

# **SIMULASI JALUR EVAKUASI UNTUK BENCANA TSUNAMI BERBASIS DATA PENGINDERAAN JAUH (STUDI KASUS: KOTA PADANG, PROPINSI SUMATERA BARAT)**

Bambang Trisakti<sup>1)</sup>, Ita Carolita dan Mawardi Nur  
Peneliti Pusat Pengembangan Pemanfaatan dan Teknologi Penginderaan Jauh, LAPAN  
btris01@yahoo.com<sup>1)</sup>

## **ABSTRACT**

Tsunami disaster caused great damages and very large victims especially when occurs in urban area along coastal region. Therefore information of evacuation in a map is very important for disaster preparedness in order to minimize the number of victims in affected area. Here, information generated from remote sensing satellite data (Landsat, SPOT-5 and DEM) and secondary data (administration boundary and field survey data) are used to simulate evacuation route and to produce a map for Padang City. Vulnerability and evacuation areas are determined based on information of maximum tsunami height in shoreline and topography condition. Landuse/landcover and infrastructure (road, bridge and building) are extracted from SPOT data. All the data obtained from remote sensing and secondary data are integrated using geospatial modeling to simulate tsunami evacuation routes. the simulation of evacuation route in Padang City for tsunami preparedness is provided by considering river line, shelters and save zone, available infrastructure (road), the shortest distance (to shelters and save zone) and local community experiences.

## **ABSTRAK**

Bencana tsunami telah menyebabkan jatuhnya banyak korban jiwa dan kerugian material yang sangat besar, terutama pada daerah pemukiman padat yang terletak di wilayah pesisir. Karena itu ketersediaan informasi mengenai jalur evakuasi dalam bentuk peta sangat diperlukan untuk meminimalkan jumlah korban dan kerusakan di suatu tempat bila terjadi tsunami. Tulisan ini dimaksudkan untuk mendemonstrasikan aplikasi data inderaja untuk menghasilkan peta evaluasi terhadap bencana tsunami di suatu daerah. Pada kegiatan ini, data satelit penginderaan jauh (Landsat, SPOT-5 dan DEM) dan data sekunder (batas administrasi dan data lapangan) digunakan untuk melakukan simulasi jalur evakuasi dan membuat peta dasar kota Padang. Penentuan daerah rawan tsunami dan daerah evakuasi dilakukan berdasarkan data ketinggian maksimum tsunami di pantai dan kondisi topografi wilayah. Informasi tutupan lahan dan infrastruktur (jalan, jembatan dan bangunan) diekstraksi dari citra SPOT. Semua informasi yang diperoleh dari data penginderaan jauh dan data sekunder diintegrasikan dan dianalisis menggunakan model geospasial untuk menentukan jalur evakuasi. Simulasi jalur evakuasi untuk kota Padang dilakukan dengan mempertimbangkan keberadaan sungai, bangunan-bangunan yang dapat dijadikan tempat perlindungan dan daerah aman, jaringan jalan, jarak terdekat menuju tempat perlindungan atau daerah aman, dan informasi dari masyarakat lokal.

Kata kunci: *Bencana Tsunami, Data penginderaan jauh, Jalur evakuasi*

## 1 PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang diberkahi sekaligus diancam oleh kondisi alamnya. Wilayah Indonesia sangat luas dengan panjang wilayah sekitar 6000 km dari ujung barat sampai ujung timur dan terbagi menjadi 3 daerah waktu. Selain itu, Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar di dunia dengan jumlah penduduk lebih dari 200 juta orang. Yang tak dapat disangkal adalah kenyataan bahwa wilayah Indonesia terletak pada pertemuan (tabrakan) antara lempeng Caroline Pasifik, lempeng laut Filipina, lempeng Asia dan lempeng Hindia-Australia, yang mengakibatkan sebagian besar wilayah Indonesia menjadi wilayah yang rawan terhadap bencana alam seperti: gempa bumi, tsunami dan gunung berapi (Ristek, 2005).

Pada Desember 2004, gempa dan tsunami telah menyebabkan kerusakan/kerugian yang sangat dasyat, terutama di provinsi NAD (Nanggroe Aceh Darussalam). Tsunami juga telah menewaskan ribuan orang di negara-negara sekitar samudra Hindia, seperti: Malaysia, Thailand, Myanmar, India, Srilangka, Bangladesh, Maldives dan negara-negara benua afrika. Lebih dari 200 ribu orang tewas oleh tsunami Aceh, karena itu tsunami Aceh dianggap sebagai tsunami paling mematikan dalam sejarah kejadian tsunami (Ristek, 2005). Daerah lain yang diperkirakan sebagai daerah rawan gempa dan tsunami terdapat di sepanjang pantai barat pulau Sumatera dan pantai selatan pulau Jawa yang merupakan daerah pertemuan lempeng. Terutama pada beberapa kota di wilayah pesisir yang mempunyai populasi penduduk yang besar seperti: Padang, Bengkulu, Yogyakarta dan Denpasar.

