

LAPORAN AKHIR
PENELITIAN DESENTRALISASI HIBAH BERSAING



JUDUL PENELITIAN
PERANCANGAN SISTEM INFORMASI
KEBENCANAAN TSUNAMI MELALUI PENYUSUNAN
PETA KERAWANAN DAN JALUR EVAKUASI
BENCANA DI PESISIR KOTA BENGKULU

Tahun Ke Dua Dari Rencana Dua Tahun

Tim Pengusul :
Yulian Fauzi, S.Si., M.Si. (0027077205)
Drs. Suwarsono, M.S. (0014025906)
Zulfia Memi Mayasari, S.Si., M.Si. (0002127301)

UNIVERSITAS BENGKULU
Nopember, 2014

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Kegiatan : Perancangan Sistem Informasi Kebencanaan Tsunami Melalui Penyusunan Peta Kerawanan Dan Jalur Evakuasi Bencana Di Pesisir Kota Bengkulu

Peneliti / Pelaksana

Nama Lengkap : YULIAN FAUZI
NIDN : 0027077205
Jabatan Fungsional :
Program Studi : Matematika
Nomor HP : 081373190203
Surel (e-mail) : yulian_fauzi@yahoo.co.id

Anggota Peneliti (1)

Nama Lengkap : ZULFIA MEMI MAYASARI S.Si., M.Si.
NIDN : 0002127301
Perguruan Tinggi : Universitas Bengkulu

Anggota Peneliti (2)

Nama Lengkap : SUWARSONO
NIDN : 0014025906
Perguruan Tinggi : Universitas Bengkulu

Institusi Mitra (jika ada)

Nama Institusi Mitra :
Alamat :
Penanggung Jawab :

Tahun Pelaksanaan : Tahun ke 2 dari rencana 2 tahun

Biaya Tahun Berjalan : Rp. 32.000.000,00

Biaya Keseluruhan : Rp. 99.700.000,00

Mengetahui,
Dekan FMIPA UNIB



(YULIAN FAUZI S.Si., M.Si.)
NIP/NIK 197207271998021001

Bengkulu, 10 - 11 - 2014,
Ketua Peneliti,



(YULIAN FAUZI)
NIP/NIK 197207271998021001

Menyetujui,
Ketua LPPM UNIB



Dr. H. ABIMANYU DIPO NUSANTARA, M.P.
NIP/NIK 195612251986031003

RINGKASAN

Penelitian ini dilakukan untuk menyusun salahsatu *contents* dari sistem manajemen mitigasi bencana tsunami di Kota Bengkulu yang dituangkan dalam bentuk sistem informasi kebencanaan tsunami. Tujuan akhir dari penelitian ini adalah tersedianya model pengelolaan dan pemanfaatan wilayah pesisir Kota Bengkulu sehingga kegiatan yang dilaksanakan mempertimbangkan tingkat resiko bencana. Tahun kedua penelitian akan dilakukan pemodelan spasial tentang wilayah pesisir Kota Bengkulu, khususnya dalam penentuan daerah rawan bencana tsunami yang dituangkan dalam bentuk peta kerawanan dan jalur evakuasi bencana tsunami. Metode penelitian yang digunakan adalah integrasi teknik penginderaan jauh dan pemodelan spasial dengan sistem informasi geografis. Pemodelan spasial kelas genangan tsunami mengacu pada persamaan penurunan ketinggian air didaratan dihitung dengan menggunakan persamaan McSaveney dan Rattenbury (Berryman, (2006)).

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

dimana

H_{loss} = penurunan ketinggian air permeter dari jarak genangan

n = koefisien kekasaran permukaan

H_0 = ketinggian air pada garis pantai

S = kelerengan

Pemodelan spasial dan tingkat resiko bencana tsunami memanfaatkan aplikasi SIG dengan model matematik yang dirancang terhadap semua variabel spasial yang berpengaruh terhadap topik penelitian. Parameter yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah semua variabel yang berpengaruh terhadap resiko bencana tsunami seperti ketinggian lokasi, kekasaran permukaan (penggunaan lahan) dan jarak lokasi dari garis pantai. Pemodelan daerah tergenang disimulasikan dengan menghitung perambatan genangan tsunami dengan mempertimbangkan kemiringan, koefisien kekasaran permukaan, dan ketinggian gelombang. Parameter kekasaran permukaan dan kemiringan lereng dimasukkan kedalam persamaan (1) di daratan dengan simulasi ketinggian tsunami dibuat berbeda. Hasil dari persamaan (1) menghasilkan titik-titik penurunan ketinggian tsunami didaratan. Titik-titik ketinggian

yang didapat kemudian diinterpolasi dengan menggunakan interpolasi *Kriging* untuk mendapatkan zonasi daerah genangan yang mungkin terjadi. Estimasi tsunami berdasarkan skenario *run-up* dapat dilakukan dengan menggunakan pemodelan spasial dengan teknik interpolasi Kriging.

PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT, karena atas berkat dan rahmat_Nya peneliti dapat menyelesaikan laporan akhir penelitian Desentralisasi Hibah Bersaing Tahun 2013-2104 dengan judul : Perancangan Sistem Informasi Kebencanaan Tsunami Melalui Penyusunan Peta Kerawanan Dan Jalur Evakuasi Bencana Di Pesisir Kota Bengkulu. Penelitian ini dilaksanakan untuk menyusun sistem informasi kebencanaan yang terintegrasi di Kota Bengkulu yang didasarkan pada model matematis dan model spasial.

Laporan akhir penelitian ini disusun sesuai dengan keterbatasan waktu dan kemampuan peneliti miliki. Penelitian ini telah dilaksanakan sesuai dengan jadwal kegiatan penelitian. Hasil-hasil penelitian yang dimuat dalam laporan ini merupakan hasil analisis dan survey lapangan yang dilakukan selama penelitian desentralisasi ini berlangsung. Kami menyadari hasil penelitian ini belum merupakan bisa digunakan dan di implementasikan di wilayah studi, hal ini dikarenakan peta yang dihasilkan masih bersifat umum dan skala pemetaan yang relatif besar. Masih dibutuhkan beberapa rangkaian penelitian lagi agar hasil yang dicapai bisa langsung digunakan oleh masyarakat. Untuk itu peneliti mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun guna penyempurnaan dan pengembangan penelitian ini selanjutnya.

Demikianlah laporan ini disusun agar dapat berguna dan kemajuan bagi kita semua di masa yang akan datang

Bengkulu, 10 Nopember 2014
peneliti

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	ii
RINGKASAN	iii
PRAKATA	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1. Pesisir Kota Bengkulu	3
2.2. Tsunami	4
2.3. Pemodelan dan Teknik Analisa Spasial dalam Menentukan Daerah Rawan Tsunami	5
2.3.1. Kawasan Rawan Bencana Gempa Bumi dan Tsunami	6
2.3.2. Resiko Gempa Bumi di Kota Bengkulu	8
2.4. Kawasan Rawan Bencana Tsunami	11
2.5. Interpolasi Kriging	15
2.6. <i>Roadmap</i> Penelitian	18
BAB III. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN	21
3.1. Tujuan Penelitian	21
3.2. Manfaat Penelitian	22
BAB IV. METODE PENELITIAN	24
4.1. Wilayah Studi	24
4.2. Pelaksanaan Kegiatan	25
BAB V. HASIL YANG DICAPAI	29
5.1. Kondisi Umum Kota Bengkulu	29
5.1.1 Letak Geografis dan Luas Wilayah	29
5.1.2 Topografi	30
5.2. Pemodelan Genangan Tsunami	31
5.2.1 Koefisien Kekasaran Permukaan	32
5.2.2 Model Penurunan Ketinggian Gelombang Tsunami	33
5.2.3 Analisis Genangan Tsunami	35
5.2.3.1 Analisis Genangan Tsunami pada Skenario Run Up 5 meter	37
5.2.3.2 Analisis Genangan Tsunami pada Skenario Run Up 15 meter	40

5.2.3.3 Analisis Genangan Tsunami pada Skenario Run Up 30 meter	42
5.3 Jalur Evakuasi Bencana Tsunami	45
5.4 Pembahasan	51
 BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN	 54
6.1. Kesimpulan	54
6.2. Saran	54
 DAFTAR PUSTAKA	 56

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Skala <i>Modified Mercalli Intensity</i> (MMI)	7
Tabel 2. Lokasi Berkumpul dan Jalur Evakuasi di Kota Bengkulu	14
Tabel 3. Kemiringan Lereng Kota Bengkulu	31
Tabel 4. Komposisi Penggunaan Lahan Daerah Penelitian	32
Tabel 5. Koefisien Kekasaran Permukaan	32
Tabel 6. Perhitungan Penurunan Ketinggian Tsunami Berdasarkan Kemiringan Lereng dan Kekasaran Permukaan dengan Run up 5 meter	34
Tabel 7. Perhitungan Penurunan Ketinggian Tsunami Berdasarkan Kemiringan Lereng dan Kekasaran Permukaan dengan Run up 15 meter	35
Tabel 8. Perhitungan Penurunan Ketinggian Tsunami Berdasarkan Kemiringan Lereng dan Kekasaran Permukaan dengan Run up 30 meter	35
Tabel 9. Nilai Semivariogram dan RMSE dengan <i>run up</i> 5 meter	38
Tabel 10. Nilai Semivariogram dan RMSE dengan <i>run up</i> 15 meter	40
Tabel 11. Nilai Semivariogram dan RMSE dengan <i>run up</i> 30 meter	43

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Wilayah pesisir (coastal area) mencakup pesisir (coast), gisik (beach) atau pantai (shore) dan zona dekat pantai (near shore zone).	8
Gambar 2. General Semivariogram	16
Gambar 3 Diagram alir penelitian	28
Gambar 4. Kriging Interpolator 3,2 SA	36
Gambar 5 Semivariogram pada skenario <i>Run up</i> 5 meter	38
Gambar 6 Semivariogram pada skenario <i>Run up</i> 15 meter	41
Gambar 7 Semivariogram pada skenario <i>Run up</i> 30 meter	43
Gambar 8. Rambu-rambu bencana tsunami yang dipasang oleh BPPD Kota Bengkulu	47
Gambar 9. Pembangunan Shelter Bencana Tsunami diKelurahan Teluk Sepang Kecamatan Kampung Melayu Kota Bengkulu	50

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Peta Genangan Bencana Tsunami Kota Bengkulu pada Skenario Run up 5 meter	59
Lampiran 2. Peta Genangan Bencana Tsunami Kota Bengkulu pada Skenario Run up 15 meter	60
Lampiran 3. Peta Genangan Bencana Tsunami Kota Bengkulu pada Skenario Run up 30 meter	61
Lampiran 4. Peta Jalur Evakuasi Bencana Tsunami Kota Bengkulu	62
Lampiran 5. Riwayat Hidup Anggota Peneliti	63

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kota Bengkulu merupakan salahsatu wilayah yang terdapat di Pantai Barat Sumatera dan merupakan daerah yang rawan terhadap bencana gempa dan tsunami. Karena di daerah ini terdapat pertemuan dua lempeng yang sangat aktif yaitu lempeng Eurasia dan lempeng Indoaustralia. Oleh karena itu Pemerintah Kota Bengkulu harus lebih fokus untuk penanganan bencana tsunami dengan membuat sistem informasi kebencanaan dan manajemen mitigasi yang baik. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Fauzi, dkk (2009) terhadap pemanfaatan lahan pesisir di Kota Bengkulu belum terdapat tindakan pemerintah daerah dalam mengantisipasi dan meminimalisir resiko bencana tsunami. Pemanfaatan lahan pesisir di Kota Bengkulu saat ini cenderung lebih berorientasi pada asas ekonominya dan kurang mempertimbangkan asas kelestarian dan perlindungan terhadap resiko bencana khususnya bencana tsunami.

Tsunami merupakan bencana alam yang ditimbulkan oleh gempa bumi dan bencana ini sangat sulit untuk diprediksi kapan akan terjadi, disamping itu efek bahaya yang ditimbulkan juga sangat dahsyat sehingga dibutuhkan suatu manajemen bencana yang terencana. Melihat efek bahaya yang ditimbulkan bencana tsunami tidaklah kecil, maka perlu adanya upaya mitigasi bencana tsunami untuk mengurangi kerugian tersebut. Salah satu cara yang bisa dilakukan untuk meminimalisir jumlah korban jiwa pada saat terjadi bencana adalah dengan memetakan daerah resiko tsunami dan perencanaan jalur evakuasi yang efektif (Harsanugraha, 2008 dan Damanik, 2008). Dengan adanya peta kerawanan bencana tsunami dan jalur evakuasi

yang baik, setidaknya penduduk yang berada didaerah pesisir akan terbantu dalam menemukan jalur jalan untuk menuju ke tempat yang aman paling dekat dan cepat.

Ketinggian gelombang tsunami yang berbeda akan menghasilkan distribusi wilayah genangan tsunami yang berbeda pula (Fitria, 2008). Secara spasial distribusi genangan tsunami dapat dipetakan berdasarkan ketinggian run-up tsunami. Bencana Tsunami menyebabkan banyak kerugian baik materi maupun non materi diantaranya adalah kerusakan bangunan, lahan pertanian, dan hilangnya nyawa manusia. Pembuatan peta kerawanan bencana tsunami merupakan bagian dari manajemen bencana dimaksudkan untuk memetakan zonasi bahaya tsunami. Dalam pembuatan peta bahaya tentunya perlukan citra penginderaan jauh dan Sistem Informasi Geografis dapat menjadi solusi dalam memberikan informasi yang cepat dan akurat.

Perencanaan jalur evakuasi untuk bencana tsunami tidaklah mudah, perlu adanya *tools* untuk membantu menentukan rute yang efektif. Banyak metode yang dapat dikembangkan dalam pemetaan risiko tsunami, namun selama ini pemetaan secara konvensional memerlukan banyak biaya dan waktu sehingga kurang efisien. Dalam proses pembuatan sistem informasi kebencanaan dan manajemen mitigasi yang baik diperlukan data spasial berupa citra satelit, peta dan data atribut berupa informasi. Aplikasi teknik Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis (SIG) merupakan salah satu alternatif yang dapat digunakan dalam memetakan daerah resiko tsunami dan penentuan jalur evakuasi sebagai upaya mitigasi bencana di Kota Bengkulu.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pesisir Kota Bengkulu

Perairan laut sejauh 4 mil dari garis pantai merupakan batas pengelolaan wilayah perairan laut kabupaten seperti yang ada di dalam UU no. 22 tahun 1999. Kota Bengkulu memiliki garis pantai $\pm$ 60 km yang membentang dari perbatasan dengan Kabupaten Bengkulu Utara di bagian utara dan Kabupaten Seluma di bagian selatan (Bappeda Kota Bengkulu, 2004). Secara administratif dalam hirarki pemerintahan kota, terdapat satuan wilayah administrasi yang lebih rendah yaitu wilayah kecamatan pesisir dan wilayah kelurahan pesisir. Kriteria kecamatan pesisir adalah kecamatan yang wilayahnya memiliki ekosistem pesisir atau berbatasan langsung dengan perairan laut, sedang kriteria untuk kelurahan pesisir adalah kelurahan yang memiliki garis pantai atau desa yang memiliki ekosistem pesisir.

Berdasarkan kriteria wilayah kecamatan yang memiliki ekosistem pesisir atau berbatasan langsung dengan perairan laut, maka di Kota Bengkulu terdapat 7 Kecamatan pesisir yaitu : Muara Bangkahulu, Sungai Serut, Teluk Segara, Ratu Agung, Ratu Samban, Gading Cempaka dan Kampung Melayu. Dari 7 Kecamatan pesisir yang ada, dua kecamatan yaitu Kecamatan Teluk Segara, dan Ratu Samban memiliki derajat kepebisiran bernilai 100% karena hampir seluruh Kelurahan di dalam kecamatan tersebut masuk sebagai kelurahan pesisir. Kecamatan Muara Bangkahulu, Sungai Serut Dan Kampung Melayu memiliki nilai derajat kepebisiran 30 – 55%, sehingga dapat dikategorikan sebagai wilayah kecamatan pesisir sedang, sedang Kecamatan Selebar Dan Gading Cempaka dikategorikan sebagai wilayah kecamatan pesisir rendah karena nilai derajat kepebisiran berkisar 15 – 25% (Fauzi, 2006a).

2.2. Tsunami

Tsunami adalah suatu sistem gelombang gravitasi yang terbentuk akibat tubuh airlaut mengalami gangguan dalam skala besar dan dalam jangka waktu yang relatif singkat. Ketika gaya gravitasi berperan dalam proses air laut mencapai kembali kondisi equilibrium, suatu seri gerakan osilasi tubuh air laut terjadi baik pada permukaan laut maupun dibawahnya dan tsunami terbentuk dengan arah rambat keluar dari daerah sumber gangguan

Tsunami bergerak keluar dari daerah sumber sebagai suatu seri gelombang. Kecepatannya tergantung pada kedalaman air, sehingga gelombang tersebut mengalami percepatan atau perlambatan ketika melintasi kedalaman yang berbeda-beda. Proses ini juga menyebabkan perubahan arah rambat sehingga energi gelombang dapat menjadi fokus atau de-fokus. Pada laut dalam, gelombang tsunami dapat bergerak dengan kecepatan sekitar 500 hingga 1000 km/jam. Ketika mendekati pantai, rambatan tsunami menjadi lebih lambat hingga hanya beberapa puluh km/jam. Ketinggian gelombang tsunami juga tergantung pada kedalaman air. Gelombang tsunami yang ketinggian hanya satu meter pada laut dalam bisa berkembang menjadi puluhan meter pada garis pantai. Tidak seperti gelombang laut yang umumnya digerakkan oleh angin yang hanya mengganggu permukaan laut, energi gelombang tsunami mampu mencapai dasar laut. Pada daerah dekat pantai, energi tersebut terkonsentrasi pada arah vertikal akibat berkurangnya kedalaman air dan pada arah horisontal akibat pemendekan panjang gelombang karena perlambatan gerak gelombang. Tsunami memiliki rentang periode (waktu untuk satu siklus gelombang) dari hanya beberapa menit hingga lebih dari satu jam.

Pada daerah pesisir, tsunami dapat memiliki berbagai bentuk ekspresi tergantung pada ukuran dan periode gelombang, variasi kedalaman dan bentuk garis

pantai, kondisi pasang-surut, dan faktor-faktor lainnya. Pada beberapa kasus tsunami dapat berupa gelombang pasang naik yang terjadi sangat cepat yang langsung membanjiri daerah pesisir rendah. Pada kasus lainnya tsunami dapat datang sebagai *bore* – suatu dinding vertikal air yang bersifat turbulen dengan daya rusak tinggi. Arus laut yang kuat dan tidak lazim biasanya juga menemani tsunami berskala kecil. Berdasarkan jarak sumber penyebab tsunami dan daerah yang terancam bahaya, tsunami dapat dikelompokkan menjadi dua: tsunami lokal (jarak dekat) dan tsunami distan (jarak jauh).

