampai 4,200. Kisaran nilai ini lebih besar dari tiga kelas sebelumnya. Hal ini menunjukkan bahwa daerah pada kelas ke-4 mempunyai tingkat risiko bencana tsunami yang cukup tinggi. Kelas ke-5 adalah kelas risiko sangat tinggi yang ditunjukkan dengan warna merah. Kelas ini mempunyai kisaran nilai 4,201 sampai 5,000. Kisaran ini merupakan kisaran yang paling besar. Hal ini menunjukkan bahwa daerah ini mempunyai tingkat risiko bencana tsunami yang paling besar.



Gambar 34. Peta Risiko Bencana Tsunami Kota Padang
Universitas Indonesia

Berdasarkan Gambar 34 diatas dapat kita lihat bahwa wilayah Kota Padang bagian barat merupakan daerah berisiko tinggi terjadi bencana tsunami. Daerah rawan tersebut pada umumnya berada di dataran rendah, terdapat sungai-sungai yang saling berhadapan, dekat dengan garis pantai dan berhadapan langsung dengan laut lepas. Ada sedikit daerah di wilayah bagian barat Kota Padang yang merupakan daerah dalam kategori cukup aman. Wilayah tersebut diperlihatkan dengan warna kuning. Wilayah ini meskipun berada dekat dengan garis pantai dan berhadapan dengan laut tetapi wilayah tersebut mempunyai elevasi yang lebih tinggi dibanding dengan daerah-daerah yang berisiko sangat tinggi. Wilayah aman bencana tsunami berada di Kota Padang bagian timur. Wilayah tersebut disamping jauh dari garis pantai dan sungai, juga banyak berupa bukit-bukit yang mempunyai elevasi yang tinggi sehingga memperkecil tingkat risiko bencana tsunami.

Tabel 34. Luasan daerah risiko bencana tsunami

No	Tingkat Risiko	Jumlah Sel	Luas (m ²)	Luas (Ha)	Persentase (%)
1	Sangat rendah	519931	467.937.900	46.793,79	68,61
2	Rendah	131.174	118.056.600	11.805,66	17,31
3	Sedang	66.945	60.250.500	6.025,05	8,83
4	Tinggi	39.028	35.125.200	3.512,52	5,15
5	Sangat tinggi	780	702.000	70,20	0,10
<i>Total</i>		757.858	682.072.200	68.207,22	100,00

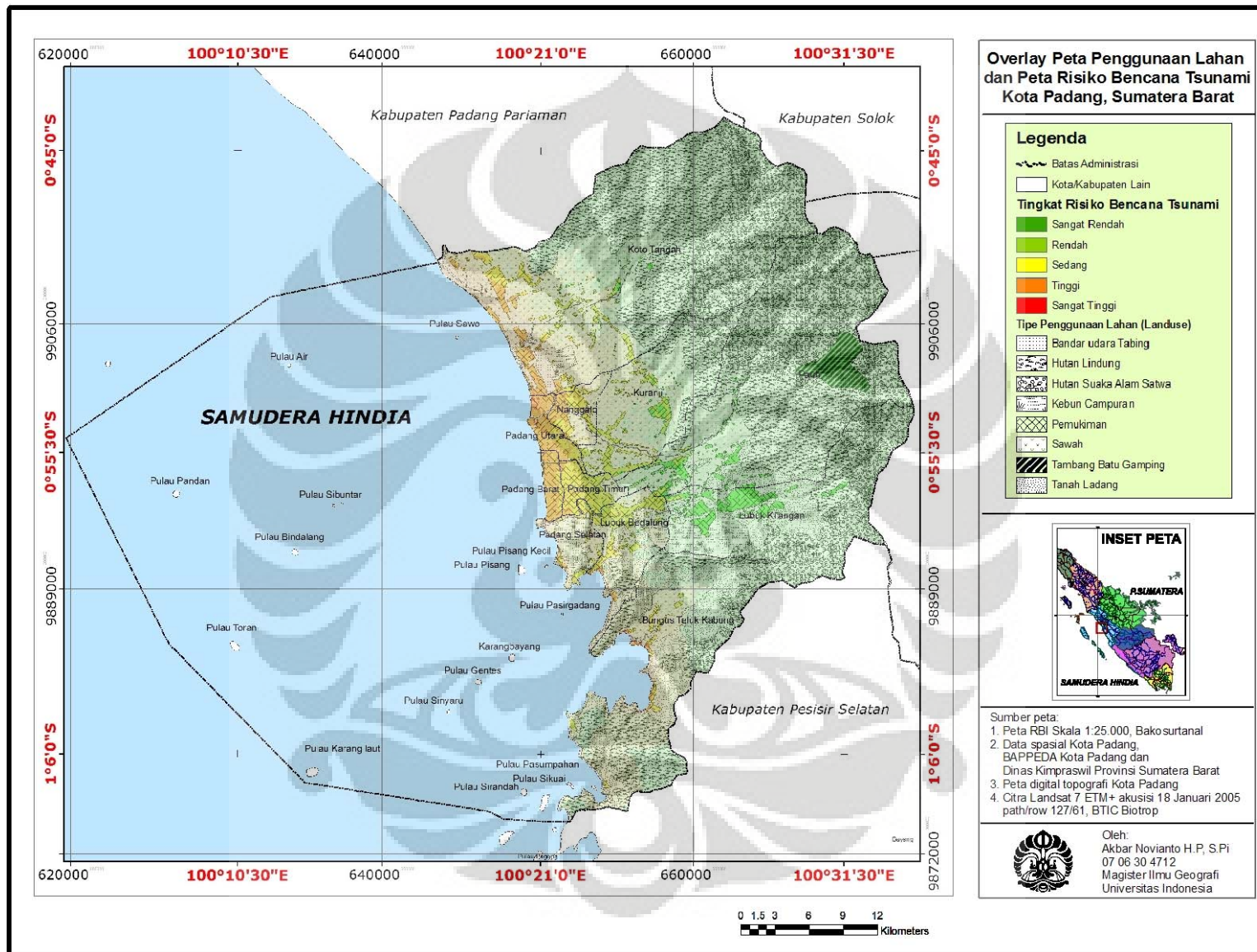
Dari Tabel 34 diatas didapatkan luasan daerah hasil klasifikasi tingkat risiko bencana tsunami di Kota Padang, dimana kelas tingkat risiko sangat tinggi (Nilai kelas: 4,201-5,000), mempunyai luasan hanya 0,1 % dari luas total yang hanya berada di pesisir Kecamatan Koto Tangah dan Padang Utara. Untuk kelas tingkat risiko tinggi, luasannya mencapai 17,31% yang menyebar di Kecamatan Koto Tangah, nanggalo, Padang Utara, padang Timur, Padang barat, padang Selatan, Lubuk Begalung, dan Bungus Teluk Kabung. Sedangkan untuk daerah yang nilai kelasnya 1,000-1,800 mempunyai tingkat risiko yang sangat rendah terhadap bencana tsunami di Kota Padang, berada daerah-daerah yang jauh dengan pantai seperti Kecamatan Pauh, Lubuk Kilangan dan Koto Tangah bagian timur dimana persentase wilayah mencapai 68,61 %.

5.7. Analisis tingkat risiko bencana tsunami dan variasi spasialnya

Analisis risiko bencana tsunami yang ideal mencakup fungsi sistematis mulai dari mengidentifikasi perilaku alami, lokasi, intensitas, dan kemungkinan berulangnya suatu kejadian bencana, menentukan keberadaan dan tingkat kerentanan, mengidentifikasi tingkat kesiapsiagaan dan kapasitas sumberdaya yang tersedia, serta menentukan tingkat risikonya yang iasanya disajikan ke dalam bentuk peta dan analisis kawasan spesifik (*site specific*). Pada penelitian ini peta tingkat risiko bencana tsunami bukan merupakan hasil akhir dari analisis, peta tersebut dapat digunakan untuk melihat secara umum potensi dampak kehilangan atau kerugian baik korban jiwa maupun infrastruktur dan harta benda dengan melakukan *overlay* terhadap peta penggunaan lahan dan peta kependudukan terkini. Peta risiko bencana juga dapat dijelaskan variasinya per-kecamatan sehingga dapat dikaji lebih detail daerah mana saja yang risiko bencana tsunaminya tinggi.

5.7.1. Analisis tingkat risiko bencana tsunami

Analisis risiko bencana tsunami merupakan analisis yang penting dalam kerangka mitigasi bencana tsunami, karena konsep mitigasi baru bisa direncanakan dengan baik setelah diketahui tingkat risikonya. Hasil analisis tingkat risiko bencana tsunami pada penelitian ini paling tidak menghasilkan gabungan (*overlay*) permodelan atau peta tingkat risiko bencana tsunami pada Gambar 34 diatas dengan peta penggunaan lahan sehingga dapat diketahui penggunaan lahan berada di wilayah yang mempunyai tingkat risiko tertentu terhadap bahaya tsunami. *Overlay* peta risiko bencana tsunami dengan peta penggunaan lahan diperlihatkan pada Gambar 35. Hasil *overlay* tersebut, dengan sedikit tambahan metode kuantitatif akan dapat menghasilkan potensi kerugian yang dapat ditimbulkan apabila skenario bencana tsunami pada penelitian ini terjadi. Akan tetapi, di dalam penelitian ini tidak dibahas secara lebih detail mengenai nominal angka kerugian baik itu korban jiwa dan harta benda serta kerusakan infrastruktur wilayah yang dapat ditimbulkan akibat bencana tsunami



Gambar 35. Hasil overlay peta tingkat risiko bencana tsunami dengan peta penggunaan lahan

Dari hasil *overlay* diatas dapat kita lihat bahwa penggunaan lahan yang biasanya menjadi aktivitas yang melibatkan banyak manusia sebagian besar berada pada daerah rawan bencana tsunami. Penggunaan lahan tersebut antara lain: tanah ladang, kebun campuran dan sawah. Bahkan lokasi pemukiman hampir seluruhnya berada pada daerah yang mempunyai tingkat kerawanan yang tinggi atau daerah rawan terjadi bencana tsunami. Sedangkan penggunaan lahan yang tidak banyak melibatkan manusia seperti hutan lindung, hutan suaka alam berada pada daerah yang aman.

Pertumbuhan jumlah penduduk yang kian meningkat mengakibatkan kebutuhan akan ruang semakin terbatas sehingga pemilihan lokasi hunian juga tidak lagi mempertimbangkan risiko bencana yang mungkin terjadi. Meningkatnya konsentrasi dan aktivitas penduduk di sekitar pesisir merupakan bukti bahwa kesadaran akan bahaya bencana tsunami masih rendah dan konsep mitigasi bencana khususnya di Kota Padang perlu dikembangkan lebih komprehensif lagi.

Jumlah sel per variabel hasil klasifikasi dengan metode *Cell Based Modelling* dapat dilihat pada Tabel 35.

Tabel 35. Jumlah sel per variabel hasil klasifikasi

No	Variabel	Aspek	Kriteria	Jumlah sel					Total
				Sangat rendah	Rendah	Sedang	Tinggi	Sangat Tinggi	
1	Kerawanan (<i>Hazard</i>)	Bahaya tsunami	<i>Run-up</i> dan Inundasi	677.567	22.126	22.135	15.701	20.329	757.858
2	Kerentanan (<i>Vulnerability</i>)	Fisik lingkungan	Elevasi daratan	616.127	16.558	27.108	53.343	44.722	757.858
			Kemiringan (<i>slope</i>) daratan	681.928	17.949	44.706	4.887	8.388	757.858
			Morfologi garis pantai	623.331	37.937	17.260	40.066	39.264	757.858
			Jarak dari pantai	382.232	73.691	75.609	90.648	135.678	757.858
		Infrastruktur wilayah	Penggunaan lahan	9.781	411.255	80.561	17.549	80.771	757.858
			Jarak dari jaringan jalan	599.393	33.792	37.198	41.600	45.875	757.858
			Jarak dari sungai dan kanal	548.545	36.436	42.831	53.299	76.747	757.858
		Sosial kependudukan	Kepadatan penduduk	680.726	28.406	24.807	13.642	10.277	757.858
3	Kesiapsiagaan Bencana (<i>Disaster Preperadness</i>)	Kapasitas Kesiapsiagaan	Indeks Kesiapsiagaan Bencana	108.747	268.805	81.175	117.482	181.649	757.858

5.7.2. Analisis variasi spasial tingkat risiko bencana tsunami

Pada Gambar 67-77 (Lampiran 11) juga dapat dilihat bahwa tingkat risiko bencana tsunami di setiap kecamatan berbeda-beda. Hal ini sangat tergantung dari tingkat kerawanan, kerentanan, dan kesiapsiagaan terhadap bencana tsunami. Persentase dan sebaran tingkat risiko bencana tsunami setiap kecamatan dapat dilihat pada Tabel 36.