Berdasarkan kondisi tersebut, informasi mengenai daerah rawan bencana tsunami dan jalur evakuasi sangat penting dan dibutuhkan oleh masyarakat untuk meminimalkan jumlah korban dan kerusakan bila bencana tsunami terjadi. Informasi ini dapat dihasilkan dengan menggunakan data

satelit penginderaan jauh dan Sistem Informasi Geografis (SIG). Data satelit penginderaan jauh digunakan untuk mengidentifikasi tutupan lahan di permukaan bumi, dan untuk menghasilkan informasi topografi daerah (DEM: *Digital Elevation Model*). Dimana, informasi tutupan lahan dan DEM telah diketahui sebagai parameter-parameter utama untuk menghasilkan model daerah kerawanan dan daerah evakuasi untuk berbagai bencana alam, seperti bencana tsunami dan banjir (LAPAN, 2005).

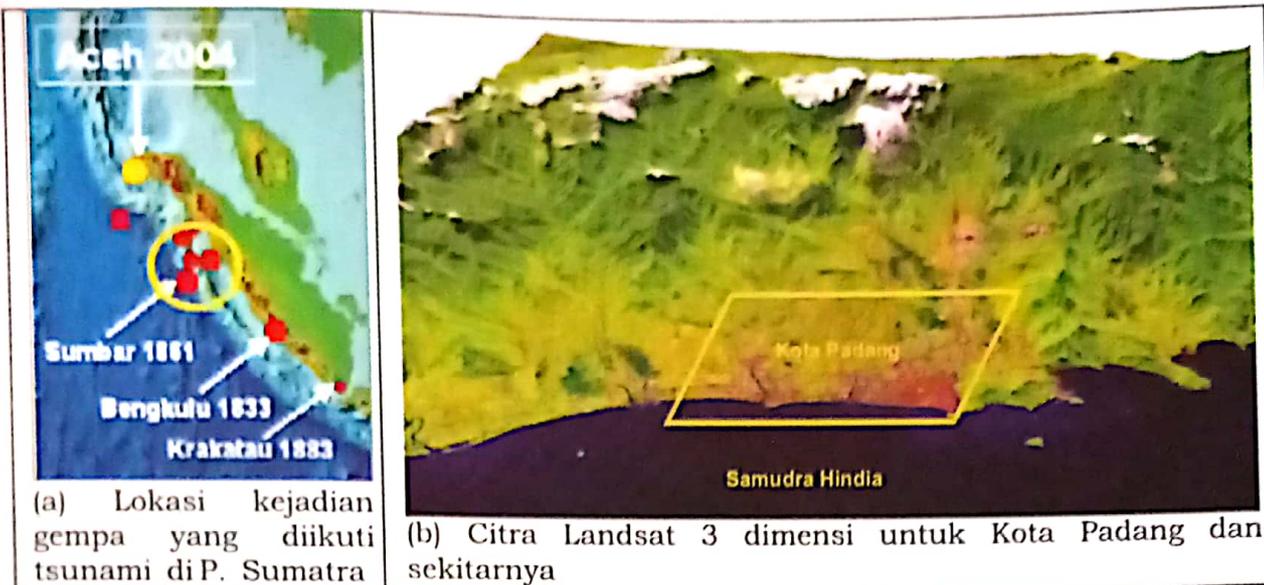
Pada Kegiatan ini, Data satelit penginderaan jauh (Landsat, SPOT-5 dan DEM) serta data sekunder (Batas administrasi dan data lapangan) digunakan untuk melakukan pembuatan peta dasar dan simulasi jalur evakuasi untuk bencana tsunami di kota Padang, provinsi Sumatera Barat. Kegiatan ini merupakan bagian dari kegiatan ITWS (*Indonesia Tsunami Warning System*) 2005 yang dikoordinasikan oleh KMNRT (Kantor Menteri Negara Riset dan Teknologi).

## 2 LOKASI DAN METODOLOGI

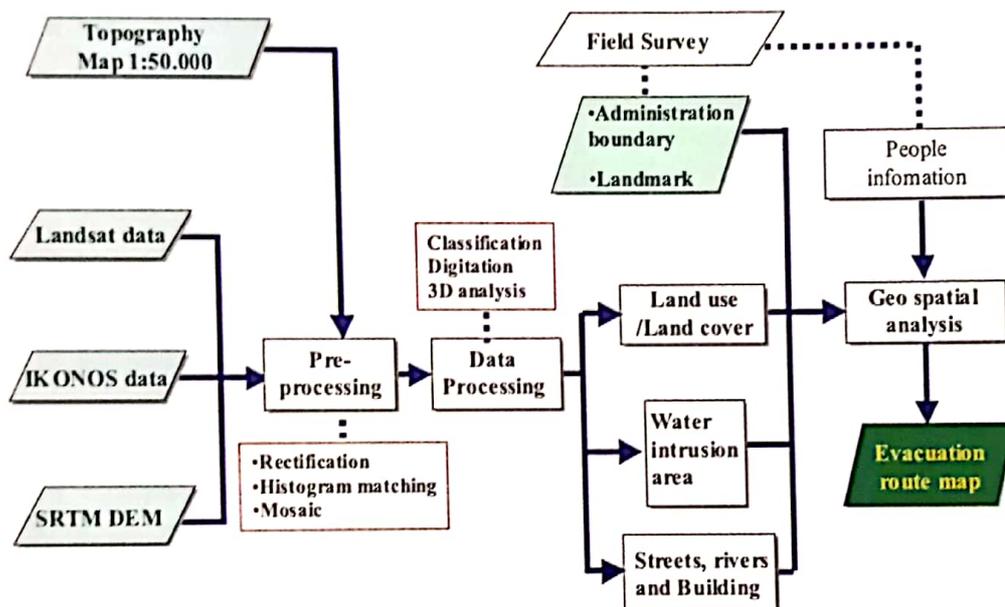
### 2.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian adalah kota Padang, provinsi Sumatera Barat. Wilayah Sumatra Barat berdekatan dengan lokasi pertemuan lempeng dan secara historis sering mengalami kejadian gempa yang diikuti tsunami seperti pada Gambar 2-1(a) yang oleh beberapa ahli diprediksi akan mengalami siklus perulangan. Oleh karena itu daerah ini diperkirakan sebagai daerah beresiko mengalami tsunami setelah kejadian tsunami Aceh 2004 (Ristek, 2005).