2.3. Pemodelan dan Teknik Analisis Spasial Dalam Menentukan Daerah Rawan Tsunami

Penentuan daerah rawan tsunami dan jalur evakuasi di Kota Bengkulu akan dirancang melalui analisis spasial yang dipertimbangkan atas beberapa faktor :

1. Faktor fisik: dilihat dari sisi fisik yaitu daerah Kota Bengkulu merupakan daerah yang terletak sepanjang pesisir pantai dan merupakan pertemuan lempeng Eurasia dan *Indo-australia* yang membuat daerah Kota Bengkulu rawan gempa dengan skala kuat yang berpotensi terjadinya tsunami
2. Faktor air: kualitas air yang terdapat di daerah Kota Bengkulu sebagian besar merupakan air pantai yang kemudian di olah untuk memenuhi berbagai kebutuhan. Oleh karena itu pertimbangan dalam penanggulangan apabila suatu saat terjadi tsunami sangat dibutuhkan bagi masyarakat.
3. Faktor biologi: dengan penentuan daerah rawan tsunami bahaya tsunami dapat diminimasi dengan menanam vegetasi-vegetasi pantai berupa tanaman pinus, mangrove, nipah, bakau dan lain-lain. Vegetasi pantai ini selain dapat mengurangi hempasan gelombang tsunami juga dapat memperindah pantai untuk menjadi kawasan objek wisata.

4. Faktor sosial ekonomi: pergerakan sosial ekonomi di Bengkulu akan berkembang dengan dibangunnya pusat perbelanjaan di dekat pantai, hanya saja apabila hasil dari penentuan menyimpulkan bahwa daerah tersebut rawan terhadap tsunami, maka investor harus meninjau ulang atau berfikir lebih jauh dalam menghitung untung-rugi pembangunan tersebut.

2.3.1. Kawasan Rawan Bencana Gempa Bumi dan Tsunami

Untuk mengatasi resiko pada kawasan rawan bencana gempa bumi dan tsunami perlu diperhatikan beberapa hal sebagai berikut :

1. Pada kawasan sepanjang jalur patahan, pengembangan kawasan budidaya dilakukan dengan memberikan porsi yang lebih besar untuk ruang terbuka hijau dan fasilitas olahraga, yang selain difungsikan sebagai fasilitas umum dan sosial, juga dapat dimanfaatkan sebagai ruang evakuasi pada saat terjadi guncangan.
2. Untuk pengembangan kegiatan terbangun, perlu diatur intensitas bangunan dan jenis konstruksi yang tahan gempa, atau jenis-jenis bahan bangunan yang ringan.

Penanganan kawasan rawan bencana gempa bumi diprioritaskan pada konsistensi pengendalian pemanfaatan kawasan atau lingkungan yang rentan terhadap bencana terutama kawasan yang berada pada jalur patahan. Propinsi Bengkulu termasuk pada wilayah pusat gempa bumi merusak dengan kedalaman dangkal hingga menengah (0-150 km) bagian Barat Sumatera, zona antara 0,25 - 0,35 g dengan besaran gempa > 5,6 Skala *Richter* (SR). Dengan menggunakan Skala *Modified Mercalli Intensity* (MMI), pantai pesisir Bengkulu termasuk pada zona kategori nilai intensitas V hingga IX.

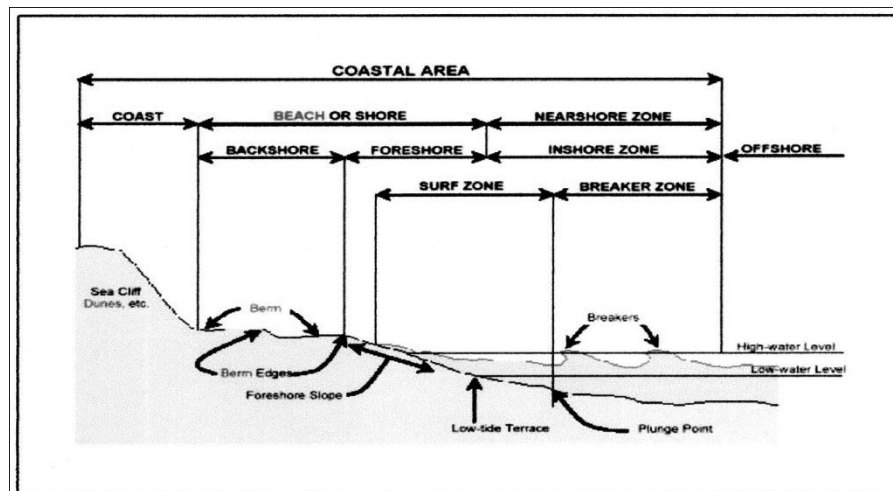
Tabel 1. Skala *Modified Mercalli Intensity* (MMI)

Skala	Keterangan
I	Getaran tidak dirasakan kecuali dalam keadaan luar biasa oleh orang tertentu saja
II	Getaran dirasakan orang tertentu, benda-benda ringan yang bergantungan
III	Getaran dirasakan nyata di dalam, terasa seakan-akan truk lewat
IV	Pada siang hari dirasakan oleh banyak orang di dalam rumah, di luar hanya oleh orang tertentu saja. Barang pecah belah, jendela, pintu gemerincing dinding berbunyi karena pecah-pecah
V	Getaran dirasakan oleh hampir semua penduduk. Barang pecah belah, jendela dan sebagainya pecah, barang-barang terpelanting pohon, tiang dan lain-lain tampak goyang, bandul lonceng jam dapat terhenti
VI	Getaran dirasakan oleh semua orang, kebanyakan terkejut dan lari keluar. Plaster dinding jatuh dan cerobong asap pabrik rusak ringan
VII	Semua orang ke luar rumah, kerusakan ringan pada rumah dan bangunan yang konstruksinya tidak baik maupun yang baik. Cerobong asap pecah atau retak-retak. Getaran dapat dirasakan oleh orang yang naik kendaraan
VIII	Kerusakan ringan pada bangunan-bangunan yang konstruksinya baik. Retak-retak pada bangunan-bangunan yang kuat. Dinding dapat lepas dari kerangka rumah, cerobong asap pabrik dan monument roboh, air menjadi keruh
IX	Kerusakan pada bangunan-bangunan yang rangkanya kuat, rumah menjadi tidak tegak (lurus). Banyak retakan pada bangunan-bangunan yang konstruksinya kuat, bangunan rumah bergeser dari pondasinya, pipa di dalam tanah putus
X	Bangunan-bangunan dari kayu kuat rusak, rangka rumah lepas dari pondasinya, tanah terbelah, rel melengkung, tanah lengser di tebing dan di tanah yang curam. Terjadi gelombang pasang atau tsunami
XI	Hancur sama sekali. Gelombang gempa tampak pada permukaan tanah, pemandangan gelap, benda-benda terlempar ke udara

Peristiwa gempa bumi yang pernah terjadi di Provinsi Bengkulu (Rahardiawan, dalam BPBD Propinsi Bengkulu, 2010), yaitu pada 1963-1975 terjadi 3-16 kali gempa/tahun, 1984 sebanyak 2 kali, 1992 terjadi sebanyak 26 kali dan 1995

terjadi sebanyak 2 kali. Gempa-gempa tersebut sebagian besar menunjukkan mekanisme sesar naik, sedangkan sebagian lagi adalah sesar normal, mendatar *oblique* dan sesar mendatar. Arah kompresi maksimum umumnya Timur Laut - Barat Daya dan Barat Laut - Tenggara dengan dominasi sesar naik yang memiliki *magnitude* besar (>7).

Pemicu tsunami di Bengkulu adalah akibat gempa bumi yang terjadi di dasar laut pada zona busur muka patahan Mentawai dan zona seismik *Benioff*. Sejarah peristiwa bencana tsunami di Pantai Bengkulu (Rahardiawan, 2000 dalam BPBD Prop. Bengkulu 2010) adalah : tahun 1777, 1833, 1861, 1906, 1931 dan 1958. Untuk memperkecil resiko serangan tsunami, dapat dibuat jalur hijau dari tanaman keras ± 200 m dari pantai, pelestarian hutan bakau, tidak dirusaknya terumbu karang dan pembuatan rumah bertiang.



Gambar 1. Wilayah pesisir (coastal area) mencakup pesisir (coast), gisik (beach) atau pantai (shore) dan zona dekat pantai (near shore zone). Sumber : Dahuri, dkk, 2001.

2.3.2 Resiko Gempa bumi di Kota Bengkulu

Resiko gempa bumi terhadap bangunan, prasarana umum dan prasarana vital kehidupan dapat dilakukan berdasarkan hasil kajian bahaya gempa bumi dan kajian kerentanan yang ada. Peta-peta potensi bahaya seperti peta mikrozonasi, peta potensi

likuifaksi, peta potensi tanah retak dan peta longgsor dikombinasikan/digabungkan dengan peta-peta kerentanan yang beberapa peta kepadatan penduduk, peta jaringan infrastruktur akan didapat peta risiko bencana. Diidentifikasi penduduk, bangunan, sarana jaringan infrastuktur (jaringan jalan & jembatan, jaringan telekomunikasi, jaringan listrik dan jaringan air bersih) yang terletak pada zona bahaya yang tinggi atau pada potensi likuifaksi tinggi merupakan daerah dengan tingkat risiko bencana yang tinggi.

Berdasarkan studi awal dari berbagai penelitian tentang risiko bencana gempa bumi untuk kota Bengkulu dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- Review terhadap beberapa referensi hasil studi yang telah dilakukan terdahulu menunjukkan hasil percepatan gempa di batuan dasar kota Bengkulu sangat bervariasi, yaitu berkisar antara 0.30 g sampai 0.40 g untuk periode ulang gempa 500 tahun. Nilai ini jauh lebih besar dari gempa 4 Juni 2000 yang pernah menyebabkan kerusakan-kerusakan kota Bengkulu dimana percepatan maksimum batuan dasar di kota Bengkulu hanya mencapai nilai antara 0.10 g – 0.15 g
- Studi-studi terdahulu yang dipakai di dalam menentukan zona wilayah gempa untuk kota Bengkulu berdasarkan pada besarnya percepatan gempa di batuan dasar sekitar 0.10 g sampai 0.15 g untuk periode ulang gempa 200 tahun. Sementara hasil-hasil studi beberapa tahun terakhir menunjukkan besarnya percepatan gempa di batuan dasar untuk periode ulang 200 tahun sekitar 0.25 g dan sebesar 0.30 g sampai 0.40 g untuk periode ulang gempa 500 tahun,
- Hasil kajian awal bahaya gempa bumi di kota Bengkulu menunjukkan adanya variasi tingkat bahaya dari rendah sampai sangat tinggi. Hal ini disebabkan karena adanya variasi kondisi tanah yaitu dari kondisi tanah keras sampai

tanah lunak dan tanah pasir jenuh. Tingkat bahaya yang tinggi diidentifikasi umumnya berada di pesisir pantai dimana juga diperkirakan rawan terhadap bahaya likuifaksi. Hasil kajian awal bahaya gempa kota Bengkulu ini disajikan dalam bentuk peta mikrozonasi dan peta-peta potensi likuifaksi, potensi tanah retak dan tanah longsor.

- Kajian awal terhadap kerentanan kota telah difokuskan pada kerentanan penduduk, bangunan, fasilitas umum/sosial maupun jaringan-jaringan infrastruktur kota Bengkulu.
- Hasil kajian awal risiko kota Bengkulu terhadap bencana dapat menggambarkan secara garis besar daerah-daerah yang mempunyai tingkat risiko yang relatif tinggi. Daerah-daerah tersebut antara lain meliputi : daerah-daerah dengan tingkat kepadatan bangunan dan permukiman yang relatif tinggi dan terletak pada zona bahaya sedang-tinggi dan zona bahaya tinggi. Daerah permukiman berisiko tinggi di wilayah barat daya meliputi Perumnas Lempuing, permukiman baru di sekitar Pelabuhan Pulau Baai, sedangkan di wilayah barat laut meliputi sebagian kecamatan Teluk Segara, Kelurahan Rawa Makmur dan Kelurahan Bentiring. Di samping itu daerah dengan tingkat risiko tinggi dapat dilihat pada daerah-daerah yang mempunyai fasilitas umum/sosial yang vital dan fasilitas maupun jaringan infrastruktur yang terletak pada zona bahaya sedang-tinggi dan zona bahaya tinggi, seperti Pelabuhan Pulau Baai. Fasilitas vital dan infrastruktur yang berisiko tinggi selain Pelabuhan Samudra Pulau Baai adalah WTP lama yang terletak di Kelurahan Surabaya, 2 jembatan yang menghubungkan Pelabuhan Pulau Baai dengan kota yang merupakan salah satu akses keluar/masuk kota Bengkulu. Sedangkan fasilitas vital dan infratraktur lainnya seperti PLTD Sukamerindu,

2 STO yang lama terletak di daerah yang relatif berisiko rendah, tetapi perlu dicatat di wilayah tersebut ada patah di daerah Tanah Patah yang sangat rentan terhadap potensi retak (*fracturing*), maka jaringan air bersih, listrik dan telepon kemungkinan juga dapat berisiko tinggi untuk gagal. Demikian juga fasilitas sosial/umum seperti rumah sakit M. Yunus juga terletak pada daerah berisiko rendah, perlu juga memperhatikan adanya potensi keretakan tanah pada daerah Tanah Patah.

2.4. Kawasan Rawan Bencana Tsunami

Untuk mengurangi korban jiwa dan dampak kerusakan dari gejala alam ini diperlukan sebuah kajian mitigasi bencana yang diwujudkan ke dalam pemetaan rawan bencana, rencana penetapan bangunan penyelamat (*escape building*), rencana jalur penyelamatan/evakuasi (*escape road*), dan rencana lokasi penyelamatan darurat (*shelter*). Dengan demikian diharapkan dampak dari bencana tersebut paling tidak dapat diminimalisir sedini mungkin, baik pada saat kejadian maupun pada saat pasca kejadian.

Dengan demikian maka perlu dilakukan kajian untuk : (1) Identifikasi daerah bahaya berdasarkan kemungkinan tingkat kerusakan yang akan terjadi; (2) Identifikasi bangunan umum terdekat yang dapat dijadikan sebagai bangunan perlindungan (*escape building*); dan (3) Identifikasi jalur-jalur jalan yang dapat digunakan untuk menyelamatkan diri (*escape road*) menuju bangunan perlindungan.

Morfologi tanah Kota Bengkulu pada umumnya bergelombang. Di satu sisi kondisi ini menguntungkan karena akan menghambat/mereduksi kekuatan gelombang tsunami. Di sisi lain morfologi tanah yang bergelombang menciptakan adanya cekungan-cekungan tanah yang akan menjebak air tsunami. Pengalaman di Banda

Aceh menunjukkan bahwa rendaman air tsunami menyebabkan tanaman dan hewan mati, bahkan orang yang menghirup air tersebut bila tidak segera ditolong akan tewas dalam jangka waktu beberapa hari.

Dalam upaya untuk mitigasi bencana tsunami maka di dalam RTRW kota Bengkulu dilakukan penetapan zona-zona bahaya yang menjadi dasar untuk mengarahkan pemanfaatan ruang selanjutnya.

Konsep penetapan zona bahaya dilakukan sebagai berikut :

- a. Zona bahaya didasarkan atas permukiman yang berada di sekitar pantai dengan ketinggian di bawah 10 m diperkirakan akan hancur diterjang gelombang tsunami. Selanjutnya kawasan ini disebut sebagai kawasan bahaya I.
- b. Permukiman (dengan konstruksi permanen) yang berada pada ketinggian di atas 10 m diperkirakan juga akan terkena gelombang tsunami, namun tidak sampai hancur. Kawasan ini selanjutnya disebut sebagai Kawasan Bahaya II.
- c. Kekuatan gelombang tsunami pada saat mencapai kawasan ini diperkirakan sudah berkurang hingga di bawah 50% karena sudah terhambat oleh bangunan-bangunan yang berada di kawasan Bahaya I. Permukiman yang berada di daerah cekungan kemungkinan akan terendam selama beberapa waktu oleh air tsunami yang terjebak di dalamnya beserta dengan berbagai material yang dibawanya. Air tsunami ini akan mematikan semua jenis tanaman, hewan dan bahkan orang yang sempat menghirupnya. Sehubungan dengan itu kawasan seperti ini selanjutnya akan disebut sebagai Kawasan Bahaya Ib.
- d. Setelah melalui Kawasan Bahaya II kekuatan gelombang tsunami terus menurun namun masih akan mengalir ke arah pedalaman seperti air banjir biasa. Pengalaman di Banda Aceh yang morfologinya sangat datar, air banjir seperti ini

mencapai jarak 2,6 Km dari garis pantai. Di Kota Bengkulu diperkirakan air banjir seperti ini akan mengalir hingga 1,5 Km dari pantai.

Untuk mengurangi korban jiwa dan dampak kerusakan dari gejala alam ini diperlukan sebuah kajian mitigasi bencana yang diwujudkan ke dalam pemetaan rawan bencana, rencana penetapan bangunan penyelamat (*escape building*), rencana jalur penyelamatan/evakuasi (*escape road*), dan rencana lokasi penyelamatan darurat (*shelter*). Dengan demikian diharapkan dampak dari bencana tersebut paling tidak dapat diminimalisir sedini mungkin, baik pada saat kejadian maupun pada saat pasca kejadian.

Bahaya utama gelombang tsunami timbul dari gelombang yang datang secara frontal terhadap bangunan yang ada dimuka pantai. Selain itu ada bahaya lateral yang datang dari adanya aliran gelombang tsunami yang mengalir melalui jalur jalan raya atau sungai yang posisinya tegak lurus terhadap pantai. Peristiwa tsunami di Kota Banda Aceh menunjukkan ketinggian air di tepi pantai mencapai 15 m. Setelah mengalir melalui jalan raya ketinggiannya menurun menjadi 2 m pada jarak 3 km dari pantai dan menurun menjadi 20 cm pada jarak 4 km dari pantai Sedangkan gelombang tsunami yang masuk melalui aliran sungai menurun menjadi 5 m pada jarak 8 Km dari pantai melalui sungai yang berkelok-kelok.

Dalam RTRW Kota Bengkulu telah direkomendasikan tempat-tempat yang menjadi tempat berkumpul dan jalur evakuasinya, sebagaimana tertera dalam tabel berikut.

