

## SISTEM INFORMASI MULTI ANCAMAN BENCANA ALAM DI ACEH

Nasaruddin<sup>1)</sup>, Khairul Munadi<sup>2)</sup>, Dedi Yuliansyah<sup>3)</sup>

<sup>1,2)</sup>Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala

Jl. Syech Abdurrauf no. 7, Darussalam, Banda Aceh 23111, Indonesia

<sup>1-3)</sup>Tsunami & Disaster Mitigation Research Center (TDMRC), Universitas Syiah Kuala

Jl. Tgk Abdul Rahman, Gampong Pie Meuraxa, Banda Aceh 23233, Indonesia

Email: nasaruddin@tdmrc.org, munadi@tdmrc.org dan ian@tdmrc

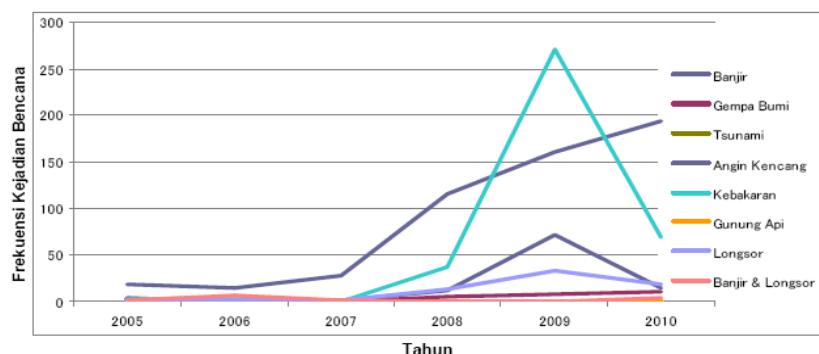
### Abstrak

Propinsi Aceh mengalami banyak ancaman bencana alam seperti gempa bumi dan tsunami pada tahun 2004, banjir yang melanda beberapa daerah kabupaten, gunung merapi dan lain-lain. Bencana-bencana tersebut telah mengakibatkan kerugian yang sangat besar terhadap manusia, lingkungan dan ekonomi di Aceh. Pemerintah Aceh belum punya sistem informasi ancaman alam yang dapat digunakan sebagai tool pendukung keputusan dan untuk meningkatkan kesadaran publik dalam upaya pengurangan dampak dari ancaman tersebut. Oleh karena itu, paper ini mengusulkan desain konseptual dan pembangunan prototipe dari sistem informasi multi ancaman bencana alam (SIMABA) di Aceh. SIMABA merupakan sistem informasi berbasis Web Geographic Information System (GIS) yang mampu menyediakan peta-peta multi ancaman bencana alam sebagai acuan perencanaan pembangunan di Aceh berbasis pengurangan risiko bencana dan juga sebagai wadah diseminasi informasi daerah multi ancaman bencana alam ke publik sebagai isu peringatan dini. Peta multi ancaman bencana alam merupakan suatu proses overlay beberapa informasi ancaman alam yang saling terkait pada daerah tertentu, sehingga penanganan bencana bisa dilakukan secara komprehensif untuk daerah tersebut. Dalam membangun prototipe SIMABA, kebutuhan sistem, desain dan pengujian dibahas dalam paper ini. Hasil dari prototipe SIMABA adalah visualiasi peta multi-ancaman dari beberapa ancaman alam yang ada di Aceh. Terakhir, kesimpulan memberikan beberapa perspektif akan pentingnya sistem informasi ini untuk diimplementasikan di Aceh.

**Kata kunci:** Sistem informasi, Multi-ancaman, Peta ancaman, Web GIS, SIMABA

### 1. PENDAHULUAN

Aceh merupakan salah satu wilayah di Indonesia yang memiliki potensi bencana alam yang sangat besar. Dalam kurun waktu 2005-2010, berbagai jenis bencana alam telah terjadi di Aceh seperti yang terlihat pada Gambar 1 (<http://diba.acehprov.go.id/>). Dampak dari berbagai bencana ini tidak hanya menyebabkan kehilangan nyawa manusia, tetapi juga dapat menghancurkan berbagai bidang penghidupan lainnya; fasilitas publik, mata pencarian, kondisi sosial ekonomi dan budaya masyarakat. Dari fakta tersebut, Aceh dapat dikategorikan sebagai wilayah yang mengalami ancaman bencana alam yang tinggi. Bencana yang menimpa Aceh sering kali menimbulkan kerugian yang sangat besar seperti kejadian gempa bumi dan tsunami 24 Desember 2004. Hal ini disebabkan oleh kurangnya pemahaman terhadap karakteristik ancaman, sikap atau perilaku yang mengakibatkan penurunan kualitas sumber daya alam, dan kurangnya informasi/peringatan dini. Sehingga masyarakat tidak siap dan tidak punya kemampuan dalam menghadapi bencana.