Gambar 2-1(b) memperlihatkan lokasi dan kondisi topografi kota Padang menggunakan citra Landsat 3D. Dari gambar terlihat bahwa kota Padang terletak di sepanjang pantai serta mempunyai kondisi topografi yang rendah (relatif datar) sehingga daerah ini merupakan salah satu daerah paling rawan di Indonesia bila terjadi bencana tsunami.



Gambar 2-1: Lokasi penelitian untuk pembuatan simulasi rute evakuasi



Gambar 2-2: Flowchart proses pembuatan peta jalur evakuasi

## 2.2 Metodologi

Gambar 2-2 memperlihatkan flowchart proses pembuatan jalur evakuasi. Data yang digunakan mencakup data primer dan sekunder. Data primer adalah data geospasial yang berdasarkan data satelit penginderaan jauh, yaitu: data Landsat-7 ETM, SPOT-5 dan DEM SRTM (DEM Shuttle Radar Topography Mission). Sedangkan data sekunder adalah peta topografi dan data lapangan (batas administrasi, kondisi infrastruktur, informasi masyarakat dll.). Pengolahan awal dimulai dengan koreksi geometrik untuk menyamakan koordinat citra dengan koordinat peta, kemudian

fusi data untuk menghasilkan citra dengan spasial resolusi 2.5 m dan *mozaic* untuk menggabungkan citra yang berbeda. Tahap berikutnya adalah pengolahan lanjutan dengan melakukan beberapa proses, yaitu: proses klasifikasi penutup lahan dengan menggunakan metoda interpretasi dan dijitasi kenampakan visual pada layar monitor (*on screen digitizing*), analisis topografi untuk memperoleh zona rawan tsunami dan zona evakuasi (zona aman), dan identifikasi terhadap infrastruktur seperti bangunan-bangunan besar yang dapat dijadikan tempat perlindungan (*shelter*), jaringan jalan untuk jalur evakuasi dan jembatan.

Survey lapangan dilakukan di kota Padang untuk pengumpulan data sekunder, melakukan verifikasi pada hasil yang diturunkan dari citra satelit (tutupan lahan dan infrastruktur), pengamatan terhadap *landmark* (bangunan) dan jalan yang dapat digunakan sebagai tempat perlindungan dan jalur evakuasi, serta melakukan diskusi dengan LSM (KOGAMI: Komando Siaga Tsunami) setempat untuk memperoleh informasi mengenai kondisi daerah dan masyarakat Padang. Tahap terakhir adalah melakukan integrasi dan analisis geospasial terhadap seluruh informasi-informasi yang diperoleh untuk melakukan simulasi pembuatan jalur evakuasi untuk kota Padang. Selanjutnya jalur evakuasi akan disajikan dalam bentuk sebuah peta yang dapat menghasilkan informasi jalur evakuasi sampai tingkat kelurahan.