Tabel 36. Persentase tingkat risiko bencana tsunami per kecamatan

No	Kecamatan	Persentase tingkat risiko (%)					Total (%)
		Sangat rendah	Rendah	Sedang	Tinggi	Sangat tinggi	
1	Bungus Teluk Kabung	44.97	40.91	11.84	2.11	0.16	100,00
2	Lubuk Begalung	13.31	69.58	13.28	3.66	0.17	100,00
3	Padang Selatan	0.00	48.89	40.21	10.82	0.08	100,00
4	Padang Barat	0.00	0.00	15.12	84.77	0.11	100,00
5	Padang Timur	0.00	40.91	50.84	8.24	0.00	100,00
6	Padang Utara	0.00	1.42	25.63	69.54	3.41	100,00
7	Nanggalo	0.00	12.29	66.84	20.88	0.00	100,00
8	Koto Tangah	70.02	12.48	8.44	8.98	0.09	100,00
9	Kuranji	55.95	42.37	1.68	0.00	0.00	100,00
10	Pauh	99.30	0.70	0.00	0.00	0.00	100,00
11	Lubuk Kilangan	99.65	0.35	0.00	0.00	0.00	100,00

Berdasarkan Tabel 36 diatas dapat diketahui bahwa kecamatan yang daerahnya mempunyai persentase tingkat risiko tinggi dan sangat tinggi adalah Kecamatan Bungus Teluk Kabung, Lubuk Begalung, Padang Selatan, Padang Barat, Padang Timur, Padang Utara, Nanggalo, dan Koto Tangah. Sedangkan Kecamatan Kuranji, Pauh, dan Lubuk Kilangan hanya mempunyai daerah dengan tingkat risiko yang sedang, rendah, dan sangat rendah. Dalam rangka mitigasi bencana tsunami, daerah risiko sedang, rendah dan sangat rendah dapat dijadikan sebagai area evakuasi jika terjadi tsunami.

Jika dibandingkan dengan peta evakuasi bencana tsunami yang sudah ada maka hasil penelitian ini cukup relevan, dimana area yang dijadikan tempat-tempat evakuasi merupakan daerah-daerah yang teridentifikasi mempunyai daerah dengan tingkat risiko bencana tsunami yang sedang, rendah, dan sangat rendah. Contohnya tempat evakuasi di daerah Gunung Pangilun di Kecamatan Padang Utara, dan Kampus Universitas Andalas di Kecamatan Pauh.

Tabel 37. Daerah yang diidentifikasi memiliki tingkat risiko bencana tsunami yang tinggi, dan sangat tinggi

No	Kecamatan	Tingkat Risiko Bencana Tsunami	
		Tinggi	Sangat Tinggi
1	Bungus Teluk Kabung	Kel. Cindakir	Kel. Labuhan Tarok, Kel. Pasar Laban
2	Lubuk Begalung	Kel. Sei Beremas	Kel. Gaung, Kel. Teluk Nibung
3	Padang Selatan	Kel. Mata Air	Kel. Air Manis
4	Padang Barat	Kec. Padang Barat	Kel. Purus
5	Padang Timur	Kel. Simpang Haru, Kel. Sawahan	-
6	Padang Utara	Kec. Padang Utara	Kel. Ujung Karang, Kel. Lolong Belanti
7	Nanggalo	Kel. Gurun Lawas, Kel Surau Gadang	-
8	Koto Tangah	Kel. Padang Sarai, Kel. Pasir Kadang, Kel. Ganting, Kel. Pasir Sebelah, Kel. Batang Kabung, Kel. Bungo Pasang, Kel. Ikur Kuto	Kel. Lubuk Buaya, Kel. Parupuk Tabing
9	Kuranji	-	-
10	Pauh	-	-
11	Lubuk Kilangan	-	-

Tabel 37 diatas menunjukkan daerah-daerah di tiap kecamatan yang diidentifikasi mempunyai tingkat risiko yang tinggi dan sangat tinggi berdasarkan peta risiko bencana tsunami yang dihasilkan pada penelitian ini. Pada umumnya daerah yang diidentifikasi adalah daerah pesisir yang berbatasan langsung dengan laut lepas (*Samudera Hindia*), yang memiliki topografi yang datar, serta merupakan pusat pemerintahan, kegiatan ekonomi, dan pemukiman dengan konsentrasi kepadatan penduduk yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan daerah-daerah lainnya. Kecamatan Padang Utara dan Padang Barat menjadi daerah dengan tingkat risiko paling tinggi, karena hampir seluruh luasan daerahnya teridentifikasi mempunyai tingkat risiko yang tinggi dan sangat tinggi. Kecamatan Koto Tangah, memiliki luasan daerah dengan tingkat risiko tinggi, dan sangat tinggi walaupun hanya sebesar 2,27 % dari luasan daerahnya. Sedangkan kecamatan lainnya menunjukkan variasi dimana daerahnya pada kecamatan tersebut diidentifikasi memiliki tingkat risiko yang berbeda-beda.

BAB 6 KESIMPULAN

1. Berdasarkan analisis Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis (SIG) dengan metode *Cell Based Modelling* dapat ditunjukkan bahwa tingkat risiko tsunami di setiap wilayah di Kota Padang bervariasi secara spasial. Wilayah-wilayah yang memiliki tingkat risiko tinggi dan sangat tinggi berada di Kota Padang bagian barat yaitu daerah pantai atau berbatasan langsung dengan laut lepas dimana memiliki ketinggian elevasi daratan < 10 m. Risiko bencana yang tinggi ini juga dapat diakibatkan karena lokasi kemungkinan terjadi bencana tsunami tersebut berada pada wilayah pemukiman padat penduduk sehingga perlu dikembangkan mitigasi bencana tsunami yang komprehensif di Kota Padang, terutama pada wilayah-wilayah yang memiliki kerawanan dan kerentanan bencana tsunami yang tinggi, dan memiliki tingkat kesiapsiagaan bencana yang rendah.
2. Sedangkan wilayah yang hanya memiliki tingkat risiko rendah, dan sangat rendah terdapat di wilayah Kota Padang bagian timur, atau yang jauh dari permukaan laut, dimana memiliki ketinggian >15 m. Wilayah ini dapat digunakan sebagai zona evakuasi bencana tsunami.

Dari hasil penelitian ini maka disadari ada beberapa kendala yang dihadapi, sehingga dapat disarankan untuk dapat dilakukan pada penelitian-penelitian selanjutnya seperti penggunaan variabel penyusun dalam model yang lebih banyak, agar hasil permodelan dapat lebih mendekati dengan kenyataan, dan untuk hasil yang lebih detail sebaiknya digunakan citra penginderaan jauh yang memiliki resolusi spasial lebih detail. Perlu juga dilakukan penelitian lebih lanjut dengan memasukkan data permodelan tsunami dengan model pusat gempa tsunami dari arah yang berbeda untuk memetakan daerah risiko tsunami yang lebih komprehensif. Kajian lebih lanjut juga dapat menganalisis dan membuat peta evakuasi bencana tsunami sebagai *official map*, serta penyusunan *data base* bencana alam tsunami sebagai input penting untuk perkembangan daerah berbasis bencana.

DAFTAR REFERENSI

- Aprianti, Y. 2005. "Hidup Harmonis" dengan Gempa dan Tsunami. *In: P. Cahandar. Bencana Gempa dan Tsunami. Penerbit Buku Kompas. Jakarta. Halaman 51-53.*
- Badan Koordinasi Nasional Penanggulangan Bencana. 2007. *Fasilitasi Rencana Penanggulangan Bencana : Materi 2.* Bakornas PB. Jakarta. <http://www.bakornas.pb.go.id> [2 Februari 2009]
- Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG). 2007. *Clustering Sumber Gempa Bumi Daerah Sumatera dan Sekitarnya.* Laporan. Jakarta.
- Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG). 2009. *Tsunami.* <http://www.bmg.go.id> [27 Februari 2009]
- Badan Perencanaan Pembangunan Daerah (BAPPEDA Kota Padang). 2008. *Profil Daerah Kota Padang Tahun 2006-2008.* Pemerintah Kota Padang-Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kota Padang. Padang.
- Badan Pusat Statistik Kota Padang. 2008. *Padang Dalam Angka (Padang in Figures) 2007.* Kerjasama dengan Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kota Padang. Padang.
- Badan Riset Kelautan dan Perikanan- Departemen Kelautan Perikanan (BRKP-DKP). 2004. *Iptek Kelautan dan Perikanan Masa Kini.* Badan Riset Kelautan dan Perikanan- Departemen Kelautan Perikanan. Jakarta.
- Bengen, D.G. 2001. *Ekosistem dan Sumberdaya Alam Pesisir dan Laut.* Sinopsis. Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Lautan. Institut Pertanian Bogor.
- Berryman, K. 2006. *Review of Tsunami Hazard and Risk in New Zealand.* New Zealand: Institute of Geological & Nuclear Sciences.
- Diposaptono, S. 2005. *Rehabilitasi Pasca Tsunami yang Ramah Lingkungan.* Bencana Gempa dan Tsunami. Penerbit Buku Kompas. Jakarta.
- Diposaptono, S dan Budiman. 2005. *Tsunami.* Buku Ilmiah Populer. Bogor.
- Diposaptono, S. 2006. *Mitigasi Bencana Wilayah Pesisir Berbasis Ekosistem Mangrove.* Ditjen Kelautan, Pesisir, dan Pulau – Pulau Kecil DKP. Jakarta.
- Diposaptono, S dan Budiman. 2008. *Hidup Akrab dengan Gempa dan Tsunami.* Buku Ilmiah Populer. Bogor.

- Departemen Kelautan dan Perikanan (DKP). 2007. *Pedoman Mitigasi Bencana Alam di Wilayah Pesisir dan Pulau – Pulau Kecil*. Direktorat Pesisir dan Lautan , Ditjen KPPPK. Jakarta. Halaman 4.
- Earth Observatory-NASA. 2007. *Measuring Vegetation : Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)*.
<http://www.eo-contact@eodomo.gsfc.nasa.gov> [3 April 2009]
- Environmental System Research Institut (ESRI). 2002. *Using ArcGIS Spatial Analyst*. New York, NY.
- Hartoko, A. dan M. Helmi M. 2005. *Saatnya Pemda Memiliki Peta Rawan Bencana untuk Wilayah Pesisir*. **In:** P. Cahonar. *Bencana Gempa dan Tsunami*. Penerbit Buku Kompas. Jakarta. Halaman 104-107
- Haslett, S. K. 2001. *Coastal System*. Routledge Press. London and New York.
- Ikawati, Y. 2005. *Memahami Gempa Serta Tsunami di Aceh dan Sumatera Utara*. **In:** P. Cahonar. *Bencana Gempa dan Tsunami*. Penerbit Buku Kompas. Jakarta. Halaman 35-38
- Irfani, M. 2005. *Pola Lansekap di kawasan Rawan Tsunami*. Prosiding Seminar Tsunami Dalam Kerangka Research On Tsunami Hazard and its Effect on Indonesian Coastal Region (2002-2003-2004). BPPT Press. Jakarta. Halaman 265-274.
- Kementerian Negara Riset dan Teknologi Republik Indonesia (KNRT-RI). 2007. *Iptek Sebagai Asas Dalam Penanggulangan Bencana Di Indonesia*. Kementerian Negara Riset dan Teknologi Republik Indonesia. Jakarta.
- Komar, P.D.1983. *CRC Handbook of coastal Process and Erosion*. CRC Pess. Inc. Bocaraton, Florida.
- Lembaga Ilmu dan Pengetahuan Indonesia (LIPI). 2006. *Kajian Kesiapsiagaan Masyarakat dalam Mengantisipasi Bencana Gempa Bumi dan Tsunami*. Deputi Ilmu Pengetahuan Kebumian Lembaga Ilmu dan Pengetahuan Indonesia. Jakarta. Bab IV-3.
- Meaden, G. J. daan T. D. Chi. 1996. *Geographical Information System : Application to Marine Fisheries*. FAO Fisheries Technical Paper No 356. Rome.
- Meilinawati, B. D. 2006. *Tsunami Risk Assesment Using Probabilistic Approach and GIS Based SAW Method : Case Study Coastal Of Padang, West Sumatera, Indonesia*. Bogor Agriculture University. Bogor