**Gambar 1.** Kejadian Bencana Alam di Aceh Dalam Kurun Waktu 2005-2010

Untuk mengurangi dampak dari bencana alam, sistem informasi multi ancaman bencana alam adalah salah satu faktor pendukung yang penting dalam pengelolaan bencana (Glassey 1997; Nasaruddin 2011). Saat

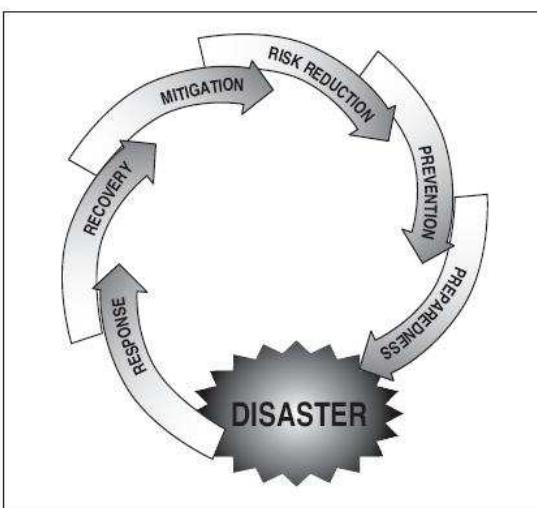
ini, Aceh belum mempunyai sistem informasi yang dapat memberikan informasi akan multi ancaman bencana alam yang mungkin terjadi pada suatu daerah tertentu di wilayah Aceh. Namun demikian, kami telah mengusulkan suatu prototipe sistem informasi yang fokus utamanya adalah peta ancaman untuk tiap jenis bencana alam di Aceh (Nasaruddin 2011). Paper ini mengusulkan pengembangan konsep dari peta ancaman tunggal dan membangun prototipe sistem informasi multi ancaman bencana alam, yang disebut dengan SIMABA. SIMABA merupakan suatu sistem informasi berbasis *web Geographic Information System* (GIS) yang dapat menvisualisasi peta multi ancaman akan beberapa ancaman alam yang saling terkait pada suatu daerah tertentu. Sehingga informasi ini bisa menjadi pedoman dalam perencanaan pembangunan yang berbasis pengurangan risiko bencana dan sebagai media diseminasi informasi ke publik sebagai isu peringatan. SIMABA akan menjadi bagian dari sistem informasi manajemen risiko bencana yang sedang diimplementasikan oleh TDMRC Unsyiah (Nasaruddin 2010).

SIMABA dirancang dan dibangun sebagai suatu sistem informasi interaktif yang berbasis web GIS untuk menampilkan peta multi ancaman pada suatu daerah tertentu. Sistem ini merupakan perpaduan antara teknologi internet dan teknologi GIS, dimana GIS mempunyai kemampuan menyimpan dan mengelola data spatial sedangkan internet mengizinkan pengguna untuk mengakses informasi tersebut secara online (Nappi R. 2008). Visualisasi dari suatu informasi merupakan cara yang efektif untuk saling berbagi informasi dan data antar pegiat kebencanaan, pemerintah dan masyarakat. Dalam penelitian ini, prototipe SIMABA diuji berdasarkan sistem interaktif *client-server* dan dibangun dengan konfigurasi pada satu komputer dan software *open source*. Hasil akhir dari web SIMABA adalah peta ancaman dari berbagai bencana yang bisa di *overlay* untuk menghasilkan suatu peta multi ancaman dinamis dari beberapa bencana yang mungkin terjadi pada suatu daerah tertentu di Aceh. Kemudian, SIMABA menampilkan peta multi ancaman dari beberapa bencana yang telah di analisis.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Manajemen Bencana

Manajemen bencana merupakan suatu disiplin ilmu yang menangani risiko dan cara mengurangi bencana. Bidang ini meliputi persiapan, dukungan dan rekonstruksi kembali oleh masyarakat dan pemerintah ketika terjadi bencana. Sehingga manajemen bencana dapat dikatakan sebagai proses berkelanjutan yang melibatkan semua komponen (individu, kelompok, dan komunitas) yang terlibat untuk mengurangi risiko yang dihasilkan oleh suatu bencana. Kesuksesan dari manajemen bencana ini dapat dilihat dari perencanaan yang terstruktur dan terintegrasi pada setiap level kepemerintahan dan badan-badan yang terkait dalam penanganan bencana.



**Gambar 2.** Siklus Manajemen Bencana (Wattegama, C. 2007)

Aktivitas manajemen atau penyelenggaraan penanggulangan bencana umumnya digambarkan sebagai sebuah siklus yang saling terkait antara satu fase dengan fase lainnya, seperti ditunjukkan pada Gambar 2. Penjelasan singkat terhadap masing-masing fase di atas adalah sebagai berikut (Wattegama, C. 2007, BNPB 2008):