### 3 HASIL DAN DISKUSI

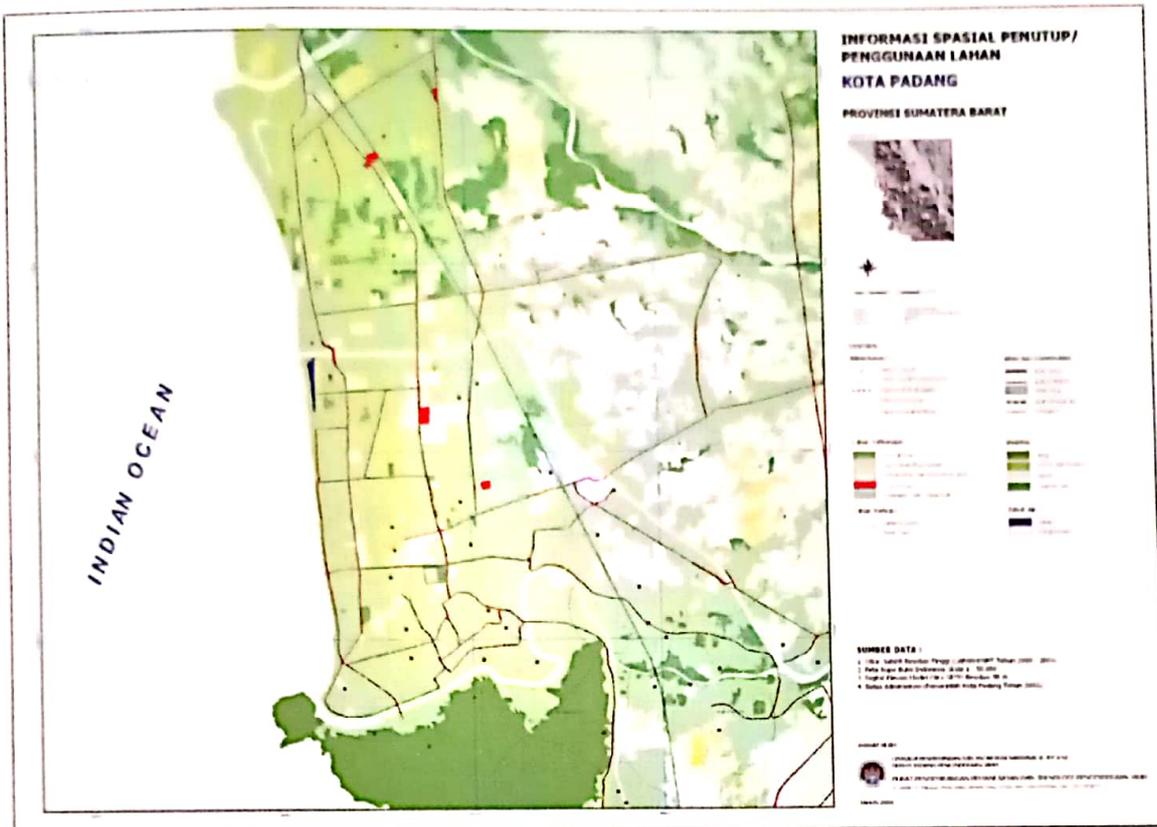
Citra satelit yang telah dikoreksi geometrik, kemudian digabung dan dianalisis untuk mengidentifikasi kondisi tutupan lahan dan infrastruktur. Metode identifikasi adalah dengan cara interpretasi dan digitasi secara visual di depan monitor. Gambar 3-1 memperlihatkan informasi tutupan lahan dan infrastruktur untuk kota Padang, Provinsi Sumatera Barat.

Tutupan lahan diklasifikasi dalam 10 kelas, yaitu: Permukiman, sawah, kebun campur, hutan, vegetasi lainnya, lahan terbuka, pasir pantai, laut, danau dan sungai. Sedangkan infra struktur difokuskan pada identifikasi jembatan, jalan (meliputi jalan kolektor dan jalan lokal), dan *landmark* atau bangunan-bangunan besar yang diperkirakan dapat digunakan sebagai tanda atau tempat perlindungan saat terjadi tsunami. *Landmark* meliputi: rumah sakit, perkantoran, sekolah, mesjid, hotel, bank, pelabuhan udara, terminal bis, pusat perbelanjaan, gedung olahraga, industri dan lain-lain.

Modeling tsunami, berdasarkan pada data tsunami yang telah terjadi,

telah dilakukan oleh tim peneliti *Tsunami Reseach Group* ITB di beberapa wilayah Indonesia, seperti modeling tsunami Aceh berdasar tsunami Aceh 2004 dan tsunami Padang berdasar tsunami Sumatera Barat 1883 (Latief et.al, 2003 dan 2005). Modeling tsunami dapat menghasilkan beberapa informasi seperti: tinggi maksimum tsunami di garis pantai, waktu perjalanan tsunami dan kecepatan rambat tsunami. Tim peneliti ITB memprediksi bahwa tinggi maksimum tsunami di garis pantai untuk beberapa lokasi Aceh dan Sumatera Barat adalah seperti pada Tabel 3-1.