Tabel 2. Lokasi Berkumpul dan Jalur Evakuasi di Kota Bengkulu

No.	Lokasi Titik Berkumpul	Ketinggian	Cakupan Wilayah Evakuasi	Jalur Evakuasi
1	Kampus Universitas Bengkulu	15 – 20 m dpl	Kel. Rawa Makmur Permai Kel. Rawa Makmur Kel. Beringin Jaya	Jl. UNIB Raya Jl. Kandang Limun Jl. Bandar Raya
2	Kampung Kelawi	14 m dpl	Kel. Pasar Bengkulu Kel. Kampung Bali Kel. Kampung Kelawi Kel. Tanjung Agung Kel. Tanjung Jaya	Jl. Pasar Bengkulu-Jl. Kalimantan-Jl. Enggano
3	Lapangan Merdeka	15 m dpl	Kel. Pondok Besi Kel. Malabero Kel. Sumur Meleleh Kel. Berkas Kel. Kebon Keling Kel. Tengah Padang	Jl. Pendakian-Jl. Depan Benteng Jl. Depan Lapas-Jl. SMP Carolus Jl. Pasar Barau-Jl. Dalam Pasar Baru Koto II
4	Mesjid At-Taqwa	14 m dpl	Kel. Penurunan Kel. Anggut Bawah	Jl. Pasar Baru-Jl. Nala Jl. Putri Gading Cempaka
5	Simpang Empat Pantai	12,5 m dpl	Kel. Penurunan Kel. Kebun Beler	Jl. Sedap Malam Jl. Kebun Beler
6	STM Negeri	13 m dpl	Kel. Lempuing	Jl. Batanghari Jl. Kampar Jl. Pembangunan
7	Lapangan Sepakbola Kemuning	10,5 m dpl	Kel. Lempuing Kel. Lingkar Barat	Jl. Pariwisata Jl. Ciliwung Jl. Serayur
8	Balai Buntar	19 m dpl	Kel. Lempuing Kel. Padang Harapan	Jl. Cimanuk Jl. Kap. Tendeau Jl. Natadirja
9	Lapangan Pagar Dewa	15 dpl	Kel. Muara Dua Kel. Kandang Mas Kel. Bumi Ayu Kel. Kandang	Jl. Ir. Rustandi Sugiarto
10	Lapangan Pesantren Pancasila	20 m dpl	Kel. Jembatan Kecil Kel. Sawah Lebar Kel. Kebun Tebeng	Jl. Jembatan Kecil Jl. Gunung Bungkok Jl. Merapi Jl. Danau
11	Terminal Betungan	20 m dpl	Kel. Padang Serai Kel. Sumber Jaya Kel. Bumi Ayu Kel. Teluk Sepang	Jl. Raya Betungan Jl. Dua Jalur Simpang Kandis

No.	Lokasi Titik Berkumpul	Ketinggian	Cakupan Wilayah Evakuasi	Jalur Evakuasi
12	Simpang Empat Nakau	21 m dpl	Kel. Tanjung Agung Kel. Tanjung Jaya Kel. Semarang Kel. Surabaya	Jl. Irian Jl. Halmahera Jl. Danau

Sumber : Dinas Tata Kota dan Pengawasan Bangunan Kota Bengkulu, dalam BPBD Propinsi Bengkulu (2010)

2.5 Interpolasi Spasial Kriging

Metode Kriging adalah estimasi stochastic yang mirip dengan Inverse Distance Weighted (IDW) dimana menggunakan kombinasi linear dari weight untuk memperkirakan nilai diantara sampel data. Metode ini ditemukan oleh D.L. Krige untuk memperkirakan nilai dari bahan tambang. Asumsi dari metode ini adalah jarak dan orientasi antara sampel data menunjukkan korelasi spasial yang penting dalam hasil (ESRI, 1996).

Metode Kriging sangat banyak menggunakan sistem komputer dalam perhitungan. Kecepatan perhitungan tergantung dari banyaknya sampel data yang digunakan dan cakupan dari wilayah yang diperhitungkan. Tidak seperti metode IDW, Kriging memberikan ukuran *error* dan *confidence*. Metode ini menggunakan semivariogram yang merepresentasikan perbedaan spasial dan nilai diantara semua pasangan sampel data. Semivariogram juga menunjukkan bobot (*weight*) yang digunakan dalam interpolasi.

Semivariogram adalah setengah dari variogram, dengan simbol γ . Sesuai dengan namanya, Variogram adalah ukuran dari variansi. Variogram digunakan untuk menentukan jarak dimana nilai-nilai data pengamatan menjadi tidak saling tergantung atau tidak ada korelasinya. Simbol dari variogram adalah 2γ . Semivariogram ini digunakan untuk mengukur korelasi spasial berupa variansi *error* pada lokasi u dan lokasi $u + h$.

Variogram eksperimental adalah variogram yang diperoleh dari data yang diamati atau data hasil pengukuran. Variogram didefinisikan sebagai berikut:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} (Z(u_i) - Z(u_i + h))^2 \quad (1)$$

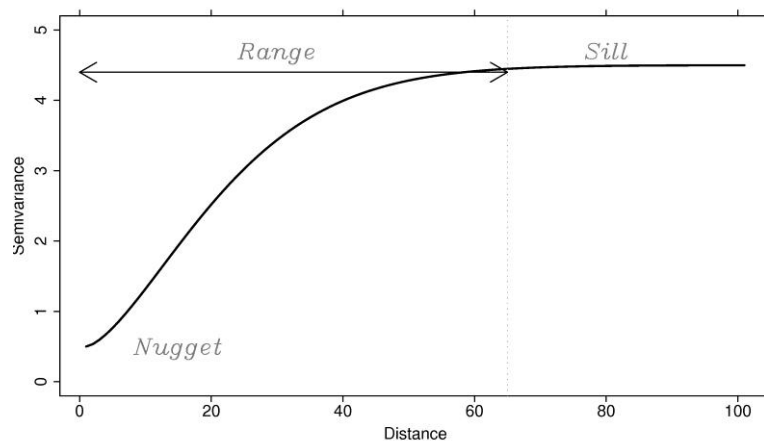
$2\gamma(h)$ = nilai variogram dengan jarak h

$\gamma(h)$ = nilai semi variogram dengan jarak h

$Z(u_i)$ = nilai pengamatan dititik u_i

$Z(u_i + h)$ = nilai pengamatan dititik $u_i + h$

$N(h)$ = banyaknya pasangan titik yang mempunyai jarak h



Gambar 2. General Semivariogram

Pada gambar ini juga ditunjukkan grafik dari sebuah semivariogram. Pada jarak yang dekat (sumbu horisontal), semivariance bernilai kecil. Tetapi pada jarak yang lebih besar, semi-variance bernilai tinggi yang menunjukkan bahwa variasi dari nilai z tidak lagi berhubungan dengan jarak sampel point. Jenis Kriging yang bisa dilakukan adalah dengan cara *spherical*, *circular*, *exponential*, *gaussian* dan *linear* (ESRI, 1999).

Semivariance adalah suatu nilai terukur yang menyatakan derajat ketergantungan terhadap ruang (*the degree of spatial dependence*) antara masing-masing sampel. Besaran semivariansi antar sampel tergantung pada masing-masing jarak. Jarak yang semakin kecil diantara dua titik tersebut memberikan nilai semivariansi yang semakin kecil juga pada titik-titik tersebut. Hal yang sama terjadi sebaliknya pada dua titik yang semakin jauh. Hubungan semivariansi sebagai fungsi jarak suatu pasangan titik ini dinyatakan sebagai semivariogram atau variogram.

Meningkatnya nilai semivariansi yang disebabkan karena bertambahnya nilai jarak, pada suatu jarak tertentu yang jauh dari titik semivariansi tersebut akan sama dengan beda nilai (variance) sekitar nilai rata-rata. Pada keadaan ini peningkatan nilai jarak tidak akan menaikkan nilai semivariansi, tetapi akan membentuk garis mendatar yang disebut *sill* atau *contribution*. Sedang beda nilai minimum dinyatakan sebagai *nugget*. Jarak antara nilai ambang disebut *range*.

1. *Sill*: Suatu nilai semi varian pada variogram mendatar. Sill juga digunakan untuk menunjukkan "amplitudo" dari suatu komponen tertentu pada semivariogram. Dari penjelasan di atas, sill dapat menunjukkan nilai dari sill itu sendiri atau perbedaan antara nilai sill dan nugget.
2. *Range*: jarak lag di mana semivariogram (atau komponen semivariogram) mencapai nilai ambang, mungkin, autokorelasi pada dasarnya adalah nol di luar rentang.
3. *Nugget*: Di dalam teori semivariogram nilainya harus 0. Jika terjadi perbedaan secara signifikan dari 0 pada lag yang mendekati 0, maka nilai semivariogram di artikan sebagai nugget. Nugget mewakili variabel pada jarak yang terendah dibanding jarak yang khas, termasuk juga kesalahan pengukuran.

Meningkatnya nilai semivariansi yang disebabkan karena bertambahnya nilai jarak, pada suatu jarak tertentu yang jauh dari titik semivariansi tersebut akan sama dengan beda nilai (variance) sekitar nilai rata-rata. Pada keadaan ini peningkatan nilai jarak tidak akan lagi menaikkan nilai semivariansi, tetapi akan membentuk garis mendatar yang disebut sill atau contributon. Sedang beda nilai minimum dinyatakan sebagai nugget. Dari titik minatan ke jarak pada garis mendatar mulai terbentuk dinyatakan sebagai range atau spam variabel regional. Di dalam range ini seluruh titik yang dianggap berhubungan satu terhadap yang lain, termasuk titik-titik yang diketahui.

2.6. Roadmap Penelitian

Serangkaian penelitian pendahuluan yang pengusul lakukan pada 6 tahun terakhir menunjukkan bahwa data dan informasi wilayah pesisir Kota Bengkulu telah tersedia, tetapi data dan informasi tersebut masih bersifat sektoral dan banyak terjadi duplikasi data dan secara khusus semua data tersebut belum mengacu pada standar nasional yang ditetapkan oleh Bakosurtanal (Fauzi, 2006b). Melalui penelitian DIPA Universitas Bengkulu yang peneliti lakukan pada tahun 2006, telah merancang *design* basisdata spasial SIG yang mengacu pada sistem standar nasional dengan pendekatan ekologi yang terdiri dari aspek abiotik, biotik dan culture. *Design* basisdata yang dibuat baru merupakan kerangka basisdata dan masih sebatas rancangan awal dimana masing-masing aspek belum didefinisikan dan belum dicari datanya.

Pada tahun yang sama melalui penelitian Program Mitra Bahari bekerjasama dengan Dinas Kelautan dan Perikanan Propinsi Bengkulu, peneliti telah merancang dan mengembangkan sistem basisdata wilayah pesisir, dengan cara menyusun *design* basisdata dengan pendekatan *Hyrib* dimana data spasial dan data non-spasial (attribut) dibuat dalam format yang berbeda. Pada penelitian ini juga telah dianalisis tentang

keberadaan dan ketersediaan data dari masing-masing kabupaten yang terdapat di Propinsi Bengkulu. Penelitian ini juga telah menghasilkan perangkat survey berupa daftar *cheklsit* basisdata wilayah pesisir. Kajian tentang wilayah pesisir khususnya pesisir Kota Bengkulu, peneliti kembangkan kembali melalui penelitian Hibah Bersaing DP2M Dikti (Tahun 2008-2009), dimana dalam penelitian ini dikembangkan model pengelolaan wilayah pesisir dan analisis kesesuaian lahan pesisir di Kota Bengkulu dengan pemodelan spasial dan Sistem Informasi Geografis (SIG). Hasil penelitian Hibah Bersaing akan dijadikan sebagai basisdata wilayah pesisir yang merupakan input data bagi penelitian yang diajukan ini. Salahsatu hasil penelitian ini adalah peta kawasan konservasi di wilayah pesisir Kota Bengkulu yang di penuh dengan hutan pinus dan hutan mangrove. Kawasan hutan seperti merupakan salah satu faktor penting untuk mengurangi dampak bencana tsunami di wilayah pesisir.

Penelitian-penelitian lain telah peneliti lakukan yang sangat menunjang Usulan Penelitian Hibah Bersaing Tahun 2013 adalah penelitian dalam bidang pengolahan citra digital khususnya pada analisis citra penginderaan jauh. Topik penelitian dalam bidang ini dititik beratkan pada pengembangan sistem pengolahan dan analisis citra digital penginderaan jauh, khususnya pada teknik pengolahan dan penajaman citra dengan memanipulasi kenampakan spasial yaitu dengan menggunakan filter-filter digital. Penajaman citra bertujuan untuk meningkatkan mutu citra yaitu menguatkan kontras kenampakan atau informasi yang tergambar dalam citra penginderaan jauh. Dalam upaya menggali informasi tentang objek-objek yang terekam dalam citra penginderaan jauh diperlukan teknik ekstraksi yang baik, salah satu tekniknya adalah dengan cara merancang filter-filter digital baru. Penelitian yang telah dilakukan oleh Fauzi (2004), dikembangkan lagi oleh Fauzi (2007) melalui penelitian dosen Muda yang berjudul “Penggunaan Teknik *Filtering* Morfologi Matematik dalam

Mengekstraksi Jaringan Jalan dari Citra Satelit” . Penelitian ini bertujuan untuk ingin mengembangkan teori-teori morfologi matematik dalam aplikasinya pada pengolahan citra digital, khususnya dalam proses ekstraksi kenampakan jaringan jalan yang terekam pada citra satelit. Secara khusus permasalahan yang akan dijawab dalam penelitian ini adalah bagaimana mengembangkan algoritma filtering morfologi matematik dalam mengekstraksi kenampakan jaringan jalan yang terekam pada sebuah citra satelit, sehingga kenampakan jaringan jalan dapat diperjelas.

Hasil-hasil penelitian yang telah dilaksanakan oleh pengusul baik penelitian dalam bidang pengolahan citra dan aplikasi SIG pada daerah pesisir sangat mendukung sekali terhadap **Penelitian Hibah Bersaing Tahun 2013-2014** yang sedang dilaksanakan sekarang ini. Hal ini menjadi salahsatu indikator bahwa peneliti mampu untuk mengintegrasikan teknik penginderaan jauh dan SIG guna memodelkan tingkat resiko bencana tsunami melalui pembuatan peta kerawanan dan jalur evakuasi.

BAB III

TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

3.1. Tujuan Penelitian

Tujuan umum penelitian ini adalah untuk merancang sistem informasi kebencanaan di Kota Bengkulu melalui pemodelan tingkat resiko bencana tsunami di Kota Bengkulu dengan integrasi teknik penginderaan jauh dan Sistem Informasi Geografis (SIG). Beberapa tujuan khusus yang hendak dicapai dalam penelitian ini meliputi:

1. Menganalisis karakteristik daerah pesisir Kota Bengkulu terhadap resiko bencana tsunami melalui teknik dan analisis penginderaan jauh.
2. Menyusun dan merancang sistem informasi kebencanaan melalui pembuatan peta kerawanan resiko tsunami dan peta jalur evakuasi di Kota Bengkulu dengan menggunakan SIG.

Output yang diharap dari penelitian adalah dihasilkannya sistem informasi kebencanaan melalui peta kerawanan dan jalur evakuasi bencana tsunami di Kota Bengkulu. Target lain yang akan dicapai adalah: (a). Dihasilkannya artikel ilmiah yang dipublikasikan dalam jurnal nasional (akreditasi), (b). Terlibatnya mahasiswa S-1 dari Program Studi Teknik Informatika dan/atau Program Studi Matematika dalam penelitian awal khususnya pada pemodelan spasial resiko bencana tsunami, dan analisis spasial kerawanan bencana tsunami, sehingga mereka dapat menyelesaikan skripsi lebih cepat dan tanpa dana, dan (c). Kontribusi pada pembangunan Kota Bengkulu adalah tersusunya sistem informasi kebencanaan sebagai dokumen arahan kebijakan bagi pengambil keputusan di kota ini dalam mengelola dan memanfaatkan wilayah pesisir, sehingga pemanfaatan lahan di wilayah pesisir dapat dikembangkan sesuai dengan potensi dan tingkat resiko bencana yang mungkin akan terjadi.

3.2 Manfaat Penelitian

Propinsi Bengkulu khususnya Kota Bengkulu merupakan salahsatu daerah rawan bencana tsunami, hal ini disebabkan karena wilayah Propinsi Bengkulu terletak di sepanjang pantai barat Pulau Sumatera. Berdasarkan zonasi tsunami yang diperuntukkan untuk wilayah Indonesia, Kota Bengkulu tergolong daerah yang patut diwaspadai terhadap bahaya gempa dan tsunami. Suwarsono (2003) mengungkapkan bahwa terdapat 4 kecamatan dari 9 kecamatan di Kota Bengkulu tergolong rawan terhadap bencana tsunami.

Antispasi Pemerintah Kota Bengkulu terhadap ancaman bencana tsunami sudah dimulai tahun 2006, dimana pada saat itu telah dibuat beberapa titik aman dan titik berkumpul. Namun penanganan apabila terjadi tsunami tidak cukup hanya dengan penentuan titik berkumpul (daerah yang aman terhadap tsunami) tetapi juga harus mengetahui daerah-daerah mana saja yang rawan terhadap bencana tsunami, dengan cara memvisualisasikan daerah tersebut melalui peta kerawanan yang disertai dengan jalur evakuasi. Rencana Tata Ruang dan Wilayah (RTRW) Kota Bengkulu yang ada saat ini belum mengakomodasi pemetaan daerah rawan bencana baik rawan bencana tsunami, dan gempa bumi. Dilihat dari dokumen RTRW Kota Bengkulu, belum ada perencanaan yang spesifik dan secara khusus mengatur perencanaan, penataan dan pemanfaatan lahan sebagai ruang evakuasi bencana tsunami. Perencanaan tata ruang yang selama ini dibuat lebih banyak berorientasi ke darat dan hampir sama sekali tidak menyentuh aspek pesisir (Fauzi, 2006a dan Fauzi, 2006b) Lemahnya sistem informasi kebencanaan khususnya bencana tsunami dan gempa bumi di Kota Bengkulu perlu diantisipasi dengan melakukan penelitian yang bertujuan untuk meningkatkan sistem informasi kebencanaan melalui pendekatan spasial.

Berdasarkan pemantauan saat terjadi gempa bumi sering terjadi kepadatan pada jalur-jalur jalan karena tidak ada pemisahan antara jalur pejalan kaki dan kendaraan. Untuk itu perlu ada upaya menentukan jalur-jalur jalan yang semestinya dilewati agar terhindar dari hambatan akibat kepadatan jalur dan lebih cepat sampai ke tujuan.

Untuk membantu memberikan gambaran yang jelas dan akurat mengenai lokasi, jarak serta aksesibilitas antara lokasi aman dengan daerah yang rawan terhadap bencana tsunami dapat digunakan pemodelan spasial yang didapat dari integrasi teknik penginderaan jauh dan SIG. Diharapkan dengan penelitian tentang penentuan daerah rawan tsunami dan jalur evakuasi yang dilakukan, serta *output* peta yang dihasilkan dapat memberikan informasi tentang kebencanaan kepada masyarakat dalam menghadapi bencana tsunami di Kota Bengkulu.

BAB IV

METODE PENELITIAN

Penelitian ini diusulkan untuk didanai selama dua tahun, secara umum dibagi dalam dua tahap kegiatan, yaitu:

1. Mengidentifikasi dan menganalisis karakteristik daerah pesisir Kota Bengkulu terhadap resiko bencana tsunami melalui interpretasi dan pengolahan citra satelit penginderaan jauh untuk membuat peta citra satelit dan penggunaan lahan.
2. Pemodelan spasial daerah pesisir Kota Bengkulu terhadap resiko bencana tsunami melalui teknik analisis spasial menggunakan perangkat SIG yang dituangkan dalam bentuk peta kerawanan dan peta jalur evakuasi bencana tsunami di Kota Bengkulu.

4.1. Wilayah Studi

Secara umum batasan wilayah studi yang akan dikaji adalah wilayah pesisir Kota Bengkulu. Wilayah Pesisir Kota Bengkulu terletak di pantai barat Sumatera dengan garis pantai yang memanjang yang berorientasi arah barat laut ke tenggara sepanjang ± 60 km. Wilayah Pesisir Kota Bengkulu merupakan wilayah yang unik dengan garis pantai yang memanjang dari arah timur laut ke tenggara. Wilayah Pesisir Kota Bengkulu yang terletak di pantai barat Sumatera berbatasan dengan Samudera Hindia dengan dasar yang curam di sebelah barat dan pegunungan Bukit Barisan di sebelah timur. Batas wilayah pesisir Kota Bengkulu ke arah laut adalah Samudera Hindia dengan lereng dasar perairan yang curam mulai dari garis pantai sampai batas teritorial sejauh 4 mil dari garis pantai ke laut lepas, sedang ke arah darat sampai batas administrasi kecamatan/desa pesisir.