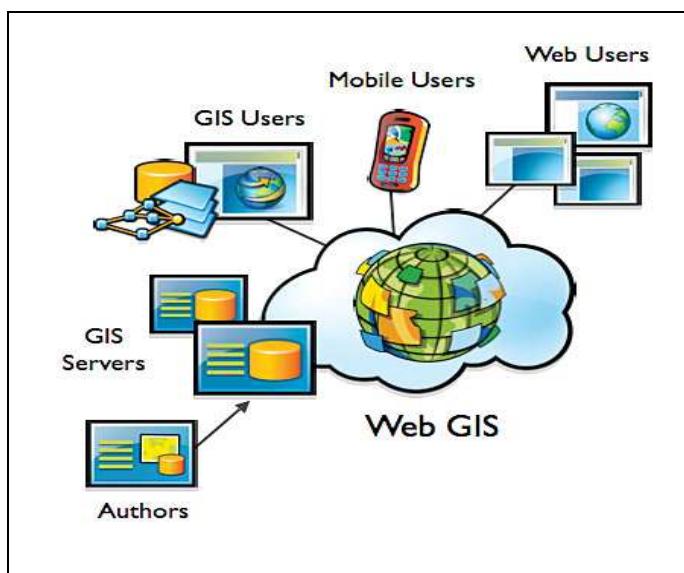
- **Mitigasi (mitigation):** Serangkaian upaya untuk mengurangi risiko bencana, baik lewat pembangunan fisik maupun penyadaran dan peningkatan kemampuan menghadapi ancaman bencana (*hazards*).

- Pengurangan risiko (*risk reduction*): Kegiatan yang ditujukan untuk mengurangi risiko bencana di masa mendatang.
- Pencegahan (*prevention*): Serangkaian kegiatan yang dilakukan sebagai upaya untuk menghilangkan dan/atau mengurangi ancaman bencana.
- Kesiapsiagaan (*preparedness*): Kegiatan yang dilakukan untuk mengantisipasi bencana melalui pengorganisasian serta melalui langkah yang tepat guna dan berdaya guna. Fase ini meliputi sistem peringatan dini dan pembangunan kapasitas (*capacity building*) sehingga masyarakat mampu bereaksi dengan cepat dan tepat saat peringatan akan terjadinya bencana disampaikan.
- Tanggap darurat (*response*): Meliputi kegiatan yang dilakukan dengan segera pada saat kejadian bencana untuk menangani dampak buruk yang ditimbulkan, meliputi penyelamatan dan evakuasi korban, harta benda, hingga pemulihan prasarana dan sarana. Skenario pada fase respon ini merupakan implementasi dari rencana aksi (*action plans*).
- Pemulihan (*recovery*): Merupakan kegiatan untuk mengembalikan kondisi masyarakat dan lingkungan hidup yang terkena bencana dengan memfungsikan kembali kelembagaan, prasarana, dan sarana lewat upaya rehabilitasi.

Berdasarkan penjelasan diatas, SIMABA yang diusulkan pada paper ini merupakan salah satu upaya (bagian dari kegiatan) yang bisa digunakan untuk fase mitigasi, pengurangan risiko dan kesiapsiagaan dalam pengelolaan bencana.

## 2.2 Web Geographic Information System (GIS)

GIS merupakan sistem infomasi berbasis komputer yang menggabungkan antara unsur peta (geografis) dan informasi data atribut yang dirancang untuk mengolah, memanipulasi, menganalisa, memperagakan dan menampilkan data spatial untuk suatu perencanaan, pengolahan data dan penelitian bidang terkait. Sedangkan web GIS merupakan suatu teknologi yang memungkinkan informasi spasial untuk diakses oleh pengguna melalui Internet. Disamping itu, web GIS memungkinkan dalam pembuatan data, peng-editan data, analisis data, dan memberikan *query* informasi. Ada beberapa teknologi yang dapat digunakan untuk membangun sistem Web GIS, salah satunya adalah *GeoServer* yang berbasis *Open Source*. Konsep ini mengacu pada standar *Open Geospatial Consortium* (OGC) termasuk *Web Map Service* (WMS) yang memungkinkan pembuatan peta dengan beberapa lapisan.



Gambar 3. Sistem *Federated* web GIS (Jack, 2008)

Saat ini, GIS diimplementasikan dalam tiga pola yang umum yaitu: *desktop*, *server*, dan sistem *federated* (Jack, 2008). Sistem *federated* merupakan sistem penggabungan server-server dan layanan-layanan untuk kolaborasi antar organisasi-organisasi seperti pada Gambar 3. Tiga pola utama ini memberi fondasi yang kuat untuk sebuah pola baru web GIS. Web GIS melibatkan pengetahuan geografis termasuk data, model, workflows dan peta. Kemudian sumber daya tersebut akan dibagikan ke pengguna. Web GIS memanfaatkan kekuatan dan jangkauan Web dan mengintegrasikan sumber daya GIS seperti otoritatif analisis GIS database, model, dan spasial. Web GIS mempunyai kemampuan visualisasi yang sangat bagus, pemetaan dan menyediakan akses ke pengetahuan geografis secara sempurna untuk semua orang. Seiring waktu, web GIS akan menjadi bagian penting dari infrastruktur masyarakat.