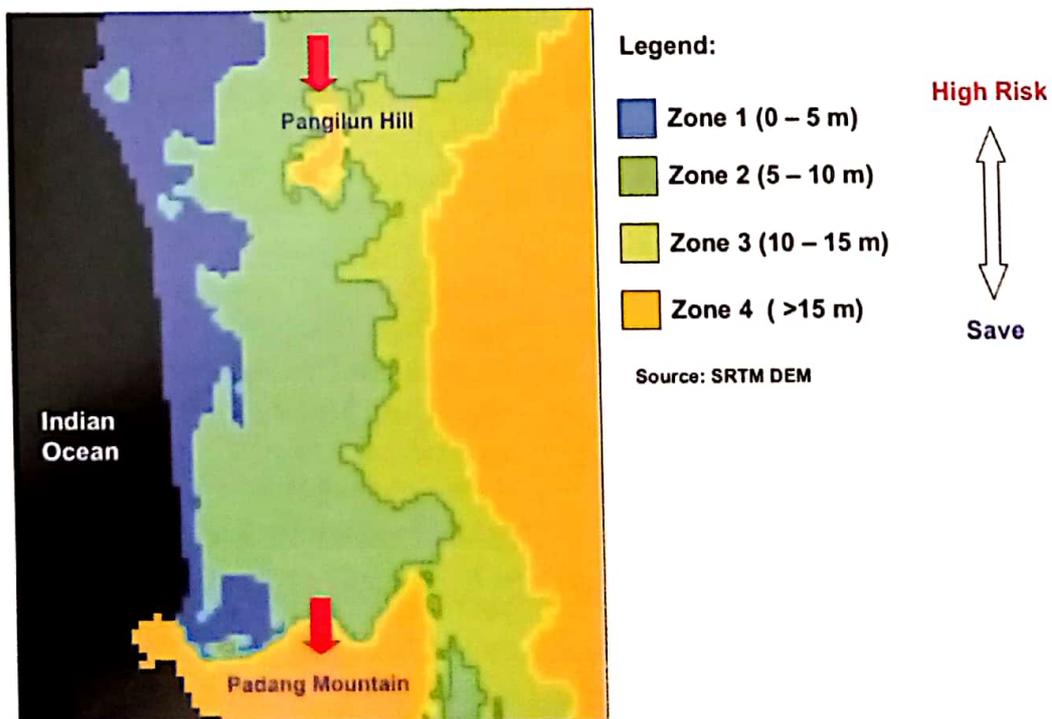
Berdasarkan hasil prediksi tinggi maksimum tsunami di garis pantai yang diperoleh dari model tsunami Aceh dan Sumbar, maka dapat diambil kesimpulan kasar bahwa elevasi kurang dari 10 m adalah daerah rawan tsunami. Sehingga kota Padang dapat dibagi menjadi 4 zona dengan menggunakan kondisi topografi (DEM) wilayah tersebut. Zona tersebut adalah zona 1 (0-5 m), zona 2 (6-10 m), zona 3 (11-15 m) dan zona 4 (>15 m). Semakin besar nomor zona semakin berkurang tingkat resiko terhadap bencana tsunami. Zona 1 dan zona 2 diasumsikan sebagai daerah rawan tsunami, sedangkan zona 4 diasumsikan sebagai zona evakuasi atau zona aman. Model zonasi ini juga digunakan oleh KOGAMI untuk menentukan daerah rawan tsunami di Padang (KOGAMI, 2005). Gambar 3-2 memperlihatkan klasifikasi zona untuk kota Padang menggunakan data DEM SRTM. Terlihat bahwa beberapa wilayah di kota Padang seperti: bukit Pangilun, gunung Padang dan bagian timur kota Padang mempunyai topografi tinggi dan terklasifikasi dalam zona aman yang dapat digunakan untuk lokasi evakuasi bila terjadi bencana tsunami. Sebagian besar tutupan lahan pada daerah zona 1 (zona rawan) adalah permukiman penduduk sedangkan zona 4 (zona aman) mempunyai tutupan lahan berupa hutan dan persawahan.



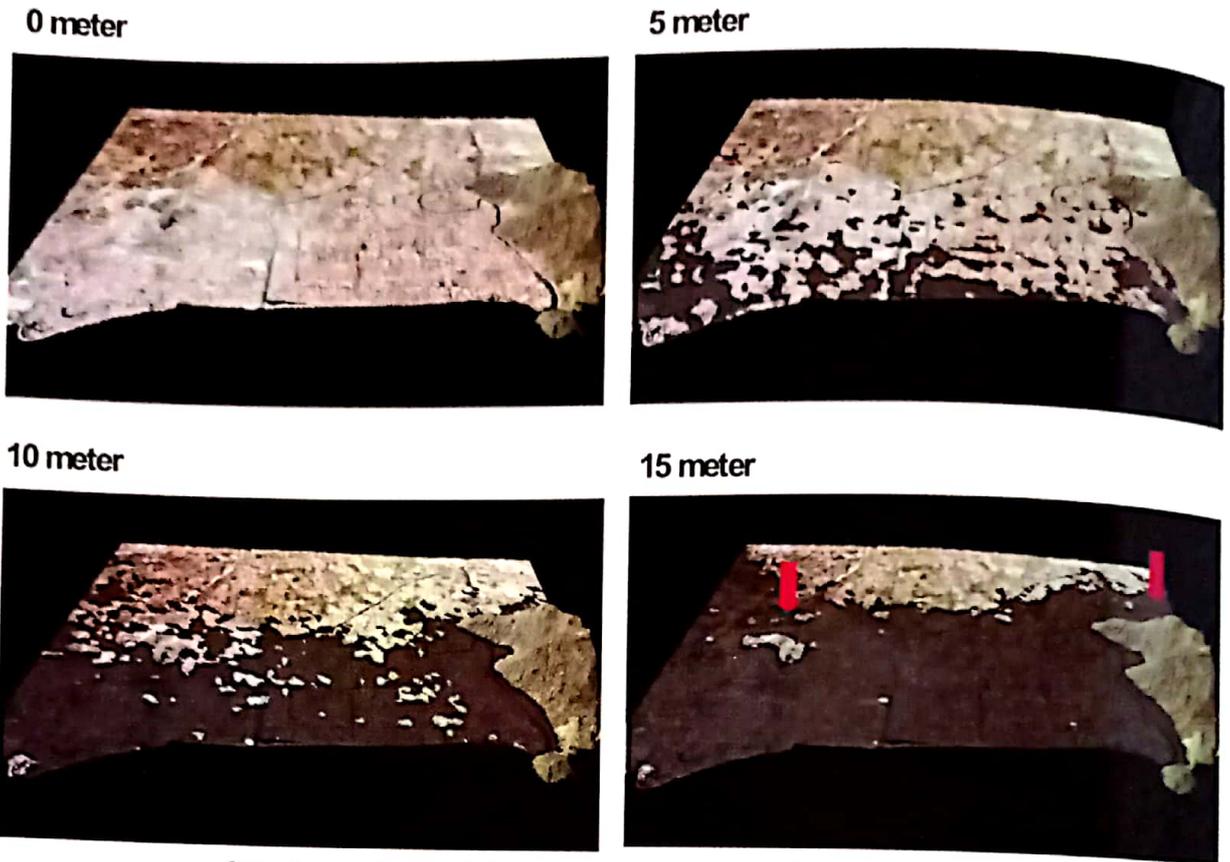
Gambar 3-1: Informasi tutupan lahan dan infrastruktur untuk kota Padang