- Mukaryanti. 2005. *Merencanakan Kota Pantai Berbasis Kerentanan Terhadap Tsunami*. In: P. Cahandar. Bencana Gempa dan Tsunami. Penerbit Buku Kompas. Jakarta. Halaman 125-129
- National Aeronautics and Space Agency (NASA). 2005. <http://www.nasa.org> [27 September 2008]
- National Tsunami Hazard Mitigation Program. 2001. *Tujuh Prinsip Perencanaan dan Perancangan tahun 2001*. <http://www.google.co.id/search?hl=id&q=Menghadapi%2BTsunami%2BTujuh%2BPrinsip%2BPerencanaan%2Bdan%2BPerancangan&btnG=Cari&meta=cr%3DcountryID> [6 Desember 2008]
- Prahasta, E. 2008. *Model Permukaan Dijital (Pengolahan Data DTM (Digital Terrain Model) dan DEM (Digital Elevation Model) dengan perangkat lunak Surfer, Global Mapper, dan Quick Grid)*. Informatika Bandung. Bandung.
- Purwadi Sri Hardiyanti, dan Tjaturahono Budi Sanjoto. 2008. *Pengantar Interpretasi Citra Penginderaan Jauh*. Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional dan Universitas Negeri Semarang. Jakarta.
- PSBA-Bakosurtanal, 2003. *Panduan Mitigasi Bencana Alam: Gempa bumi, Tsunami, Gunungapi, dan Angin Kencang*. PSBA-UGM. Yogyakarta.
- Roeslan K. 2005. *Indonesia adalah Laboratorium Alam Raksasa*. In: P. Cahandar. Bencana Gempa dan Tsunami. Penerbit Buku Kompas. Jakarta. Hal 72
- Siahaan, F.R. 2008. *Perlu Manajemen Risiko Bencana Tsunami Di Mentawai*. <http://www.puailiggoubat.com> [9 Februari 2009]
- Srinivas, H. 2002. *The Disaster Management Cycle*. <http://www.hsrinivas@gdrc.org> [19 Maret 2009]
- United Nation Development Program (UNDP). 1995. *Pengantar tentang bahaya*. <http://www.undmtp.org/Indonesian/hazards/Pengantar%20tentang%20bahaya.pdf> [14 Nopember 2008]
- United Nations Educational Scientific and Cultural Organization-Intergovernmental Oceanographic Commission (UNESCO-IOC). 2007. *Rangkuman Istilah Tsunami*. Informasi Dokumen IOC No. 1221. Paris, UNESCO.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 27 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang



Lampiran 1. Hasil koreksi geometrik Citra Landsat 7 ETM+

RMS Koreksi Geometrik Citra

```

#
# GCPs for dataset      : E:\My_Thesis\DATAPETA
PADANG\Citra_LANDSAT_Padang.ers
#
# Total number of GCPs: 30
# Number turned on    : 30
# Warp order          : 3
# GCP CORRECTED map projection details:
#   Map Projection    : SUTM47
#   Datum              : WGS84
#   Rotation           : 0.000
#
# RMS error report:
# Warp Type - Polynomial
# -----ACTUAL-----      ---PREDICTED---
#   Point      Cell-X      Cell-Y      Cell-X      Cell-Y      RMS
#   "1"      3864.448    1151.288    3864.536    1151.251    0.0950
#   "2"      6568.928    1605.004    6568.863    1605.325    0.3275
#   "3"      4228.720    2707.326    4228.731    2707.430    0.1045
#   "4"      2945.061    4127.960    2945.001    4127.048    0.9132
#   "5"      5394.155    3856.041    5394.247    3856.812    0.7763
#   "6"      5376.215    3874.876    5376.133    3873.974    0.9051
#   "7"      6410.256    1473.473    6410.179    1473.546    0.1064
#   "8"      6420.644    1459.027    6420.799    1458.631    0.4250
#   "9"      4081.284    2707.043    4081.120    2707.026    0.1653
#   "10"     4413.444    2902.763    4413.419    2902.550    0.2142
#   "11"     2466.039    3961.033    2466.257    3961.455    0.4750
#   "12"     2445.325    3930.731    2445.161    3930.676    0.1733
#   "13"     4088.226    3918.692    4088.334    3919.050    0.3734
#   "14"     4071.936    3937.113    4072.060    3937.228    0.1684
#   "15"     4058.278    3942.908    4058.554    3942.927    0.2764
#   "16"     2628.127    4668.840    2628.461    4669.016    0.3780
#   "17"     3525.811    4105.049    3525.896    4104.805    0.2582
#   "18"     3511.886    4093.187    3511.775    4093.394    0.2354
#   "19"     2155.758    4123.267    2155.737    4123.370    0.1051
#   "20"     2339.750    4663.679    2339.577    4663.606    0.1878
#   "21"     3724.032    1789.120    3724.042    1789.179    0.0593
#   "22"     3988.002    2807.387    3987.980    2807.520    0.1344
#   "23"     3620.292    4917.673    3620.044    4917.724    0.2537
#   "24"     3779.299    4004.745    3779.351    4004.774    0.0590
#   "25"     4628.966    3222.472    4628.802    3222.359    0.1985
#   "26"     2301.663    3866.097    2301.685    3866.004    0.0953
#   "27"     3076.532    3220.571    3076.494    3220.525    0.0600
#   "28"     3853.644    1930.927    3853.614    1931.056    0.1329
#   "29"     3076.528    1283.660    3076.506    1283.609    0.0552
#   "30"     3076.564    4515.309    3076.459    4515.391    0.1329
#
# Average RMS error : 0.261
# Total RMS error   : 7.845
# End of GCP details

```

Lampiran 2. Hasil pengamatan dan pengukuran pada saat survei lapangan

Tabel 38. Posisi pengamatan di lapangan

Waypoint	Longitude	Latitude	Elevasi (m)	Objek	Lokasi	Keterangan
1	100,39	1,12	0,57	Muara Pisang Gadang	Bungus Teluk Kabung	Pantai
2	100,41	1,05	0,62	Pantai Carolina	Bungus Teluk Kabung	Objek Wisata
3	100,40	1,03	1,13	PPS Bungus	Bungus Teluk Kabung	Pelabuhan
4	100,38	1,04	27,74	Bukit Lampu	Bungus Teluk Kabung	Objek Wisata
5	100,38	1,00	1,02	Teluk Bayur	Lubuk Begalung	Pelabuhan
6	100,42	1,00	4,69	S. Batang Aru	Lubuk Begalung	Sungai
7	100,36	0,99	0,87	Pantai Air manis	Padang Selatan	Objek Wisata
8	100,35	0,97	2,74	Jembatan Siti Nurbaya	Padang Selatan	Jembatan
9	100,38	0,97	67,77	Bukit Gado-Gado	Padang Selatan	Bukit
10	100,35	0,95	0,87	Purus	Padang Barat	Pantai
11	100,37	0,95	2,12	Kantor Walikota Padang	Padang Barat	Kantor Pemerintah
12	100,38	0,96	1,74	Museum Adityawarman	Padang Barat	Objek Wisata
13	100,37	0,97	2,49	Plaza Andalas	Padang Barat	Tempat Kegiatan Ekonomi
14	100,37	0,95	1,74	SMUN 1 Padang	Padang Barat	Fasilitas Pendidikan
15	100,36	0,94	2,69	S. Banjir Kanal	Padang Utara	Sungai/kanal
16	100,36	0,92	2,35	Universitas Negeri Padang	Padang Utara	Fasilitas Pendidikan
17	100,34	0,89	1,82	Pasar Ulak Karang	Padang Utara	Tempat Kegiatan Ekonomi
18	100,41	0,94	4,95	S.Batang Kuranji	Nanggalo	Sungai
19	100,40	0,94	4,32	RS. Islam Siti Rahmah Padang	Nanggalo	Fasilitas Kesehatan
20	100,38	0,91	37,85	Gunung Pangilun	Nanggalo	Bukit
21	100,48	0,96	41,69	Universitas Andalas Padang	Pauh	Fasilitas Pendidikan
22	100,47	0,95	29,13	Kantor Camat Pauh	Pauh	Kantor Pemerintah
23	100,50	0,99	15,12	Pasar Banda Buek	Lubuk Kilangan	Tempat Kegiatan Ekonomi
24	100,53	0,99	31,38	Pabrik Semen Padang Indarung	Lubuk Kilangan	Industri
25	100,43	0,92	14,77	Jl. By Pass	Kuranji	Jalan
26	100,41	0,92	15,49	TVRI Stasiun Sumatera Barat	Kuranji	Fasilitas Pendukung
27	100,35	0,87	2,61	Pasar Lubuk Buaya	Koto Tangah	Tempat Kegiatan Ekonomi
28	100,34	0,87	7,35	Kel.Anak Air	Koto Tangah	Pemukiman
29	100,30	0,83	0,87	Pantai Pasir Jambak	Koto Tangah	Objek Wisata
30	100,29	0,78	2,97	Bandar Udara Internasional Minangkabau	Kabupaten Padang Pariaman	Bandar Udara



Gambar 37. Pantai Carolina



Gambar 38. Jembatan Siti Nurbaya



Gambar 39. Pantai Padang



Gambar 40. Pemukiman tahan gempa di Padang Selatan



Gambar 41. Plaza Andalas Padang



Gambar 42. Kantor Walikota



Gambar 43. Peringatan bahaya tsunami



Gambar 44. Objek wisata batu malin kundang, pantai air manis



Gambar 45. SMUN 1 Padang



Gambar 46. Pasar Banda Buek
Lubuk Kilangan



Gambar 47. Universitas Andalas



Gambar 48. Universitas Negeri Padang



Gambar 49. Bandara Internasional
Minangkabau-Kab.Padang Pariaman



Gambar 50. GPS pada saat survei

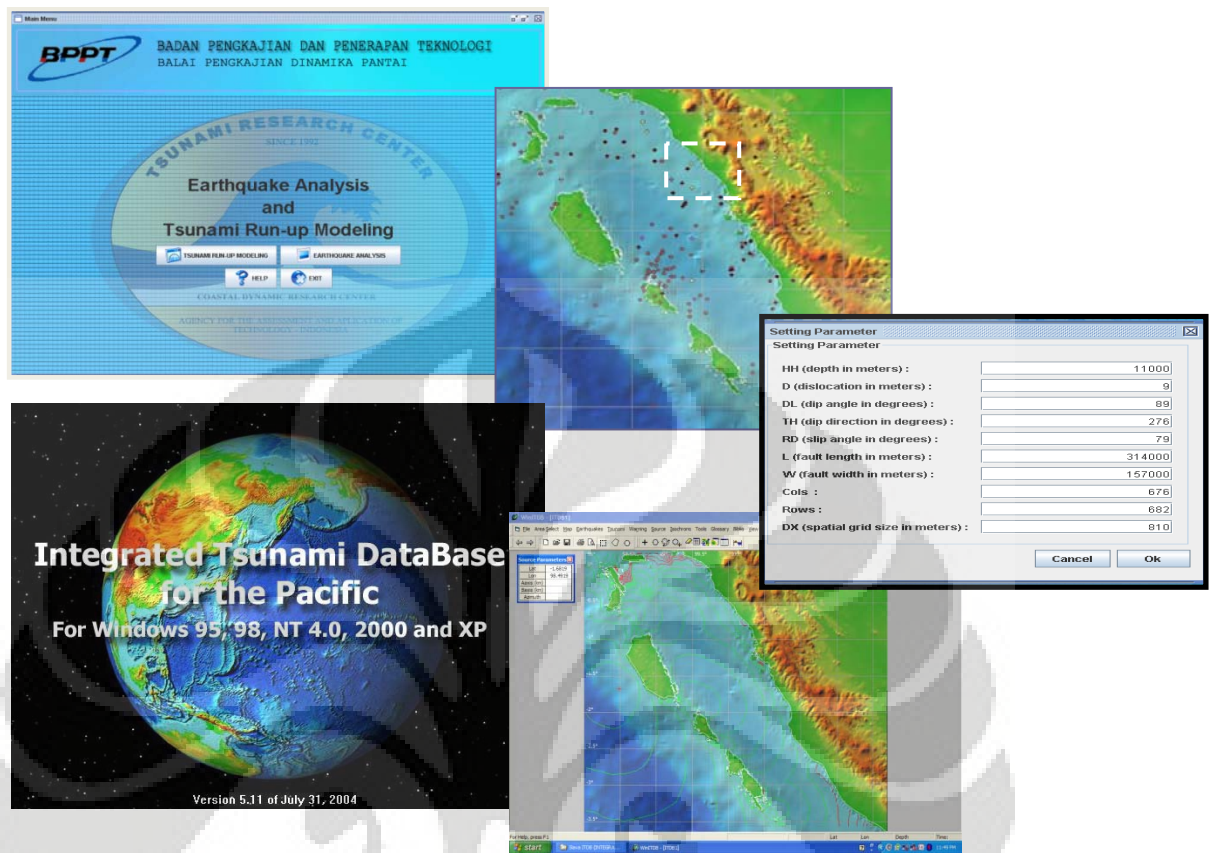


Gambar 51. Wawancara
dengan penduduk sekitar

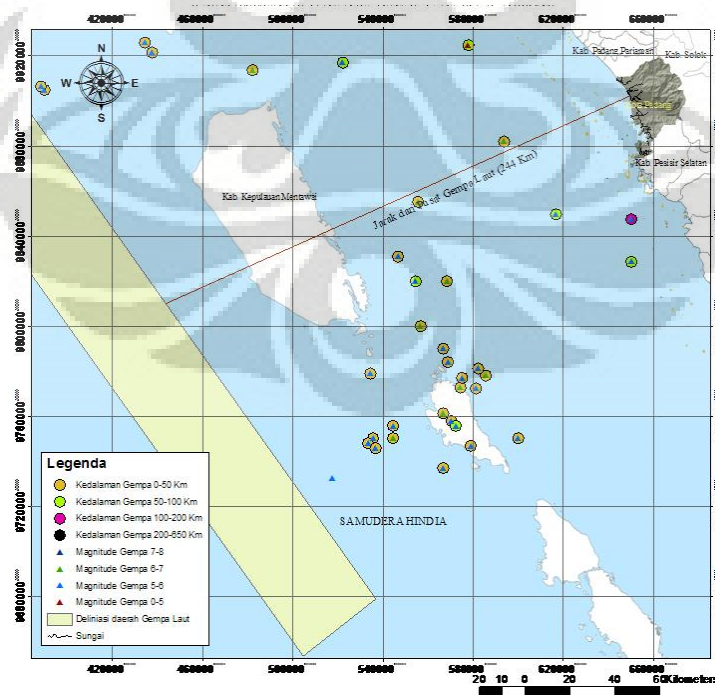


Gambar 52. Konsultasi dengan
pakar dan instansi terkait

Lampiran 3. Hasil permodelan sebaran titik kejadian gempa



Gambar 53. Software operasi permodelan gempa, run –up, dan genangan tsunami



Gambar 54. Hasil pemodelan sebaran titik kejadian gempa dan deliniasi daerah pusat gempa