### 3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan mengacu pada beberapa tahapan dalam perancangan dan pembangunan sistem informasi multi ancaman bencana alam seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4. Metode ini merupakan model penyempurnaan yang dilakukan secara bertahap dari awal hingga akhir. Tahapan-tahapan yang dilakukan harus disetujui dan memenuhi kebutuhan dari pihak pengguna. Dengan demikian, setiap tahapan penelitian masih dapat melakukan penyempurnaan dan koreksi untuk mendapatkan hasil yang maksimal.

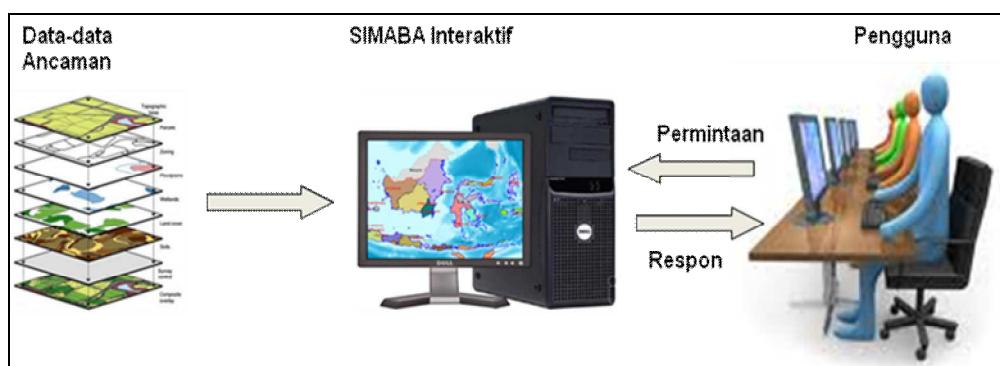


Gambar 4. Diagram Alir Langkah-Langkah Penelitian

### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Konseptual SIMABA

Konsep SIMABA adalah sebuah sistem informasi yang berbasis web GIS untuk menampilkan data-data multi ancaman dalam upaya pengurangan risiko bencana di Aceh. Karena bencana mempunyai karakteristik yang dinamis, maka SIMABA dirancang menjadi suatu sistem informasi interaktif yang mengizinkan pengguna untuk menampilkan data-data ancamannya khususnya multi ancaman yang ada untuk mengetahui situasi ancaman tersebut di Aceh tanpa harus ada pengetahuan GIS sebelumnya. Gambar 5 merupakan gambaran dari konseptual SIMABA, dimana sistem ini merupakan sebuah model *client-server*; *client* membuat sebuah permintaan ke *server* dan *server* memproses dan mengembalikan informasi tersebut ke *client*. Data dari berbagai ancaman yang ada di Aceh disimpan dalam database, kemudian pengguna bisa menampilkan data tersebut dalam bentuk peta multi ancaman.



Gambar 5. Konseptual SIMABA

Adapun keuntungan yang bisa diberikan oleh sistem ini adalah:

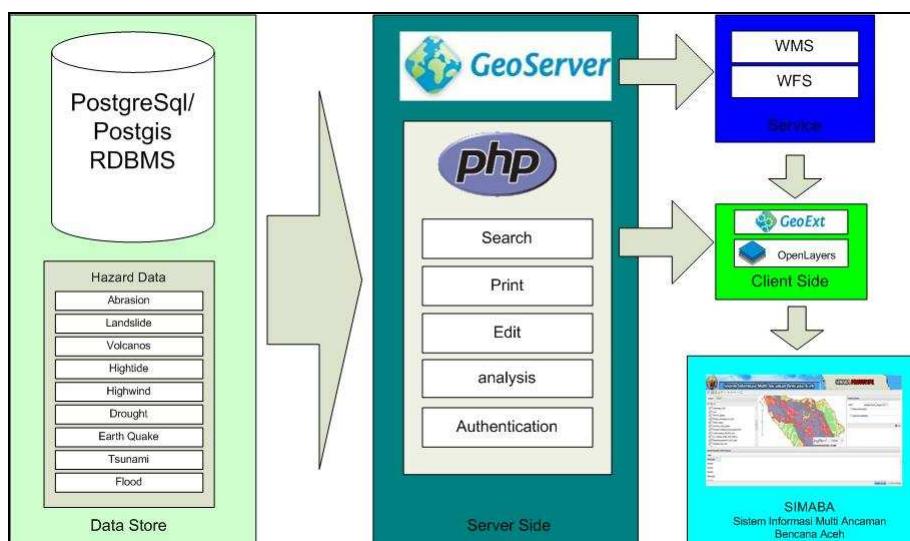
- a. Peta ancaman dapat digunakan secara interaktif dengan memilih layer-layer ancaman yang ingin diketahui oleh pengguna.
- b. Sistem ini menggunakan data base-map secara terpusat.
- c. Mudah untuk dikelola seperti meng-update data, menambah dan delete data.

Sedangkan kategori pengguna untuk SIMABA adalah sebagai berikut:

- a. Pemerintah daerah sebagai pembuat keputusan, seperti: Badan Penanggulangan Bencana Aceh (BPBA), Bappeda dan lain-lain.
- b. Peneliti dan sektor non pemerintah. Informasi yang ada pada SIMABA akan berguna untuk mendapatkan solusi-solusi ilmiah kebencanaan dan informasi area yang mempunyai ancaman tinggi akan menjadi pertimbangan untuk mitigasi bencana.
- c. Masyarakat khusus yang peduli akan bahaya bencana.

