

PENGURANGAN RISIKO BENCANA GEMPA BUMI-TSUNAMI DI PANGKALAN TNI AU PADANG AKIBAT MEGATHRUST MENTAWAI

DISASTER RISK REDUCTION OF TSUNAMI EARTHQUAKE IN INDONESIAN AIR FORCE BASE OF PADANG AS A RESULT OF MENTAWAI MEGATHRUST

Arwin Datumaya Wahyudi Sumari¹, Sutopo Purwo Nugroho², Tri Nur Addin³

Universitas Pertahanan dan BNPB

(arwin.sumari@dkn.go.id, sutopopn2001@gmail.com, dani44sukhoi@yahoo.com)

Abstrak - Berdasarkan data geologi, sejak tahun 2009 para ahli telah memperkirakan bahwa di Kepulauan Mentawai akan terjadi gempa bumi besar (*megathrust*) dengan magnitudo 8,9 skala Richter dan 10 menit setelahnya akan terjadi tsunami di kepulauan tersebut. Pada menit ke-35, tsunami setinggi 10 meter akan sampai di Kota Padang yang berjarak 2,5 km dari garis pantai, tergantung topografi daratannya. Pangkalan TNI Angkatan Udara (Lanud) Padang termasuk salah satu wilayah yang terancam oleh *megathrust* Mentawai karena terletak hanya ± 800 meter dari garis pantai. Untuk mengetahui seberapa tinggi risiko bencana gempa bumi di Lanud Padang, telah dilakukan penelitian dengan cara menilai bahaya gempa bumi, kerentanan bangunan, dan kapasitas masyarakat, sedangkan untuk mengetahui seberapa tinggi risiko dan dampak bencana tsunami dilakukan penilaian bahaya tsunami dan waktu evakuasi tsunami. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah integrasi data dari sistem informasi geografis, citra potret udara, dan observasi di lapangan. Penilaian bahaya gempa bumi merupakan perpaduan informasi antara geologi Lanud dengan nilai indeks seismik Sumatera Barat. Penilaian kerentanan bangunan melalui observasi dengan menggunakan metode *Rapid Visual Screening (RVS) of building for potential seismic hazard* yang dikembangkan oleh *Federal Emergency Management Agency (FEMA)*. Penilaian kapasitas masyarakat melalui wawancara dan kuesioner terhadap variabel kesadaran dan kesiapsiagaan. Penilaian bahaya tsunami dilakukan dengan memadukan informasi mengenai elevasi permukaan lahan, kelas kerawanan tsunami Kota Padang dan ketinggian air landasan tsunami. Penilaian waktu evakuasi tsunami dilakukan dengan memadukan informasi mengenai simulasi evakuasi bahaya tsunami dan klasifikasi waktu evakuasi. Berdasarkan hasil analisa, penilaian risiko bencana gempa bumi menghasilkan 5 (lima) kelas indeks risiko yaitu sangat rendah (0-0,240), rendah (0,241-0,480), sedang (0,481-0,720), tinggi (0,721-0,960) dan sangat tinggi (0,961-1,200). Penilaian dampak bencana tsunami menghasilkan lima kelas indeks dampak yaitu sangat rendah (0-1,17), rendah (1,171-1,710), sedang (1,711-2,250), tinggi (2,251-2,790) dan sangat tinggi (2,791-3,360). Upaya pengurangan risiko dilakukan dengan menitikberatkan pada

¹ Analis Kebijakan Rencana Kontinjensi Ekonomi, Kedeputian Politik dan Strategi, Dewan Ketahanan Nasional Republik Indonesia; Dosen Tetap Fakultas Strategi Pertahanan, Universitas Pertahanan Indonesia; Peneliti Senior di *Cognitive Artificial Intelligence Research Group (CAIRG)*, Sekolah Teknik Elektro dan Informatika, Institut Teknologi Bandung.

² Kepala Informasi Data dan Hubungan Masyarakat, Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB).

³ Alumnus Program Studi Manajemen Bencana Cohort 4, Fakultas Manajemen Pertahanan Universitas Pertahanan Indonesia.

peningkatan infrastruktur dan peningkatan kapasitas dapat mengurangi akibat yang ditimbulkan oleh bencana gempa bumi-tsunami.

Kata Kunci: gempa bumi, kapasitas masyarakat, kerentanan bangunan, risiko, tsunami

Abstract – Based on geological data, since 2009 experts have approximated a large earthquakes (megathrust) with a magnitude of 8.9 on the Richterscale will occur in the Mentawai Islands and another 10 minutes after it, the tsunami will occur on the islands. In 35th minute, a 10-meter tsunami will go to Padang with a distance of 2.5 km from the coastline, depending on the topography of the land. Padang Indonesian Air Force Base (AFB) is one of the areas threatened by the Mentawai megathrust because it is located just 800 meters from the coastline. To know how-high the risk of the earthquake disaster in Padang AFB, a research had been conducted by assessing the earthquake hazard, building vulnerability, and community capacity, while to know how high the risk and the impact of tsunami disaster, assessment of tsunami hazard and tsunami evacuation time had also been conducted. The method used in this research is the integration of geographic information systems data, aerial imagery, and field observations. The earthquake hazard assessment is a fusion of information of Padang AFB geological information and West Sumatera seismic index. The assessment to build vulnerability was done by performing an observation using Rapid Visual Screening (RVS) method of building for potential seismic hazard developed by Federal Emergency Management Agency (FEMA). The assessment to community capacity was done through interviews and questionnaires regarding awareness and preparedness variables. The assessment to tsunami hazard was done by fusing the information regarding land surface elevation, Padang city tsunami vulnerability class and tsunami's water level. The assessment to tsunami evacuation time was done by fusing the information regarding evacuation simulation of tsunami hazard and evacuation time classification. Based on the analysis, the assessment of earthquake disaster risk produces five classes of risk index, namely very low (ranging from 0 to 0.240), low (0.241 to 0.480), moderate (0.481 to 0.720), high (0.721 to 0.960) and very high (0.961 to 1.200). The assessment of the impact of the tsunami results in five classes of impact, namely very low impact index (0 to 1.17), low (1.171 to 1.710), moderate (1.711 to 2.250), high (2.251 to 2.790) and very high (2.791 to 3.360). The effort of risk reduction is done by focusing on the improvement of the infrastructure, and the capacity building can reduce the impacts caused by the earthquake-tsunami disaster.

Keywords: building vulnerability, community capacity, earthquake, risk, tsunami

Pendahuluan

Wilayah Indonesia merupakan zona pertemuan dan tumbukan tiga lempeng utama bumi, yaitu Lempeng Indo-Australia, Eurasia, dan Pasifik. Sehingga menjadikan Indonesia sebagai kawasan tektonik yang paling aktif dan kompleks.⁴ Sumatera Barat berada di bagian barat tengah Pulau Sumatera, memiliki dataran rendah di pantai Barat dan dataran tinggi vulkanik di wilayah Timur yang dibentuk oleh Bukit Barisan. Sebagian wilayahnya dilalui oleh jalur dan lempeng gunung berapi yang membentang dari Barat Laut ke Tenggara, artinya wilayah yang dilalui rentan terhadap tumbukan antar lempeng bumi

⁴ Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), *Atlas Bencana Indonesia 2012*, (Jakarta: BNPB, 2012), hlm. 214.

dan patahan aktif⁵. Hal tersebut dapat dilihat dari banyaknya gunung berapi aktif seperti Gunung Tandikat, Gunung Merapi, Gunung Malintang, dan Gunung Talang, sehingga wilayah Sumatera Barat memiliki tingkat kerawanan dan ancaman yang cukup tinggi terhadap bencana alam, khususnya bencana gempa bumi.

Gempa bumi di Padang pada tanggal 30 September 2009 yang terjadi di lepas pantai Sumatera, 50 km barat Laut Kota Padang⁶ menyebabkan beberapa kerusakan dan korban jiwa di beberapa wilayah Sumatera Barat, salah satunya adalah Kota Padang. Sebanyak 383 warga Kota Padang meninggal, 2 (dua) orang dinyatakan hilang dan 1.202 orang luka-luka. Jumlah rumah yang rusak berat sebanyak 37.587 unit dan rusak ringan sebanyak 78.891 unit. Fasilitas pendidikan yang mengalami kerusakan sebanyak 3.547 unit, fasilitas kesehatan sebanyak 21 unit dan kerusakan jalan sepanjang 30 km, seperti dipublikasikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data korban dan kerusakan gempa bumi pada 30 September 2009 di Sumatera Barat

Kabupaten	Meninggal	Luka-luka	Hilang	Rumah Rusak Berat	Rumah Rusak Ringan	Fasilitas Pendidikan	Fasilitas Kesehatan	Kerusakan Jalan (Km)
Agam	0	0	0	0	0	0	0	0
Kepulauan Mentawai	9	27	0	0	0	71	28	7
Kota Bukittinggi	0	0	0	0	50	14	0	0
Kota Padang	383	1.202	2	37.587	78.891	3.547	21	30
Kota Padang Panjang	0	20	0	0	0	90	6	0
Kota Pariaman	48	352	0	0	0	127	37	20
Kota Solok	3	0	0	0	0	5	4	0
Lima Puluh Kota	0	0	0	0	0	14	3	5
Padang Pariaman	81	137	0	11.173	11.971	256	29	17
Pasaman	0	0	0	0	0	6	1	0

⁵ BMKG, "Gempa Bumi", dalam http://www.bmkg.go.id/BMKG_Pusat/Geofisika/Gempa_bumi.bmkg, diunduh pada 23 Desember 2013.

⁶ USGS, "Magnitude 7.6 - Southern Sumatra, Indonesia", 2009, *United States Geological Survey*, dalam <http://earthquake.usgs.gov>, diunduh pada 24 Desember 2013.

Pasaman Barat	5	30	0	0	0	44	11	2
Pesisir Selatan	0	5	0	145	600	67	5	11
Sawahlunto/ Sijunjung	0	0	0	29	105	9	4	2
Solok	0	5	0	0	0	67	5	11
Solok Selatan	0	0	0	0	0	0	0	0
Tanah Datar	666	25	0	0	0	375	246	191
	1.195	1.803	2	48.934	91.617	4.692	400	296

Sumber: DIBI BNPB, 2014

Selain kerawanan gempa bumi, juga terdapat kerawanan bahaya tsunami akibat gempa⁷ Seperti yang terjadi pada tanggal 25 Oktober 2010, gempa berkekuatan 7,2 Skala Richter (SR) di Kepulauan Mentawai dengan episentrum⁸ sangat dekat dengan Pulau Pagai Selatan. Pada kejadian ini, gelombang tsunami hanya membutuhkan waktu antara 5-10 menit untuk mencapai pantai. Salah satu lokasi terkena dampak akibat gempa 2009 adalah Pangkalan TNI Angkatan Udara (Lanud) Padang yang merupakan satuan pelaksana Komando Operasi TNI Angkatan Udara I (Koopsau I) yang berkedudukan di Kota Padang. Salah satu fasilitas yang terdampak adalah menara *Air Traffic Control* (ATC) yang patah pada bagian atapnya dan mengakibatkan ruangan operator hancur ditimpa bagian atas atap yang terbuat dari beton serta mengakibatkan menara ATC tidak dapat melaksanakan fungsinya untuk mengatur lalu lintas penerbangan di Lanud Padang.

Lanud Padang merupakan Pangkalan TNI AU Tipe B, yang bertugas menyiapkan dan melaksanakan pembinaan dan pengoperasian seluruh satuan dalam jajarannya, pembinaan potensi dirgantara serta menyelenggarakan dukungan operasi bagi satuan lainnya.⁹ Dukungan operasi yang dimaksud salah satunya adalah dukungan operasi penerbangan. Lanud Padang sehari-hari digunakan untuk mendukung kegiatan operasional pesawat terbang antara lain:

⁷ Ahmad Pratama Putra, "Penataan Ruang Berbasis Mitigasi Bencana Kabupaten Kepulauan Mentawai", *Jurnal Penanggulangan Bencana*, Vol. 2, No. 1, Tahun 2011, hlm.14.

⁸ Episentrum (pusat gempa) yaitu titik tepat di permukaan bumi secara vertikal di atas hiposentrum (atau fokus). Hiposentrum adalah titik di dalam bumi dimana gempa terjadi (USGS, 2013).