Lampiran 4. Data historis gempa Kota Padang

Tabel 39. Data Gempa di atas 6 Skala Richter yang Terjadi di Padang Pada Tahun 2007

10 April 2005	7,3	<i>Kerusakan berat pada beberapa bangunan, kerusakan ringan pada ribuan bangunan dan</i>
6 Maret 2007	6,9	
12 September 2007	7,9	
13 September 2007	7,7	

Tabel 40. Data Kejadian Gempa yang Terjadi 200 Tahun Terakhir di Padang

Year	Mon	Day	Hour	Min	Sec	Lat	Lon	Depth	Ms
1797	2	10	0	0	0	0	99.0		8.0
1833	9	25	0	0	0	-1.5	100.0	70	9.0
1861	3	9	0	0	0	0	98.0	20	7.0
1861	9	25	0	0	0	-1.5	100.0		6.5
1885	7	29	0	0	0	0	99.5		6.8
1908	2	6	0	0	0	-2	100.0	130	7.5
1909	6	3	18	41	0	-2	101.0	50	7.6
1926	6	28	0	0	0	-1.5	99.5		6.8
1935	12	28	2	35	0	0	98.3	60	8.1
1943	6	8	20	42	0	-2.8	102.0	50	7.3
1943	6	9	3	6	0	-1	101.0	50	7.5
1961	10	26	0	0	0	-0.5	98.8	62	5.0
1961	10	26	0	0	0	-0.3	98.7	34	6.0
1963	9	28	0	0	0	-3.5	102.0	29	5.5
1964	4	27	0	0	0	0.3	98.1	33	5.3
1965	7	28	0	0	0	-2.2	101.9	135	5.5
1965	9	19	0	0	0	-0.8	99.8	35	5.5
1965	11	24	0	0	0	-0.2	97.4	33	5.0
1966	8	18	0	0	0	-1.7	100.6	16	5.0
1967	1	11	0	0	0	-3.7	100.9	33	5.3
1967	5	21	0	0	0	-0.96	101.4	172	6.5
1967	5	23	0	0	0	-3.12	101.5	65	5.0
1967	6	12	0	0	0	-3.1	100.6	33	5.4
1967	6	12	0	0	0	-3	100.6	33	5.0
1967	6	13	0	0	0	-3	100.6	33	5.0
1967	7	1	0	0	0	-0.8	98.7	26	5.5
1967	9	19	0	0	0	-1.6	100.5	83	5.0
1967	10	24	0	0	0	-3.1	101.5	63	5.5
1968	10	15	0	0	0	-0.53	100.6	98	5.5
1968	10	24	0	0	0	0.3	99.7	33	5.0
1968	11	10	0	0	0	-3.62	102.0	33	5.3
1969	4	1	0	0	0	-1.7	100.0	33	5.0
1969	5	16	0	0	0	-0.52	99.4	50	5.0
1969	8	4	0	0	0	0.36	98.7	67	5.4
1969	10	3	0	0	0	-3.68	101.9	95	5.5
1970	1	7	0	0	0	-1.84	100.4	40	5.0
1970	12	19	0	0	0	-1.62	99.9	46	6.0
1971	11	5	0	0	0	-0.07	100.2	290	5.0
1972	1	17	0	0	0	-1.93	99.6	33	5.0
1972	3	6	0	0	0	-1.95	99.8	33	5.0
1972	4	16	0	0	0	-1.84	99.8	33	5.3
1972	4	27	0	0	0	-0.58	99.6	54	5.3
1972	7	16	0	0	0	-3.04	101.0	28	5.8
1972	12	8	0	0	0	-1.92	99.7	33	5.3
1972	12	8	0	0	0	-1.86	99.8	20	5.9
1972	12	8	0	0	0	-1.88	99.7	33	5.5
1972	12	11	0	0	0	-1.9	99.6	33	5.4
1972	12	18	0	0	0	-1.82	99.6	33	5.5
1973	1	13	0	0	0	-2.69	101.3	105	5.0
1973	2	25	0	0	0	-1.69	99.7	33	5.9
1973	2	26	0	0	0	-1.76	99.7	33	5.3
1973	2	27	0	0	0	-1.74	99.7	33	5.0
1973	3	29	0	0	0	-2.15	99.7	50	5.0
1973	5	4	0	0	0	-1.46	99.9	51	5.9
1973	5	12	0	0	0	-3.24	101.2	51	5.5
1973	5	17	0	0	0	-2.34	100.8	80	5.0

1973	11	20	0	0	0	-1.34	100.6	33	5.0
1973	12	8	0	0	0	-0.24	98.4	33	5.5
1974	3	21	0	0	0	-2.97	101.7	68	5.0
1974	3	30	0	0	0	-2.93	101.1	33	5.0
1974	4	8	0	0	0	-2.26	99.7	33	5.0
1974	9	2	0	0	0	-2.77	101.2	56	5.4
1974	9	2	0	0	0	-2.76	101.2	52	5.5
1974	10	22	0	0	0	-0.74	98.1	84	5.0
1974	10	22	0	0	0	-0.77	98.1	33	5.0
1974	12	24	0	0	0	-2.3	99.0	33	6.8
1975	1	8	0	0	0	-2.99	101.8	95	6.0
1975	4	7	0	0	0	-1.64	99.7	18	5.4
1975	4	13	0	0	0	-2.39	100.1	38	5.0
1975	5	30	0	0	0	-1.47	99.7	33	5.0
1975	6	21	0	0	0	-0.97	98.0	33	5.0
1975	9	22	0	0	0	-2.22	101.9	37	5.0
1975	10	23	0	0	0	-3.31	100.8	37	5.3
1976	3	10	0	0	0	-3.62	101.9	84	5.3
1976	5	9	0	0	0	-2.67	101.7	102	5.0
1976	6	30	0	0	0	-2.11	101.9	138	5.5
1976	12	16	0	0	0	-1.75	99.5	33	5.0
1976	12	17	0	0	0	-1.35	100.0	33	5.0
1977	6	10	0	0	0	-3.1	101.5	33	5.4
1977	6	24	0	0	0	-3.39	100.7	57	5.0
1977	6	24	0	0	0	-2.26	100.8	53	5.5
1977	7	29	0	0	0	-2.36	100.0	33	5.3
1977	8	15	0	0	0	-2.99	101.7	88	5.0
1978	3	7	0	0	0	-1.67	99.7	33	5.3
1978	3	11	0	0	0	-2.43	100.0	33	5.0
1978	7	3	0	0	0	-0.84	98.1	33	5.3
1979	4	19	0	0	0	-1.24	98.1	36	5.4
1979	4	19	0	0	0	-1.21	98.2	33	5.5
1979	5	8	0	0	0	-0.38	98.2	35	5.4
1979	5	19	0	0	0	-1.07	101.0	131	5.4
1979	5	28	0	0	0	-1.93	100.4	50	5.0
1980	4	8	0	0	0	-1.75	100.5	65	5.0
1980	7	23	0	0	0	-2.79	101.2	54	5.5
1980	8	25	0	0	0	-2.91	101.3	72	5.0
1980	12	30	0	0	0	0.14	97.3	33	5.4
1981	5	5	0	0	0	-3.49	99.6	31	5.0
1981	11	12	0	0	0	-1.01	100.3	54	5.0
1981	12	8	0	0	0	-1.53	100.6	76	5.4
1982	11	23	0	0	0	-3.7	101.8	83	5.0
1983	1	4	0	0	0	-3.15	101.2	54	5.5
1983	1	4	0	0	0	-3.23	101.1	51	5.3
1983	5	28	0	0	0	-1.8	99.6	27	5.3
1984	2	29	0	0	0	-0.9	100.0	101	5.0
1984	6	18	0	0	0	-1.07	99.9	75	5.4
1984	6	21	0	0	0	-0.96	99.8	80	5.0
1984	11	17	0	0	0	0.26	97.9	33	5.3
1984	11	17	0	0	0	0.15	97.9	36	5.0
1984	11	17	6	49	0	0.19	98.0	33	7.4
1985	1	16	0	0	0	-3.7	101.9	67	5.3
1985	11	29	0	0	0	-0.41	97.7	27	5.0
1986	4	6	0	0	0	-3.13	101.5	74	5.0
1986	4	17	0	0	0	-0.84	99.9	82	5.3
1986	6	15	0	0	0	-1.95	100.8	87	5.3
1986	6	15	0	0	0	-2.01	100.8	78	5.0
1986	7	2	0	0	0	-0.67	100.0	90	5.3
1986	8	12	0	0	0	0.11	100.2	46	5.3
1986	9	10	0	0	0	-2.81	101.3	83	5.3
1986	9	11	0	0	0	-1.07	98.3	33	5.3
1987	4	27	0	0	0	-3.05	101.6	53	5.3
1987	5	18	0	0	0	-2.22	100.0	33	6.0
1987	11	29	0	0	0	-1.33	99.6	45	5.0
1988	3	7	0	0	0	-2.28	100.0	28	5.0
1988	3	16	0	0	0	-1.09	99.9	77	5.0
1988	5	21	0	0	0	-1.13	98.2	28	5.3
1988	7	19	0	0	0	-2.93	101.4	80	5.0
1988	8	9	0	0	0	-1.33	100.7	104	5.0
1990	5	16	0	0	0	-0.35	99.1	68	5.0
1990	6	26	0	0	0	-3.39	100.8	57	5.4
1990	8	4	0	0	0	-0.11	99.5	111	5.0
1990	9	11	0	0	0	-3.52	101.6	65	5.0