4.2. Pelaksanaan Kegiatan

4.2.1. Kegiatan Penelitian

Pada tahun kedua kegiatan penelitian akan difokuskan pada pemodelan spasial tentang daerah-daerah rawan tsunami dan jalur evakuasi jika terjadi bencana tsunami. Cara yang digunakan dalam penelitian ini adalah gabungan antara teknik interpretasi penginderaan jauh dan pemodelan spasial dengan Sistem Informasi Geografis.

Kegiatan tahun kedua akan diawali dengan melakukan studi awal tentang terjadinya tsunami dan dampak bencana tsunami. Studi awal ini dimaksudkan untuk menghimpun data dan informasi tentang bencana tsunami di Kota Bengkulu. Setelah aktifitas ini dilakukan baru melaksanakan tahapan penelitian yang akan dilaksanakan pada tahun kedua. Uraian setiap tahapan penelitian seperti berikut:

Tahap 1. Pada tahapan ini akan dilakukan kegiatan pengumpulan data baik data primer maupun data sekunder. Data primer didapat dari data penginderaan jauh (citra satelit) dan melalui observasi serta survey di lokasi penelitian, sedangkan pengumpulan data sekunder dilakukan melalui penelusuran berbagai pustaka yang ada di berbagai instansi pemerintah dan swasta. Data yang akan dikumpulkan terdiri atas data spasial dan non-spasial berupa peta, laporan penelitian, laporan kegiatan. Data-data pendukung juga akan di cari melalui katalog manuskrip, laporan penyelidikan lapangan, pengalaman pribadi, berita koran, rekaman film dan video.

Tahap 2. Tahap 2 merupakan tahap analisis data yang diperoleh pada tahap 1. Analisis data yang dilakukan meliputi analisis spasial terhadap lokasi penelitian mencakup 2 tahapan kegiatan, yaitu (a) pengolahan citra penginderaan jauh melalui interpretasi citra melalui digitasi *on screen*, (b) pemodelan spasial dan pemodelan numerik tentang tsunami. Pemodelan numerik dilakukan untuk menentukan ketinggian *run up* tsunami melalui data-data numerik. Model dapat dimulai dari

skenario terburuk. Informasi ini kemudian menjadi dasar pembuatan peta kelas genangan tsunami.

Tahap 3. Pemodelan spasial kelas genangan tsunami mengacu pada kriteria kerusakan yang dibuat Imamura dan Iida (1949) dalam Diposaptono dan Budiman (2008), dengan memanfaatkan aplikasi Sistem Informasi Geografis. Parameter yang akan digunakan dalam kegiatan penelitian ini adalah Topografi (lereng), Penutup Lahan, dan Daerah Genangan. Pemodelan genangan tsunami mengacu pada model yang dikembangkan oleh McSaveney dan Rattenbury (Berryman, 2006) dengan variabel penyusun yaitu skenario ketinggian *run-up* tsunami di garis pantai, koefisien kekasaran dan lereng. Skenario ketinggian *run-up* yang digunakan pada penelitian ini akan mengacu pada penelitian yang dilakukan oleh Synolakis, dkk (2008). Peta koefisien kekasaran diperoleh dari peta penggunaan lahan hasil ekstraksi tutupan lahan yang dihubungkan nilai koefisien kekasaran yang dikembangkan oleh Damanik (2008). Peta lereng dihasilkan dari DEM (*Digital Elevation Model*) yang di ekstrak dari Peta Rupa Bumi Indonesia lembar Kota Bengkulu. Penurunan ketinggian air pada masing-masing piksel dihitung dengan persamaan McSaveney dan Rattenbury (Berryman, 2006)

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

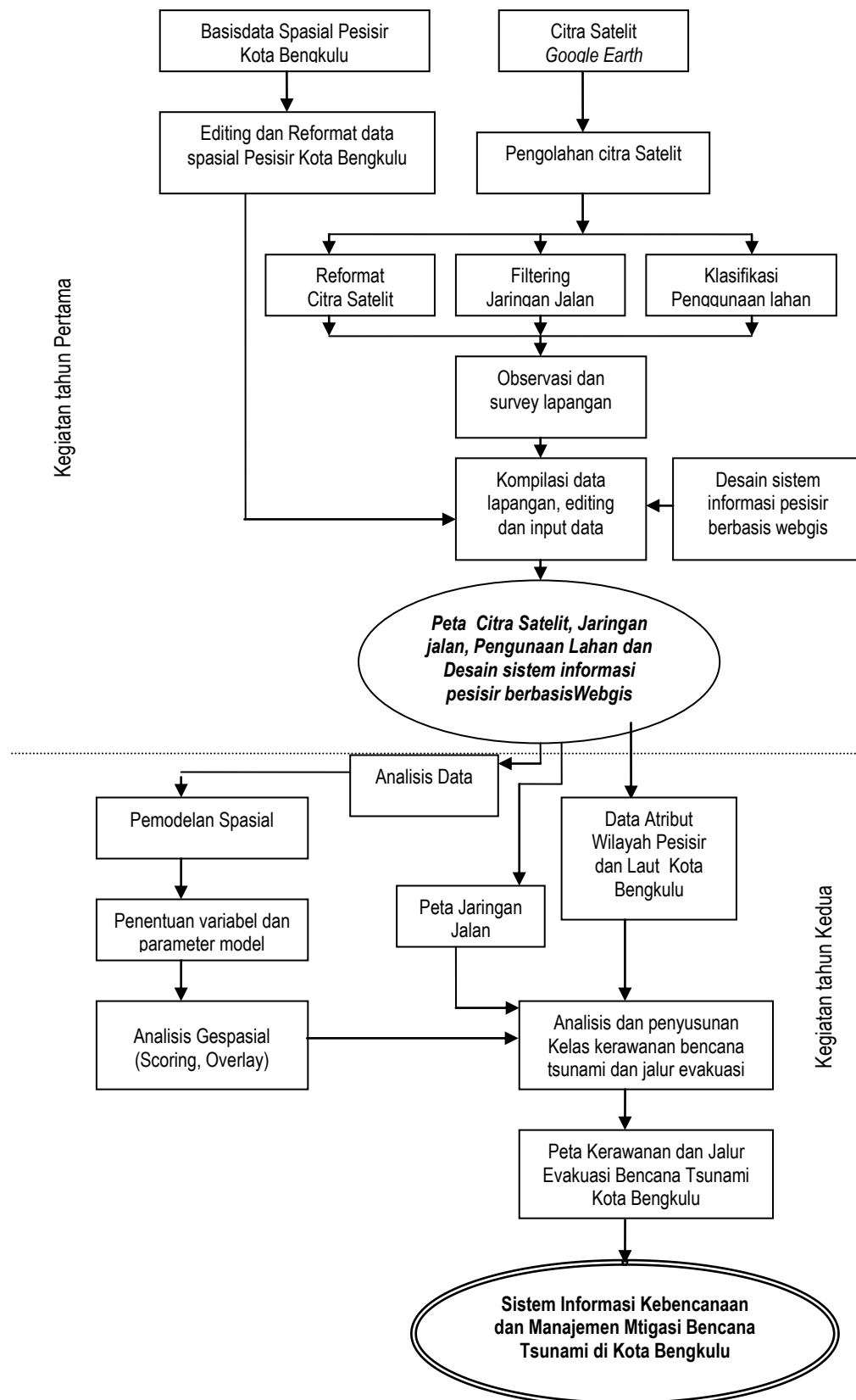
dimana

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

Nilai penurunan ketinggian kemudian diplot dalam peta Kota Bengkulu untuk memperoleh jarak genangan dan ketinggian genangan yang masuk ke darat melalui teknik interpolasi spasial Kriging. Kajian efektivitas penggunaan lahan (kekasaran permukaan) dalam mengurangi ketinggian genangan di analisis berdasarkan jangkauan genangan dan skenario ketinggian tsunami.

Indikator keberhasilan dari kegiatan tahun kedua adalah dihasilkannya model spasial berupa peta kelas genangan tsunami di lokasi penelitian. Hasil pemodelan spasial akan didapat peta kerawanan tsunami dan akan dilanjutkan dengan analisis spasial terhadap jaringan jalan yang ada di Kota Bengkulu, untuk menentukan jalur evakuasi bencana tsunami di Kota Bengkulu. Penentuan daerah rawan tsunami dan jalur evakuasi dilakukan berdasarkan data ketinggian maksimum tsunami dipantai dan kondisi topografi wilayah. Informasi tutupan lahan dan infrastruktur (jalan, jembatan, dan bangunan) diekstraksi dari citra satelit. Semua informasi yang diperoleh dari data penginderaan jauh dan data sekunder diintegrasikan dan dianalisis menggunakan model geospasial untuk menentukan jalur evakuasi. Jalur evakuasi yang dibuat akan mempertimbangkan keberadaan sungai, bangunan-bangunan yang dapat dijadikan tempat perlindungan, titik berkumpul, jaringan jalan, dan jarak terdekat menuju tempat perlindungan atau daerah aman. Penentuan jalur evakuasi bencana tsunami akan disusun dengan mengikuti Panduan Pembuatan Peta Jalur Evakuasi Bencana Tsunami yang ditulis oleh Permana.H, dkk, 2007.

Secara skematis penelitian tahun pertama dan tahun kedua dapat digambarkan pada diagram alir penelitian berikut ini:



Gambar 3 Diagram alir penelitian

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1. Kondisi Umum Kota Bengkulu

5.1.1 Letak Geografis dan Luas Wilayah

Berdasarkan letak geografis, Kota Bengkulu berada pada rentang koordinat 30° 45' – 30° 59' Lintang Selatan dan 102° 14' – 102° 22' Bujur Timur. Kota Bengkulu memiliki pantai yang merupakan rangkaian dari pantai bagian Barat Pulau Sumatera yang berhadapan langsung dengan Samudera Hindia. Lingkungan pantai yang berhadapan dengan rezim energi (gelombang) kuat, yang dipengaruhi oleh *swell* dan diperkirakan menimbulkan erosi alami pantai akibat gelombang besar tersebut. Erosi alami pantai atau abrasi pantai ini berpotensi untuk menimbulkan sedimen pada garis pantai dan hal ini akan diperparah oleh suplai sedimen dari das besar yang terletak di sekitar Kota Bengkulu.

Secara administratif, Kota Bengkulu mempunyai luas wilayah daratan sekitar 151,7 km², ditambah 1 pulau dengan luas 2 Ha dan lautan seluas 387,6 Km² yang terdiri dari 9 kecamatan dan 67 kelurahan. Wilayah pesisir Kota Bengkulu umumnya mempunyai ketinggian antara 0 – 50 m diatas permukaan laut (dpl). Wilayah yang terluas dengan ketinggian 0 – 10 m (dpl) yaitu sekitar 10,248 Ha atau sekitar 70,91 % dari seluruh luas wilayah yang ada di Kota Bengkulu. Berdasarkan kemiringan lahannya, terlihat bahwa sekitar 9,850 Ha luas wilayah pesisir Kota Bengkulu mempunyai kemiringan lahan antara 0 - 3 % atau 68,15 % dari total luas wilayah.

Berdasarkan Buku Induk kode dan data wilayah administrasi pemerintahan per Provinsi, Kabupaten/Kota dan Kecamatan Seluruh Indonesia menyatakan bahwa Kota Bengkulu melakukan Pemekaran sesuai dengan Pemekaran Kecamatan Perda No.

3/2011 Kota Bengkulu melakukan pemekaran kecamatan menjadi 9 kecamatan dengan menambah **Kecamatan Singaran Pati** yang terdiri dari 6 kelurahan yaitu kelurahan Panorama, kelurahan Jembatan Kecil, Kelurahan Dusun Besar, Kelurahan Padang Nangka, kelurahan Timur Indah, dan kelurahan Lingkar Timur. Pemekaran ini akan merubah peta administrasi Kota Bengkulu, sehingga harus dilakukan editing dan reformat peta administrasi yang telah ada. Editing peta administrasi Kota Bengkulu dilakukan dengan menggunakan software Arcview melalui tahapan pembentukan poligon baru. Poligon yang dijadikan acuan dalam pembentukan adalah poligon-poligon kelurahan yang termasuk dalam kecamatan pemekaran.

5.1.2 Topografi

a. Ketinggian

Sebagian besar Kota Bengkulu terletak pada ketinggian antara 0 – 100 m/dpl. Lokasi dengan titik tertinggi (hingga 100 m/dpl) berada di bagian tenggara (Kecamatan Selebar). Sementara titik terendah (antara 0 m/dpl – 10 m/dpl) di bagian Selatan, Utara dan Timur, sedangkan Pusat Kota Bengkulu sendiri berada pada ketinggian antara 10 – 25 m/dpl.

b. Kemiringan

Secara umum wilayah Kota Bengkulu didominasi oleh kelas lereng datar, yang mencapai 88,09% (12.730,7 Ha), yang terdiri dari 2 (dua) kelas kemiringan lereng yaitu kemiringan lerengnya 0 – 3% dengan luas 8.145,38 Ha dan sekitar 4.585,32 Ha kemiringan lereng 3 – 8% yang sesuai untuk pengembangan pembangunan kota.

Wilayah dengan kemiringan 0 – 3% ini terletak di daerah bagian Barat, Selatan dan Timur Laut Kota Bengkulu, sedangkan kemiringan lereng 3 – 8% sebagian di Utara, pusat kota yang memanjang ke arah Tenggara Kota Bengkulu.

Tabel 3. Kemiringan Lereng Kota Bengkulu

Nilai Kemiringan	Kelas	Luas (Ha)	Persentase (%)
0 - 3 %	Datar	8.145,38	56,36
3 - 8 %	Agak Landai	4.585,32	31,72
8 - 15 %	Landai	1.705,19	11,79
15 - 40 %	Agak Curam	16,11	0,11
Jumlah		14.452,00	100

Sumber : Perencanaan Minipolitan Pulau Baii Kota Bengkulu, Tahun 2010

Wilayah Kota Bengkulu mempunyai ketinggian antara 0 – 16 meter di atas permukaan laut, dengan keadaan topografi 70% datar dan bergelombang terdiri dari daerah pedataran, pedataran pantai dan daerah berawa-rawa, dan daerah perbukitan kecil dengan di beberapa tempat merupakan cekungan alur sungai (30%) dengan beberapa relief-relief kecil. Secara keseluruhan, wilayah ini merupakan punggung-punggung yang relatif datar, membujur dari Utara ke Selatan dengan tepi bagian timur terdapat banyak tanah-tanah rawa. Daerah bagian Timur ini sering tergenang air pada waktu musim penghujan.

5.2 Pemodelan Genangan Tsunami

Data penginderaan jauh dalam penelitian menggunakan citra *google earth* dengan perekaman tahun 2009. Citra *google earth* di unduh dan dimosaic dengan bantuan *software Photoshop*. Dari data penginderaan jauh di ekstraksi tutupan lahan dan penggunaan lahan yang kemudian di konversi menjadi kekasaran permukaan yang dimodifikasi sesuai dengan kebutuhan dan tujuan dalam penelitian. Delineasi penggunaan lahan ini digunakan untuk menentukan koefisien kekasaran permukaan. Koefisien kekasaran ini penting karena akan sangat berpengaruh ketika pemodelan genangan akibat tsunami dilakukan. Klasifikasi penggunaan lahan yang terdapat dalam Kota Bengkulu saat ini banyak didominasi pemukiman, dan sawah. Komposisi

dan luasan masing-masing penggunaan lahan di Kota Bengkulu dapat dilihat dalam tabel berikut.

Tabel 4. Komposisi Penggunaan Lahan Daerah Penelitian

No	Penggunaan Lahan	Luas Penggunaan lahan	
		(Ha)	%
1	Pemukiman	3473,8	22.9
2	Kebun Campuran	2616,9	17.2
3	Hutan Pantai	460,6	3.0
4	Lahan Terbuka	1986,1	13.1
5	Sawah	3169	20.9
6	Semak Belukar	2777,8	18.3
7	Taman Wisata Alam	183	1.2
8	Penggunaan Lahan Lain	505,0	3.3
Jumlah		15172,2	

Sumber : Hasil analisis spasial

5.2.1 Koefisien Kekasaran Permukaan

Hasil perumusan koefisien kekasaran permukaan yang diturunkan dari tutupan lahan/penggunaan lahan yang terekam dalam citra penginderaan jauh dan disesuaikan dengan penggunaan lahan yang ada di lokasi penelitian. Parameter kekasaran permukaan dan kemiringan lereng merupakan parameter yang dapat mengurangi energi ketinggian tsunami di daratan. Penggunaan lahan yang akan digunakan sebagai variabel koefisien kekasaran permukaan adalah seperti yang terlihat dalam tabel 5. Tabel ini menampilkan daftar koefisien kekasaran permukaan khusus digunakan untuk menghitung aliran air yang melalui beberapa tipe penggunaan lahan yang berbeda (Aida, 1977 dan Kotani, 1998 dalam Permana, 2010).

Tabel 5. Koefisien kekasaran permukaan

No	Penggunaan lahan	Koefisien kekasaran permukaan
1	Pemukiman padat	0.080
2	Pemukiman sedang	0.050
3	Vegetasi kerapatan tinggi	0.070
4	Vegetasi kerapatan rendah	0.040
5	Lahan lainnya	0.020

Sumber : Permana (2010) dengan modifikasi

Kategori penggunaan lahan yang di tentukan dalam penelitian ini merupakan kajian literatur yang di sadur dari Permana (2010). Adapun kategori lahannya dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Pemukiman Padat adalah bangunan tanpa halaman, bangunan seperti ruko, rumah dan lain-lain. Di wilayah Kota Bengkulu bangunan seperti ini banyak dijumpai di Kecamatan Teluk Segara
2. Pemukiman Sedang adalah bangunan yang memiliki halaman, bangunan seperti ini banyak dijumpai di Kecamatan Ratu Samban.
3. Vegetasi Kerapatan Tinggi adalah vegetasi dengan jarak antar pohon kurang dari 3 meter, memiliki komposisi berupa cemara laut, waru laut, ketapang dan mangrove. Kawasan vegetasi seperti ini dapat dijumpai di Kecamatan Gading Cempaka.
4. Vegetasi Kerapatan Sedang adalah vegetasi jarak antar pohon lebih dari 3 meter memiliki komposisi berupa cemara laut, waru laut, ketapang dan mangrove. Kawasan ini dapat dijumpai di Kecamatan Ratu Samban.
5. Lahan lainnya adalah lahan kosong, rawa, sawah, semak belukar, kebun palawija atau vegetasi lain dengan tinggi kurang dari 2 meter.

5.2.2 Model Penurunan Ketinggian Gelombang Tsunami

Tahap pertama yang dilakukan adalah melakukan pemodelan genangan ke arah darat berdasarkan variasi ketinggian run-up tsunami. Menurut Berryman (2006) menyatakan bahwa parameter untuk pemodelan tsunami pada dasarnya cukup dianalisis dengan parameter kemiringan lereng dan kekasaran permukaan. Pemodelan genangan tsunami menggunakan aplikasi perangkat SIG dengan interpolasi ketinggian genangan berdasarkan perhitungan ketinggian genangan tsunami di darat.