⁹ Mabes TNI AU, *Pokok Operasi dan Prosedur Pangkalan: Tugas Pokok*, (Jakarta: Mabes AU, 2002).

- a) Dukungan Penerbangan *Very Very Important Person (VVIP)/Very Important Person (VIP)*.
- b) Dukungan Penerbangan Angkutan Udara Militer (PAUM) *flight*.
- c) Dukungan Penerbangan Runus.
- d) Dukungan Penerbangan Sekolah Staf dan Komando (Sesko) TNI.
- e) Dukungan Penerbangan Kunjungan Kerja Pangkoopsau I.
- f) Dukungan Penerbangan Karbol Akademi Angkatan Udara (AAU).
- g) Dukungan Penerbangan Kendaraan Khusus (Ransus) RI I.
- h) Dukungan Penerbangan Federasi Aero Sport Indonesia (FASI) Sumatera Barat.
- i) Dukungan Penerbangan Pengamanan (Pam) Alur Laut Kepulauan Indonesia (ALKI).
- j) Dukungan Penerbangan Badan Koordinasi Keamanan Laut (Bakorkamla).
- k) Tanggap Darurat Bencana Alam.

Kegiatan dukungan penerbangan tersebut dilaksanakan secara terjadwal setiap bulan, dan ada dukungan penerbangan yang dilaksanakan tidak terjadwal, hal ini menyesuaikan dengan pergerakan pesawat sesuai misi operasinya. Lanud Padang bukan Lanud *homebase* yang memiliki alutsista berupa pesawat TNI AU. Dalam rangka pelaksanaan tugas pokok tersebut, Lanud Padang hingga saat ini belum memiliki *Early Warning System (EWS)* untuk bencana alam.

Kerusakan bangunan dan jumlah korban jiwa akibat bencana gempa bumi-tsunami dapat diredam melalui usaha pengurangan risiko gempa bumi dan risiko tsunami, yaitu suatu upaya yang ditempuh agar dapat mengurangi korban jiwa, harta benda, penderitaan manusia, kerusakan ekonomi dan biaya yang dikeluarkan untuk menangani korban bencana.¹⁰ Analisis mengenai pengurangan risiko bencana perlu dilakukan di Lanud Padang. Analisis semacam ini sudah banyak dilakukan di banyak daerah rawan bencana, namun penelitian lebih berfokus pada penilaian aspek bahaya (*hazard*) gempa bumi, kerentanan (*vulnerability*) dan kapasitas (*capacity*) secara umum.

¹⁰ A. Saputra, J. Sartohadi, R. Rachmawati, *Pengurangan Risiko Gempa bumi melalui Evaluasi Bangunan Tempat Tinggal dan Lingkungannya di Kecamatan Pleret Kabupaten Bantul*, (Yogyakarta: UGM, 2011).

Untuk itulah perlu dilakukan penelitian untuk menganalisis pengurangan risiko bencana gempa bumi-tsunami dari ancaman Mentawai *megathrust* di Lanud Padang melalui identifikasi karakteristik bahaya gempa bumi, kerentanan bangunan, kapasitas bagi warga Lanud Padang, karakteristik bahaya tsunami dan waktu evakuasi tsunami.

Metodologi Penelitian

Alat dan Bahan

Alat dalam penelitian ini menggunakan aplikasi teknologi Sistem Informasi Geografis (SIG) dengan *software Quantum GIS*, yaitu suatu *software* yang dirancang untuk menangkap, menyimpan, memanipulasi, menganalisis, mengelola, dan menyajikan semua jenis data geografis.¹¹ Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: *Open source map* (OSM) daerah Lanud Padang tahun 2014, peta administrasi Kota Padang skala 1:35.000, peta dasar digital Kota Padang skala 1:15.000, peta udara Lanud Padang¹², *Digital Elevation Model* (DEM) Sumatera Barat, peta elevasi Kota Padang¹³, peta geologi Kota Padang skala 1:250.000¹⁴, Indeks Seismik Sumatera Barat¹⁵, peta zona rawan tsunami Kota Padang¹⁶, peta simulasi bahaya tsunami Padang¹⁷, peta ketinggian air landaan tsunamid dan peta waktu evakuasi tsunami¹⁸, data gempa bumi Padang 2009, dan data gempa bumi-tsunami Mentawai 2010.

¹¹ Makmur Supriyatno, "Geographic Information System (GIS), Mapping-Remote Sensing and Disaster Manajemen", Makalah disampaikan pada Perkuliahan Sistem Informasi Geografi (SIG) Universitas Pertahanan Indonesia, Program Studi Manajemen Bencana, 6 Februari 2014.

¹² Disurpotrudau, *Foto Udara Lanud Padang*, (Jakarta: Mabes AU, 2010).

¹³ Lapan, *Foto Elevasi Kota Padang*, (Jakarta: Lapan, 2014).

¹⁴ Kastowo dan Gerard, *Geologi Kota Padang*, 1973, dalam <http://digilib.itb.ac.id/files/disk1/542/jbptitbpp-gdl-heriprabow-27083-3-2007ts-2.pdf>, diunduh pada 27 Desember 2013.

¹⁵ Uswatun Chasanah, Madlazim, dan Tjipto Prastowo, *Analisis Tingkat Seismisitas dan Periode Ulang Gempa Bumi di Sumatera Barat pada Periode 1961-2010*, *Jurnal Fisika*, Vol. 02, No. 02, (Surabaya: FMIPA Universitas Negeri Surabaya, 2013).

¹⁶ Dian Oktiari dan Sudomo Manurung, *Model Geospasial Potensi Kerentanan Tsunami Kota Padang*, November 2010, *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, Vol.11, No.2, 2010.

¹⁷ Ammel Gregor, Marcel Rieser, Kai Nagel, Hannes Taubenbock, Gunter Strunz, Nils Goseberg, Thorsten Schlurmann, Hubert Klupfel, Neysa Setiadi, dan Jorn Birkmann, (n.d.), *Emergency Preparedness in the case of a Tsunami - Evacuation Analysis and Traffic Optimization for the Indonesian city of Padang*, (Padang: Mentawai Megathrust Direx, 2014).

¹⁸ Veronica Cedillos, "Crucial Need for Tsunami Evacuation Solutions for Padang", *Jurnal Geo Hazards International (GHI)*, 31 Maret 2011.

Karakteristik Risiko Bencana Gempa Bumi

- Analisis bahaya gempa bumi. Strategi yang dipakai melalui survei dan data sekunder. Strategi survei meliputi pengamatan kontur tanah, jenis litologi, dan indeks seismik Sumatera Barat. Data sekunder mencakup data kejadian gempa dan informasi pada geologi patahan tertentu, skenario gempa bumi, zona patahan aktif terdekat, menghitung magnitudo gempa bumi yang mungkin terjadi di zona tersebut, mengasumsikan gempa bumi terbesar pada titik lokasi paling dekat dengan Lanud, penelitian terdahulu termasuk tentang catatan-catatan instansi terkait, informasi warga, peta-peta geologi, foto udara, data kejadian gempa bumi Padang 2009 dan gempa bumi-tsunami Mentawai 2010.
- Analisis kerentanan bangunan (kerentanan fisik). Strategi yang digunakan melalui survei cepat terhadap bangunan mengadopsi *Federal Emergency Management Agency (FEMA) 154 (2002) tentang Rapid Visual Screening of Building for Potential Seismic Hazard (RVS)*. Metode ini digunakan untuk mengamati indikator kerentanan bangunan yang meliputi jenis struktur bangunan, tinggi bangunan dan bentuk bangunan (beraturan dan tidak beraturan). Berpedoman pada hasil analisis bahaya gempa bumi, terlebih dahulu dibagi menjadi beberapa daerah untuk pengambilan sampel, yakni daerah sangat rendah, rendah, sedang, tinggi dan sangat tinggi. Kemudian pada tiap tingkatan bahaya akan dikelompokkan menjadi enam *cluster sampling*¹⁹ berdasarkan bentuk bangunan.
- Analisis kapasitas masyarakat. Penilaian kapasitas masyarakat dalam penelitian tesis ini menggunakan metode wawancara secara terbuka dengan terlebih dahulu menyusun pertanyaan-pertanyaan sebagai pedoman agar tidak keluar dari topik yang dibahas. Wawancara ini menitikberatkan kepada kesadaran dan kesiapsiagaan responden dalam menghadapi ancaman Mentawai *megathrust*. Responden yang dipilih dari tiap *cluster sampling* adalah kepala keluarga. Jika kepala keluarga tidak ada, diwakilkan oleh istri atau anak dengan usia di atas 17 tahun.

¹⁹ *Cluster sampling* dalam hal ini adalah pembagian areal dengan bentuk bangunan beraturan dan tidak beraturan, masing-masing bentuk bangunan dengan tipe atap limasan, kampung dan cor.

- Tingkat risiko bencana gempa bumi. Tingkat risiko yang didapat berdasarkan hasil analisis bahaya, kerentanan bangunan dan kapasitas masyarakat dengan menggunakan Rumus Van Westen dengan Persamaan (1).

$$\text{RISK} = \frac{(\text{HAZARD}) \times (\text{VULNERABILITY})}{\text{CAPACITY}} \quad (1)$$

Keterangan:

1. *Hazard* (bahaya) = ancaman gempa bumi dari *megathrust* di Kepulauan Mentawai.
2. *Vulnerability* (kerentanan) = kondisi sarana dan prasarana bangunan permukiman, perkantoran dan sekolah yang rawan atau rentan terhadap bahaya gempa bumi.
3. *Capacity* (kapasitas) = kemampuan personel Lanud Padang dan masyarakat yang tinggal di Kesatrian Lanud Padang dalam menghadapi bahaya gempa bumi-tsunami.

Hasil akhir analisis ini adalah peta risiko bencana gempa bumi di setiap *cluster sampling* setiap unit bangunan di Lanud Padang. Secara lengkap diagram alir peta risiko bencana gempa bumi dapat dilihat pada Gambar 1.