1990	9	12	0	0	0	-0.47	98.3	33	5.0
1990	10	9	0	0	0	-3.55	100.8	25	5.5
1990	10	10	0	0	0	-1.6	99.5	57	5.0
1990	10	18	0	0	0	-1.89	100.1	68	5.4
1990	12	26	0	0	0	-0.22	99.1	73	5.0
1991	1	21	0	0	0	-1.87	100.4	67	5.0
1991	3	5	0	0	0	-0.35	99.3	63	5.0
1991	5	29	0	0	0	-3.24	98.4	26	5.0
1991	7	2	0	0	0	-1.12	99.9	53	6.0
1991	10	24	0	0	0	-2.42	101.5	77	5.0
1993	9	30	5	41	15.1	-1.68	100.6	68	5.3
1993	11	30	3	21	31.5	-3.58	101.6	45	5.0
1994	1	7	19	23	53.2	-0.59	98.6	29	5.5
1994	1	10	7	51	25.7	-0.73	98.5	30	5.0
1994	1	15	3	59	17.2	-1.05	100.4	102	5.0
1994	4	19	9	39	21.8	-3.77	101.5	42	5.0
1994	5	2	17	14	0.8	-1.12	97.5	15	6.1
1994	5	9	12	36	37.2	-2.06	99.7	27	6.0
1994	5	11	8	18	15.6	-2.01	99.8	20	6.5
1994	5	11	21	14	33.7	-2.06	99.7	28	6.0
1994	5	16	18	36	38.2	-2.08	99.5	33	5.0
1994	5	17	9	45	25.8	-2.12	99.5	22	5.9
1994	5	17	9	46	13.3	-1.9	99.6	33	5.9
1994	5	18	14	33	28.8	-2.06	99.7	24	5.1
1994	5	20	10	26	28.2	-1.97	99.5	24	5.1
1994	6	9	3	4	34.2	-1.88	99.6	33	5.4
1994	6	11	17	8	30.1	-1.72	99.8	41	5.0
1994	7	23	4	38	43.5	-1.03	97.5	31	5.1
1994	8	5	3	39	5.3	-3.18	101.5	68	5.5
1994	11	17	10	27	31	-0.52	99.2	64	5.0
1994	11	17	14	4	49.2	-1.95	99.8	47	5.1
1994	12	9	0	50	50.2	-1.08	100.3	86	5.1
1995	10	6	18	9	45.9	-2.05	101.4	33	7.0
1995	10	6	18	16	27.2	-2.11	101.6	33	5.3
1995	11	14	6	32	55.7	-3.68	101.9	57	5.0
1996	8	9	0	27	5.9	-2.02	99.7	33	5.8
1996	8	10	22	35	48.9	-1.96	99.6	33	5.6
1997	5	10	18	53	52.5	-3.15	101.6	33	5.5
1997	5	18	22	14	18	-1.87	99.7	33	5.4
1997	8	25	21	24	8.1	-1.97	99.9	33	5.5
1997	12	18	5	46	57.2	-1.95	99.6	33	5.6
1998	4	1	17	56	23.3	-0.54	99.3	55	7.0
1998	5	29	2	55	57.4	-2.23	99.5	33	5.5
1998	5	29	4	47	54	-2.19	99.6	33	5.5
1998	8	25	14	54	52	-1.68	99.6	33	5.0
1998	12	22	17	20	11.6	-0.24	99.2	33	5.0
1999	2	18	4	35	57.5	-2.77	102.0	33	5.0
1999	12	29	15	17	21.8	-0.45	99.6	79	5.3
2000	1	21	16	17	26.8	-1.23	98.9	33	5.0
2000	5	8	12	29	59.2	-0.85	98.1	33	5.9
2001	1	23	17	38	12.8	-0.2	99.3	77	5.3
2001	2	15	23	12	2.2	-0.58	99.7	33	3.9
2001	2	24	1	34	13.3	-1.88	100.4	82	4.5
2001	3	7	8	29	20.1	0.34	97.7	33	5.0
2001	3	13	23	58	58.5	-0.61	100.0	110	4.8
2001	4	25	7	23	9.1	-2.22	100.2	33	4.9
2001	4	26	16	8	24.6	-3.63	101.1	33	5.1
2001	5	14	6	16	47	-2.17	100.1	33	4.8
2001	5	22	20	53	43.9	-0.3	97.5	33	4.8
2001	5	25	10	46	40.7	-1.09	98.6	33	4.9
2001	5	26	4	3	38.5	-1.14	98.6	33	4.6
2001	5	26	5	29	6.5	-1.09	98.7	33	4.6
2001	6	15	10	38	3.5	-1.37	97.4	33	5.0
2001	7	23	12	9	42.2	0.29	98.5	33	5.0
2001	8	7	14	15	1	-0.23	99.6	106	4.3
2001	8	19	2	3	52	-3.21	101.6	59	4.4
2001	9	13	1	27	0.8	-3.43	101.2	33	5.1
2001	10	11	6	16	13.5	0.36	98.8	33	4.9
2001	10	16	4	46	29.7	-0.05	98.5	33	4.6
2002	3	27	22	46	2.2	-0.5	98.7	33	5.1
2003	1	10	15	18	55	0.2	98.0	27	5.6
2003	1	10	15	25	59.5	0.22	97.9	26	5.3
2003	1	19	2	55	24.2	-3.43	101.6	53	5.0
2003	2	3	11	46	17.2	-2.73	101.2	33	5.5

2003	7	14	20	0	6.1	-0.54	100.8	144	5.6
2003	11	3	17	47	48.5	-1.38	99.8	21	5.0
2003	11	14	7	33	6	-3.61	102.0	33	5.0
2004	2	16	14	44	37	-0.43	100.7	32	5.3
2004	2	22	6	46	27	-1.55	100.5	42	6.3
2004	4	9	1	55	50.5	-1.55	100.5	65	5.5

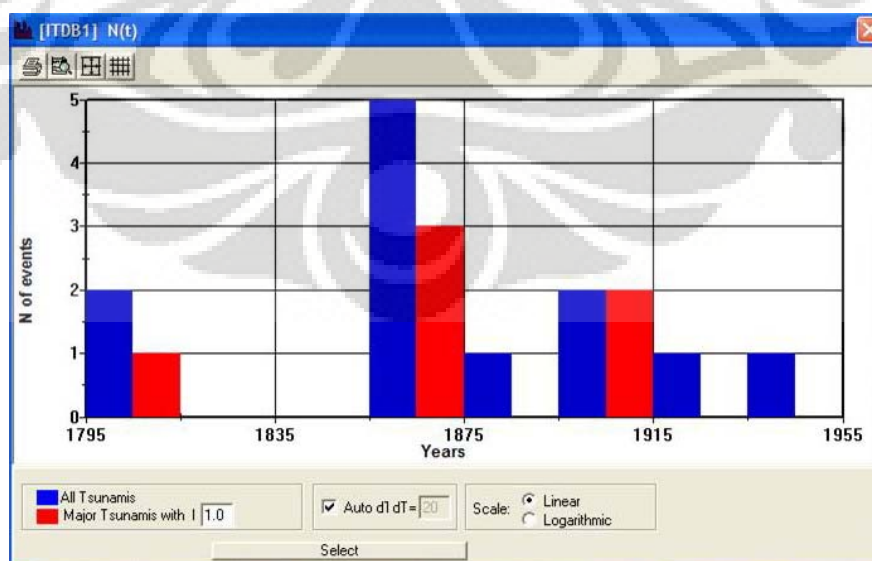
Sumber : Win ITDB 1700-2004

Berdasarkan data di atas dapat diketahui aktivitas kegempaan di Kota Padang dengan Magnitude tertinggi 8,5 skala richter hanya terjadi satu kali yaitu pada tahun 1861 dengan posisi geografis 97,8°BT dan 1°LS di laut pada kedalaman 70 Km. Selama kurun waktu 200 tahun, gempa dengan magnitudo lebih dari 6 skala richter yang di rasakan di Kota Padang terjadi sebanyak 26 kejadian, dimana 23 kejadian berpusat di laut. Frekuensi kejadian gempa dengan magnitudo lebih dari 5 SR untuk priode tahun 1797 – 2004 diperlihatkan pada Tabel 40.

Tabel 41. Frekuensi Kejadian Gempa ($M > 5$ SR) Untuk Periode Tahun 1797 – 2004

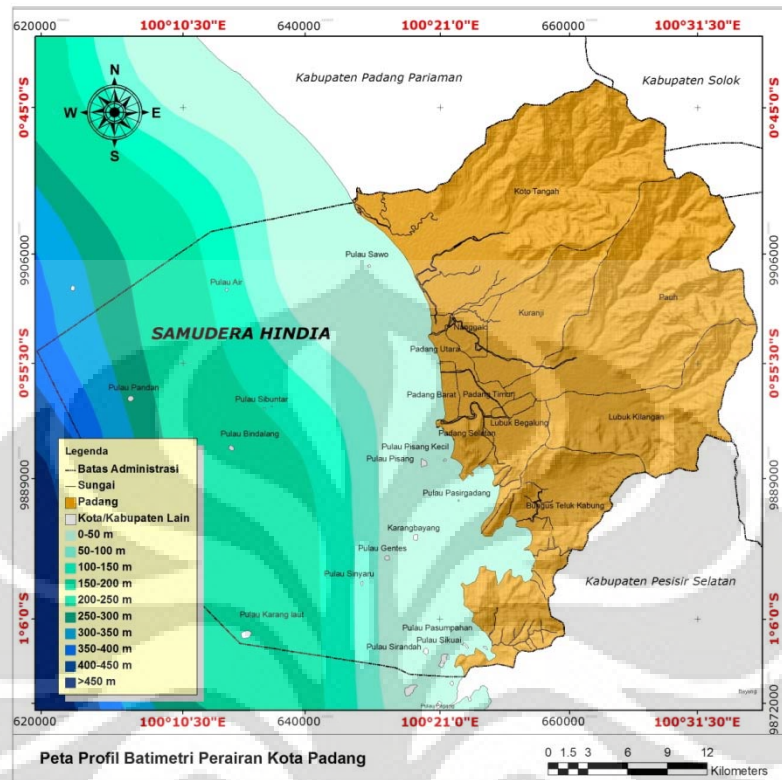
No	Magnitude	PERIODE /KEJADIAN					
		5 tahun	10 tahun	20 tahun	30 tahun	40 tahun	50 tahun
1	5 - 5,4	13	29	55	90	119	120
2	5,5 - 5,9	4	15	16	21	28	29
3	6 - 6,4	1	3	5	6	8	9
4	6,5 - 6,9	0	0	0	1	2	4
5	7 - 7,4	0	2	3	3	3	5
6	7,5 - 7,9	0	0	0	0	0	3
7	8 - 8,4	0	0	0	0	0	2
8	8,5	0	0	0	0	0	1

Sumber : Win ITDB 2004

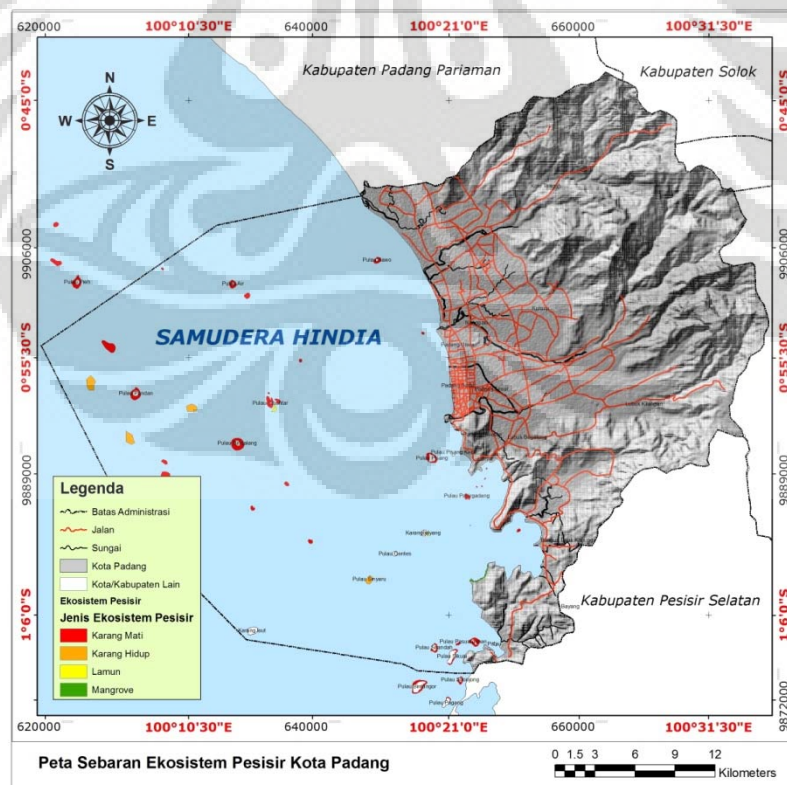


Gambar 55. Sebaran jumlah kejadian gempa pada suatu periode (Win ITDB 2004)

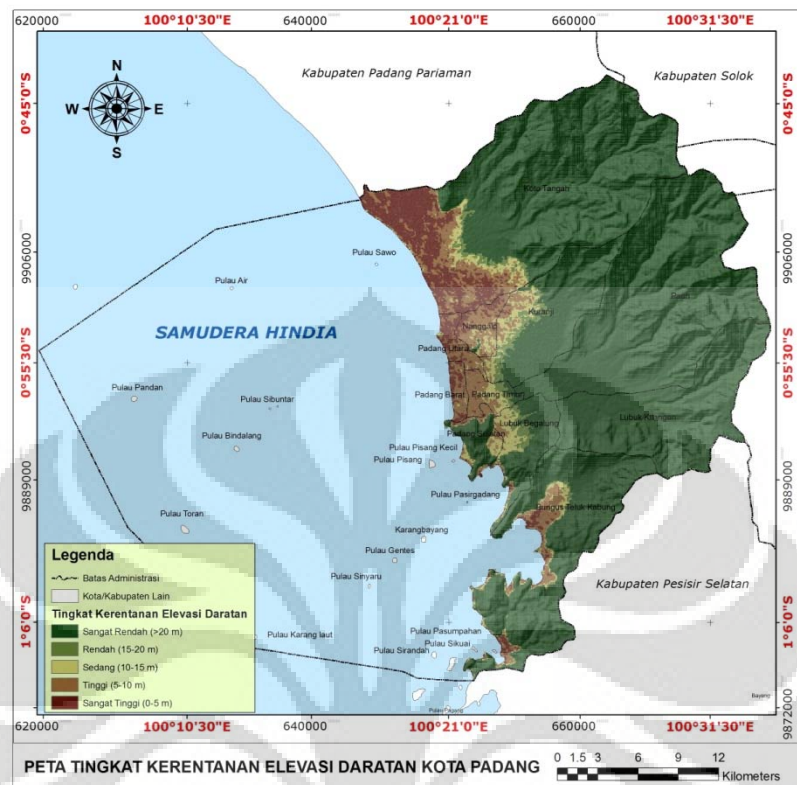
Lampiran 5. Peta batimetri di perairan Kota Padang dan sebaran ekosistem pesisir