Pemodelan daerah tergenang disimulasikan dengan menghitung penurunan ketinggian gelombang tsunami dengan mempertimbangkan kemiringan, koefisien kekasaran permukaan, dan ketinggian gelombang. Parameter kekasaran permukaan dan kemiringan lereng dimasukkan kedalam persamaan (1) di daratan dengan skenario run up tsunami 5, 15 dan 30 meter. Hasil dari persamaan (1) menghasilkan titik-titik penurunan ketinggian tsunami di daratan.

Analisis perhitungan penurunan ketinggian gelombang tsunami dengan menggunakan persamaan McSaveney dan Rattenbury (Berryman, 2006) :

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

dimana

H_{loss} = penurunan ketinggian air per meter dari jarak genangan

n = koefisien kekasaran permukaan

H_0 = ketinggian air pada garis pantai

S = kelerengan

Hasil analisis perhitungan persamaan tersebut diselesaikan dengan menggunakan software, hasil perhitungan dapat disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 6. Perhitungan penurunan ketinggian tsunami berdasarkan kemiringan lereng, kekasaran permukaan dan *run up* 5 meter

No	Jenis Penggunaan Lahan	Nilai Kekasaran	Derajat							
			1	2	3	4	5	6	7	8
1	Pemukiman Padat	0.08	0.0431	0.0518	0.0606	0.0693	0.0780	0.0867	0.0953	0.1040
2	Pemukiman Sedang	0.05	0.0222	0.0309	0.0396	0.0483	0.0570	0.0657	0.0744	0.0830
3	Vegetasi Kerapatan Tinggi	0.07	0.0351	0.0438	0.0525	0.0612	0.0699	0.0786	0.0873	0.0959
4	Vegetasi Kerapatan Sedang	0.04	0.0173	0.0260	0.0348	0.0435	0.0522	0.0609	0.0695	0.0782
5	Lahan lainnya	0.02	0.0109	0.0196	0.0283	0.0370	0.0457	0.0544	0.0631	0.0717

Sumber : Hasil Analisis (2014)

Tabel 7. Perhitungan penurunan ketinggian tsunami berdasarkan kemiringan lereng, kekasaran permukaan dan *run up* 15 meter

No	Jenis Penggunaan Lahan	Nilai Kekasaran	Derajat							
			1	2	3	4	5	6	7	8
1	Pemukiman Padat	0.08	0.0521	0.0608	0.0695	0.0782	0.0869	0.0956	0.1043	0.1129
2	Pemukiman Sedang	0.05	0.0257	0.0344	0.0431	0.0518	0.0605	0.0692	0.0779	0.0865
3	Vegetasi Kerapatan Tinggi	0.07	0.0419	0.0506	0.0593	0.0681	0.0768	0.0854	0.0941	0.1028
4	Vegetasi Kerapatan Sedang	0.04	0.0196	0.0283	0.0370	0.0457	0.0544	0.0631	0.0718	0.0804
5	Lahan lainnya	0.02	0.0114	0.0202	0.0289	0.0376	0.0463	0.0550	0.0636	0.0723

Sumber : Hasil Analisis (2014)

Tabel 8. Perhitungan penurunan ketinggian tsunami berdasarkan kemiringan lereng, kekasaran permukaan dan *run up* 30 meter

No	Jenis Penggunaan Lahan	Nilai Kekasaran	Derajat							
			1	2	3	4	5	6	7	8
1	Pemukiman Padat	0.08	0.0712	0.0800	0.0887	0.0974	0.1061	0.1148	0.1234	0.1321
2	Pemukiman Sedang	0.05	0.0331	0.0419	0.0506	0.0593	0.0680	0.0767	0.0854	0.0940
3	Vegetasi Kerapatan Tinggi	0.07	0.0566	0.0653	0.0740	0.0827	0.0914	0.1001	0.1088	0.1174
4	Vegetasi Kerapatan Sedang	0.04	0.0244	0.0331	0.0418	0.0505	0.0592	0.0679	0.0766	0.0852
5	Lahan lainnya	0.02	0.0126	0.0214	0.0301	0.0388	0.0475	0.0562	0.0648	0.0735

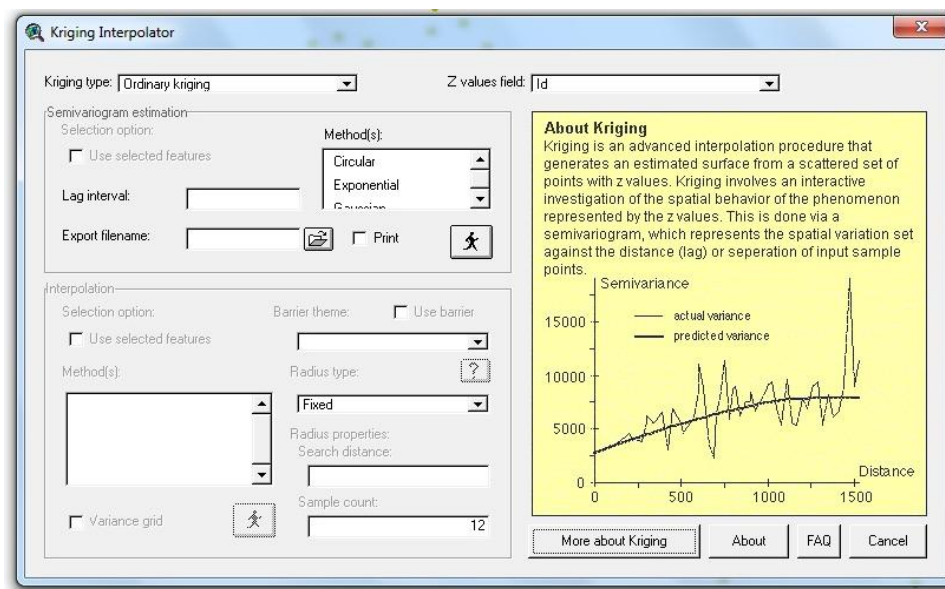
Sumber : Hasil Analisis (2014)

5.2.3. Analisis Genangan Tsunami

Berdasarkan hasil perhitungan perhitungan *run up* tsunami tabel 7, 8 dan 9 didapatkan titik ketinggian yang selanjutnya diinput kedalam peta kerja yang didapat dari overlay peta lereng dan peta penggunaan lahan. Pemodelan daerah tergenang disimulasikan dengan menghitung perambatan genangan tsunami dengan mempertimbangkan kemiringan, koefisien kekasaran permukaan, dan ketinggian gelombang. Parameter kekasaran permukaan dan kemiringan lereng dimasukkan

kedalam persamaan (1) di daratan dengan simulasi ketinggian tsunami 5 meter, 15 meter, dan 30 meter.

Proses input titik ketinggian pada peta didasarkan pada jarak jangkauan genangan tsunami sampai kedaratan yang merupakan hasil dari proses buffer terhadap garis pantai Kota Bengkulu. Hasil plot titik ketinggian selanjutnya diinterpolasi secara spasial menggunakan interpolasi Kriging dengan memanfaatkan extension Kriging Interpolator 3,2 SA. Dalam pemetaan daerah tergenang digunakan *Ordinary Kriging* dengan menggunakan *software Arcview 3.2*.



Gambar 4. Kriging Interpolator 3,2 SA

Metode *Kriging* sangat banyak menggunakan sistem komputer dalam perhitungan. Kecepatan perhitungan tergantung dari banyaknya sampel data yang digunakan dan cakupan dari wilayah yang diperhitungkan. Metode *Kriging* memberikan ukuran *error* dan *confidence*. Metode ini menggunakan *semivariogram* yang merepresentasikan perbedaan spasial dan nilai diantara semua pasangan sampel data. *Semivariogram* juga menunjukkan bobot (*weight*) yang digunakan dalam interpolasi. *Semivariogram* dihitung berdasarkan sampel *semivariogram* dengan jarak h , beda nilai z dan jumlah sampel data n diperlihatkan pada persamaan berikut

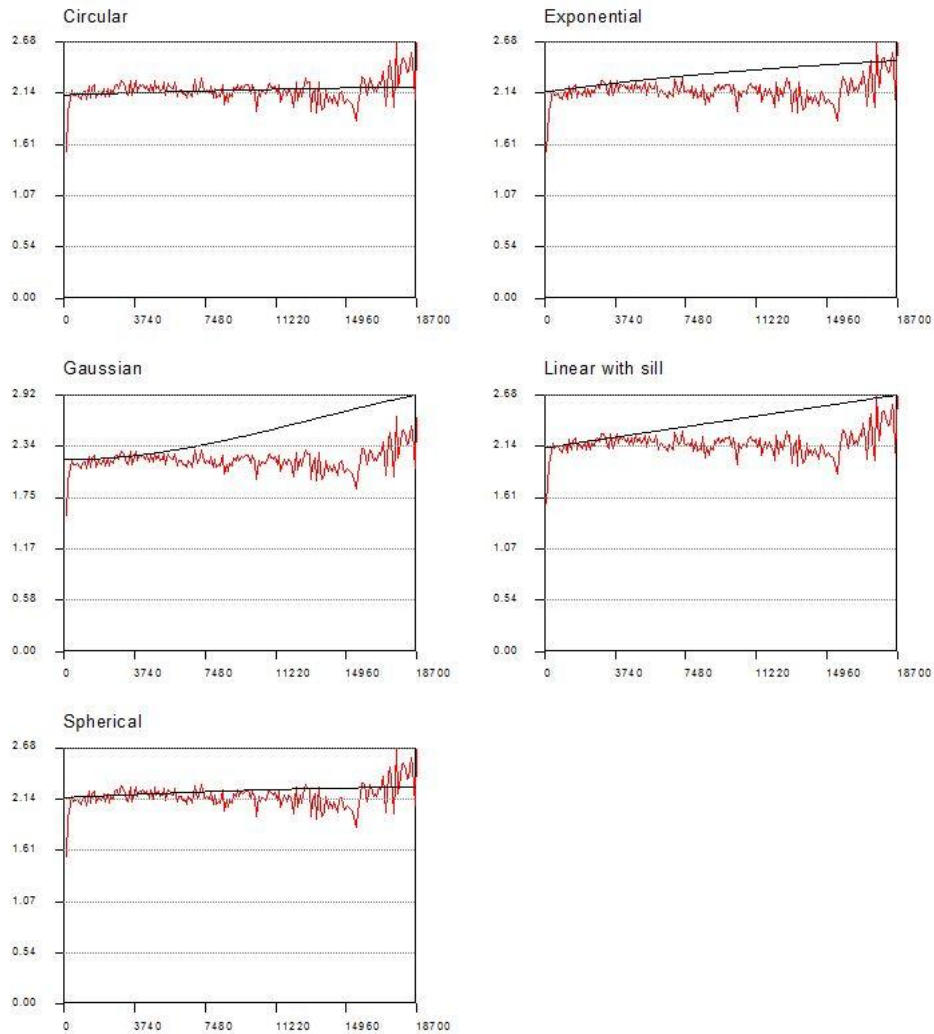
$$y^*(h) = \frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n (z(x_i) - z(x_i + h))^2 \quad (2)$$

Pada jarak yang dekat (sumbu horisontal), *semivariance* bernilai kecil. Tetapi pada jarak yang lebih besar, *semi-variance* bernilai tinggi yang menunjukkan bahwa variasi dari nilai z tidak lagi berhubungan dengan jarak sampel point. Jenis *Kriging* yang bisa dilakukan adalah dengan cara *spherical*, *circular*, *exponential*, *gaussian* dan *linear*. Tahapan dalam menggunakan metode ini adalah: analisa statistik dari sampel data, pemodelan variogram, membuat hasil interpolasi dan menganalisa nilai variance. Metode ini sangat tepat digunakan bila kita mengetahui korelasi spasial jarak dan orientasi dari data. Oleh sebab itu, metode ini sering digunakan dalam bidang ketanahan dan geologi. Kelemahan dari metode ini adalah tidak dapat menampilkan puncak, lembah atau nilai yang berubah drastic dalam jarak yang dekat (Pramono, 2008).

Metode *Kriging* yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan model *semivariogram eksprimental Eksponensial, Spherical, Gauss, Circular dan Linier*. Dari kelima *semivariogram* tersebut dipilih *semivariogram* yang terbaik yang mempunyai nilai RMSE yang terkecil untuk *run-up* 5 meter, 15 meter, dan 30 meter.

5.2.3.1 Analisis Genangan Tsunami pada Skenario Run Up 5 meter

Pemodelan genangan tsunami dengan interploasi kriging pada skenario *Run up* 5 meter diawali dengan menentukan *semivariogram* dari masing-masing metode kriging. Hasil perhitungan *semivariogram* pada run up 5 meter disajikan dalam gambar berikut:



Gambar 5 Semivariogram pada skenario *Run up* 5 meter

Dari proses perhitungan semivariogram dengan mengambil nilai Lag interval 100 didapatkan nilai variansi dan RMSE dari masing-masing metode dengan hasil sebagai berikut:

Tabel 9. Nilai Semivariogram dan RMSE dengan *run up* 5 meter

Metode	AIC	BIC	SSE	RMSE
Circular	205,01	214,7	3	0,13
Exponential	424,55	434,25	9	0,23
Gaussian	632,49	642,18	29	0,39
Linear with Sill	524,16	533,86	16	0,30
Spherical	238,09	248,58	3	0,14

Sumber : Hasil perhitungan Kriging Interpolator 3,2 A (2014)

Berdasarkan tabel diatas bahwa nilai RMSE yang terkecil dari ke lima metode sebesar 0,13 di hasilkan dari metode Circular, sehingga proses interpolasi genangan tsunami pada skenario run up 5 meter menggunakan metode Circular. Peta genangan tsunami yang sampai kedaratan Kota Bengkulu dengan menggunakan metode kriging Circular dapat dilihat dalam lampiran 1.

Dari hasil pemodelan genangan tsunami menunjukkan bahwa pada skenario tinggi run up tsunami 5 meter luas daerah yang tergenang hanya 328,1 Ha (2,1 %) dari seluruh luas Kota Bengkulu. Berdasarkan hasil simulasi dan pemetaan genangan tsunami pada Kota Bengkulu didapatkan bahwa kecamatan Sungai Serut, Ratu Samban, Teluk Segara dan Kampung Melayu yang mempunyai resiko tinggi terhadap bencana tsunami



dengan run up 5 meter. Jarak jangkauan genangan tsunami berkisar antara 50 – 100 meter pada kemiringannlereng agak landai, seangkan pada kemiringan lereng datar tsunami bisa mencapai 200 meter kedaratan. Hal ini disebabkan bahwa kekasaran permukaan yang terdapat di wlayah ini memiliki koefisien yang lebih kecil dibanding dengan wilayah yang lain. Tsunami dapat masuk jauh kedaratan pada daerah yang memiliki faktor hambatan kecil yang jenis lahannya di dominasi oleh lahan kosong dan vegetasi tergolong kedalam vegetasi dengan kerapatan rendah. Pemukiman didaerah ini juga tergolong kedalam pemukiman sedang dan vegetasi dengan tingkat kerapatan rendah. Dengan kondisi lahan yang seperti ini penurunan ketinggian air

(tsunami) ketika memasuki daratan relatif lebih landai sehingga tsunami mampu jauh masuk ke daratan.

5.2.3.2 Analisis Genangan Tsunami pada Skenario *Run Up* 15 meter

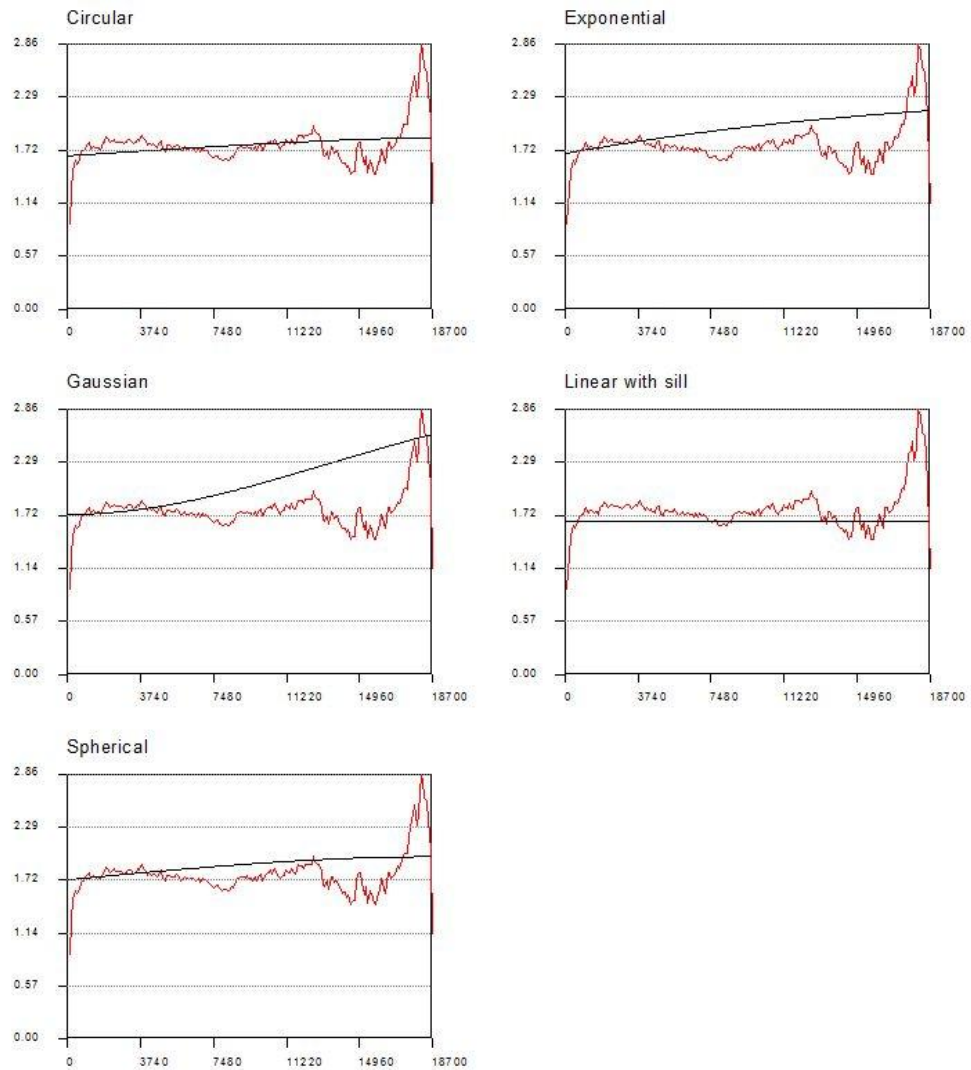
Pemodelan genangan tsunami dengan interpolasi kriging pada skenario *Run up* 15 meter diawali dengan menentukan semivariogram dari masing-masing metode kriging. Hasil perhitungan semivariogram pada run up 15 meter disajikan dalam gambar 6. Dari proses perhitungan semivariogram dengan mengambil nilai Lag interval 100 didapatkan nilai variansi dan RMSE dari masing-masing metode didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 10. Nilai Semivariogram dan RMSE dengan runup 15 meter

Metode	AIC	BIC	SSE	RMSE
Circular	417,19	426,88	9	0,22
Exponential	519,37	529,07	16	0,29
Gaussian	659,55	669,24	33	0,42
Linear with Sill	480,12	489,81	13	0,26
Spherical	455,65	564,34	11	0,25

Sumber : Hasil perhitungan Kriging Interpolator 3,2 A (2014)

Berdasarkan tabel diatas bahwa nilai RMSE yang terkecil dari ke lima metode sebesar 0,22 di hasilkan dari metode Circular, sehingga proses interpolasi genangan tsunami pada skenario run up 15 meter menggunakan metode Circular. Peta genangan tsunami yang sampai ke daratan Kota Bengkulu dengan menggunakan metode kriging Circular dapat dilihat dalam lampiran 2:



Gambar 6 Semivariogram pada skenario Run up 15 meter

Dari hasil pemodelan genangan tsunami menunjukkan bahwa pada skenario tinggi run up tsunami 15 meter luas daerah yang tergenang 874,993 Ha (5,7 %) dari seluruh luas Kota Bengkulu. Berdasarkan hasil simulasi dan pemetaan genangan tsunami pada Kota Bengkulu didapatkan bahwa seluruh kecamatan pesisir mempunyai resiko tinggi terhadap bencana tsunami dengan run up 15 meter.