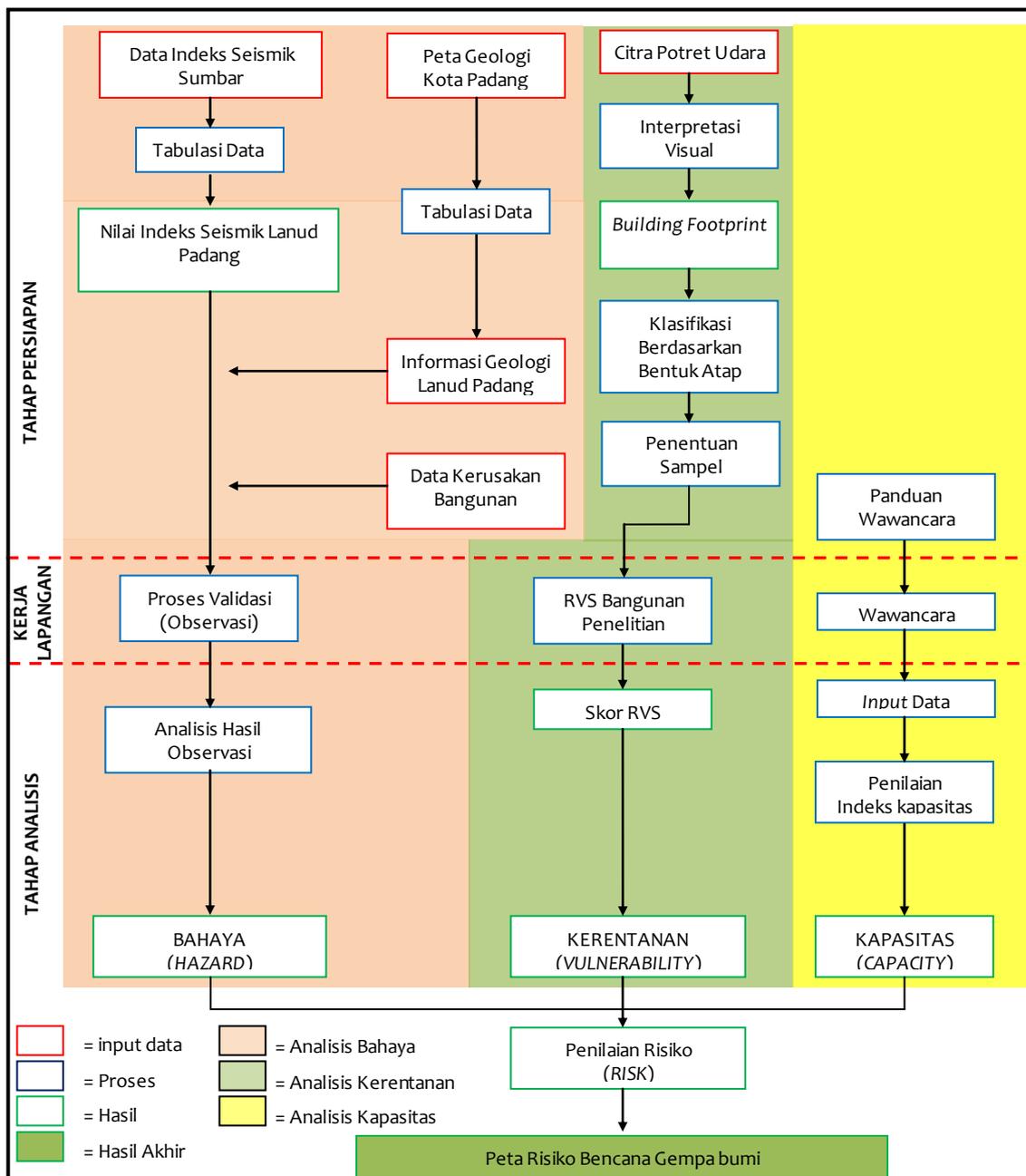
Karakteristik Risiko Bencana Tsunami

- Analisis Bahaya Tsunami. Strategi yang dipakai melalui analisis peta elevasi permukaan lahan, pemetaan kelas kerawanan tsunami dan peta ketinggian air landaan tsunami dari hasil penelitian yang sudah ada. Ketiga peta tersebut di *overlay* dengan peta batas Lanud, peta kontur Lanud, Peta jalan dan struktur bangunan Lanud menggunakan *software Quantum GIS* yang akan menghasilkan peta bahaya tsunami.
- Analisis Waktu Evakuasi. Strategi yang digunakan melalui analisis peta simulasi evakuasi bahaya tsunami dan peta klasifikasi waktu evakuasi. Kedua peta tersebut digabungkan dengan peta batas Lanud, peta kontur Lanud, peta jalan dan struktur bangunan Lanud. Kemudian di *overlay* menggunakan *software Quantum GIS* yang akan menghasilkan peta waktu evakuasi.

- Tingkat risiko bencana tsunami. Tingkat risiko bencana tsunami yang didapat berdasarkan hasil analisis bahaya tsunami dan analisis zona waktu evakuasi yang dimodifikasi dengan aspek lingkungan, yakni kepadatan bangunan, kedekatan dengan jalan dan kedekatan dengan pusat pelayanan medis.

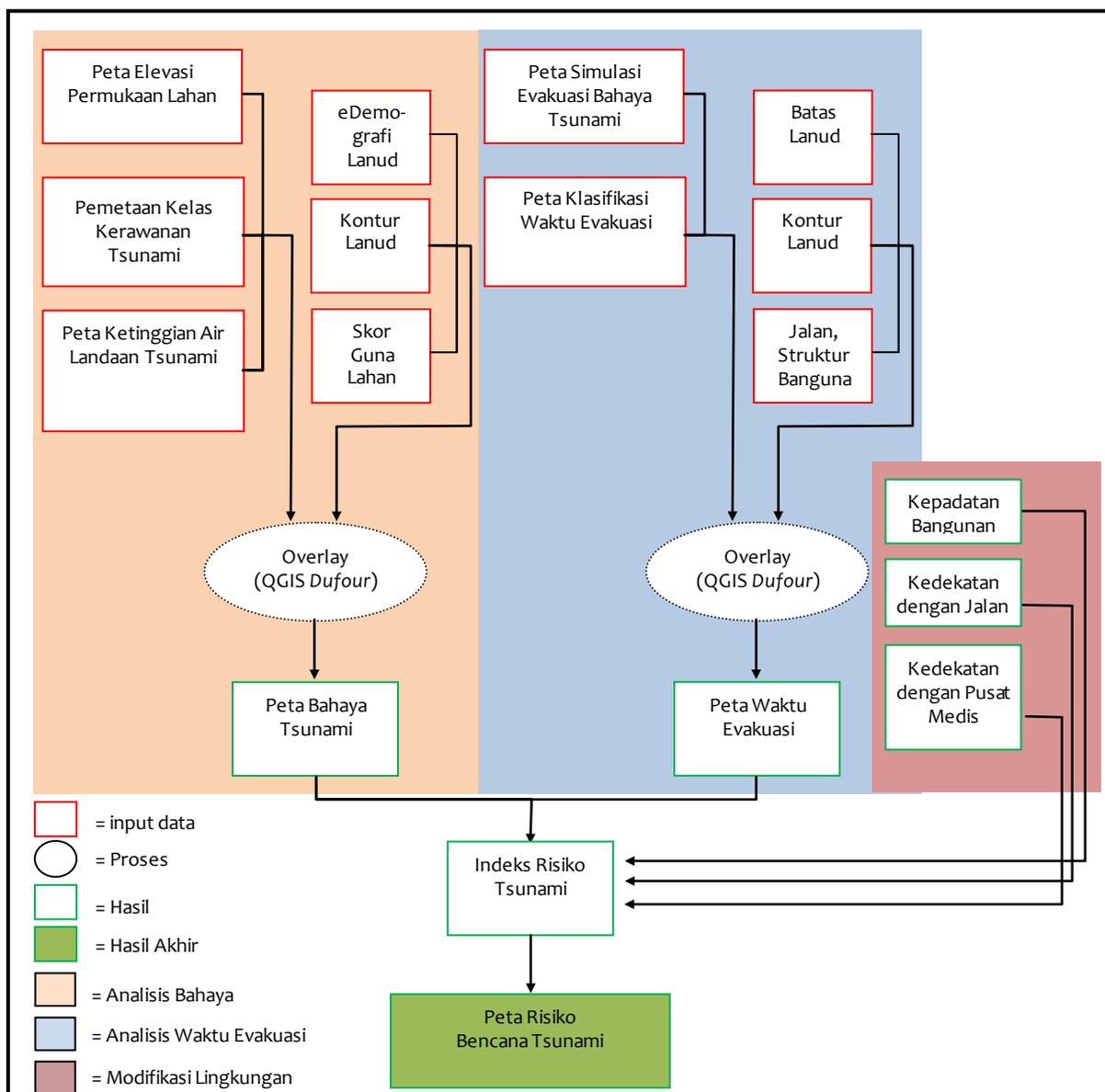
Hasil akhir analisis ini adalah peta risiko bencana tsunami di Lanud Padang. Secara lengkap diagram alir peta risiko bencana tsunami dapat dilihat pada Gambar 2.

Gambar 1. Diagram Alir Peta Risiko Bencana Gempa bumi



Sumber: Pengolahan Data Primer (2014)

Gambar 2. Diagram Alir Analisis Bahaya Tsunami



Sumber : Pengolahan Data Primer (2014)

Hasil dan Pembahasan

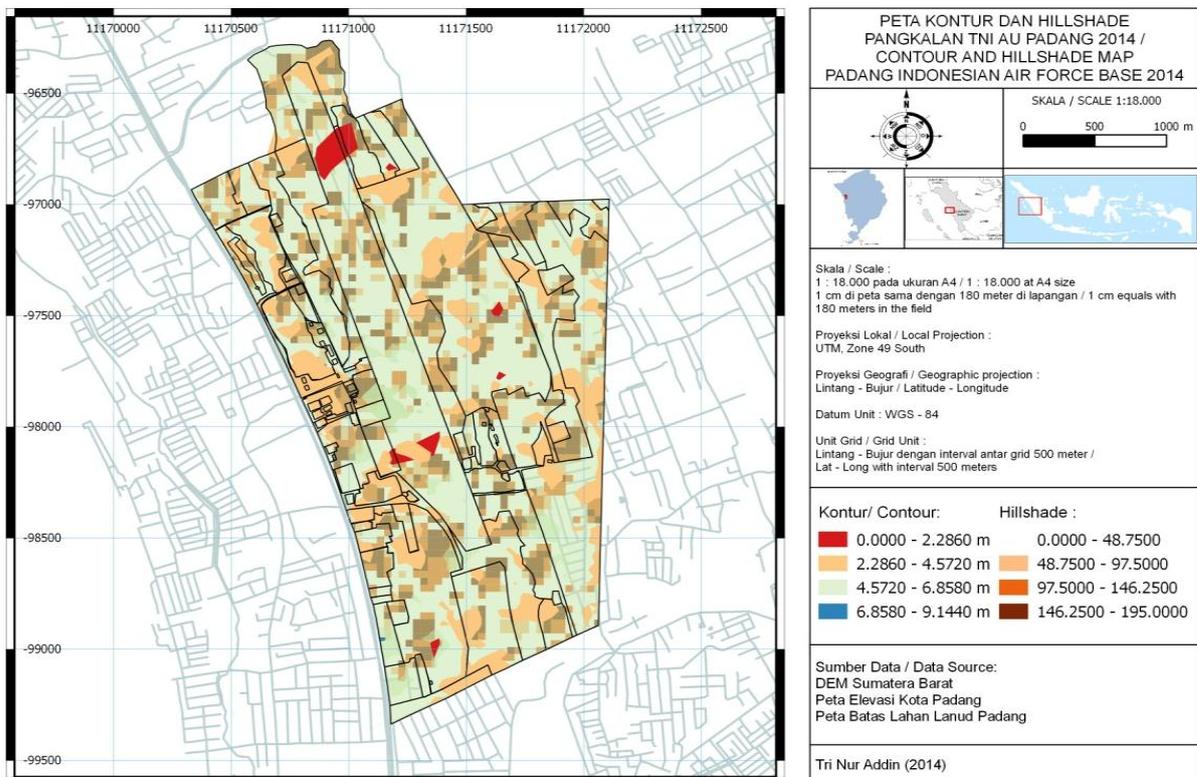
Topografi dan Geologi

Berdasarkan peta wilayah administrasi Kota Padang tahun 2009, Lanud Padang berada di wilayah Kelurahan Parupuk Tabing Kecamatan Koto Tengah berjarak 7 km dari pusat Kota Padang. Kota Padang berbatasan langsung dengan Kabupaten Padang Pariaman di bagian utara. Di sebelah selatan berbatasan dengan Kecamatan Padang Utara, Kecamatan Nanggalo dan Kecamatan Kuranji. Di sebelah barat berbatasan dengan

Samudera Indonesia dan di sebelah timur berbatasan dengan Kecamatan Pauh dan Kabupaten Solok.

Berdasarkan Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kota Padang, topografi Lanud termasuk dalam Kawasan Budidaya dengan kontur lahan 0-2%. Berdasarkan Surat Keputusan Menteri Pertanian Nomor 837/Kpts/Um/11/1980 tentang kriteria dan tata cara penetapan hutan lindung dan produksi, pada sub bahasan klasifikasi dan nilai skor faktor kelerengan, setelah data primer diproses menggunakan *software Quantum GIS*, diperoleh hasil Lanud Padang terletak pada ketinggian 0-9,14 meter di atas permukaan laut (mdpl), yang seluruhnya didominasi oleh litologi batuan aluvial. Elevasi 0-2,28 mdpl sebesar 7,3% dari daerah Lanud, berturut-turut disusul elevasi 2,28-4,57 mdpl sebesar 56,74%, elevasi 4,57-6,85 mdpl sebesar 35,39% dan elevasi 6,85-9,14 mdpl sebesar 0,56%. Sebagian besar daerah Lanud berada di ketinggian 2,28-4,57 mdpl. Gambaran kondisi kontur tanah Lanud Padang dapat dilihat dalam Gambar 3.

Gambar 3. Peta kontur dan *hillshade* Lanud Padang



Sumber : Pengolahan Data Primer (2014)²⁰

²⁰ Diolah berdasarkan DEM Sumatera Barat, Peta Elevasi Kota Padang dan Peta Batas Lahan Lanud Padang.