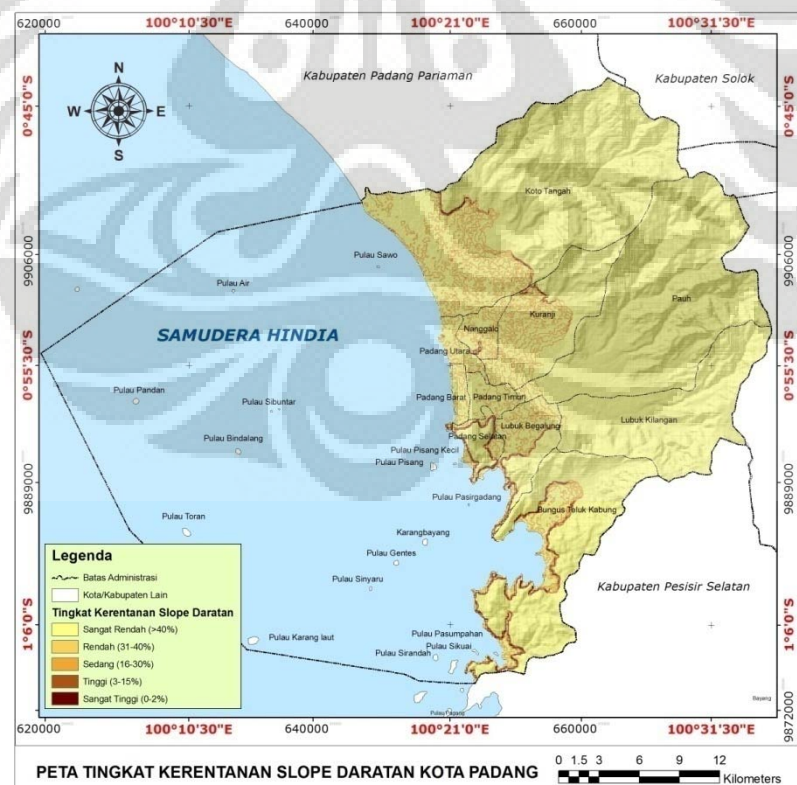
Gambar 56. Peta profil batimetri di perairan Kota Padang



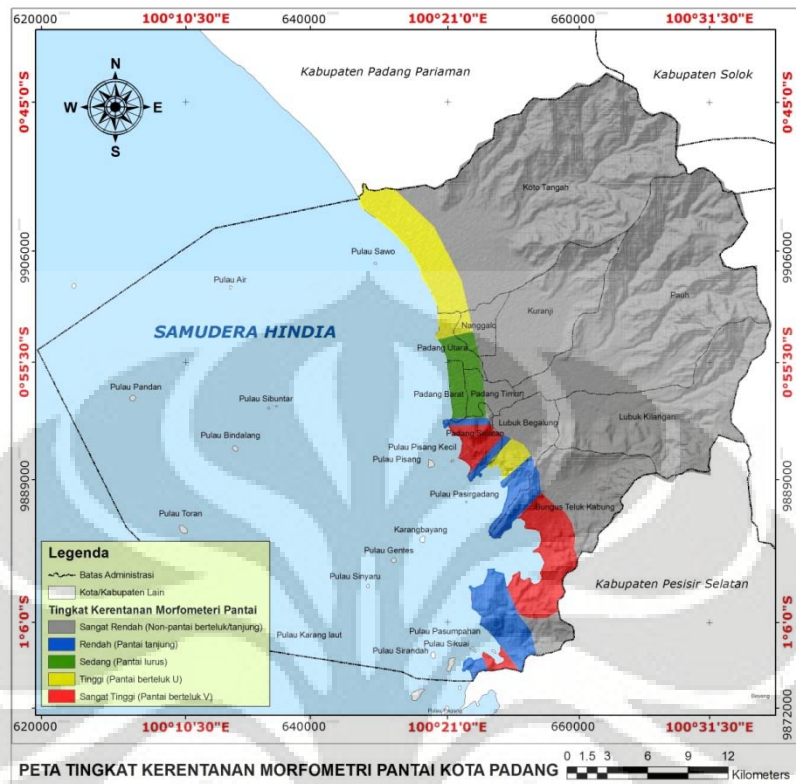
Gambar 57. Sebaran Ekosistem Pesisir di Kota Padang

Lampiran 6. Peta kerentanan elevasi dan *slope* daratan

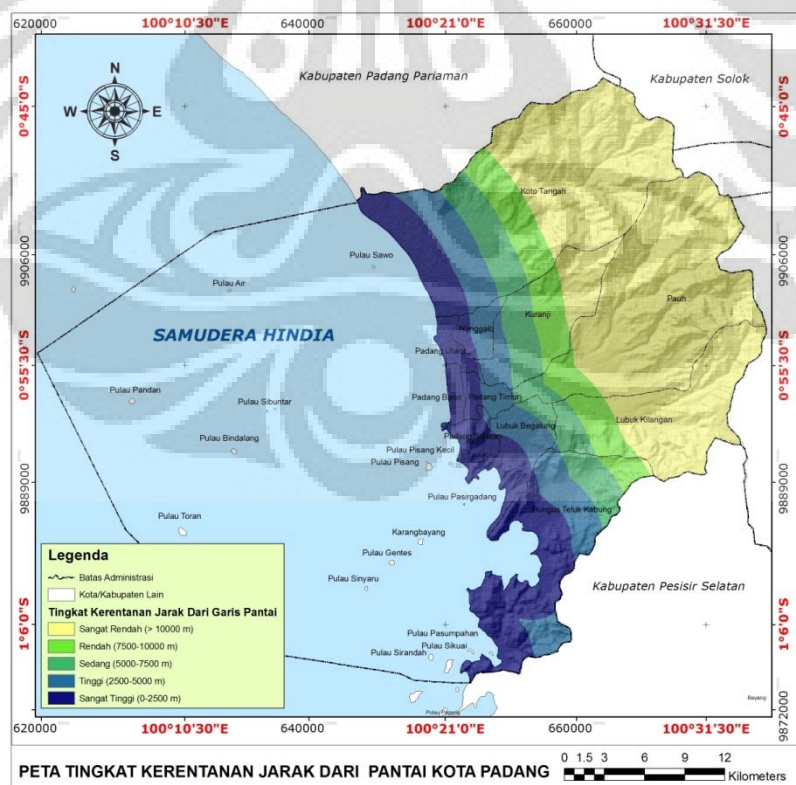
Gambar 58. Tingkat kerentanan elevasi daratan terhadap bencana tsunami

Gambar 59. Tingkat kerentanan *slope* daratan terhadap bencana tsunami

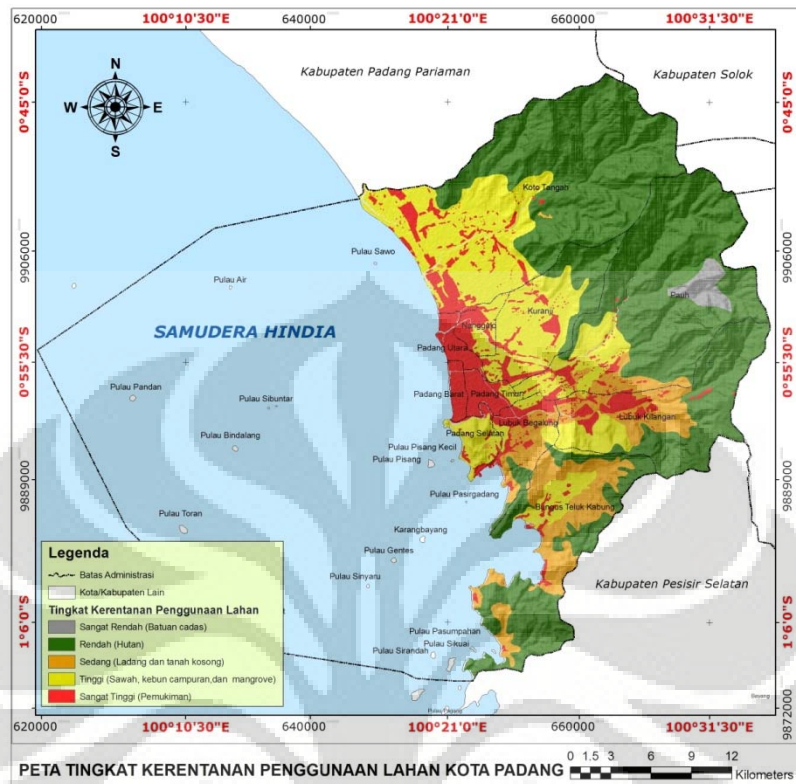
Lampiran 7. Peta Kerentanan morfometri pantai dan jarak dari garis pantai



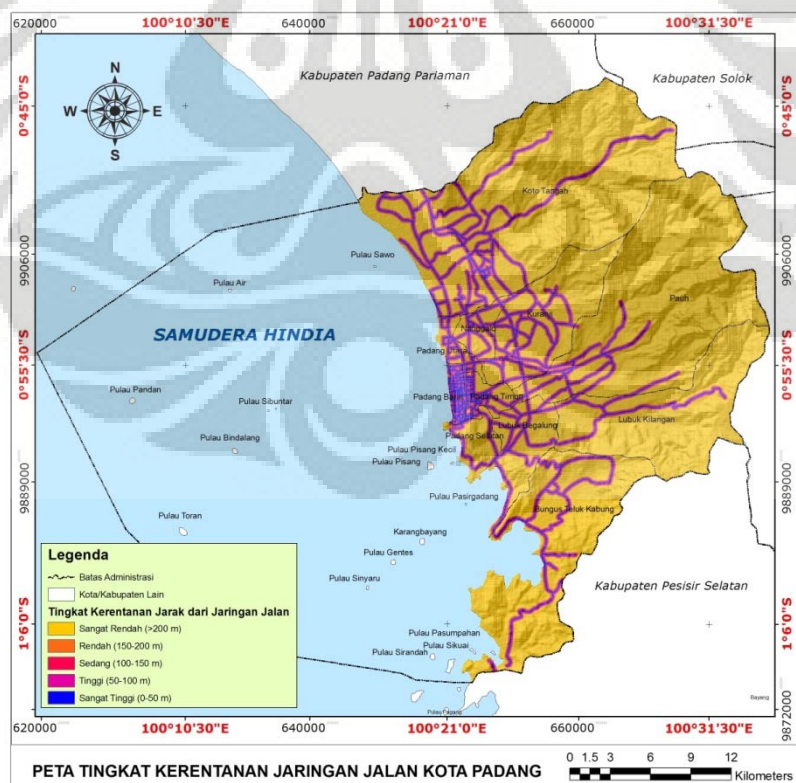
Gambar 60. Tingkat kerentanan morfologi garis pantai terhadap bencana tsunami



Gambar 61. Tingkat kerentanan jarak dari garis pantai terhadap bencana tsunami

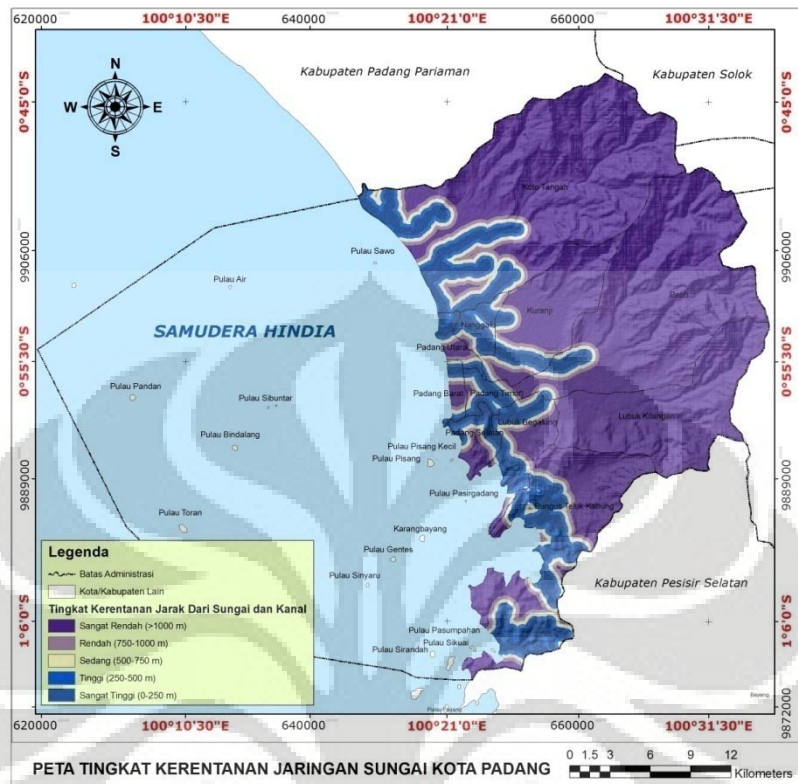
Lampiran 8. Peta kerentanan *landuse* dan jarak dari jaringan jalan