#### 4.2 Arsitektur dan Kebutuhan SIMABA

Arsitektur SIMABA adalah sebuah sistem dengan *three-tier* yang terdiri dari *server database*, *geoserver* dan *browser* seperti pada Gambar 6. Sistem database digunakan untuk menyimpan dataset-dataset ancaman yang ada di Aceh untuk diproses menjadi suatu peta multi ancaman pada suatu daerah tertentu pada prototipe SIMABA. Adapun *platform database* untuk prototipe adalah *PostgreSQL*, sedangkan *data engine spatial* adalah *PostGis* agar dapat meningkatkan kecepatan akses data ke *database spatial* dengan menggunakan teknologi indeks spatial. Kemudian, *server* yang digunakan adalah *GeoServer* yang memproses permintaan dan memberi respon kepada pengguna. Terakhir, pengguna dapat mengirim permintaan data dan melakukan analisis pada *server*.



**Gambar 6.** Arsitektur SIMABA

Ada dua model data dasar untuk fitur-fitur spatial pada SIMABA yaitu: dalam bentuk *vector* dan *raster*. *Data spatial* tersebut disusun terlebih dahulu, disimpan, diproses dan kemudian dianalisa pada SIMABA. *Data vector* menggunakan titik dan koordinat untuk membangun fitur spatial seperti titik, line dan area. Sedangkan *data raster* menggunakan sebuah *grid* untuk menvariasikan fitur *spatial*. Data tersebut sangat cocok untuk merepresentasikan fitur-fitur *spatial* kontinyu seperti presipitasi dan elevasi. Data *spatial* dikelola dengan menggunakan teknologi ESRI dimana output data adalah dalam bentuk *shapefile* (Shp).

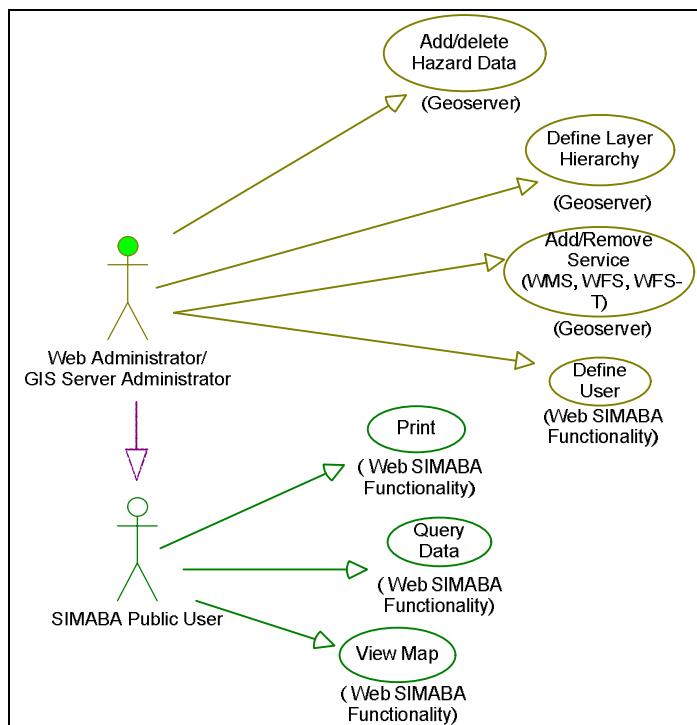
Dari arsitektur ini dapat ditentukan kebutuhan hardware dan software untuk prototipe SIMABA sebagai berikut:

1. *Hardware*; menggunakan satu PC untuk menginstalasi *geoserver* dan *database*.
2. *Software*; *software open source* yang meliputi: *geoserver*, *PostgreSQL* dengan *PostGIS extension* untuk *database*, *OpenLayers* untuk menampilkan peta, dan *GeoExt* untuk membuat aplikasi web pemetaan.

#### 4.3 Use Case SIMABA

Use Case merepresentasikan sebuah interaksi antara manusia dengan sistem dan menggambarkan fungsionalitas yang diharapkan dari sebuah sistem, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7. Diagram di atas terdiri dari Web Administrator/GIS Server Administrator dan public user.

- *Administrator* memegang hak akses penuh terhadap sistem SIMABA, di mana user ini mempunyai tugas utama untuk administrasi semua kebutuhan dasar dari sistem SIMABA, dimulai dari data hingga pengelolaan pengguna sistem.
- *Public user* merupakan pengguna luaran atau pengguna umum, pengguna ini tidak hanya instansi/SKPD yang berkaitan dengan kebencanaan tetapi juga pengguna umum atau juga *end user*. User ini dapat menganalisa data jadi yang telah di *publish* pada web SIMABA dengan menggunakan beberapa fitur yang telah di siapkan oleh sistem seperti *query data* untuk kebutuhan analisis dan *Print Map* yang telah di *query* untuk menjadi output sesuai dengan kebutuhan.