Berdasarkan penelitian, Lanud Padang termasuk dalam Zona Dataran Aluvial Pantai Barat Sumatera.²¹ Dataran aluvial mencakup Kota Padang hingga Kota Pariaman, yang tersusun oleh endapan yang bersifat lepas, berupa lempung, lempung pasir dan pasir kerikilan.²² Endapan kipas aluvial ini merupakan hasil rombakan Gunung Api yang terdiri atas bongkahan batuan beku, kerakal, kerikil, pasir dan lanau yang bersifat lepas.²³ Berdasarkan peta geologi lembar Padang skala 1:250.000, terdapat sesar geser dan normal dari arah Timur→Barat dan dari arah Utara→Selatan.²⁴ Struktur daerah ini terdiri dari batuan granit pluton dan sesar Semangko terutama pada batuan Pratersier yang secara umum terlipat sangat kuat dan terpatahkan. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Dwikorita bahwa patahan aktif yang dikenal dengan nama sesar Semangko ini adalah kawasan perbukitan dengan penyusun berupa retakan-retakan batuan yang bersifat rapuh.²⁵ Keberadaan sesar tersebut baik sesar normal maupun sesar mendatar dapat mengindikasikan bahwa Kota Padang secara luas merupakan daerah dengan tingkat seismisitas yang tinggi. Hal ini dikarenakan pusat-pusat gempa bumi seringkali terjadi pada zona-zona sesar. (Contoh: Gempa Yogyakarta 2006 terdapat Sesar Opak di Kecamatan Pleret).²⁶

Kondisi Tataguna Lahan dan Demografi

Lanud Padang merupakan salah satu pangkalan TNI yang pada umumnya menyatu dengan perumahan penduduk dan fasilitas publik, sehingga gerak untuk memobilisasi alutsista yang kompleks tidak mudah. Untuk dapat memobilisasi alutsista tersebut Lanud Padang melaksanakan konsistensi penerapan ring 1, 2, dan 3, dengan batasan Ring 1 sebagai Area Terlarang (tower, apron dan landasan pacu), Ring 2 sebagai Area Terbatas (daerah perkantoran) dan Ring 3 sebagai Area Bebas Terbatas (daerah permukiman).

²¹ Kastowo dan Gerard, 1973, "Geologi Kota Padang", dalam <http://digilib.itb.ac.id/files/disk1/542/jbptitbpp-gdl-heriprabow-27083-3-2007ts-2.pdf>, diunduh pada 27 Desember 2013.

²² Dwikorita Karnawati, *Gempa dan Longsor*, (Tim Studi Gempa dan Longsor), (Yogyakarta: Teknik Geologi UGM, 2009).

²³ Kastowo dan Gerard, *op.cit.*

²⁴ *Ibid.*

²⁵ Dwikorita Karnawati, *op.cit.*

²⁶ A. Saputra, J. Sartohadi, R. Rachmawati, *Pengurangan Risiko Gempa Bumi melalui Evaluasi Bangunan Tempat Tinggal dan Lingkungannya di Kecamatan Pleret Kabupaten Bantul*, (Yogyakarta: UGM, 2011).

Penggunaan lahan adalah jenis pemanfaatan suatu bidang pada suatu waktu tertentu yang bersifat dinamis dan mencerminkan aktivitas penduduk di daerah tertentu. Lanud Padang terbagi menjadi 6 (enam) aset tanah Hak Pengelolaan (HPL) dan 2 aset tanah terklasifikasi.²⁷ Aset tanah HPL yaitu HPL 1 (Lanud) memiliki luas 900.811 m² dengan guna lahan meliputi belukar, kolam, lahan kering, lahan terbuka, lapangan terbang, perkantoran, permukiman, peternakan, rawa, sawah irigasi, sekolah, semak, tanah tegalan dan tempat ibadah. HPL 2 (Lanud) memiliki luas 1.952.749 m² dengan guna lahan meliputi belukar, kolam, lahan kering, lahan terbuka, lapangan terbang, perkantoran, peternakan, semak dan tempat ibadah. HPL 3 (Perum Angkasa Puri) memiliki luas 65.000 m² dengan guna lahan meliputi belukar, lahan kering, lahan terbuka dan permukiman. HPL 4 (PT. Sapta Dirgantara) memiliki luas 64.412 m² dengan guna lahan meliputi rawa, sawah irigasi dan tanah tegalan. HPL 5 (PT. Sapta Dirgantara) memiliki luas 39.000 m² dengan guna lahan meliputi rawa, sawah irigasi dan tanah tegalan, dan HPL 6 (Perumdam) memiliki luas 71.500 m² dengan guna lahan permukiman. Aset tanah terklasifikasi terdiri dari HPL PAP II dengan guna lahan permukiman dan aset lahan Lanud yang dihuni masyarakat umum dengan guna lahan meliputi belukar, lahan kering, permukiman, rawa, dan tanah tegalan. Peta HPL Lanud Padang dan gunalahannya dapat dilihat pada Gambar 4.

Permukiman pada HPL 6 (Perumdam) merupakan daerah yang terpadat penduduknya, disusul berturut-turut daerah penduduk umum, HPL 3, HPL 1 dan PT. Angkasa Pura II (PAP II). Perumdam terletak di Tenggara Lanud Padang yang dilalui oleh jalan lokal primer penghubung Lanud dengan kelurahan-kelurahan di Kota Padang seperti Dadok Tunggul Hitam dan Bungo Pasang. Seluruh daerah Perumdam merupakan dataran aluvial yang kaya akan kandungan air tanah.

Permukiman pada lahan Lanud yang dihuni penduduk umum merupakan daerah terpadat kedua setelah Perumdam, terletak di Timur Laut Lanud yang didominasi jalan lokal sekunder sebagai penghubung Lanud dengan kelurahan Batang Kabung. Seluruh daerah merupakan dataran aluvial dengan sebaran rumah yang cenderung acak di jenis

²⁷ Terklasifikasi maksudnya adalah bahwa aset tanah ini digunakan oleh instansi samping (Dinas Perhubungan untuk perumahan, perumahan PT. PAP II dan Perumahan Meteo) dan penduduk yang membangun permukiman di lahan Lanud.

tanah tegalan dan mengelompok di jenis tanah lahan kering. Di bagian barat daerah ini dibatasi oleh jalan lokal sekunder dari Komplek Rajawali sampai jalan setapak daerah *Very High Frequency Omnidirectional Range (VOR)*²⁸ sekaligus berbatasan dengan daerah peternakan ayam (kandang ayam).

Gambar 4. Peta HPL dan Guna Lahan Lanud Padang



Sumber : Pengolahan Data Primer (2014)²⁹

Permukiman pada HPL 3 (Perumahan Angkasa Puri) berlokasi di sebelah tenggara berbatasan langsung dengan Perumdam di bagian timur. Seluruh daerahnya merupakan dataran aluvial. Sama seperti permukiman di daerah Perumdam yang cenderung mengelompok, Perumahan Angkasa Puri juga dilalui oleh jalan lokal primer penghubung Lanud dengan kelurahan-kelurahan di Kota Padang seperti Dadok Tunggul Hitam dan Bungo Pasang. Di sebelah utara berbatasan langsung dengan daerah *Golf Driving Range*

²⁸ *Very High Frequency Omnidirectional Range (VOR)* adalah fasilitas navigasi penerbangan yang bekerja dengan menggunakan frekuensi radio, merupakan tuntunan untuk melakukan perjalanan dari satu tempat ke tempat yang lain dengan jalur/rute yang aman.

²⁹ Diolah berdasarkan Peta Administrasi Kota Padang, Peta Dasar Dijital Kota Padang dan Peta Udara Lanud Padang.

Lanud dan sebelah barat berbatasan dengan hutan campuran pembatas lapangan terbang Lanud.

Permukiman pada HPL 1 merupakan daerah utama Lanud dengan daerah sebelah barat berbatasan dengan jalan arteri primer penghubung Lanud dengan kelurahan-kelurahan di Kota Padang seperti Pasir Nan Tigo, Padang sarai dan Lubuk Buaya, juga sebagai penghubung dengan kota-kota lain di Sumatera Barat seperti Padang Pariaman, Padang Panjang, Payakumbuh dan Bukittinggi di sebelah utara dan Kota Pesisir Selatan di sebelah selatan. Seluruh daerahnya merupakan dataran aluvial dengan permukiman cenderung mengelompok sepanjang lokal primer dan lokal sekunder (tunggul hitam).

Permukiman pada PT. Angkasa Pura II terdapat di dalam daerah utama Lanud yang terletak di barat daya Lanud berbatasan dengan Komplek Perumahan Air Tawar. Seluruh daerahnya merupakan dataran aluvial dengan permukiman yang mengelompok. Daerah ini hanya terdapat jalan lokal sekunder yang terhubung antar kompleks di dalam Lanud saja, dan sebelah barat berbatasan dengan jalan lokal primer Lanud.

Analisis Risiko Bencana Gempa bumi

Analisis Bahaya Gempa bumi

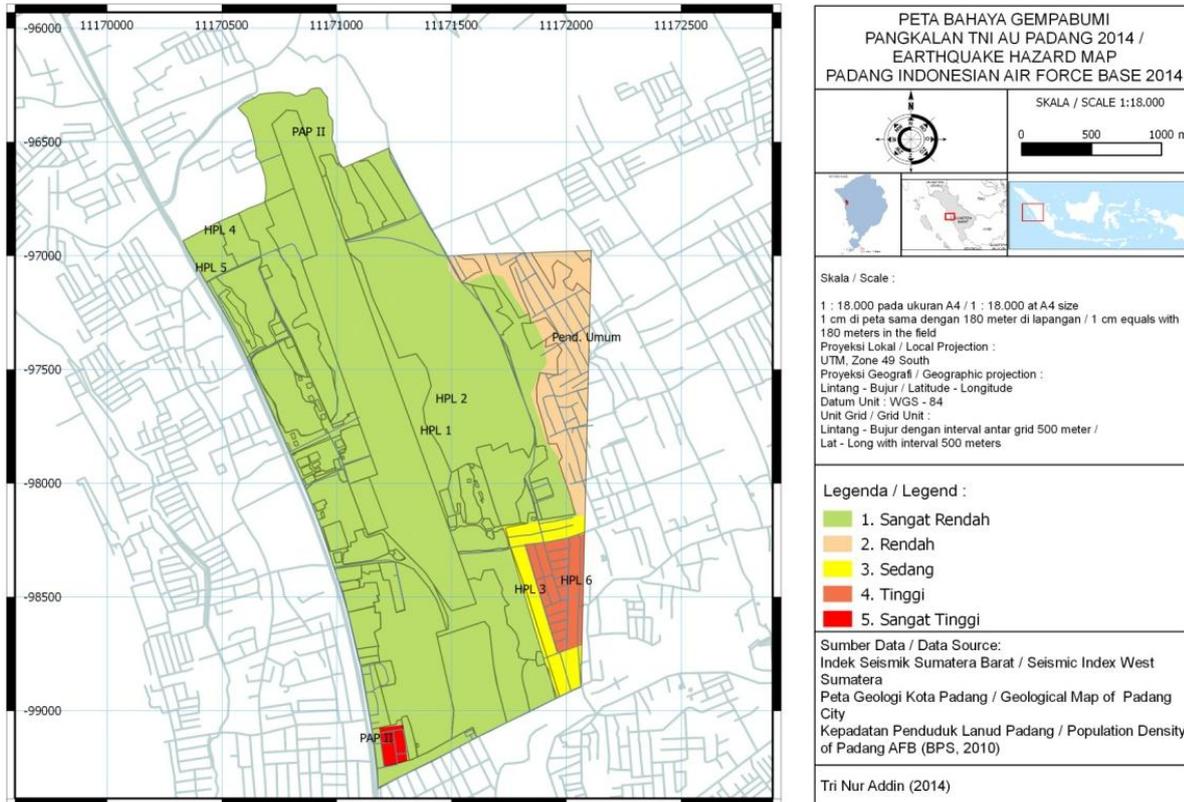
Indeks Seismik Sumatera Barat menunjukkan Kabupaten Kepulauan Mentawai di Sumatera Barat mempunyai nilai indeks seismik rata-rata sebesar $7,50 \pm 0,82$ tertinggi di Sumatera Barat.³⁰ Chasanah *et al.*, menyebutkan indeks seismik yang tinggi ini dibuktikan dengan seringnya terjadi gempa bumi dangkal pada kedalaman 17,6-35,1 km dengan magnitudo antara 5,3-5,6 SR yang dapat mengakibatkan kerusakan yang cukup signifikan, terutama di wilayah daratan. Setiap satuan litologi mempunyai nilai indeks seismik yang berbeda. Dalam penelitiannya, Saputra menyebutkan besar kecil indeks seismik dipengaruhi kondisi geologi di bawahnya. Berbeda kondisi geologinya maka nilai indeks seismik akan berbeda pula.³¹ Berdasarkan hasil penelitian, Lanud Padang memiliki lima

³⁰ Daz Edwiza, *Kajian Terhadap Indek Bahaya Seismik Regional Rata-Rata Sumatera Barat*, April 2008, *Jurnal Teknik*, No.29 Vol.1 Tahun XV, ISSN: 0854-8471, (Padang: Laboratorium Geofisika Jurusan Teknik Sipil Unand).