Gambar 62. Tingkat kerentanan penggunaan lahan terhadap bencana tsunami

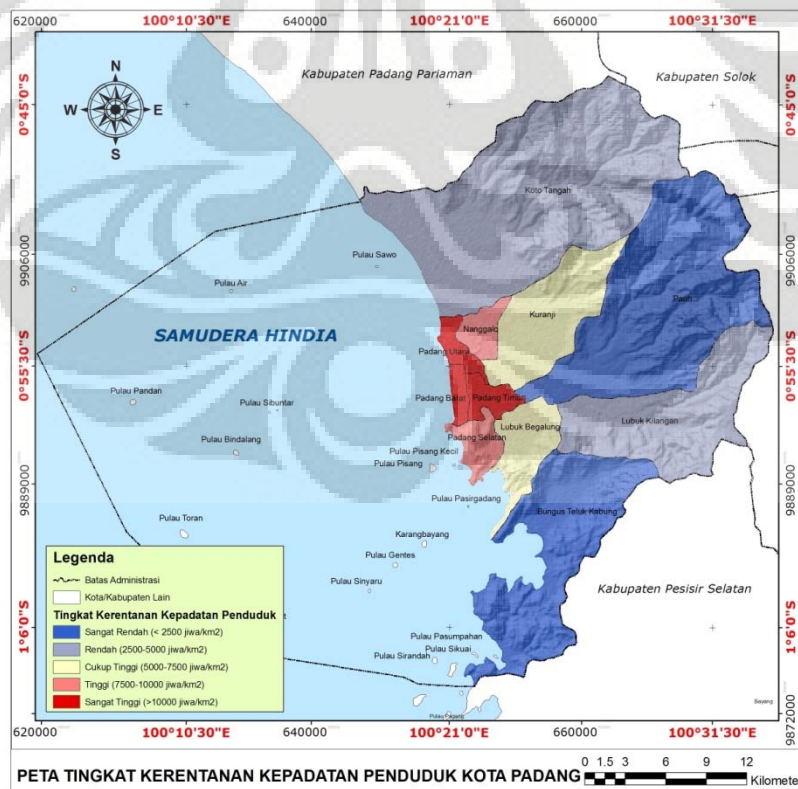


Gambar 63. Tingkat kerentanan jarak dari jalan terhadap bencana tsunami

Lampiran 9. Peta kerentanan jarak dari sungai dan kepadatan penduduk



Gambar 64. Tingkat kerentanan jarak dari sungai dan kanal terhadap bencana tsunami



Gambar 65. Tingkat kerentanan kepadatan penduduk terhadap bencana tsunami

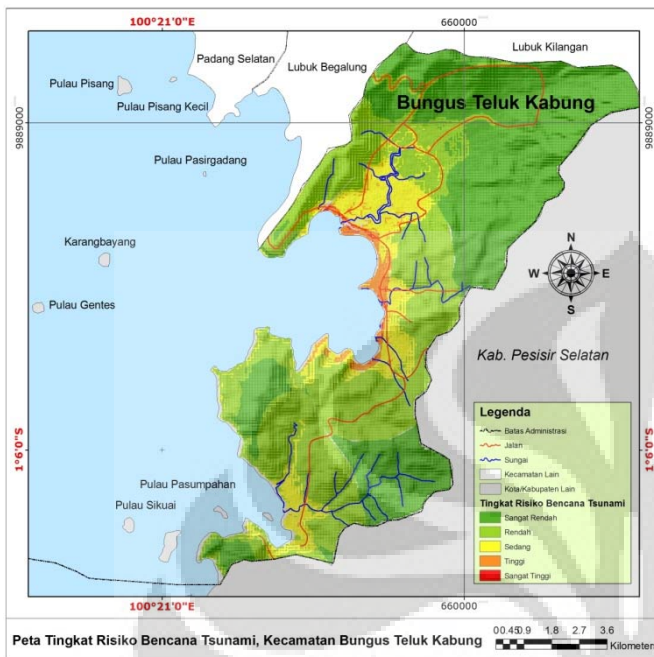
Lampiran 10. Dokumentasi kesiapsiagaan bencana tsunami di Kota Padang



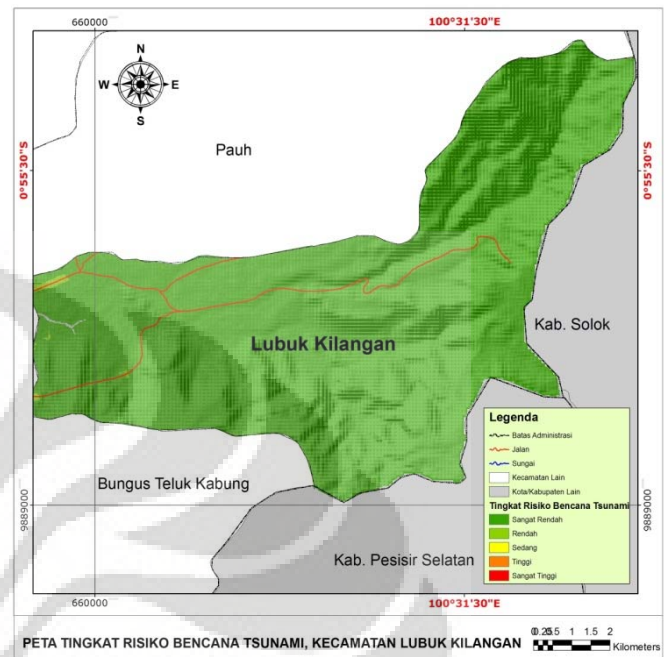
(Sumber: BAPPEDA Kota Padang, 2008)

Gambar 66. Konsep pengembangan ruang berdasarkan ancaman bencana tsunami

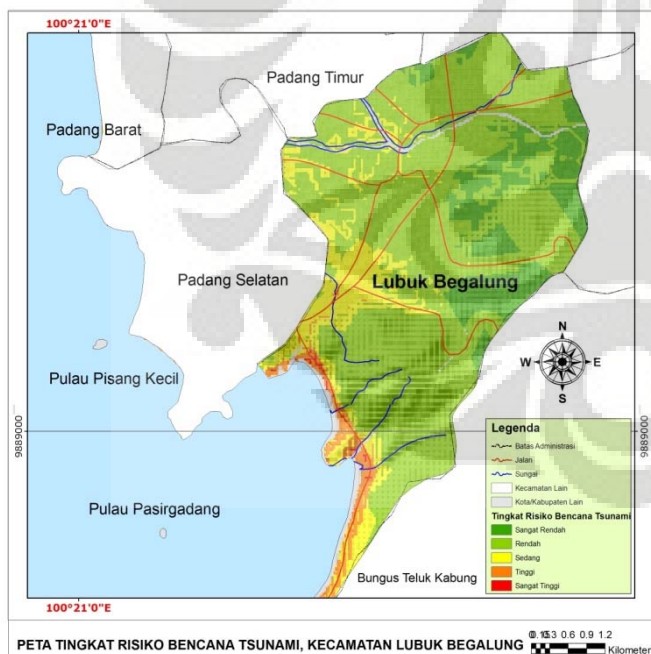
Lampiran 11. Peta tingkat risiko bencana tsunami per kecamatan



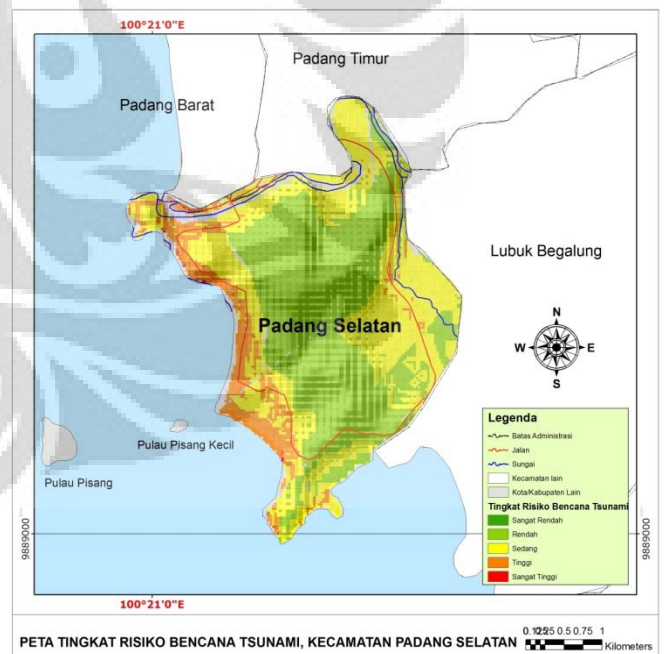
Gambar 67. Kecamatan Bungus Teluk Kabung