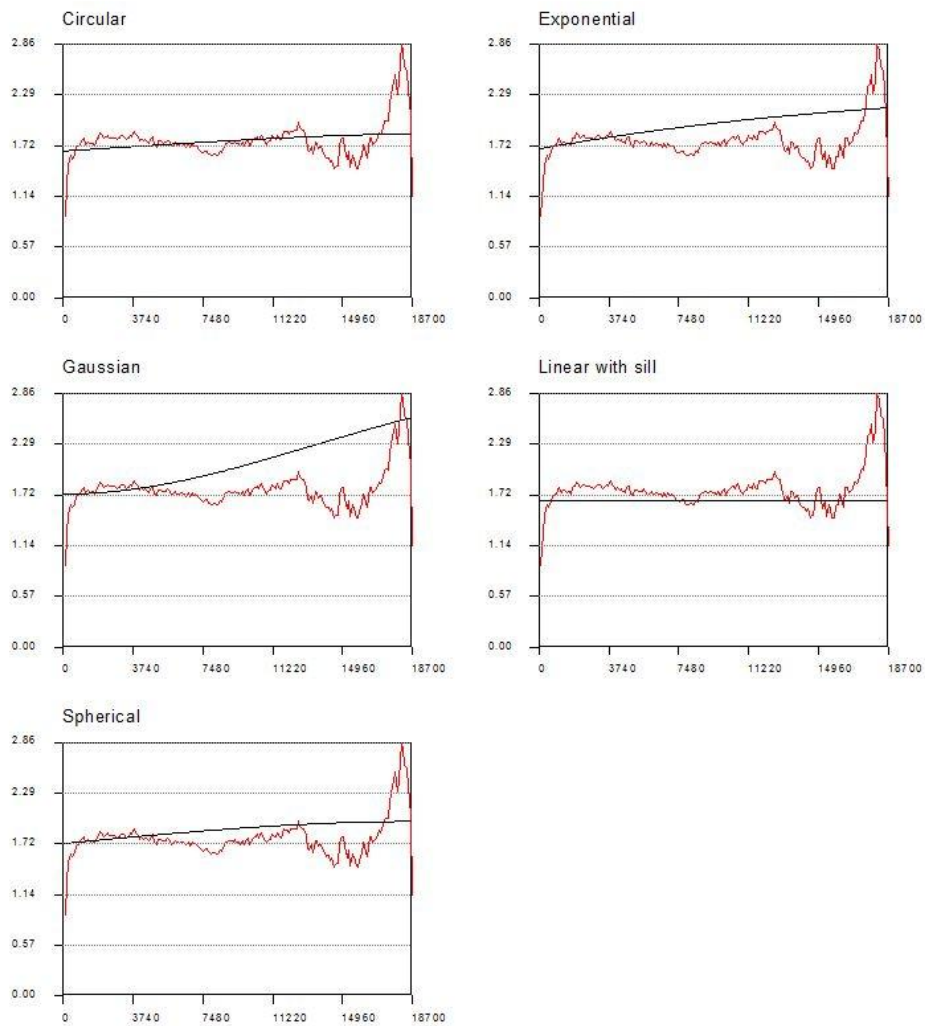
Jarak jangkauan genangan tsunami berkisar antara 100 –300 meter pada kemiringan lereng agak landai, sedangkan pada kemiringan lereng datar tsunami bisa mencapai 900 meter kedaratan. Hal ini disebabkan bahwa kekasaran permukaan yang terdapat di wilayah ini memiliki koefisien yang lebih kecil dibanding dengan wilayah yang lain. Tsunami dapat masuk jauh kedaratan pada daerah yang memiliki faktor hambatan kecil yang jenis



lahannya di dominasi oleh lahan kosong dan vegetasi tergolong kedalam vegetasi dengan kerapatan rendah. Pemukiman didaerah ini juga tergolong kedalam pemukiman sedang dan vegetasi dengan tingkat kerapatan rendah. Dengan kondisi lahan yang seperti ini penurunan ketinggian air (tsunami) ketika memasuki daratan relatif lebih landai sehingga tsunami mampu jauh masuk kedaratan.

5.2.3.3 Analisis Genangan Tsunami pada Skenario Run Up 30 meter

Pemodelan genangan tsunami dengan interpolasi kriging pada skenario *Run up* 30 meter diawali dengan menentukan semivariogram dari masing-masing metode kriging. Penentuan semivariogram pada run up 30 meter tetap menggunakan semivariogram run up 15 meter, hal ini disebabkan penentuan titik-titik ketinggian sudah mewakili dari skenario run up 30 meter. Hasil perhitungan semivariogram pada run up 30 meter disajikan dalam gambar berikut:



Gambar 7 Semivariogram pada skenario Run up 30 meter

Dari proses perhitungan semivariogram dengan mengambil nilai Lag interval 100 didapatkan nilai variansi dan RMSE dari masing-masing metode didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 11. Nilai Semivariogram dan RMSE dengan run up 30 meter

Metode	AIC	BIC	SSE	RMSE
Circular	417,19	426,88	9	0,22
Exponential	519,37	529,07	16	0,29
Gaussian	659,55	669,24	33	0,42
Linear with Sill	480,12	489,81	13	0,26
Spherical	455,65	564,34	11	0,25

Sumber : Hasil perhitungan Kriging Interpolator 3,2 A (2014)

Berdasarkan tabel diatas bahwa nilai RMSE yang terkecil dari ke lima metode sebesar 0,22 di hasilkan dari metode Circular, sehingga proses interpolasi genangan tsunami pada skenario run up 30 meter menggunakan metode Circular. Peta genangan tsunami yang sampai kedaratan Kota Bengkulu dengan menggunakan metode kriging Circular dapat dilihat dalam Lampiran 3.

Dari hasil pemodelan genangan tsunami menunjukkan bahwa pada skenario tinggi run up tsunami 30 meter luas daerah yang tergenang 3148,9 Ha (20,7 %) dari seluruh luas Kota Bengkulu. Berdasarkan hasil simulasi dan pemetaan genangan tsunami pada Kota Bengkulu didapatkan bahwa seluruh kecamatan pesisir mempunyai resiko tinggi terhadap bencana tsunami dengan run up 30 meter. Jarak jangkauan genangan tsunami berkisar antara 300



– 600 meter pada kemiringan lereng agak landai, sedangkan pada kemiringan lereng datar tsunami bisa mencapai 1,6 km kedaratan. Tsunami dapat masuk jauh kedaratan pada daerah yang memiliki faktor hambatan kecil yang jenis lahannya di dominasi oleh lahan kosong dan daerah aliran sungai. Wilayah disekitar Sungai Jenggalu dan Sungai Bengkulu merupakan wilayah yang sangat rawan terhadap genangan tsunami. Pemukiman didaerah ini juga tergolong kedalam pemukiman sedang dan vegetasi dengan tingkat kerapatan rendah. Dengan kondisi lahan yang seperti ini penurunan

ketinggian air (tsunami) ketika memasuki daratan relatif lebih landai sehingga tsunami mampu jauh masuk kedaratan.

5.3 Jalur Evakuasi Bencana Tsunami

Salah satu indikator sikap siaga mengantisipasi bencana tsunami di Kota Bengkulu adalah tersedianya peta jalur evakuasi ke tempat aman dari kawasan rawan tsunami. Peta jalur evakuasi berisi petunjuk evakuasi dari daerah rawan tsunami ke tempat aman, peta ini harus bersifat dinamis disesuaikan dengan informasi yang tersedia yang kemudian dapat disempurnakan lagi sesuai dengan informasi kerentanan terhadap bencana, perkembangan tata ruang kota dan tingkat kepadatan populasi.

Peta jalur evakuasi bencana tsunami di Kota Bengkulu di rancang dengan menggunakan analisis spasial dengan menggunakan software Arcview. Penentuan jalur evakuasi berpedoman kepada aturan yang dikeluarkan oleh Kementerian Negara Riset dan Teknologi (KNRT) tahun 2007 tentang Pedoman Pembuatan peta Jalur Evakuasi Bencana Tsunami (Permana, dkk, 2007).

Prosedur pembuatan peta jalur evakuasi tsunami Kota Bengkulu melalui beberapa tahapan yang terdapat dalam pedoman Pembuatan Peta Jalur Evakuasi Bencana Tsunami. Kegiatan pertama dalam penyusunan peta jalur evakuasi tsunami Kota Bengkulu berupa pengumpulan data dasar. Data dasar yang dikumpulkan dalam penelitian ini adalah peta dasar administrasi, peta lereng, peta jaringan jalan, peta penggunaan lahan, citra satelit (*google earth*) dan modeling tsunami (*run-up* dan *rendaman*) atau zonasi ketinggian. Data-data ini dikumpulkan dari beberapa penelitian yang sejenis dan dokumen-dokumen BPBD Propinsi dan Kota Bengkulu. Selanjutnya dilakukan pengolahan data peta dasar (topografi, citra satelit atau peta Kota Bengkulu) menjadi peta dasar dengan skala yang mudah dibaca masyarakat pada

umumnya. Peta tersebut di dalamnya memuat semua informasi yang digunakan dalam penyusunan peta jalur evakuasi bencana tsunami antara lain memuat informasi garis ketinggian, zonasi kerawanan tsunami, jaringan jalan, nama kelurahan, jaringan sungai dan jembatan.

Mengacu pada peta dasar yang disiapkan, mulai dirancang peta jalur evakuasi dengan prinsip:

1. Menjauhi garis pantai, dan keluar dari daerah rawan tsunami menuju tempat aman terdekat.
2. Jalur evakuasi diupayakan menghindari melintasi sungai atau melewati jembatan.
3. Jalur evakuasi dibuat sistim blok atau zonasi untuk menghindari penumpukan massa pengungsi.
4. Peta jalur evakuasi dilengkapi dengan disain awal penempatan rambu evakuasi rambu evakuasi yang digunakan dalam penelitian adalah rambu-rambu jalur evakuasi yang telah dibuat oleh BPPD Kota Bengkulu yang terdiri dari rambu jalur evakuasi, dan rambu tempat berkumpul.
5. Tersedianya tempat akhir evakuasi ditempat aman terdekat atau bangunan yang memiliki rekomendasi sebagai tempat evakuasi sementara. Tempat evakuasi dapat berupa lapangan atau tempat terbuka lainnya untuk memudahkan pertolongan, distribusi bantuan dan pencatatan.

Survei lapangan dalam penelitian bertujuan memverifikasi kondisi lapangan yang belum tercatat dalam peta dan memeriksa kelayakan semua arah evakuasi yang dirancang di atas peta dan arah evakuasi yang terpasang oleh BPBD Kota Bengkulu. Foto arah evakuasi dan titik berkumpul dapat dilihat dalam gambar berikut



Gambar 8. Rambu-rambu bencana tsunami yang dipasang oleh BPPD Kota Bengkulu

Tambahan data yang dicari pada saat melakukan survey lapangan adalah:

1. Menyelusuri semua jalur jalan yang dirancang untuk jalur evakuasi.
2. Mencari lapangan terbuka di kawasan aman sebagai tempat evakuasi atau mengamati bangunan tinggi yang terletak di kawasan bahaya sebagai tempat

evakuasi sementara (evakuasi vertikal). Bangunan tersebut harus mendapat rekomendasi dari instansi berwenang

3. Mengusulkan tempat-tempat pemasangan rambu evakuasi untuk memudahkan memandu masa pengungsi menuju tempat evakuasi
4. Menentukan jalur jalan paling mungkin dan aman sebagai jalur evakuasi menuju tempat evakuasi
5. Memberi tanda jalur jalan yang tidak boleh dilewati misalnya jembatan.

Dari hasil pengamatan dilapangan terhadap jalur evakuasi yang dibuat oleh BPPD Kota Bengkulu telah terpasang di lokasi yang tepat. Rambu-rambu arah evakuasi yang terpasang di titik beratkan kepada jalur evakuasi menuju ke tempat titik berkumpul seperti yang terdapat dalam tabel 2. Semua rambu arah evakuasi diarahkan kepada titik berkumpul yang terdekat. Tetapi dari hasil pengamatan dan analisis terhadap rambu arah evakuasi dan peta jalur evakuasi yang dibuat oleh BPPD Kota Bengkulu terdapat perbedaan arah evakuasi. Dalam peta evakuasi terdapat beberapa jalur evakuasi yang mengarah ke lokasi-lokasi tertinggi dan menjauhi garis pantai, sedangkan rambu arah evakuasi semua mengarah kepada titik berkumpul. Untuk itu pemetaan jalur evakuasi tsunami yang dilakukan dalam penelitian ini mengkombinasikan arah evakuasi dan lokasi tertinggi serta menjauhi garis pantai. Dalam penelitian ini juga jalur evakuasi dibuat memenuhi kriteria jalur evakuasi bencana tsunami yang dibuat oleh Permana, dkk (2007). Peta Jalur evakuasi bencana tsunami Kota Bengkulu dapat dilihat dalam lampiran 4.

Hasil pengamatan di lapangan juga terdapat penempatan beberapa arah evakuasi khususnya arah evakuasi menuju gedung tinggi tidak sesuai dengan kondisi dilapangan. Arah evakuasi vertical yang terdapat di Kecamatan Ratu Samban

Kelurahan Anggut Bawah di jalan Pantai Nala tidak tepat, karena setelah ditelusuri jalur evakuasi tersebut tidak ditemui evakuasi vertikal (gedung tinggi) yang ada hanya bangunan Masjid At Taqwa (titik Berkumpul). Hal ini juga terdapat pada arah evakuasi vertikal yang terdapat di Kecamatan Gading Cempaka tepatnya di kelurahan Lempuing. Arah evakuasi vertikal mengarah kepada lapangan sekolah Menengah Kejuruan Negeri 2 (SMK N 2) Kota Bengkulu. Jelas hal ini akan menyebabkan masyarakat bingung dalam membaca arah evakuasi tersebut. Pemasangan arah evakuasi di jalur ini sebaiknya arah evakuasi menuju ke titik berkumpul di SMK N 2 Kota Bengkulu. Pemasangan rambu evakuasi bencana tsunami di Kota Bengkulu belum disosialisasikan kepada masyarakat, hal ini terbukti masyarakat belum banyak tahu tentang rambu arah evakuasi tersebut. Untuk itu perlu dilakukan sosialisasi terhadap rambu-rambu dan arah evakuasi bencana tsunami di Kota Bengkulu.

Dari hasil survey lapangan terakhir di Kota Bengkulu telah dibangun sebuah bangunan *Shelter* untuk evakuasi vertikal bencana tsunami. Lokasi pembangunan *Shelter* ini terletak di Kelurahan Teluk Sepang Kecamatan Kampung Melayu Kota Bengkulu. Pembangunan *shelter* di lokasi ini sudah sangat tepat, karena Kelurahan Teluk Sepang merupakan zona yang sangat rawan terhadap bencana tsunami. Selain kelurahan ini terletak di sisi kolam Pelabuhan Pulau Bai dan Akses menuju dan keluar Kelurahan ini hanya ada satu jalan, yaitu jalan menuju Pelabuhan Pulau Bai. Sehingga dengan kondisi seperti hal tersebut, di lokasi ini sudah selayaknya didirikan *shelter* sebagai evakuasi vertikal bencana tsunami. Aktivitas kegiatan pembangunan *Shelter* di Kelurahan Teluk Sepang dapat dilihat dalam gambar berikut:



Gambar 9. Pembangunan Shelter Bencana Tsunami diKelurahan Teluk Sepang Kecamatan Kampung Melayu Kota Bengkulu

Penelitian ini juga merekomendasikan pendirian beberapa *shelter* sebagai evakuasi vertikal bencana tsunami di Kota Bengkulu. Lokasi-lokasi yang direkomendasikan untuk didirikan shelter adalah Kelurahan Rawa Makmur dan Kelurahan Lempuing. Kedua lokasi ini merupakan lokasi pemukiman padat, dengan topografi yang landai dengan ketinggian 1 – 5 meter diatas permukaan laut dan jarak dengan garis pantai < 500 meter. Pertimbangan lain adalah jarak kedua kelurahan ini dengan titik berkumpul juga sangat jauh, sehingga evakuasi yang tepat untuk kedua kelurahan ini adalah evakuasi vertikal yaitu bangunan *shelter* evakuasi bencana tsunami.

Dalam jangka panjang, suatu kawasan rawan tsunami harus memiliki beberapa tempat evakuasi vertikal yang permanen dilengkapi sarana sanitasi, fasilitas kesehatan dan depo logistik. Tempat evakuasi permanen selain dapat berbentuk bangunan, dapat pula berupa lapangan atau ruang terbuka yang dinyatakan aman terhadap bencana tsunami. Dalam suatu peristiwa bencana tsunami, lapangan tersebut langsung dapat dialih fungsikan menjadi tempat evakuasi. Hal yang tidak boleh dilupakan adalah pendidikan keterampilan dan peningkatan pengetahuan masyarakat untuk

kesiapsiagaan mengantisipasi bencana tsunami pada masa depan. Sosialisasi jalur dan tempat evakuasi perlu dilakukan sehingga masyarakat mengenal dan mengetahui arah mana terdekat ke tempat aman.

5.4 Pembahasan

Secara umum hasil pemodelan menunjukkan pengaruh hambatan faktor kekasaran permukaan lahan terhadap genangan tsunami yang sampai ke daratan. Kekasaran permukaan yang mempunyai nilai koefisien tinggi mampu menghadang genangan tsunami seperti permukiman dan gedung bertingkat. Sebaliknya nilai koefisien kekasaran permukaan yang kecil memiliki faktor hambatan kecil juga terhadap genangan tsunami yang masuk ke daratan seperti lahan kosong. Pada wilayah yang memiliki gedung bertingkat dan permukiman padat dengan nilai koefisien kekasaran yang tinggi menyebabkan genangan tsunami teredam dengan baik. Faktor kemiringan lereng juga sangat mempengaruhi hambatan genangan tsunami yang masuk ke daratan. Kontur wilayah yang meninggi cukup baik dalam meredam genangan tsunami.