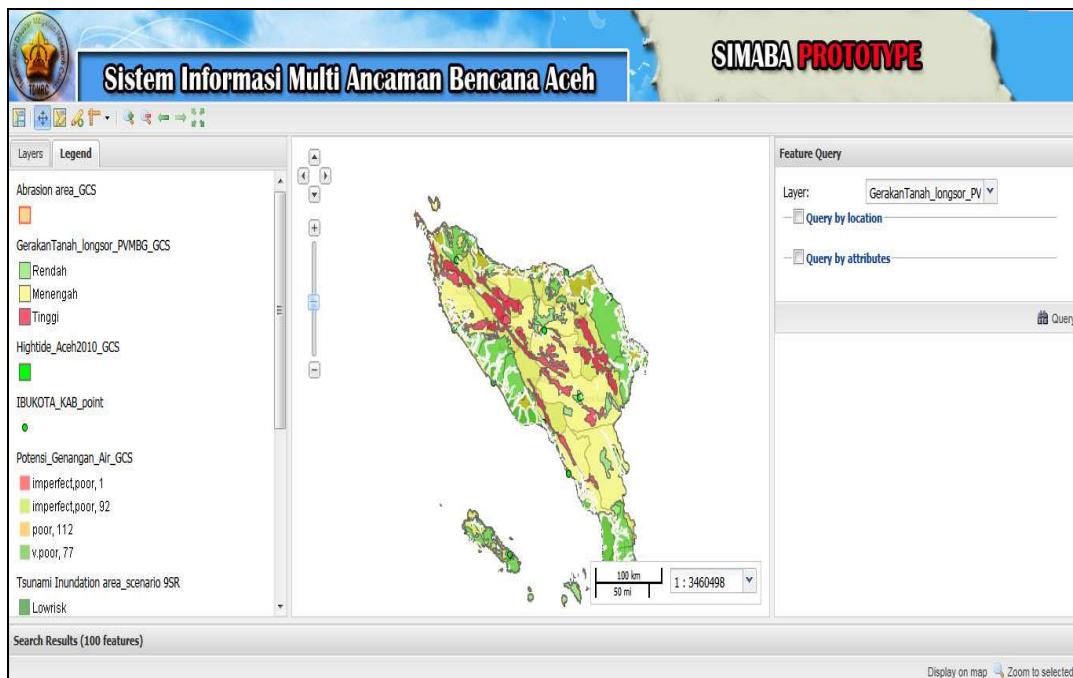
**Gambar 7.** Use Case Diagram SIMABA

#### 4.4 Website SIMABA dan Analisa

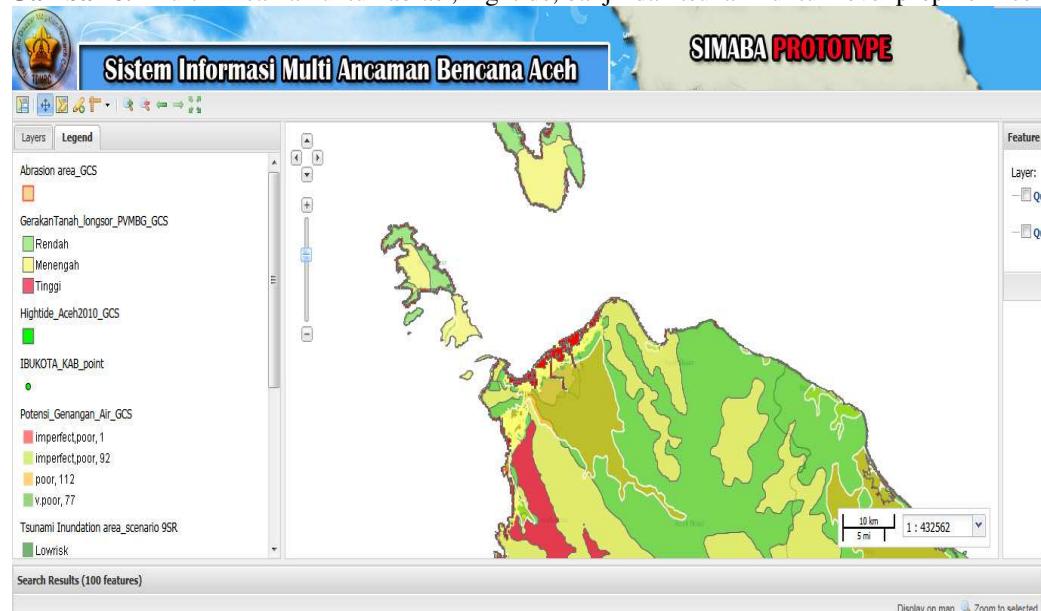
Manajemen bencana perlu dipersiapkan sedini mungkin sebelum bencana tersebut terjadi. Untuk itu, ada dua hal perlu dipersiapkan oleh pemerintah, badan-badan kebencanaan dan masyarakat yaitu: mitigasi dan kesiapsiagaan. Dampak bencana alam dapat dikurangi secara signifikan jika tersedia informasi dan data secara berkesinambungan. Salah satu informasi dan data yang perlu disediakan adalah peta ancaman dan multi ancaman. Proses pemetaan multi ancaman harus didukung dengan tersedianya data dan informasi yang relevan untuk menghasilkan peta multi ancaman. Adapun tujuan dari peta multi ancaman adalah untuk menggabungkan beberapa informasi ancaman yang saling terkait ke dalam sebuah peta untuk mengetahui gambaran situasi dan berbagai kemungkinan terjadi bencana pada suatu daerah. Sebuah peta multi ancaman dapat dikatakan sebagai “gabungan bagian yang berbeda”, “penyatuan” dan “overlay” dari peta-peta ancaman. Setiap daerah mempunyai kemungkinan ada beberapa ancaman bencana alam. Penggunaan peta-peta ancaman secara individual untuk menyampaikan informasi setiap ancaman akan menjadi rumit dan tidak efektif bagi perencanaan dan pengambil keputusan karena jumlah peta yang perlu dianalisis dan kemungkinan terdapat perbedaan permukaan, skala dan detil informasi bisa saja terjadi. Kemudian beberapa ancaman alam bisa disebabkan oleh kejadian alam yang sama. Induksi atau pengaktifan mekanisme interkoneksi beberapa ancaman dapat dengan mudah dilihat melalui penggunaan peta multi ancaman. Karakteristik fenomena alam dan mekanisme dapat disintesa dari berbagai sumber yang kemudian ditempatkan pada suatu peta tunggal. Selanjutnya, pengaruh dan dampak dari suatu