Tabel 3-1: PREDIKSI TINGGI MAKSIMUM TSUNAMI DI GARIS PANTAI DI BEBERAPA LOKASI PROPINSI ACEH DAN SUMATRA BARAT (LATIEF ET.AL, 2003 DAN 2005)

Model tsunami	Lokasi	Tinggi maksimum
Tsunami Aceh 2004	Banda Aceh	5.6 m
	Melaboh	4.2 m
Tsunami Sumbar 1833	Pulau Siberut	8.6 m
	Kepulauan Mentawai	7.0 m
	Padang	2.0 m



Gambar 3-2: Daerah rawan tsunami berdasarkan kondisi topografi wilayah



Gambar 3-3: Model genangan tsunami di kota Padang



Berdiskusi di kantor KOGAMI, Padang

Pengamatan pada jalan dan landmark

Gambar 3-4 Kegiatan survey lapangan di kota Padang

Gambar 3-3 memperlihatkan model genangan tsunami, dengan cara menaikkan level air terhadap citra 3D untuk kota Padang. Air dinaikan dengan ketinggian (0, 5, 10 dan 15 m). Saat air naik setinggi 5 m maka sebagian besar daerah pesisir kota Padang telah digenangi air, semakin tinggi air naik semakin besar daerah genangan. Pada saat air mencapai 15 m maka seluruh kota Padang telah berada di dalam air kecuali beberapa tempat seperti bukit Pangilun dan gunung Padang.

Survey lapangan dilakukan di kota Padang untuk mengumpulkan beberapa data sekunder (seperti: batas administrasi sampai tingkat kelurahan dan data sosial ekonomi masyarakat), melakukan verifikasi pada hasil yang diekstrak dari citra satelit (tutupan lahan dan infrastruktur), pengamatan terhadap landmark (bangunan) dan jalan yang dapat digunakan sebagai tempat perlindungan dan jalur evakuasi, serta melakukan diskusi dengan LSM (KOGAMI: Komando Siaga Tsunami)

setempat untuk memperoleh informasi mengenai kondisi daerah dan masyarakat Padang. Hasil survey akan digunakan untuk melakukan perbaikan/koreksi terhadap informasi dari citra satelit dan sebagai *input* dalam proses simulasi pembuatan jalur evakuasi. Gambar 3-4 memperlihatkan beberapa kegiatan survey lapangan yang dilakukan di kota Padang.