Berdasarkan hasil pemodelan genangan tsunami pada berbagai skenario run up ditemui wilayah yang sangat rawan terhadap bencana tsunami adalah Daerah Aliran Sungai (DAS) khususnya di daerah muara Sungai Bengkulu. Wilayah ini cenderung memiliki topografi yang datar sampai landai, dan berdasarkan hasil pengamatan lapangan daerah ini juga memiliki permukiman yang padat. Resiko bencana tsunami di wilayah ini cukup besar.

Peran vegetasi dalam menghambat gelombang tsunami cukup efektif, hal ini dapat dibuktikan wilayah yang mempunyai vegetasi dengan kerapatan tinggi jangkauan tsunami ke darat berkurang dibanding wilayah yang tidak memiliki vegetasi. Peran hutan cemara sebagai kawasan cagar alam yang dilindungi yang terdapat di

sepanjang Pantai Panjang Ujung cukup berdampak positif dalam menghambat laju gelombang tsunami.

Pemodelan genangan tsunami berdasarkan skenario run up di Kota Bengkulu masih bersifat manual. Proses penentuan titik ketinggian genangan tsunami berdasarkan model McSaveney dan Rattenbury (Berryman, 2006) dilakukan dengan cara memplot semua titik ketinggian dengan menggunakan *digit on screen* pada peta kerja (peta hasil overlay penggunaan lahantan kemiringan lereng). Tahapan seperti ini akan berakibat kurang tepatnya posisi titik di lapangan. Untuk itu dalam penelitian selanjutnya akan dikembangkan metode yang efektif dan efisien dalam penentuan titik ketinggian penurunan genangan tsunami secara otomatis.

Usaha untuk mengkaji potensi bencana tsunami bisa dilakukan dalam tempo singkat tapi harus dilakukan secara komprehensif, sistematis dan terintegrasi dalam rencana jangka panjang. Sejalan dengan usaha ini maka data base informasi potensi bencana tsunami dan semua peta-peta rawan dan resiko bencana tsunami harus tersedia dan selalu di *update* dan direvisi secara berjangka.

Jalur evakuasi tsunami didasarkan pada syarat-syarat yang telah ditentukan yaitu (Permana, dkk, 2007):

- a. Jalur evakuasi dirancang menjauhi garis pantai dan menjauhi aliran sungai.
Prioritaskan bagi penduduk dari kawasan awas dan waspada
- b. Jalur evakuasi disarankan tidak melintasi sungai atau jembatan
- c. Supaya tidak terjadi penumpukan massa, dibuat beberapa jalur evakuasi paralel.
Prioritaskan daerah pantai yang terbuka tanpa pepohonan penutup (nyiur, cemara pantai, mangrove) atau tanpa batu karang maupun gumuk pasir.

- d. Di daerah berpenduduk padat, dirancang jalur evakuasi berupa sistim blok yang dibatasi oleh aliran sungai, dimana pergerakan massa setiap blok tidak tercampur dengan blok lainnya untuk menghindari kemacetan
- e. Di daerah terlalu landai dimana tempat tinggi cukup jauh, dibuat sistim kawasan aman sementara berupa bangunan bangunan yang direkomendasikan aman sebagai tempat evakuasi sementara (evakuasi vertikal)
- f. Dalam setiap jalur evakuasi diperlukan rambu-rambu evakuasi untuk memandu pengungsi menuju tempat aman

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, peneliti dapat menarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Estimasi tsunami berdasarkan variasi ketinggian *run-up* dapat dilakukan dengan menggunakan pemodelan spasial dengan teknik interpolasi Kriging *Semivariogram* interpolasi Kriging yang terbaik berdasarkan data titik-titik ketinggian di lokasi penelitian adalah *Semivariogram Circular* yang ditandai dengan nilai RMSE yang kecil dibanding *semivariogram Eksponensial*, *Gauss*, *Linier* dan *Spherical*.
2. Hasil pemodelan menunjukkan peran faktor kekasaran permukaan lahan terhadap bencana tsunami mampu menghambat laju genangan tsunami menuju daratan. Kekasaran permukaan yang mempunyai nilai koefisien tinggi mampu menghadang genangan tsunami, sebaliknya kekasaran permukaan yang mempunyai nilai koefisien kecil memiliki faktor hambatan kecil juga terhadap genangan tsunami yang masuk kedaratan.
3. Hasil pemodelan tingkat resiko bencana tsunami pada Kota Bengkulu menunjukkan luas wilayah genangan yang bisa terjadi pada skenario *run-up* 30 seluas 3148,9 Ha atau 20,7 % dari luas wilayah Kota Bengkulu.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian zonasi genangan tsunami perlu diverifikasi dengan data sejarah bencana dan data numerik tsunami di Kota Bengkulu, sehingga dapat dihasilkan peta genangan tsunami yang akurat. Penelitian ini juga telah mampu

menyusun variabel kekasaran permukaan yang diwujudkan dalam bentuk koefisien kekasaran permukaan. Tetapi nilai koefisien tersebut diperoleh dari literatur yang sudah ada, untuk itu perlu dilakukan kajian yang mendalam tentang cara penentuan koefisien kekasaran permukaan yang sesuai dengan wilayah penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

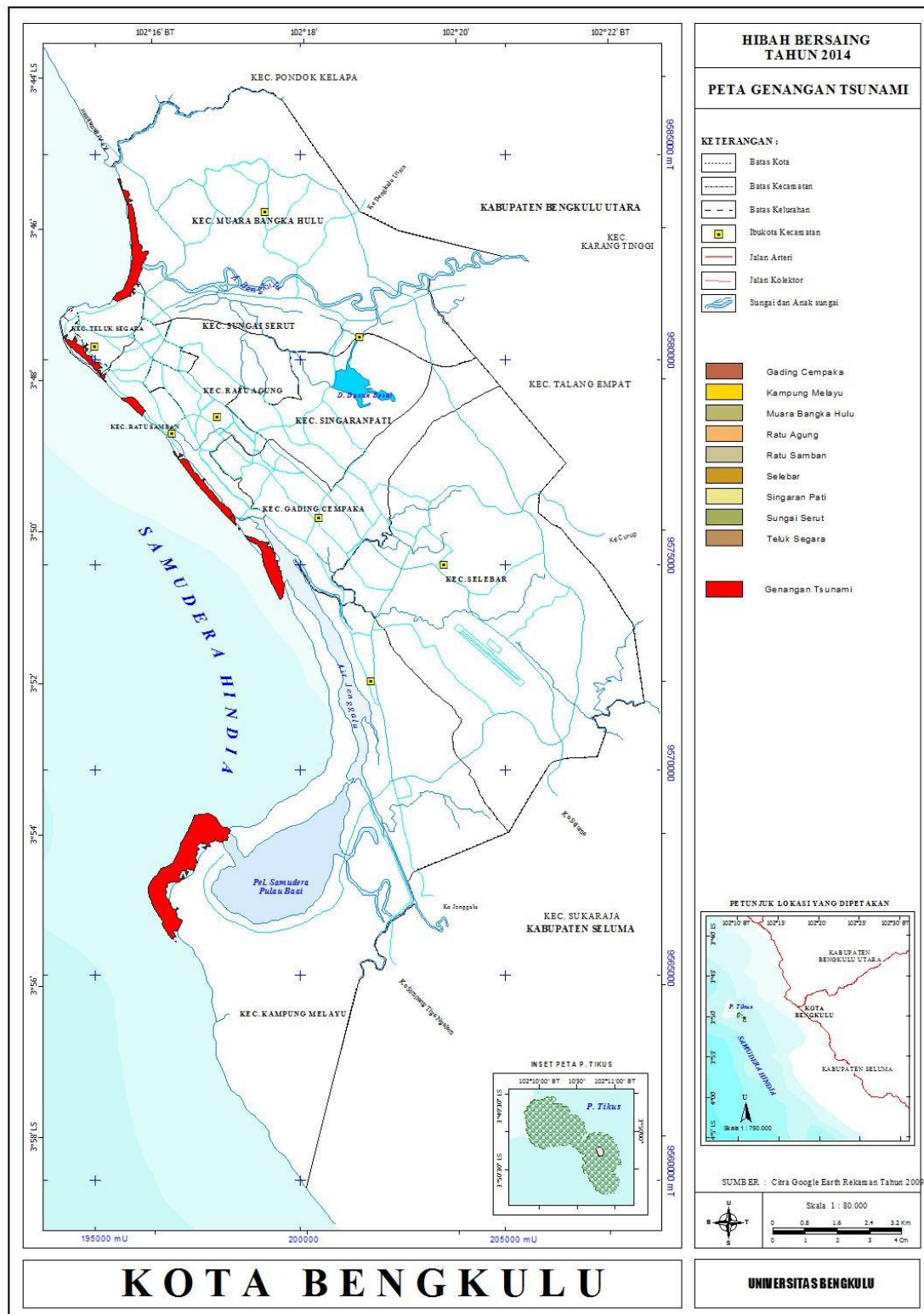
- Berryman, K. 2006, *Review of Tsunami Hazard and Risk in New Zealand*, New Zealand: Institute of Geological and Nuclear Science. Lower Hutt.
- Bappeda Kota Bengkulu, 2004, *Renstra Wilayah Pesisir dan Laut Kota Bengkulu*. Bengkulu
- BPPD Propinsi Bengkulu, 2010, *Atlas Peta Resiko Bencana Propinsi Bengkulu* . Bengkulu
- Damanik. M.R.S, 2008, *Pemodelan Tingkat Risiko Tsunami Kota Denpasar Menggunakan Citra ASTER dan Sistem Informasi Geografis*. Artikel PIT MAPIN, Bandung
- Diposaptono S dan Budiman. 2008. *Hidup Akrab dengan Gempa dan Tsunami*. Bogor: PT. Sarana Komunikasi Utama
- Fitria, N. 2008, *Kajian bahaya Tsunami pada Variasi Ketinggian Run-Up dan Arah Tsunami*. Artikel PIT MAPIN VII, Bandung
- Fauzi. Y., Dulbahri dan Sri Wahyuni., 2004, Peran Penapisan Morfologi Matematik Terhadap Kenampakan Linier Pada Citra Landsat TM, Jurnal **Sains dan Sibernatika**, UGM. Vol. 17, N0. 3, hal: 455-465. (Terakreditasi)
- Fauzi, Yulian 2006a, *Perancangan Sistem Basis data Spasial Wilayah Pesisir Kota Bengkulu Menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG)*. Laporan Penelitian Dana DIPA Universitas Bengkulu. Bengkulu. (tidak dipublikasikan)
- Fauzi, Yulian, 2006b, *Penyusunan Basisdata Sistem Informasi Geografis (SIG) Dalam Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Laut Propinsi Bengkulu*. Laporan Akhir Konsorsium Mitra Bahari RC Bengkulu, Bengkulu. (tidak dipublikasikan)
- Fauzi.Y., Mayasari. Z.M, 2007. Penggunaan Teknik Filtering Morfologi Matematik dalam Mengekstraksi Jaringan Jalan dari Citra Satelit. Jurnal **TEKNOSIA**, Vol. 1, No.1, hal: 7-14.
- Fauzi, Y., Susilo. B dan Mayasari. Z.M, 2009, Analisis Kesesuaian Lahan Wilayah Pesisir Kota Bengkulu Melalui Perancangan Model Spasial dan Sistem InformasiGeografis (SIG). Jurnal **Forum Geografi**, Vol. 23, N0. 2, hal: 101-110.
- Harsanugraha. W.K dan Julzarika. A, 2008, *Analisa Pemodelan Tsunami dengan Pembuatan Peta Kerawanan dan Jalur Evakuasi dari Turunan SRTM90 (Studi Kasus: Kota Padang)*. Artikel PIT MAPIN, Bandung.

- Permana, D., 2010, *Analisis Pemodelan Inundasi Tsunami Terhadap Jenis Tutupan lahan di Kota Bengkulu*. Tesis S2, Prodi Pascasarjana Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan Universitas Bengkulu, Bengkulu.
- Permana, H., Carolita. I, Rasyid. M 2007, *Pedoman Pembuatan Peta Jalur Evakuasi Bencana Tsunami*, Kementerian Negara Riset dan Teknologi (KNRT). Jakarta
- Purbani. D, 2012. *Strategi Mitigasi Tsunami Berbasis Ekosistem Mangrove Dalam Aplikasi Pemanfaatan Ruang Pantai Timur Pulau Weh*. Tesis S2, Sekolah Pascasarjana IPB. Bogor.
- Roxing Li, Keong. CW, Ramcharan.E, Kjerfve. B, and Willis, D. 1998, A Coastal GIS for Shoreline Monitoring and Management – Case Study in Malaysia, *Surveying and land Information System*, Vol 58, NO.3. (157-166)
- Suwarsono, 2003, Tingkat Pengetahuan Mitigasi Gempa Bumi dan Tsunami Ibu Rumah Tangga di Kota Bengkulu, *Jurnal Akselarasi Universitas Muhammadiyah Bengkulu*, Vol. IX No. 5.
- Synolakis, C. E., Bernard, E. N., Titov, V. V., NogLu, U. Ka., And. Gonzalez, F. I., 2008, Validation and Verification of Tsunami Numerical Models, *Jurnal Pure Appl. Geophys.* 165 page: 2197–2228

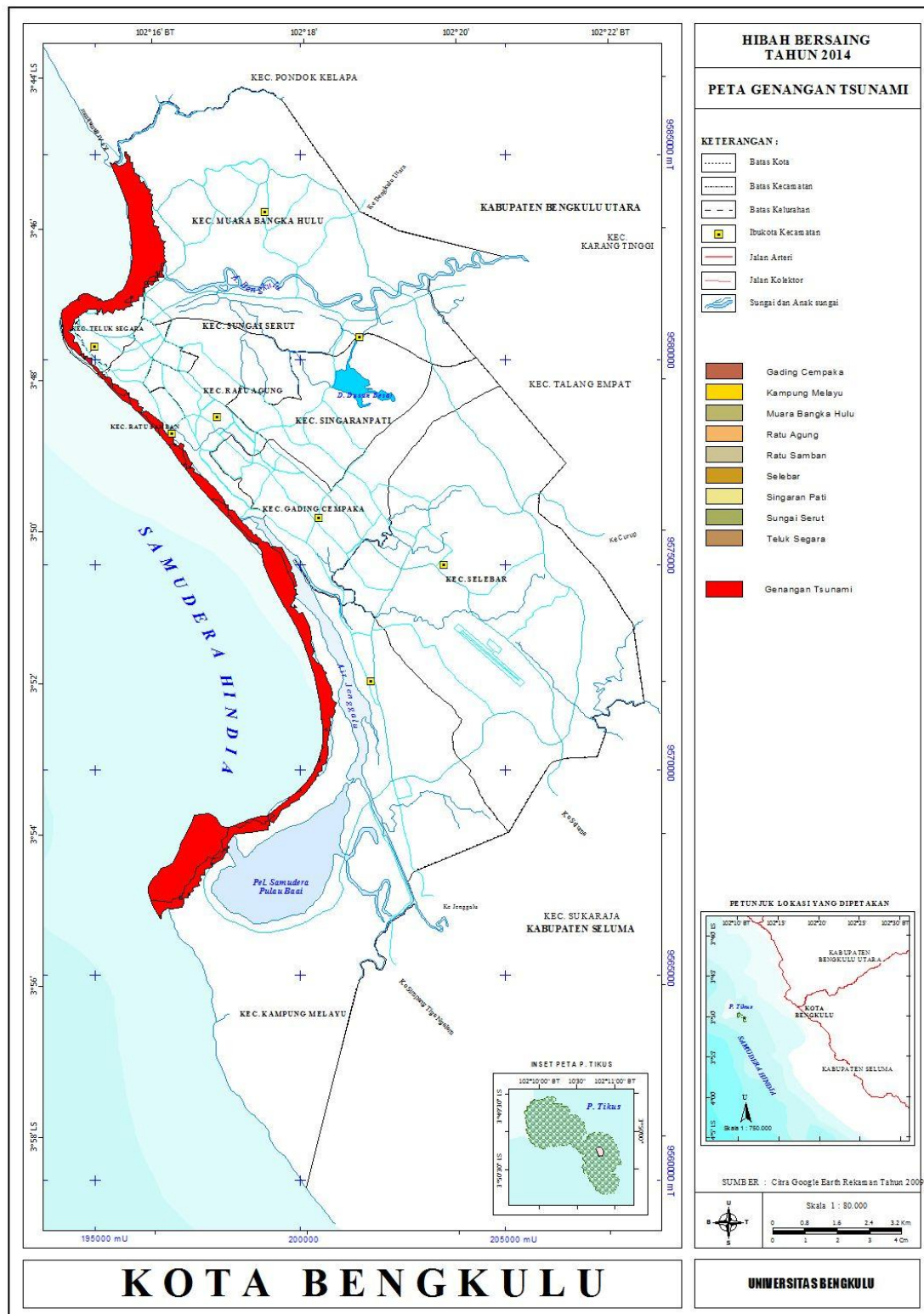
LAMPIRAN 1 – 4

PETA-PETA HASIL
PENELITIAN

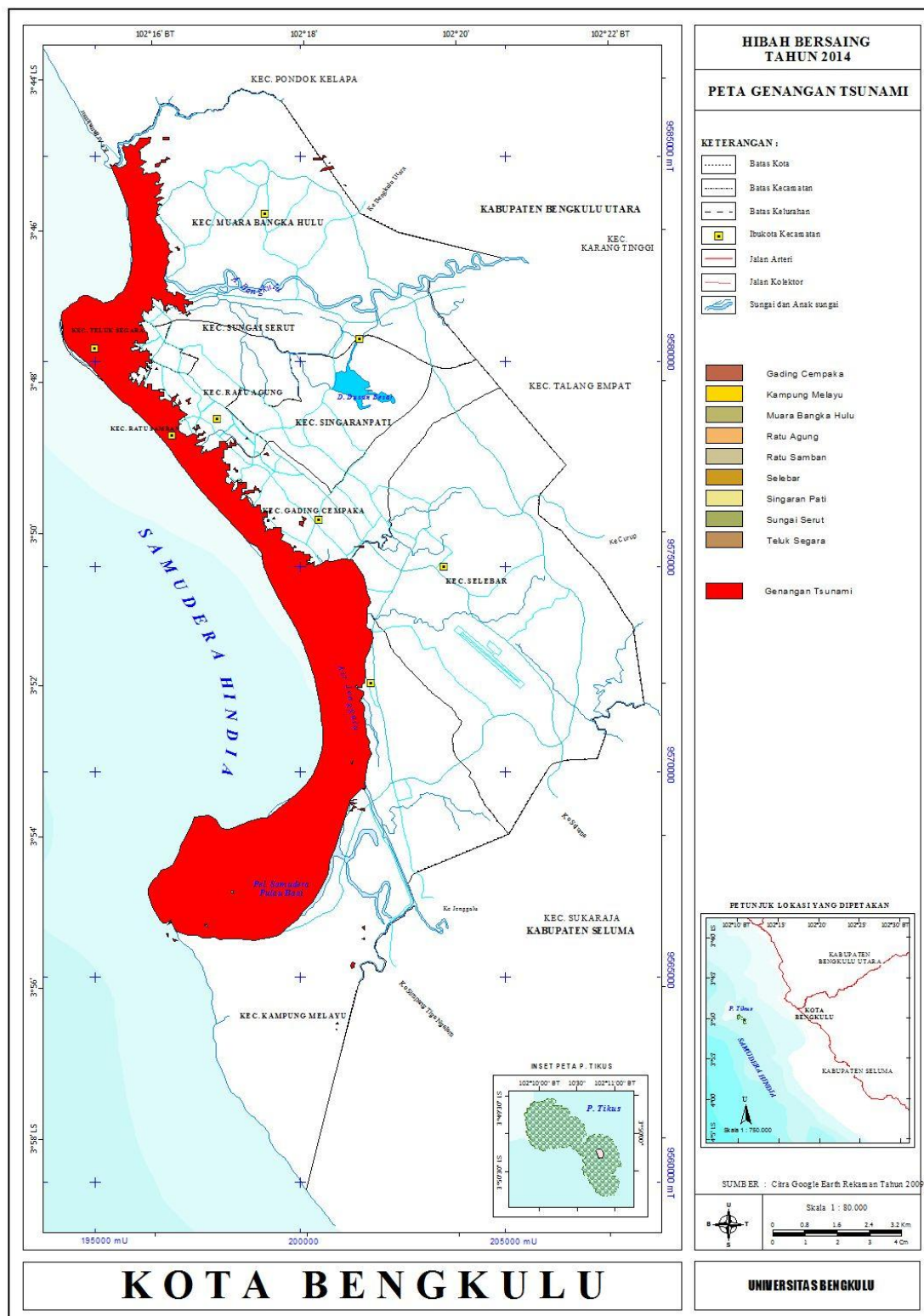
Lampiran 1. Peta Genangan Bencana Tsunami Kota Bengkulu pada Skenario Run up 5 meter