³¹ A. Saputra, J. Sartohadi, R. Rachmawati, *op.cit.*

tingkat kerawanan terhadap gempa bumi yaitu sangat rendah, rendah, sedang, tinggi dan sangat tinggi (Gambar 5).

Gambar 5. Peta Bahaya Gempa Bumi Lanud Padang



Sumber : Pengolahan Data Primer (2014)³²

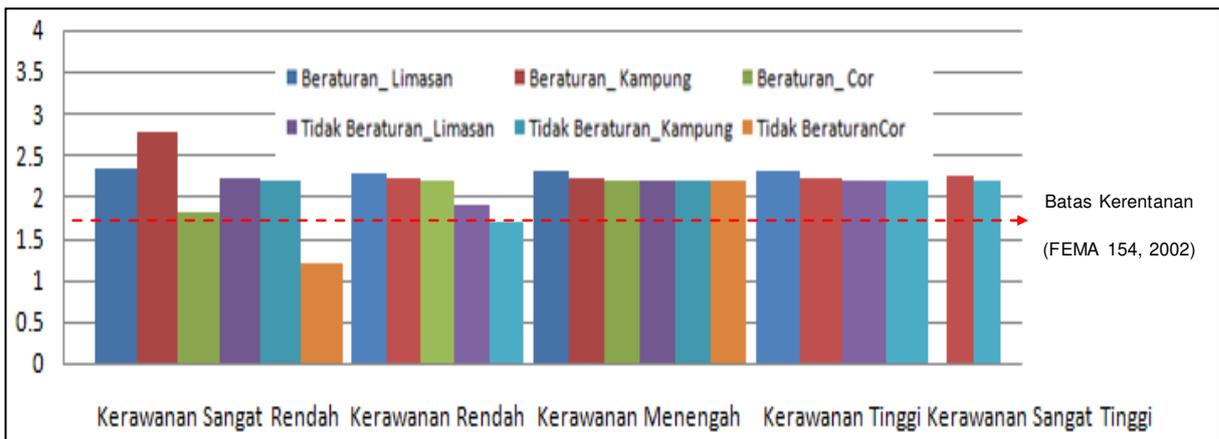
HPL PAP II memiliki tingkat bahaya sangat tinggi dengan kepadatan penduduk tertinggi yakni 2,376 → 3. Berturut-turut disusul dengan tingkat bahaya tinggi HPL 6 (Perumdam) dengan kepadatan penduduk 1,408 → 2, tingkat bahaya sedang HPL 3 (Perumahan Angkasa Puri) dengan kepadatan penduduk 1,195 → 2, tingkat bahaya rendah daerah Penduduk Umum dengan kepadatan penduduk 0,258 → 1 dan tingkat bahaya sangat rendah HPL 1 dengan kepadatan penduduk 0,059 → 1. Untuk HPL 5, HPL 4, HPL PAP II (ujung runway 16) dan HPL 2 tidak ada permukiman penduduk sehingga masuk dalam klasifikasi tingkat bahaya sangat rendah.

³² Diolah berdasarkan Indeks Seismik Sumatera Barat, Peta Geologi Kota Padang dan Kepadatan Penduduk Lanud Padang (Padang: BPS, 2010).

Analisis Kerentanan Bangunan

Analisis pada bangunan permukiman, perkantoran dan sekolah menunjukkan bangunan di Lanud didominasi oleh struktur bangunan tembokan diperkuat dengan diafragma lantai kaku (RM2) sebanyak 93,23%, disusul bangunan berstruktur kayu (W1) sebanyak 6,27%, rangka beton berinding tembokan (C3) sebanyak 0,2%, pasangan bata diperkuat berdiafragma fleksibel (RM1) sebanyak 0,1%, pasangan bata yang tidak diperkuat (URM) sebanyak 0,1% dan bangunan rangka baja dengan pengaku (S2) sebanyak 0,1%. Jenis struktur bangunan memiliki skor berbeda setiap jenisnya yang menggambarkan tingkat kerentanan bangunan³³. Gabungan skor dasar dan skor modifikasi dalam formulir penilaian kerentanan bangunan mengacu FEMA tentang *Rapid Visual Screening (RVS)* merupakan skor akhir. Skor dasar merupakan skor atas penilaian struktur bangunan dan skor modifikasi merupakan skor atas penilaian bentuk bangunan, tinggi bangunan dan keadaan tanah³⁴. Skor akhir yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 6.

Gambar 6. Tingkat Kerentanan Bangunan Berdasarkan Tipe Atap



Sumber: Pengolahan Data Primer (2014)

Berdasarkan skor kerentanan bangunan oleh FEMA, Skor RVS di atas 1,75 memiliki arti bangunan tersebut tidak rentan. Semakin tinggi skor maka semakin tinggi kekuatan bangunan dan semakin kecil kemungkinan untuk runtuh jika terjadi gempa bumi. Hasil penelitian, bangunan beratap kampung memiliki skor akhir paling tinggi yaitu 2,78 sebanyak 755 unit bangunan, didominasi struktur bangunan RM2 sebanyak 91,53%,

³³ A. Saputra, J. Sartohadi, R. Rachmawati, *op.cit.*

³⁴ FEMA, *Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards, A Handbook*, Edition 2, (Washington: FEMA, 2002).

struktur bangunan W1 sebanyak 8,21% dan sisanya adalah struktur bangunan RM1 dan struktur bangunan URM masing-masing sebanyak 0,13%. Bangunan beratap limasan sebanyak 242 unit didominasi struktur RM2 sebanyak 99,18%. Sisanya merupakan struktur W1 sebanyak 0,41% dan struktur bangunan S2 sebanyak 0,41%. Bangunan beratap cor sebanyak 8 unit bangunan yang didominasi struktur RM2 sebanyak 75% dan struktur bangunan C3 sebanyak 25%.

Skor RVS dibawah 1,75 terdapat pada kelompok bangunan bertipe atap kampung beraturan, kampung tidak beraturan, cor beraturan dan cor tidak beraturan. Hal ini disebabkan oleh adanya ketidakberaturan bangunan secara horizontal (memiliki bentuk L), terletak pada kondisi tanah yang tidak padat. Nilai rata-rata kerentanan kelompok bangunan ini adalah 1,50. Skor RVS tersebut kemudian diberi nilai antara 0-1 yang menggambarkan indeks kerentanan bangunan. Nilai 0 menunjukkan kerentanan yang rendah (tidak rentan) sedangkan nilai 1 menunjukkan kerentanan tinggi (rentan). Secara lengkap nilai indeks kerentanan bangunan pada setiap tipe atap dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Indeks Rata-rata Kerentanan Bangunan

Tipe atap	Kerawanan Sangat Rendah		Kerawanan Rendah		Kerawanan Sedang		Kerawanan Tinggi		Kerawanan Sangat Tinggi	
	Skor RVS	In-deks	Skor RVS	In-deks	Skor RVS	In-deks	Skor RVS	In-deks	Skor RVS	In-deks
BERATURAN										
Limasan	2,34	0,27	2,27	0,28	2,30	0,28	2,32	0,27	-	-
Kampung	2,78	0,18	2,23	0,28	2,23	0,28	2,21	0,28	2,26	0,27
Cor	1,8	0,52	2,2	0,29	2,20	0,29	-	-	-	-
TIDAK BERATURAN										
Limasan	2,22	0,28	1,91	0,34	2,20	0,29	2,20	0,29	-	-
Kampung	2,20	0,29	1,7	0,38	2,20	0,29	2,20	0,29	2,20	0,29
Cor	1,2	1	-	-	2,20	0,29	-	-	-	-

Sumber : Pengolahan Data Primer (2014)

Analisis Kapasitas Masyarakat

Penilaian kapasitas masyarakat melalui penilaian kesadaran dan kesiapsiagaan. Penilaian kesadaran masyarakat dengan empat parameter yakni respon saat terjadi gempa bumi, pengetahuan tentang gempa bumi, persepsi warga dan informasi tempat penting warga Lanud terhadap gempa bumi. Penilaian kesiapsiagaan masyarakat dengan tiga parameter yakni persiapan, keanggotaan, dan pelatihan. Indeks kapasitas didapat dari penjumlahan skor kesadaran dan skor kesiapsiagaan. Indeks kapasitas tertinggi pada responden pemilik rumah bertipe atap cor dengan bentuk bangunan tidak beraturan (0,82) dan yang terendah pada pemilik rumah tipe atap cor dengan bentuk bangunan tidak beraturan (0,66) yang disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Indeks Kapasitas

Bentuk Bangunan	Tipe Atap	Skor Kesadaran	Skor Kesiapsiagaan	Indeks Kapasitas
Beraturan	Limasan	0,77	0,67	0,74
	Kampung	0,68	0,64	0,67
	Cor	0,65	0,69	0,66
Tidak beraturan	Limasan	0,75	0,69	0,73
	Kampung	0,83	0,68	0,78
	Cor	0,87	0,71	0,82

Sumber : Pengolahan Data Primer (2014)

Skor kesadaran pada setiap tipe atap rumah tergolong tinggi, hampir sama dengan skor kesiapsiagaan di setiap tipe atap rumah. Tingginya tingkat kesadaran dan kesiapsiagaan di Lanud salah satunya disebabkan seringnya terjadi gempa bumi dalam skala kecil, sehingga menambah tingkat kesadaran dan tingkat kesiapsiagaan warga.

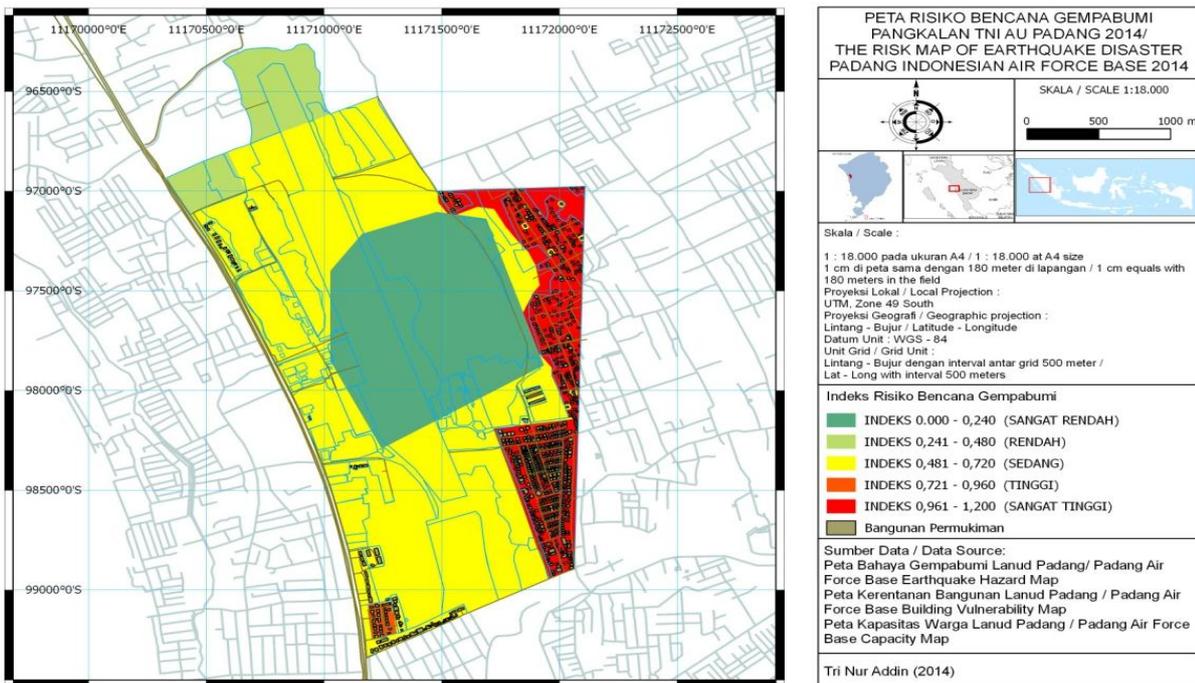
Tingkat Risiko Bencana Gempa bumi

Indeks risiko yang dihasilkan berkisar antara 0-1,2, dengan lima tingkat risiko bencana gempa bumi, yaitu sangat rendah, rendah, sedang, tinggi, dan sangat tinggi. Semakin tinggi nilai indeks maka semakin tinggi risiko dapat ditimbulkan oleh gempa bumi. Tingkat risiko sangat tinggi dengan indeks 0,961-1,200 terdapat pada daerah Perumdam, Perum Angkasa Puri dan lahan Lanud yang dihuni penduduk umum. Penyebabnya adalah

kepadatan bangunan dan jumlah penduduk yang tinggi tiap hektarnya, meskipun sebagian besar bangunan di daerah ini berjenis RM2, namun bentuk bangunannya sebagian besar berbentuk tidak beraturan.