ancaman, seperti kasus gunung merapi dan gempa bumi, termasuk berbagai dampak dimana masing-masing punya kepelikan dan lokasi yang berbeda.

Berdasarkan analisa diatas, penelitian ini sudah membangun suatu prototipe sistem informasi multi ancaman bencana alam di Aceh, dimana tampilan webnya seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8. Namun demikian, web ini hanya bisa diakses secara lokal, karena belum terkoneksi ke Internet. Pada gambar 8 terdapat sebuah peta multi ancaman untuk beberapa ancaman bencana alam di Aceh yaitu: abrasi, hightide, banjir dan tsunami untuk level propinsi Aceh. Adapun level ancaman pada peta tersebut dibedakan oleh tiga warna; *warna merah* menunjukkan level ancaman yang tinggi, *warna kuning* menunjukkan level ancaman menengah dan *warna hijau* menunjukkan level ancaman yang rendah. Level-level ini ditentukan dengan faktor pembobotan tiap peta multi bencana. Pembobotan tiap bencana dilihat dari faktor dampak, probabilitas dan produk. Peta multi ancaman merupakan hasil penjumlahan dari perkalian bobot dengan tiap peta ancaman yang saling terkait pada suatu daerah.

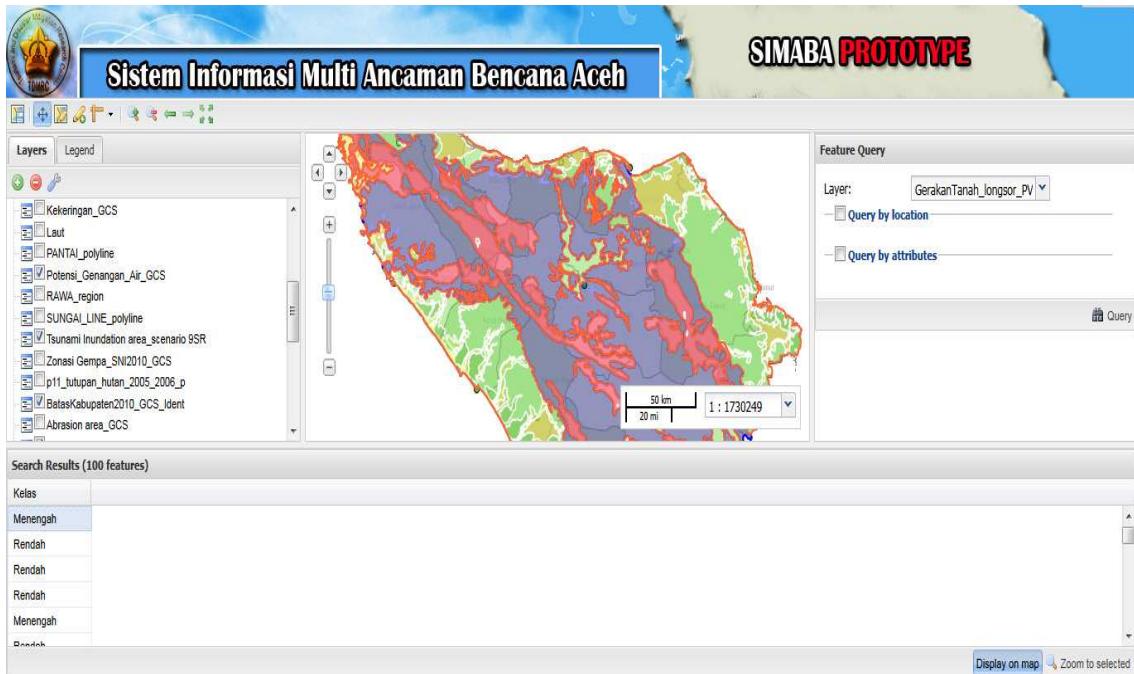


Gambar 8. Multi Ancaman untuk abrasi, hightide, banjir dan tsunami untuk level propinsi Aceh