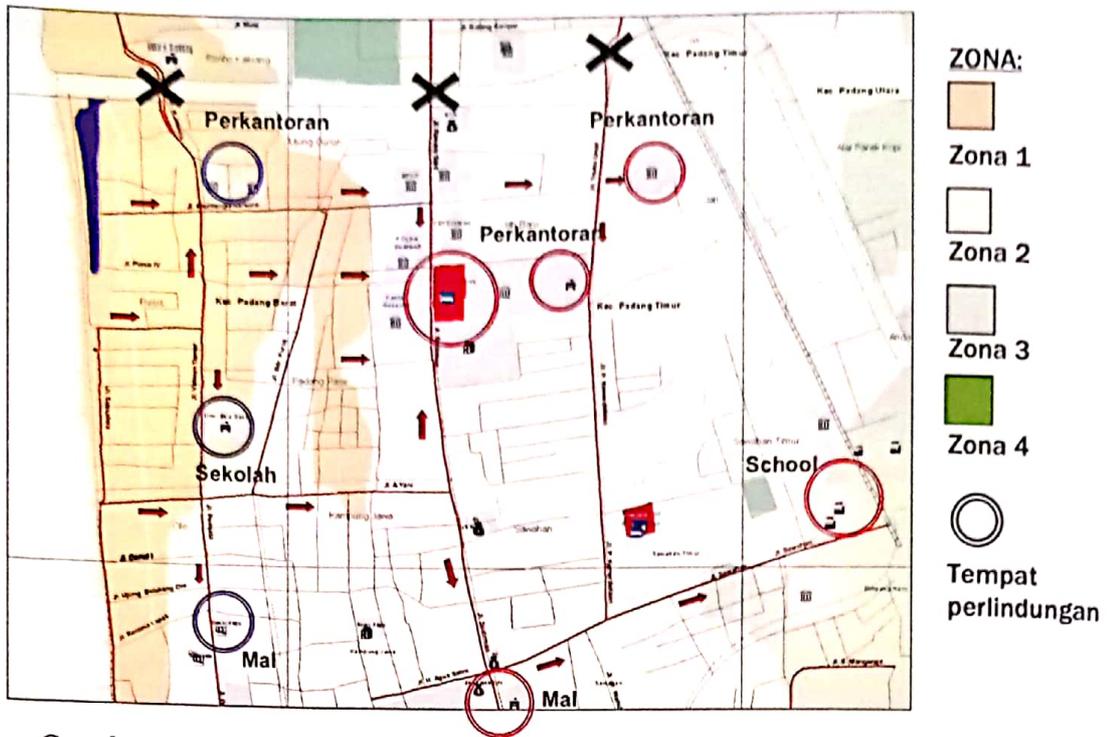
Tahap terakhir adalah melakukan integrasi dan analisis geospasial menggunakan SIG terhadap seluruh informasi-informasi yang diperoleh, untuk kemudian melakukan simulasi pembuatan jalur evakuasi untuk kota Padang. Jalur evakuasi ditentukan dengan beberapa tahap dan pertimbangan sebagai berikut:

- Keberadaan aliran sungai. Bila terjadi gempa maka jembatan mempunyai kemungkinan untuk mengalami rusak, sehingga jalur evakuasi tidak boleh dibuat melewati aliran sungai (jembatan).
- Penentuan tempat perlindungan (tempat perlindungan dapat berupa bangunan yang kokoh atau zona aman). Berdasarkan masukan dari hasil survey lapangan, maka dapat dilakukan klasifikasi terhadap bangunan yang kokoh untuk tempat perlindungan penduduk saat terjadi tsunami. Bangunan-bangunan tersebut dipilih sebagai tempat perlindungan pada daerah rawan sampai daerah yang relatif aman.
- Identifikasi jaringan jalan yang dapat digunakan. Berdasarkan masukan dari hasil survey lapangan, maka dapat diidentifikasi jalan-jalan yang dapat digunakan untuk evakuasi dan cukup besar untuk dilalui oleh kendaraan bermotor.
- Pembuatan jalur terpendek/terdekat menuju tempat perlindungan atau daerah evakuasi (aman). Jalur dipilih sependek/sedekat mungkin menuju daerah aman melalui jaringan jalan yang diidentifikasi pada nomor 3,

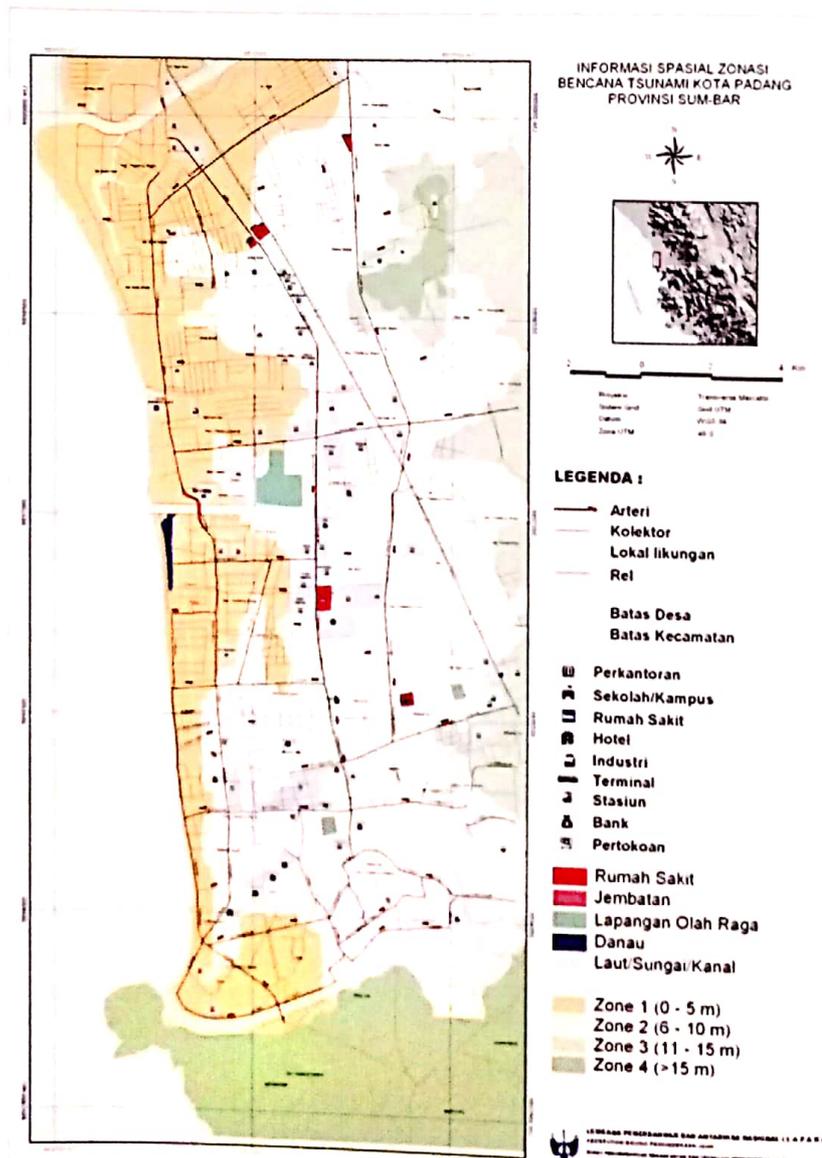
selain itu juga memberikan pilihan jalur alternatif menuju tempat perlindungan di zona 1, 2 atau 3. Hal ini dilakukan mengingat kemampuan setiap orang yang berbeda-beda (besar, kecil, tua dan muda) dan lamanya jarak tempuh menuju ke daerah aman.