Tingkat risiko tinggi dengan indeks 0,721-0,960 berada pada kompleks Perum Angkasa Pura II, Perumahan Meteo, dan Perumahan Dishub. Penyebabnya adalah kepadatan bangunan dan jumlah penduduk yang tinggi, meskipun sebagian besar bangunan berjenis RM2 dan berbentuk beraturan. Tingkat risiko sedang dengan indeks 0,481-0,720 berada pada HPL 1, berupa tanah tegalan, lahan kering, rawa, sawah, kolam dan fasilitas penerbangan. Keterpaparan penduduk berada di Kampung Jawa, Mess Antariksa, kompleks Mess Eks AP II Tabing, Komplek Garuda 1 dan Garuda 2, Mess Hercules, Komplek Air Tawar dan Komplek Rajawali. Daerah ini memiliki bentuk bangunan RM2 dan beratap limasan bermaterial ringan. Tingkat risiko rendah dengan indeks 0,241-0,480 berada pada tanah tegalan PT. Sapta Dirgantara dan Lahan PAP II. Di daerah ini ditanami tanaman rakyat dan kolam ikan. Tidak ada permukiman yang dibangun di daerah ini. Tingkat risiko sangat rendah dengan indeks 0-0,240 berada pada HPL 2, yakni sebagian landasan pacu pesawat, rawa, tanah tegalan, lahan kering dan sawah. Peta Risiko Bencana Gempa bumi di Lanud Padang disajikan pada Gambar 7.

Gambar 7. Peta Risiko Bencana Gempa bumi di Lanud Padang



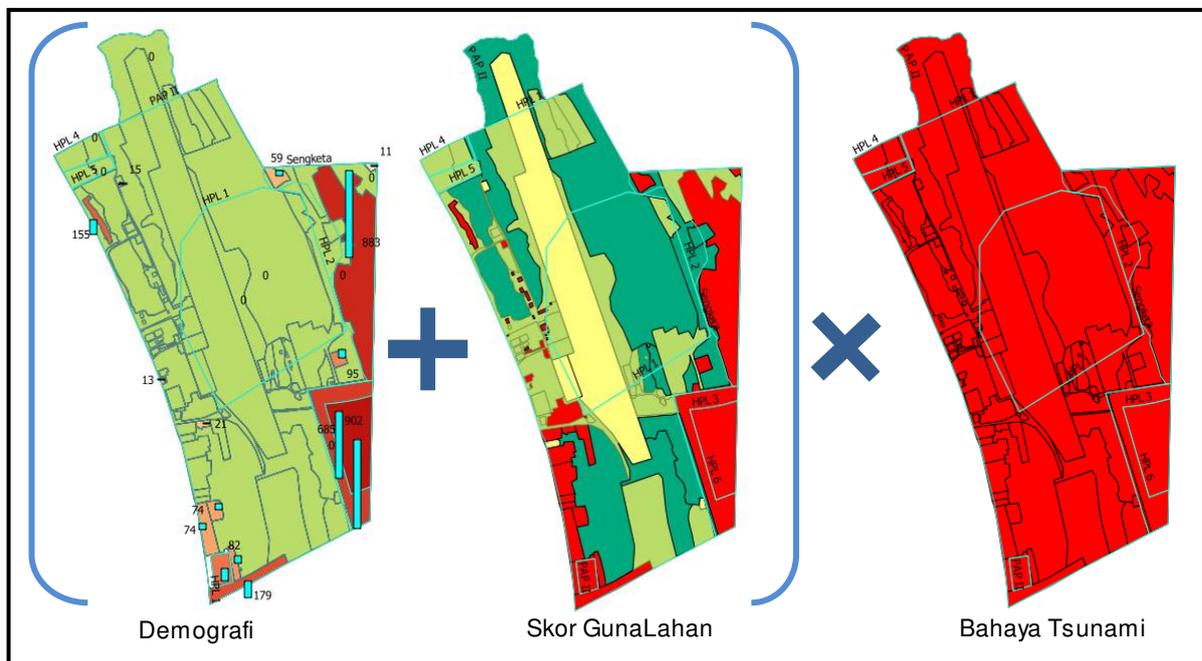
Sumber : Pengolahan Data Primer (2014)

Analisis Risiko Bencana Tsunami

Analisis Bahaya Tsunami

Data yang digunakan untuk memetakan bahaya tsunami di Lanud Padang menggunakan data demografi Lanud dan data guna lahan beserta bangunannya, kemudian di-*overlay* dengan peta zona rawan tsunami. Representasi dari rumus model spasial ini dapat dilihat pada Gambar 8. Hasil dari penggabungan peta di atas adalah sebuah Peta Bahaya Tsunami di Lanud Padang seperti terlihat pada Gambar 9, dengan tiga tingkat bahaya tsunami, yakni Sedang, Tinggi, dan Tinggi sekali. Daerah dengan bahaya tingkat sedang sebagian besar berupa tanah lapang, tanah tegalan, kolam, rawa, sawah, hutan kering dan vegetasi lainnya yang tidak berpenghuni. Daerah dengan bahaya tingkat tinggi sebagian besar berupa daerah permukiman dan fasilitas vital Lanud, sedangkan daerah dengan tingkat bahaya tinggi sekali berada pada daerah permukiman dengan jumlah penduduk dan kepadatan bangunan yang tinggi.

Gambar 8. Gambaran Model Spasial Bahaya Tsunami Lanud Padang

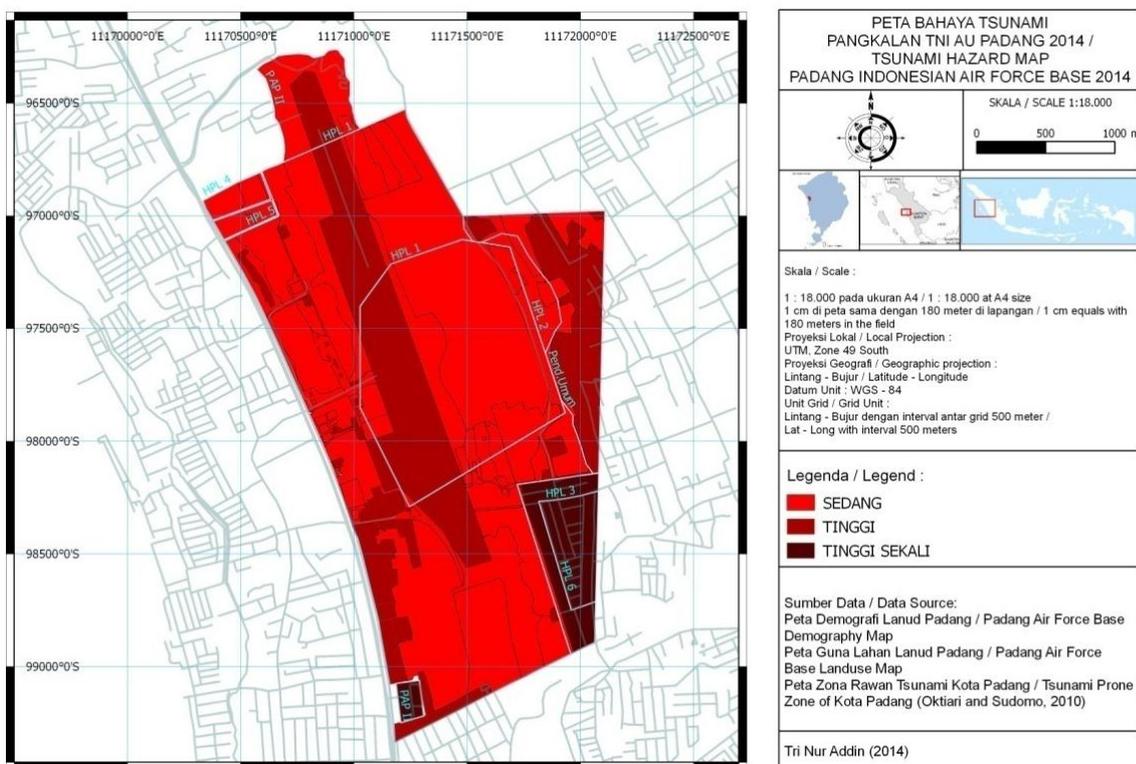


Sumber : Pengolahan Data Primer (2014)

Analisis Waktu Evakuasi Tsunami

Data yang digunakan untuk memetakan waktu evakuasi tsunami di Lanud Padang dibatasi dengan data zona aman tsunami dengan jarak minimal 1.000 meter dari batas timur Lanud. Hal ini sesuai dengan Peta Zona Ketinggian Landaan Tsunami hasil penelitian, yang membagi zona landaan tsunami dengan sembilan tingkat ketinggian air³⁵ dengan jarak mencapai 3.000 meter ke daratan di ukur dari garis pantai.³⁶ Data pembagian waktu evakuasi di dapat dari perhitungan geometri dipadukan dengan data jarak zona aman dan divalidasi dengan observasi lapangan. Hasil akhirnya adalah sebuah Peta Waktu Evakuasi Tsunami di Lanud Padang dengan empat pembagian waktu evakuasi menuju zona aman, yakni <10 menit, <20 menit, <30 menit, dan >35 menit yang disajikan pada Gambar 10.

Gambar 9. Peta bahaya tsunami di Lanud Padang



Sumber : Pengolahan Data Primer (2014)

³⁵ Ketinggian air landaan tsunami yakni 0,1-01 m, 01,01-02 m, 02,01-03 m, 03,01-04 m, 04,01-05 m, 05,01-06 m, 06,01-07 m, 07,01-08 m, 08,01-09 m, Veronica, Cedillos, "Crucial Need for Tsunami Evacuation Solutions for Padang", 31 Maret 2011, *Jurnal Geo Hazards International* (GHI).