Gambar 9. Multi Ancaman untuk abrasi, hightide, banjir dan tsunami untuk kawasan Banda Aceh dan Aceh Besar

Gambar 9 menunjukkan peta multi ancaman untuk abrasi, hightide, banjir dan tsunami pada kawasan Banda Aceh dan Aceh Besar. Dari peta ini dapat dilihat bahwa daerah pesisir Banda Aceh dan Aceh Besar sangat rentan terhadap ke empat bencana tersebut. Hal ini bisa menjadi pertimbangan akan risiko bencana pada dua daerah ini dan bisa menjadi acuan untuk merencanakan program kegiatan mitigasi dan kesiapsiagaan menghadapi bencana tersebut.



**Gambar 10.** Multi Ancaman untuk abrasi, hightide, banjir dan tsunami untuk level menengah.

Gambar 10 menunjukkan daerah multi ancaman untuk level menengah pada level propinsi untuk ancaman abrasi, hightide, banjir dan tsunami. Untuk daerah yang mempunyai level ancaman menengah ini bisa menjadi isu peringatan dalam pengelolaan bencana dan perlu perencanaan untuk pengurangan risiko bencana.

Disamping beberapa contoh peta multi ancaman di atas, prototipe SIMABA mempunyai kemampuan dalam menvisualisasikan peta multi ancaman dengan berbagai bencana lain yang saling terkait dengan memilih layer-layer data untuk bencana-bencana yang tersedia pada web SIMABA.

## 5. KESIMPULAN

Paper ini telah membahas dan mendiskusikan perancangan dan pembangunan prototipe sistem informasi multi ancaman bencana alam (SIMABA) di Aceh. SIMABA merupakan sistem informasi berbasis web GIS yang mampu menyediakan peta-peta multi ancaman bencana alam sebagai acuan perencanaan pembangunan di Aceh berbasis pengurangan risiko bencana dan juga sebagai wadah diseminasi informasi daerah multi ancaman bencana alam ke publik sebagai isu peringatan dini. Adapun tujuan utama dari SIMABA adalah untuk meningkatkan kesadaran pemerintah, badan-badan kebencanaan dan masyarakat akan multi ancaman bencana alam yang mungkin terjadi pada suatu daerah yang bisa mengakibatkan kerugian terhadap manusia, lingkungan dan ekonomi di Aceh. Untuk membangun SIMABA, penelitian ini telah membuat suatu konsep sistem informasi interaktif, mengidentifikasi pengguna dan kebutuhan sistem. Disamping itu, prototipe SIMABA telah dibangun dengan menggunakan model konfigurasi satu komputer (*server* dan *client*) dan aplikasi *software open source*. Prototipe ini mampu menampilkan sebagian besar peta-peta multi ancaman yang ada di Aceh. Peta multi-ancaman merupakan penggabungan beberapa ancaman bencana alam yang saling berkorelasi satu sama lain yang dipetakan ke dalam satu peta tunggal. Peta multi ancaman dapat digunakan untuk mitigasi dan kesiapsiagaan bencana alam dengan mengetahui lokasi, karakteristik dan phenomona alam pada suatu lokasi tertentu di Aceh.

## DAFTAR PUSTAKA

Glassey P, Forsyth P, Turnbull I., 1997. A *GIS-based Hazard Information System: Dunedin Pilot Project*. IPENZ Transactions., 24(1/GEN): 16-23.

Nasaruddin, K. Munadi, M. Dirhamsyah, D. Yuliansyah, 2011, *A Web-based Geographic Information System for Aceh Natural Hazards*. Jurnal Telkomnika Vol.9, No. 1, pp. 89-98.

Nasaruddin, K. Munadi, M. Dirhamsyah, 2010. *Design of Disaster Risk Management Information System in Aceh Province*. Prosiding AIWEST-DR 2010, pp. 229-234.

Nappi R, Alessio G, Bronzino G, Terranova C, Vilardo G, 2008. *Contribution of the SISCam Web-based GIS to the Seismotectonic Study of Campania (Southern Apennines): An Example of Application to the Sannio-area*. Natural Hazards, Springer, pp. 73-85.

Wattegama, C. 2007. *ICT for Disaster Management*. Asia-Pacific Development Information Programme.

Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB). 2008. *Himpunan Peraturan Perundangan Tentang Penanggulangan Bencana*.

Jack Dangermond, 2008. *GIS-Geography in Action*. <http://www.esri.com/news/arcnews/winter0809articles/gis-geography-in-action.html>.