Gambar 3-5 memperlihatkan contoh dari hasil simulasi untuk pembuatan jalur evakuasi pada salah satu bagian kota Padang. Model simulasi ini selanjutnya dikerjakan untuk seluruh wilayah kota Padang, dan selanjutnya dibuat peta jalur evakuasi seperti pada Gambar 3-6.

Informasi mengenai jalur evakuasi ini dapat dipetakan sampai dengan skala 1:10.000, sehingga dapat memberikan informasi jalur evakuasi sampai ke tingkat kelurahan. Selain itu informasi lainnya seperti tutupan lahan, infrastruktur dan aksesibilitas kota Padang merupakan informasi yang sangat bermanfaat bagi instansi terkait atau pemerintah setempat. Informasi jalur evakuasi ini masih memerlukan lebih banyak masukan dari masyarakat dan pemerintah daerah setempat yang sangat mengenal kondisi daerah sendiri. Karena itu sangat diperlukan suatu koordinasi dengan masyarakat dan pemerintah setempat untuk mendiskusikan permasalahan-permasalahan terkait dengan identifikasi dari bangunan-bangunan yang dapat dijadikan tempat perlindungan dan jalan-jalan yang dapat dijadikan sebagai jalur evakuasi. Dalam kerangka kerja ITWS, informasi yang dihasilkan oleh LAPAN ini akan digunakan oleh instansi-intansi lain (seperti: RISTEK dan LIPI) untuk melakukan kegiatan pelatihan terhadap masyarakat setempat (seperti: *Tsunami drill*) dan pembuatan peta jalur evakuasi yang bersifat operasional.



Gambar 3-5: Contoh hasil simulasi jalur evakuasi pada sebagian daerah



Gambar 3-6: Peta jalur evakuasi untuk kota Padang

#### 4 KESIMPULAN DAN SARAN

Informasi yang dihasilkan dari data satelit penginderaan jauh dan data sekunder lainnya, digunakan untuk melakukan simulasi jalur evakuasi di kota Padang. Beberapa hal dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Satelit penginderaan jauh dapat menghasilkan/menyediakan data-data yang sangat penting untuk pembuatan daerah rawan tsunami dan penentuan jalur evakuasi.
- Kota Padang terletak dekat lokasi pertemuan lempeng dan mempunyai kondisi topografi yang relatif datar, sehingga merupakan daerah yang sangat beresiko terhadap bencana tsunami. Ada beberapa daerah di Kota Padang yang mempunyai ketinggian lebih dari 15 m, seperti: bukit pangilun dan gunung Padang. Daerah tersebut dapat digunakan sebagai daerah evakuasi bila terjadi bencana tsunami.
- Beberapa faktor yang perlu dipertimbangkan dalam pembuatan jalur evakuasi adalah: keberadaan aliran sungai, tempat perlindungan, jaringan

jalan dan jarak terpendek/terdekat menuju tempat perlindungan.

- Koordinasi dengan masyarakat dan pemerintah setempat sangat dibutuhkan untuk memperbaiki hasil simulasi jalur evakuasi menjadi jalur evakuasi yang bersifat operasional.

#### DAFTAR RUJUKAN

- KOGAMI, 2005. *Proposal Mitigasi Bencana Gempa dan Tsunami untuk Kota Padang*, Kota Padang, Propinsi Sumatra Barat.
- LAPAN, 2005. *Geo-spatial Data Base and Tsunami Evacuation Information for Supporting ITWS Program*, Laporan ITWS LAPAN-RISTEK 2005.
- Latief dkk, 2003. *Simulasi Tsunami Sumatera Barat 1833 dan Sumatra Utara 1935*. Pusat Penelitian Kelautan-ITB, Laporan penelitian di <http://tsunami2.ppk.itb.ac.id/>.
- Latief dkk, 2005. *Tsunami Aceh 2004*, Tsunami Research Group-ITB, Presentasi power point.
- RISTEK, 2005. *Grand Scenario of Indonesia Tsunami Early Warning System*, Version 190405.