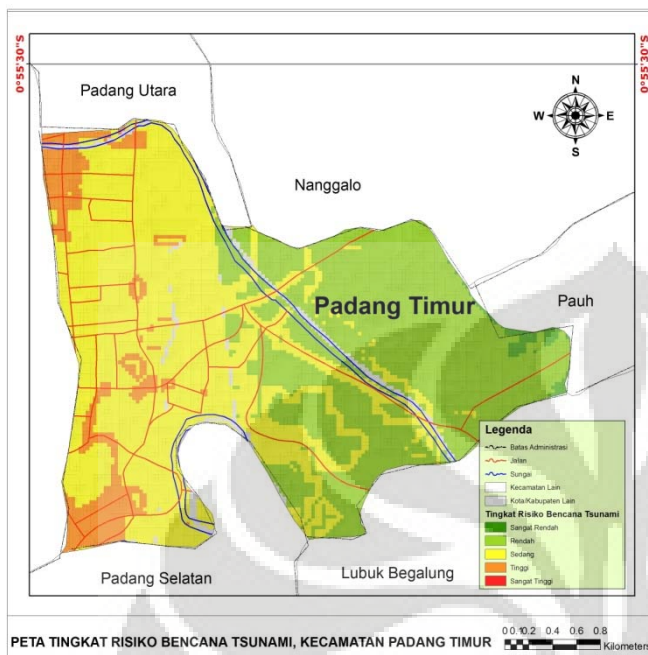
Gambar 68. Kecamatan Lubuk Kilangan



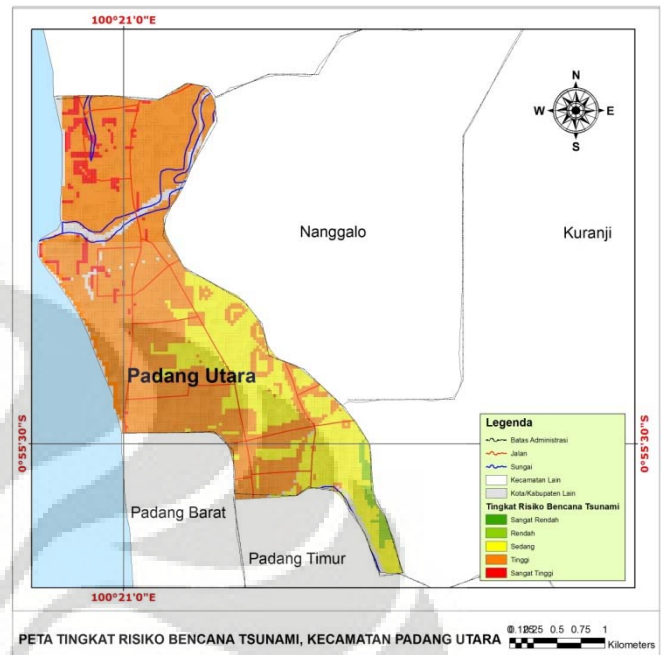
Gambar 69. Kecamatan Lubuk Begalung



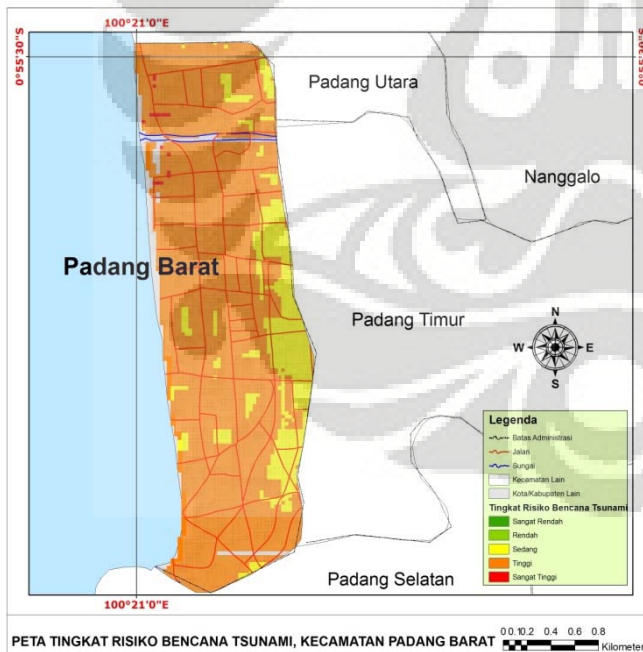
Gambar 70. Kecamatan Padang Selatan



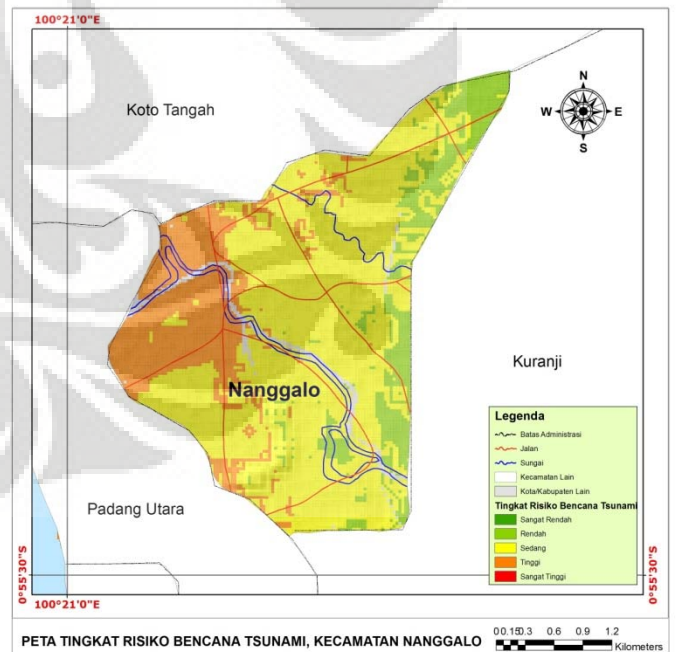
Gambar 71. Kecamatan Padang Timur



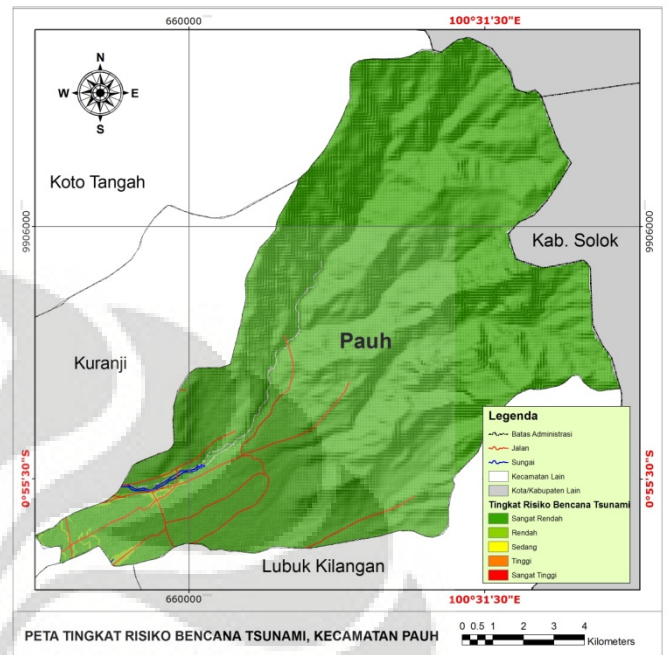
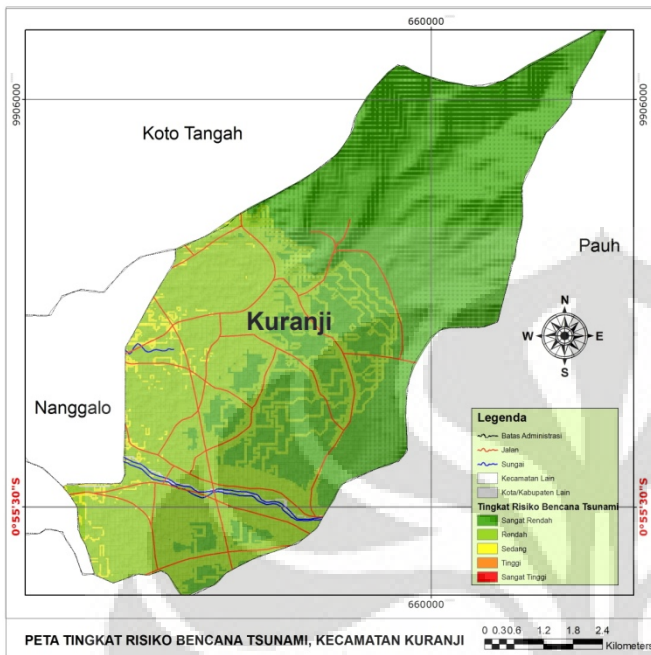
Gambar 72. Kecamatan Padang Utara



Gambar 73. Kecamatan Padang Barat

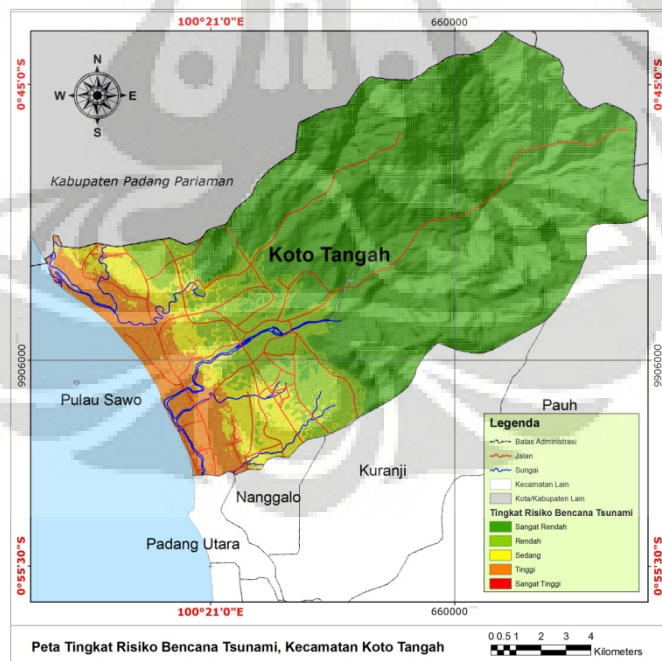


Gambar 74. Kecamatan Nanggalo



Gambar 75. Kecamatan Kuranji

Gambar 76. Kecamatan Pauh



Gambar 77. Kecamatan Koto Tengah

Lampiran 12. Jalur Evakuasi bencana tsunami di Kota Padang

Tabel 42. Jalur Evakuasi Kota Padang

SEKTOR	JUMLAH JALUR	NAMA JALAN EVAKUASI	JUMLAH PENDUDUK	RATA-RATA JUMLAH PENDUDUK TIAP JALUR
I	2	1 Jl. Adinegoro - Anak Air - By Pass	24,382 Jiwa	12,191 Jiwa
		2 Jl. Adinegoro - By Pass		
II	2	1 Jl. Pasir Sebelah - Muaro Payalinan - Adinegoro - Koto Pulai - By Pass	33,442 Jiwa	16,721 Jiwa
		2 Jl. Adinegoro - Raya Kalumpang - Kampung Jambak - By Pass		
III	2	1 Jl. Cendrawasih - Tunggul Hitam - Rawang - Dadok Tunggul Hitam - By Pass	68,811 Jiwa	34,406 Jiwa
		2 Simpang Tabing - By Pass		
VI	3	1 Jl. Raden Saleh - KH. A. Dahlan	64,746 Jiwa	21,582 Jiwa
		2 Jl. Jakarta - Khatib Sulaiman - Jhony Anwar - Gajah Mada		
		3 Jl. Jhoni Anwar - Gajah Mada		
VII	5	1 Jl. Nipah - Batang Arau - Pulau Air - Ps Batipuh - Pa. Gadang - Ps. Mudik - Sutan Syahrir	114,598 Jiwa	22,920 Jiwa
		2 Jl. HOS Cokroaminoto - Tepi Pasang - Imam Bonjol - M. Thamrin - Ganting - Parak Pisang - Air Cama		
		3 Jl. Hangtuah - M. Yamin - Proklamasi - DR. Wahidin - Sisinga Mangaraja		
		4 Jl. Ololadang - A. Yani - Sudirman - H. Agus Salim - Sawahan - Simp Haru - Andalas		
		5 Jl. Purus 5 - Ujung Gurun - Mangunsarkoro - Perintis Kemerdekaan - Sawahan		
VIII	2	1 Jl. Bay Pass	27,327 Jiwa	13,664 Jiwa
		2 Jl. Ke Pantai Air Manis		

Sumber: Analisis Berdasarkan Peta Zonasi Ketinggian Kota Padang-KOGAMI, 2007

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Pemekasan, Jawa Timur, 14 November 1986 dari Ayah Ir. H. Syuhada' Abdullah M,Si dan Ibu Fatmaningsih. Penulis adalah anak pertama dari tiga bersaudara. Tahun 2000 - 2003 penulis menyelesaikan pendidikan di SMUN 1 Trenggalek Jl. Soekarno Hatta 13, Trenggalek Jawa Timur. Pada Tahun 2003 penulis diterima sebagai mahasiswa Institut Pertanian Bogor, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Jurusan Ilmu dan Teknologi Kelautan, Program Studi Ilmu Teknologi Kelautan melalui jalur USMI (Undangan Seleksi Masuk IPB). Selama kuliah di Institut Pertanian Bogor, penulis menjadi Koordinator Asisten Dosen Mata Kuliah Oseanografi Umum Tahun 2005-2007. Penulis Juga aktif dalam organisasi mahasiswa, seperti BEM-C (Badan Eksekutif Mahasiswa) FPIK, HIMITEKA IPB (Himpunan Mahasiswa Ilmu dan Teknologi Kelautan), Badan Pengurus Harian HIMITEKINDO (Himpunan Mahasiswa Ilmu dan Teknologi Kelautan Seluruh Indonesia), dan Menak Sopal Muda (OMDA Trenggalek). Selain itu penulis pernah menjabat sebagai bendahara umum UKM Taekwondo IPB periode 2003-2004, dan reporter dan editor buletin Oceanic.

Dalam kepanitiaan, penulis pernah menjabat sebagai ketua panitia Kunjungan Ilmiah HIMITEKA ke Kapal Penelitian Barunajaya BPPT, dan Ketua Panitia PORIKAN (Pekan Olah Raga Fakultas Perikanan), anggota bidang pada acara OMBAK, Mukernas HIMITEKINDO, Muwar HIMITEKA, GENTAR, Temu Alumni, Malam Kelautan, Temu Warga, Coral Cup, dan beberapa kegiatan fieldtrip praktikum mata kuliah di departemen maupun fakultas.

Penulis juga pernah menjadi Ketua Tim Finalis Program Kreatifitas Mahasiswa (PKM) bidang Penerapan Teknologi dalam Pekan Ilmiah Mahasiswa Nasional di Malang pada tahun 2006. Untuk menyelesaikan studi di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, penulis melaksanakan penelitian dengan judul " Aplikasi Citra Landsat 7 ETM + Untuk Kajian Perubahan Garis Pantai dan Penutupan Lahan di Selatan Kabupaten Cilacap, Jawa Tengah, Pra dan Pasca Tsunami tahun 2006".

Pada tahun 2008 penulis diterima sebagai mahasiswa Program Pascasarjana Magister Ilmu Geografi, peminatan; Perencanaan Wilayah, dan lulus pada tahun 2009 dengan judul thesis "Tingkat Risiko Bencana Tsunami dan Variasi Spasialnya (Studi Kasus Kota Padang, Sumatera Barat)". Thesis ini mendapatkan hibah penelitian Program Pascasarjana Universitas Indonesia pada untuk periode tahun 2009-2010. Penulis juga merupakan penerima beasiswa Tanoto Foundation tahun 2009. Kini penulis bekerja pada instansi Dinas Kelautan dan Perikanan Provinsi Jawa Timur.