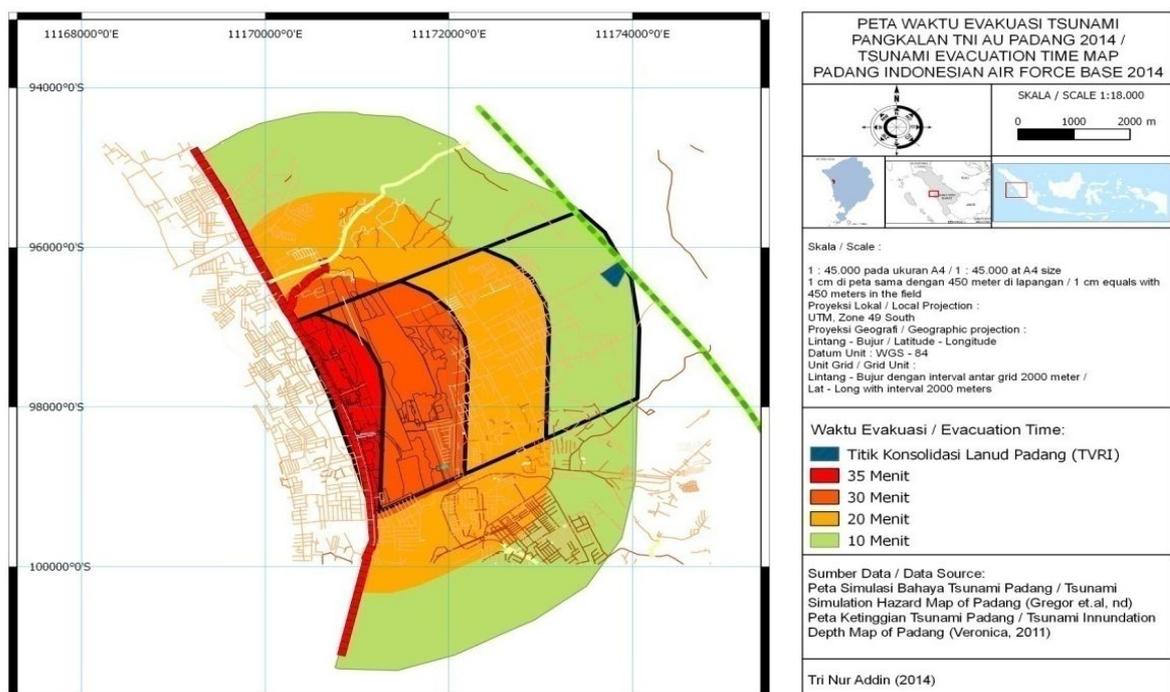
³⁶ Veronica Cedillos, K. Wood, N. Canney, G. Deierlein, S. Henderson, F. Ismail, A. Syukri, dan J. Toth, "An Evaluation of Infrastructure for Tsunami Evacuation in Padang, West Sumatra, Indonesia", *Proceedings of the 9th U.S. National and 10th Canadian Conference on Earthquake Engineering*, 25-29 Juli 2010, Paper No. XXXX, Vancouver, Canada.

Lanud Padang hanya memiliki dua waktu evakuasi menuju zona aman, yakni 35 menit dan 30 menit. Garis merah di sebelah Barat Lanud adalah Jalan Arteri Primer sekaligus menjadi tanda peta sebagai pembatas agar warga Lanud tidak mendekati daerah ini apalagi menyeberang pada saat terjadi tsunami. Garis Hijau di sebelah Timur Lanud adalah Jalan Arteri Sekunder *Baypass*. Ini adalah zona aman dari landaan tsunami. Di zona aman tersebut terdapat Stasiun Televisi Republik Indonesia (TVRI) Kota Padang yang ditunjukkan dengan gambar kotak berwarna biru sebagai titik kumpul Lanud setelah evakuasi.

Indeks Risiko Bencana Tsunami

Penilaian indeks risiko ini terlebih dulu dengan menjumlahkan skor variabel bahaya tsunami dengan skor waktu evakuasi tsunami. Hasil penjumlahan kemudian dimodifikasi dengan aspek lingkungan berupa tingkat kepadatan bangunan, kedekatan dengan jalanan kedekatan dengan pusat pelayanan medis, sehingga didapatkan hasil indeks risiko tsunami dengan lima kelas pembagian, yaitu sangat rendah, rendah, sedang, tinggi dan sangat tinggi. Semakin tinggi indeks maka akan semakin tinggi tingkat risiko yang dapat ditimbulkan oleh gempa bumi. Rentang indeks risiko antara 0-3,36.

Gambar 10. Peta waktu evakuasi tsunami Lanud Padang



Sumber : Pengolahan Data Primer (2014)³⁷

Unit bangunan dengan tingkat risiko sangat tinggi (indeks 2,791-3,36) adalah hampir seluruh bangunan di Komplek AP II, Perum Dishub, dan Meteo. Penyebabnya adalah nilai waktu evakuasi dan nilai demografi serta nilai kepadatan bangunan yang tinggi tiap hektarnya. Waktu evakuasi yang dibutuhkan untuk mencapai zona aman di daerah ini adalah 35 menit.

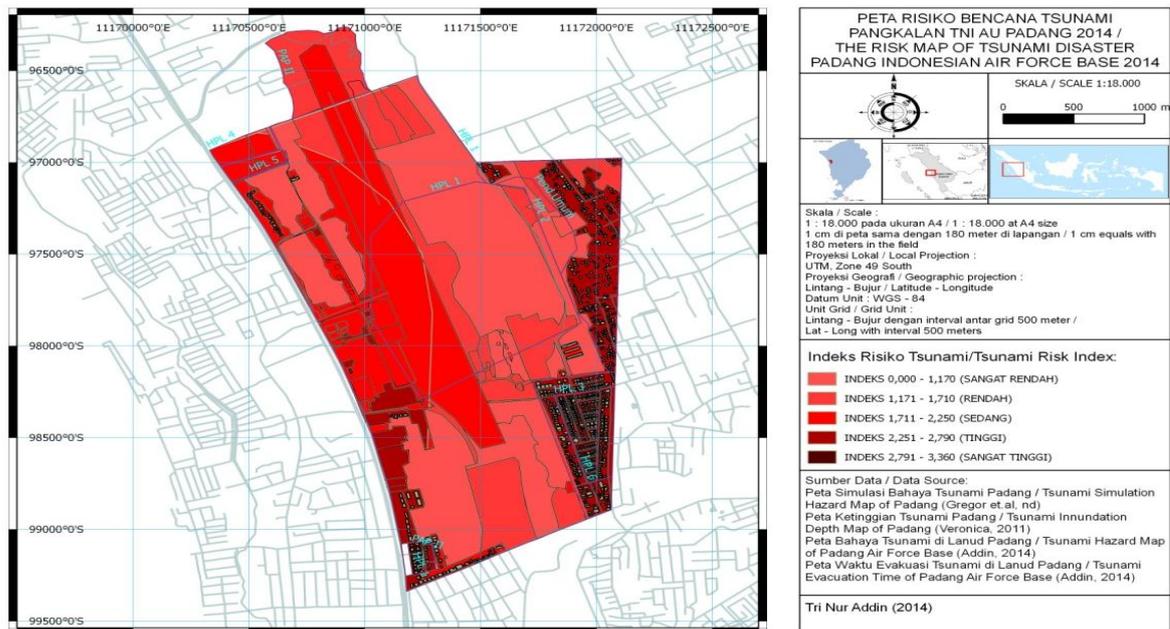
Unit bangunan dengan tingkat risiko tinggi (indeks 2,251-2,79) berada di Komplek Air Tawar, Mess Hercules, Perumahan Dishub, Meteo dan Angkasa Pura II, sebagian PAP II, Komplek Garuda I, Garuda II, SMK Labor, TK Angkasa, SDN 24 Padang, SMP Angkasa, SD Angkasa I, Angkasa II, Masjid, Bengkel Alat Berat, perumahan Eks Bandara Tabing, Perkantoran Eks Bandara Tabing, Perkantoran BMKG, Mess Wira Waskita, Mess Antariksa, arena airsoftgun, seluruh daerah perkantoran Lanud, Pura Lanud dan permukiman Kampung Jawa. Hal ini berbeda dengan Komplek Perumdam, Angkasa Puri dan lahan Lanud yang dihuni penduduk umum, meskipun mereka secara waktu lebih pendek untuk sampai ke zona aman (30 menit), namun daerah ini memiliki kepadatan bangunan dan kepadatan penduduk yang lebih tinggi. Khusus untuk daerah Kampung Jawa, tingkat risiko tinggi ini diperburuk dengan struktur bangunan berjenis W1, yakni bangunan berstruktur kayu dengan atap rumah dari seng. Pengalaman Tsunami Aceh tahun 2004 dan Tsunami Mentawai tahun 2010, sebagian besar korban jiwa dikarenakan terhantam kayu berpaku atau tersobek seng pada saat tsunami.

Unit bangunan dengan tingkat risiko sedang (indeks 1,711-2,25) berada pada sebagian Komplek Air Tawar, Kampung Nias dan Komplek Rajawali. Daerah risiko sedang ini memiliki nilai evakuasi 30 menit dengan kepadatan bangunan yang rendah. Daerah ini memiliki tingkat kepadatan penduduk yang sedang tiap hektarnya. Sama halnya dengan kondisi Kampung Jawa, Kampung Nias dengan risiko sedang ini juga diperparah dengan dengan struktur bangunan yang berjenis W1. Tingkat risikonya sangat tinggi terhadap jiwa dari ancaman terhantam kayu berpaku atau seng pada saat terjadi tsunami. Unit bangunan dengan tingkat risiko rendah (indeks 1,171-1,71) berupa sebagian Komplek Air

³⁷ Diolah berdasarkan Peta Simulasi Bahaya Tsunami Padang (Gregor et.al) dan Peta Ketinggian Tsunami Padang (Veronica, 2011).

Tawar, sebagian Ruko Primkopau, Mess Jatayu dan daerah bervegetasi lahan kering. Unit bangunan dengan tingkat risiko sangat rendah (indeks 0-1,17) berupa daerah Lanud dengan guna lahan berupa vegetasi lahan kering, belukar, daerah kosong, sawah irigasi, tegalan, dan kolam. Sawah irigasi, tegalan, dan kolam inilah yang masih memiliki nilai sehingga daerah ini memiliki indeks risiko bencana tsunami yang sangat rendah. Lebih lengkap Peta risiko bencana tsunami pada setiap HPL dapat dilihat pada Gambar 11.

Gambar 11. Peta risiko bencana tsunami di Lanud Padang



Sumber : Pengolahan Data Primer (2014)

Kesimpulan

Berdasarkan tujuan, hasil, dan pembahasan pada penelitian ini, maka dapat ditarik kesimpulan-kesimpulan terkait risiko bencana gempa bumi dan risiko bencana tsunami sebagai berikut:

Tingkat Risiko Bencana Gempa bumi

Tingkat risiko bencana gempa bumi di Lanud Padang memiliki indeks antara 0-1,2 dengan pembagian lima kelas tingkat risiko bencana gempa bumi, yaitu sangat rendah, rendah, sedang, tinggi, dan sangat tinggi. Semakin tinggi indeks maka akan semakin tinggi risiko yang dapat ditimbulkan oleh gempa bumi dengan rincian:

- Tingkat risiko sangat tinggi dengan indeks 0,961-1,200 adalah hampir seluruh bangunan di daerah Perumahan Kodam 17 Agustus (Perumdam), Perumahan Angkasa Puri dan lahan Lanud yang dihuni penduduk umum.
- Tingkat risiko tinggi dengan indeks 0,721-0,960 berada pada kompleks perumahan Angkasa Pura II, Perumahan Meteo dan Perumahan Dinas Perhubungan (Dishub).
- Tingkat risiko sedang dengan indeks 0,481-0,720 berada pada HPL 1. Sebagian besar berupa tanah tegalan, lahan kering, rawa, sawah, kolam dan fasilitas penerbangan. Permukiman penduduk yang terancam berada di Kampung Jawa, Mess Antariksa, kompleks Mess Eks AP II Tabing, Komplek Garuda 1 dan Garuda 2, Mess Hercules, Komplek Air Tawar dan Komplek Rajawali.
- Tingkat risiko rendah dengan indeks 0,241-0,480 berada pada tanah tegalan PT. Sapta Dirgantara dan Lahan PAP II, yang tidak ada permukiman penduduk.
- Tingkat risiko sangat rendah dengan indeks 0- 0,241 berada pada HPL 2, yakni sebagian landasan pacu pesawat, rawa, tanah tegalan dan sawah.

Tingkat Risiko Bencana Tsunami

Tingkat risiko bencana tsunami di Lanud Padang memiliki indeks antara 0 – 3,36, dengan lima kelas tingkat risiko bencana tsunami, yaitu sangat rendah, rendah, sedang, tinggi, dan sangat tinggi. Semakin tinggi indeks maka akan semakin tinggi risiko yang ditimbulkan oleh tsunami dengan rincian:

- a) Tingkat risiko sangat tinggi dengan indeks 2,791-3,360 terdapat pada hampir seluruh bangunan di Komplek AP II, Perum Dishub dan Meteo dengan waktu evakuasi yang dibutuhkan untuk mencapai zona aman selama 35 menit.
- b) Tingkat risiko tinggi dengan indeks 2,251-2,790 terdapat pada Komplek Air Tawar, Mess Hercules, Perumahan Dishub, Meteo dan Angkasa Pura II, sebagian PAP II, Komplek Garuda I, Garuda II, SMK Labor, TK Angkasa, SDN 24 Padang, SMP Angkasa, SD Angkasa I, Angkasa II, Masjid, Bengkel Alat Berat, perumahan Eks Bandara Tabing, Perkantoran Eks Bandara Tabing, Perkantoran BMKG, Mess Wira Waskita, Mess Antariksa, arena *airsoftgun*, seluruh daerah perkantoran Lanud,

Pura Lanud, permukiman Kampung Jawa dan lahan Lanud yang dihuni penduduk umum dengan waktu 35 menit mencapai zona aman.

- c) Tingkat risiko sedang dengan indeks 1,711-2,250 berada pada sebagian Komplek Air Tawar, Kampung Nias dan Komplek Rajawali dengan waktu evakuasi 30 menit menuju zona aman.
- d) Tingkat risiko rendah dengan indeks 1,171-1,710 terdapat pada sebagian Komplek Air Tawar, sebagian Ruko Primkopau, Mess Jatayu dan daerah bervegetasi lahan kering dengan waktu evakuasi 30 menit menuju ke zona aman.
- e) Tingkat risiko sangat rendah dengan indeks 0-1,170 berupa daerah bervegetasi lahan kering, belukar, daerah kosong, sawah irigasi, tegalan dan kolam dengan waktu evakuasi 30 menit menuju ke zona aman.

Saran

Analisis dan pemodelan spasial dari studi ini menghasilkan sebuah peta risiko bencana gempa bumi dan peta risiko bencana tsunamidi Lanud Padang. Mengacu pada *Crucial Need for Tsunami Evacuation Solutions for Padang* oleh *Geo Hazards International (GHI)*, strategi pengurangan risiko bencana gempa bumi-tsunami yang dapat dilakukan di Lanud Padang adalah:

1. Meningkatkan sosialisasi dan simulasi terpadu secara efisien dan efektif, melibatkan masyarakat, dikombinasikan dengan pelatihan penanganan bencana secara darurat.
2. Membuat bangunan baru dengan klasifikasi struktur bangunan yang dapat digunakan untuk evakuasi vertikal minimal dua lantai, mampu menahan getaran dan kekuatan terjangan gelombang tsunami sesuai dengan SNI 1726:2012.
3. Mengoptimalkan bangunan yang sudah ada dengan menentukan dan memastikan bahwa bangunan dapat berfungsi sebagai bangunan evakuasi vertikal, tergantung pada struktur bangunan dengan mempertimbangkan aspek kedalaman genangan dan kecepatan air tiba dilokasi. Jika diperlukan, bangunan dapat dilakukan penguatan tambahan (*retrofitting*) agar memadai untuk evakuasi vertikal tsunami.

4. Merancang sistem *building code*³⁸ yang sesuai dengan karakteristik bahaya sekitar Lanud Padang sehingga bangunan-bangunan baru tetap dapat dikontrol, terutama pada daerah tingkat risiko dan kerawanan tinggi – sangat tinggi. Disarankan menambahkan *bracing* (sistem perkuatan dengan menggunakan struktur baja yang dipasang secara diagonal) diantara spasi rangka beton agar bangunan lebih kuat menahan goncangan gempa bumi dengan bentuk bangunan pasangan batu bata perkuatan berdiafragma rigid atau fleksibel (RM2 dan RM1). Jenis material atap bangunan disarankan menggunakan material ringan seperti seng atau fiber. Agar atap tidak mudah roboh pada saat terjadi gempa bumi, maka pondasi, beton penyangga, beton diagonal, *sloof* dan struktur atap harus saling terkait dan terkunci.
5. Pembangunan Masjid bertingkat dengan klasifikasi pembangunan masjid harus memperhatikan bahwa dinding masjid tidak sejajar dengan garis pantai, struktur kubah cahaya harus ringan (jika berat, maka sangat rawan runtuh), analisis struktur bangunan, mengembangkan desain prototipe sebagai masjid evakuasi tsunami, dilengkapi dengan sirene tsunami, di lantai atas dipersiapkan air bersih dan logistik darurat, perlengkapan komunikasi dan peralatan medis darurat
6. Membangun jembatan layang pejalan kaki yang berfungsi membantu masyarakat menyeberangi jalan yang padat, terlebih saat terjadi gempa bumi-tsunami. Spesifikasi lebar jembatan bisa disesuaikan dengan kebutuhan. Jika jembatan ini dirancang secara tepat untuk bisa menahan gempa bumi dan kekuatan tsunami, maka bisa digunakan sebagai tempat berlindung saat terjadi bencana. Hal ini dikarenakan struktur bangunannya yang ringan (saat terjadi gempa bumi tidak rawan roboh), struktur terbuka yang memungkinkan tsunami hanya lewat melalui bawah saja, desain prototipe struktur bangunan jembatan layang mudah ditiru dan dikembangkan, struktur yang umum ada di seluruh Indonesia.
7. Pembangunan bukit evakuasi

³⁸ *Building code* yaitu kode bangunan yang digunakan untuk keperluan identifikasi konstruksi, perubahan, gerakan, pembesaran, penggantian, perbaikan, peralatan, penggunaan dan hunian, lokasi, pemeliharaan, penghapusan dan pembongkaran setiap bangunan atau struktur atau perlengkapannya yang terhubung atau melekat pada bangunan atau struktur tersebut. (SNI 1726:2012).

8. Memperluas jalur evakuasi atau membuat jalan baru, jalur evakuasi yang sudah dibangun, disarankan untuk ditambah dengan fasilitas penerangan dan diberi *guardrail*/pagar pengaman agar tidak terperosok ke rawa jika melaksanakan evakuasi pada malam hari.
9. Regulasi dan Pemenuhan kebutuhan SAR. Regulasi dalam hal ini adalah perlunya dibuat suatu prosedur tetap (protap) khusus pengurangan risiko bencana dan protap penanggulangan bencana dari ancaman Mentawai *megathrust* di Lanud Padang oleh Koopsau I. Protap ini nantinya juga bisa diterapkan di Lanud lain yang memiliki kerawanan bencana tinggi.
10. Penelitian di Lanud Padang dijadikan sebagai percontohan atau *sample* bagi gambaran kondisi Lanud di daerah rawan bencana alam yang memiliki karakteristik seperti Lanud Padang. Lanud-*lanud* tersebut merupakan satuan TNI AU yang memiliki peranan penting dalam keberhasilan menanggulangi bencana alam yang dilakukan oleh TNI dan Pemerintah pusat maupun pemerintah daerah, karena Lanud merupakan daerah yang dapat merespon secara awal terhadap peristiwa bencana alam yang dialami oleh suatu daerah. Respon tersebut dapat berupa kemampuan menerima bantuan yang diberikan oleh pemerintah pusat, kemampuan untuk menyelenggarakan bantuan kemanusiaan berupa distribusi logistik dan evakuasi medis melalui udara. Dukungan operasi udara diselenggarakan oleh Lanud yang memerlukan ketelitian dan kecepatan namun tidak mengesampingkan keselamatan penerbangan. Jadi walaupun dalam situasi darurat Lanud tetap dituntut untuk dapat mendukung pelaksanaan Operasi Dukungan Udara secara aman lancar dan selamat. Meskipun tujuan penulisan naskah ini bersifat lokal, yaitu mengidentifikasi dan berupaya mengurangi risiko bencana gempa bumi-tsunami di Lanud Padang, namun disarankan model pengurangan risiko bencana ini juga dapat diberlakukan pada Lanud yang memiliki karakteristik sama seperti Lanud Padang atau Lanud yang berada di daerah rawan bencana. Sebagai contoh Lanud Maimun Saleh (MUS) Sabang, Lanud St. Iskandar Muda (SIM) Banda Aceh, Satrad 234 Sibolga (SBG), dan Lanud lainnya. Hal ini sesuai dengan gambaran peta rawan bencana yang dikeluarkan oleh BNPB tahun

2014 yang menggambarkan daerah Lanud juga termasuk di dalam Peta Rawan Bencana.

Daftar Pustaka

Buku

- BNPB. 2012. *Atlas Bencana Indonesia 2012*. Jakarta: BNPB.
- Karnawati, Dwikorita. 2009. *Gempa dan Longsor*. Tim Studi Gempa dan Longsor. Jogjakarta: Teknik Geologi UGM.
- FEMA. 2002. *Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards*. A Handbook. Edition 2. Washington: FEMA.
- Saputra, A, Sartohadi, J, Rachmawati, R. 2011. *Pengurangan Risiko Gempa bumi melalui Evaluasi Bangunan Tempat Tinggal dan Lingkungannya di Kecamatan Pleret Kabupaten Bantul*. Yogyakarta: UGM.

Jurnal

- Cedillos, Veronica. 2011. "Crucial Need for Tsunami Evacuation Solutions for Padang". *Jurnal Geo Hazards International (GHI)*. 31 Maret.
- Chasanah, Uswatun, Madlazim, dan Prastowo, Tjipto. 2013. "Analisis Tingkat Seismisitas dan Periode Ulang Gempa Bumi di Sumatera Barat pada Periode 1961-2010". *Jurnal Fisika*. Vol. 02. No. 02. Surabaya: FMIPA Universitas Negeri Surabaya.
- Edwiza, Daz. 2008. "Kajian Terhadap Indek Bahaya Seismik Regional Rata-Rata Sumatera Barat". *Jurnal Teknik*. No.29. Vol.1 Tahun XV. ISSN: 0854-8471. Padang: Laboratorium Geofisika Jurusan Teknik Sipil Unand. April.
- Gregor, Ammel, Rieser, Marcel, Nagel, Kai, Taubenbock, Hannes, Strunz, Gunter, Goseberg, Nils, Schlurmann, Thorsten, Klupfel, Hubert, Setiadi, Neysa dan Birkmann, Jorn. (n.d.). 2014. "Emergency Preparedness in the case of a Tsunami - Evacuation Analysis and Traffic Optimization for the Indonesian city of Padang". Padang: Mentawai. *Megathrust Direx*.
- Oktiari, Dian, dan Manurung, Sudomo. 2010. *Model Geospasial Potensi Kerentanan Tsunami Kota Padang*. November 2010. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*. Vol.11. No.2. Jakarta: Author.
- Pratama Putra, Ahmad. 2011. *Penataan Ruang Berbasis Mitigasi Bencana Kabupaten Kepulauan Mentawai*. *Jurnal Penanggulangan Bencana*. Vol. 2. No. 1.

Website

- BMKG. 2013. "Gempa Bumi", dalam http://www.bmkg.go.id/BMKG_Pusat/Geofisika/Gempa_bumi.bmkg, diunduh pada 23 Desember 2013.
- Kastowo dan Gerard. 1973. "Geologi Kota Padang", dalam <http://digilib.itb.ac.id/files/disk1/542/jbptitbpp-gdl-heriprabow-27083-3-2007ts-2.pdf>, diunduh pada 27 Desember 2013.
- USGS. 2009. "Magnitude 7.6 - Southern Sumatra, Indonesia". United States Geological Survey, dalam <http://earthquake.usgs.gov>, diunduh pada 24 Desember 2013,

Makalah

- Cedillos, Veronica, Wood, K, Canney, N, Deierlein, G, Henderson, S, Ismail, F, Syukri, A, and Toth, J. 2010. "An Evaluation of Infrastructure for Tsunami Evacuation in Padang, West Sumatra, Indonesia". Proceedings of the 9th U.S. National and 10th Canadian Conference on Earthquake Engineering, July 25-29, 2010. Paper No. XXXX. Vancouver, Canada.
- Supriyatno, Makmur. 2014. "Geographic Information System (GIS), *Mapping-Remote Sensing and Disaster Manajemen*". Makalah disampaikan pada Perkuliahan Sistem Informasi Geografi (SIG) Universitas Pertahanan Indonesia Program Studi Manajemen Bencana tanggal 6 Februari 2014.