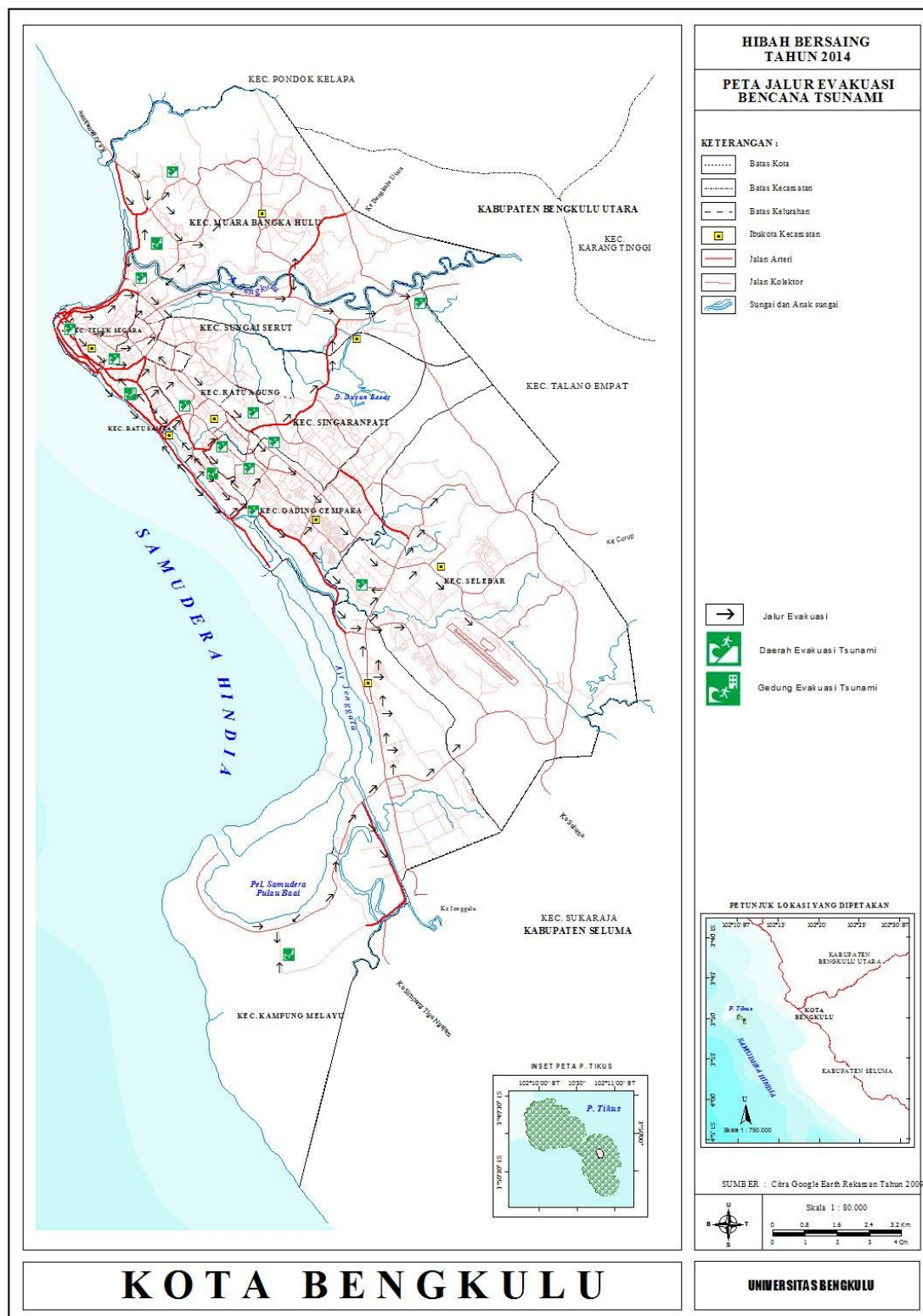
Lampiran 2. Peta Genangan Bencana Tsunami Kota Bengkulu pada Skenario Run up 15 meter



Lampiran 3. Peta Genangan Bencana Tsunami Kota Bengkulu pada Skenario Run up 15 meter



Lampiran 4. Peta Jalur Evakuasi Bencana Tsunami Kota Bengkulu



LAMPIRAN 5

RIWAYAT HIDUP
PENELITI

R RIWAYAT HIDUP ANGGOTA PENELITI

A. IDENTITAS DIRI

1	Nama Lengkap (dengan gelar)	Yulian Fauzi, S.Si, M.Si	L/P
2	Jabatan Fungsional	Lektor Kepala	
3	Jabatan Struktural	-	
4	NIP/NIK/Identitas lainnya	197207271998021001	
5	NIDN	0027077205	
6	Tempat dan Tanggal Lahir	Ujan Mas, 27 Juli 1972	
7	Alamat Rumah	Perum Citra Kapuas Indah No. 18 Padang Harapan, Bengkulu.	
8	Nomor Telepon/Faks/HP	081373190203	
9	Alamat Kantor	Gd. T Kampus UNIB Jl. Raya Kandang Limun Bengkulu	
10	Nomor telepon/faks	(0736) 20919	
11	Alamat email	y_fauzi@unib.ac.id	
12	Lulusan yang telah dihasilkan	S1 = 12 orang	
13	Mata Kuliah yang Diampu	1. Metode Numerik 2. Sistem Informasi Geografis 3. Pengolahan Citra Digital	

B. RIWAYAT PENDIDIKAN

1	Program	S-1	S-2	S-3
2	Nama Perguruan Tinggi	UNSRI	UGM	-
3	Bidang Ilmu	Matematika	Remote Sensing	-
4	Tahun Masuk	1992	2001	-
5	Tahun Lulus	1997	2004	-
6	Judul Skripsi/tesis	Metode Dualitas Lagrange Untuk Menyelesaikan Persoalan Optimasi	Penajaman Kenampakan Obyek Linier Pada Citra Landsat TM Melalui Teknik Kombinasi Filter Morfologi Matematik	-
7	Nama Pembimbing	Drs. Putera Bahtra J. Bangun	Prof. Dr. Dulbahri	-

C. PENGALAMAN PENELITIAN DALAM 5 TAHUN TERAKHIR

No	Tahun	Judul Penelitian	Pendanaan	
			Sumber	Jumlah
1	2013	Perancangan Sistem Informasi Kebencanaan Tsunami Melalui Penyusunan Peta Kerawanan dan Jalur Evakuasi Bencana di Pesisir Kota Bengkulu	Hibah Bersaing	46.500.000
2	2012	Penataan Ruang Wilayah Pesisir Berbasis Mitigasi Bencana Sebagai Upaya Meminimalisir Dampak Resiko Bencana Tsunami Bagi Masyarakat Kota Bengkulu	DIPA Unib	51.205.000
3	2011	Pengembangan Teknik Pengolahan dan Analisis Citra Penginderaan Jauh melalui Perancangan Tapis Morfologi Matematik (Ketua)	Funda-mental	32.000.000
4	2008-2009	Model Pengelolaan dan Pemanfaatan Lahan Wilayah Pesisir Kabupaten Berbasis Digital Studi Kasus : Pesisir Kota Bengkulu, Bengkulu (Ketua)	Hibah Bersaing	70.000.000
5	2007	Implementasi Algoritma Filtering Morfologi Matematik Dalam Pengolahan Citra Digital Pada	DM	10.000.000

		Matlab (Ketua)		
6	2006	Penyusunan Basisdata Sistem Informasi Geografis (SIG) Dalam Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Laut Propinsi Bengkulu (Ketua)	Program Mitra Bahari DKP	49.000.0000

D. PENGALAMAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT DALAM 5 TAHUN TERKAHIR

No.	Tahun	Judul Pengabdian Kepada Masyarakat	Pendanaan	
			Sumber*	Jml (Juta Rp)
1	2006	Penerapan dan Pemasyarakatan Sistem Informasi Geografis (SIG) dalam Pembuatan Peta Administrasi Kecamatan Muara Bangkahulu Secara Digital	Dana DIPA Unib	3.5000.000,-
2	2008	Upaya Peningkatan kemampuan Siswa SMA Desa Kembangseri Kecamatan Talang Empat, dalam Menghadapi Soal UAN Bidang Matematika Melalui Kegiatan Lomba Cerdas Tangkas (LCT) Matematika	Dana DIPA unib	3.000.000,-

E. PENGALAMAN PENULISAN ARTIKEL ILMIAH DALAM JURNAL DALAM 5 TAHUN TERAKHIR

No	Tahun	Judul Artikel Ilmiah	Volume	Nama Jurnal
1	2011	Morfologi Matematik dalam Pengolahan Citra <i>Grayscale</i>	7, 2 Juli	Gradien MIPA UNIB
2	2009	Analisis Kesesuaian Lahan Wilayah Pesisir Kota Bengkulu Melalui Perancangan Model Spasial dan Sistem Informasi Geografis (SIG).	23,2 Desember	Forum Geografi
3	2007	Aplikasi Differensial Numerik dalam Pengolahan Citra Digital.	3, 2 Juli	Gradien MIPA UNIB
4	2007	Penggunaan Teknik Filtering Morfologi Matematik dalam Mengekstraksi Jaringan Jalan dari Citra Satelit.	1, 1 Maret	Teknosia FT UNIB
5	2006	Pemasyarakatan SIG untuk Pembuatan Peta Administrasi Kecamatan Muara Bangkahulu.	1, 1 Januari	Bumi Rafflesia
6	2005	Implementasi Algoritma filtering derivatif dalam mengolah citra satelit pada software ENVI.	1, 2 Juli	Gradien MIPA UNIB

F. PENGALAMAN PENYAMPAIAN MAKALAH SECARA ORAL PADA PERTEMUAN/SEMINAR ILMIAH DALAM 5 TAHUN TERAKHIR

No.	Nama Pertemuan Ilmiah / Seminar	Judul Artikel Ilmiah	Waktu dan Tempat
1	Seminar Hasil Penelitian PPD HEDS	Penggunaan Gradien Morfologi Matematik Untuk Mendeteksi Tepi Citra Digital	Universitas Jambi, tahun 2005
2	Seminar Hasil Penelitian PPD HEDS	Pemanfaatan Filter Gradien dalam Pengolahan Citra Digital Menggunakan Matlab	Universitas Negeri Jakarta, tahun 2006
3	SEMIRATA Bidang MIPA BKS	Implementasi Algoritma Filter Derivatif dalam Segmentasi Citra	Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta,

	PTN Wilayah Barat	pada Bahasa Matlab	tahun 2007
4	SEMIRATA Bidang MIPA BKS PTN Wilayah Barat	Model Pengelolaan Wilayah Pesisir Kota Bengkulu Menggunakan SIG	Universitas Syiah Kuala Banda Aceh, tahun 2009
5	SEMIRATA Bidang MIPA BKS PTN Wilayah Barat	Pemodelan Tingkat Resiko Tsunami KotaBengkulu Melalui Analisis Kriging	Institut Pertanian Bogor Tahun 2014

G. PENGALAMAN PENULISAN BUKU DALAM 5 TAHUN TERAKHIR

No.	Tahun	Judul Buku	Jumlah Halaman	Penerbit

H. PENGALAMAN PEROLEHAN HKI DALAM 5-10 TAHUN TERAKHIR

No.	Tahun	Judul/Tema HKI	Jenis	Nomor P/ID

I. PENGALAMAN MERUMUSKAN KEBIJAKAN PUBLIK/REKAYASA SOSIAL LAINNYA DALAM 5 TAHUN TERAKHIR

No.	Tahun	Judul/Tema/Jenis Rekayasa Sosial Lainnya yang Telah Diterapkan	Tempat Penerapan	Respons Masyarakat

J. PENGHARGAAN YANG PERNAH DIRAIH DALAM 10 TAHUN TERAKHIR

No.	Jenis Penghargaan	Institusi Pemberi Penghargaan	Tahun

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggung jawabkan secara hukum. Dan apabila dikemudian hari ternyata dijumpai ketidak sesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima resiko.

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam pengajuan hibah Penelitian Hibah Bersaing.

Bengkulu, November 2014
Pengusul

Yulian Fauzi, S.Si, M.Si
NIP. 197207271998021001

b. Biodata Anggota Peneliti

A. IDENTITAS DIRI

1	Nama Lengkap (dengan gelar)	Drs. Suwarsono, MS	L/P
2	Jabatan Fungsional	Lektor Kepala	
3	Jabatan Struktural	-	
4	NIP/NIK/Identitas lainnya	195902141986011001	
5	NIDN	0014025906	
6	Tempat dan Tanggal Lahir	Temanggung, 14 Februari 1959	
7	Alamat Rumah	Jl. UNIB Permai II No. 33 Bengkulu	
8	Nomor Telepon/Faks/HP	081367459620	
9	Alamat Kantor	Jurusan Fisika FMIPA UNIB	
10	Nomor telepon/faks	0736 20919	
11	Alamat email	suwarsono@unib.ac.id	
12	Lulusan yang telah dihasilkan	S1 = 17 orang	
13	Mata Kuliah yang Diampu	1. Mitigasi Bencana Alam 2. Oseanografi Fisika	

B. RIWAYAT PENDIDIKAN

1	Program	S-1	S-2	S-3
2	Nama Perguruan Tinggi	UNY (IKIP Jogjakarta)	I T B Bandung	-
3	Bidang Ilmu	Pendidikan. Fisika	Fisika Bumi	-
4	Tahun Masuk	1978	1989	-
5	Tahun Lulus	1985	1992	-
6	Judul Skripsi/tesis	Efektivitas Praktikum Listrik	Anomali Gaya Berat Sesar Lembang Bandung	-
7	Nama Pembimbing	Drs. I Made Berata	Prof. Lilik Hendrajaya, Ph D.	-

C. PENGALAMAN PENELITIAN DALAM 5 TAHUN TERKAHIR

No	Tahun	Judul Penelitian	Pendanaan	
			Sumber	Jumlah
1	2005-2006	Desain Buku Sains (IPA) Sekolah Dasar Berbasis <i>Life Skill</i> Untuk Kecakapan Hidup	Hibah Bersaing	40.000.000,-
2	2009	Zonasi Abrasi Jalinbar Bengkulu dan Teknik Penanganannya Sebagai Jalur Transportasi Vital Jasa dan Barang	Strategis Nasional UNIB	91.000.000,-
3	2012-2013	Optimalisasi Potensi Lokal Desa Rawan Bahaya Tsunami Dalam Rangka Mitigasi Menuju terwujudnya Desa Siaga Bencana Mandiri di Pesisir Provinsi Bengkulu	Unggulan PT Dikti	74.500.000
4	2013	Perancangan Sistem Informasi Kebencanaan Tsunami Melalui Penyusunan Peta Kerawanan dan Jalur Evakuasi Bencana di Pesisir Kota Bengkulu	Hibah Bersaing	46.500.000

D. PENGALAMAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT DALAM 5 TAHUN TERAKHIR

No.	Tahun	Judul Pengabdian Kepada Masyarakat	Pendanaan	
			Sumber*	Jml (Juta Rp)
4.1	2008	Peningkatan ketrampilan teknik menyelamatkan diri dari bahaya gempa bumi dan tsunami pada Penilik Sekolah dilingkungan DEPAG Kota Bengkulu.	DIPA UNIB	3.000.000,-

E. PUBLIKASI ARTIKEL ILMIAH DALAM JURNAL DALAM 5 TAHUN TERAKHIR

No	Tahun	Judul Artikel Ilmiah	Volume	Nama Jurnal
1	2006	Perancangan Buku Sains Bermuatan Life Skill Untuk Anak SD di Prov. Bengkulu	Vol.26 No.1 hlm: I—117 September 2006.	Journal Terakreditasi Forum Kependidikan ISSN 0215-9392.
2	2006	Pemanfaatan bahan bahan bekas untuk merancang media pembelajaran sains SD.	Vol. 1 No. 1 Desember 2006	Jurnal Ilmiah “Dharma Raflesia” ISSN: 1693-8048.
3	2009	Hubungan Karakteristik Pasang Surut Air Laut Terhadap Kejadian Gempa Bumi Tektonik Bengkulu	Volume 5 No.1 Januari tahun 2009	Jurnal Gradien FMIPA UNIB ISSN: 0216-2393
4	2010	Erovisitas batuan Pantai di Alas Maras Seluma	Vol. 1 Januari Tahun 2010	Jurnal Gradien FMIPA UNIB ISSN: 0216-2393

F. PENGALAMAN PENYAMPAIAN MAKALAH SECARA ORAL PADA PERTEMUAN/SEMINAR ILMIAH DALAM 5 TAHUN TERAKHIR

No.	Nama Pertemuan Ilmiah / Seminar	Judul Artikel Ilmiah	Waktu dan Tempat

G. PENGALAMAN PENULISAN BUKU DALAM 5 TAHUN TERAKHIR

No.	Tahun	Judul Buku	Jumlah Halaman	Penerbit

H. PENGALAMAN PEROLEHAN HKI DALAM 5-10 TAHUN TERAKHIR

No.	Tahun	Judul/Tema HKI	Jenis	Nomor P/ID

I. PENGALAMAN MERUMUSKAN KEBIJAKAN PUBLIK/REKAYASA SOSIAL LAINNYA DALAM 5 TAHUN TERAKHIR

No.	Tahun	Judul/Tema/Jenis Rekayasa Sosial Lainnya yang Telah Diterapkan	Tempat Penerapan	Respons Masyarakat

J. PENGHARGAAN YANG PERNAH DIRAIH DALAM 10 TAHUN TERAKHIR

No.	Jenis Penghargaan	Institusi Pemberi Penghargaan	Tahun

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggung jawabkan secara hukum. Dan apabila dikemudian hari ternyata dijumpai ketidak sesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima resiko.

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam pengajuan hibah Penelitian Hibah Bersaing.

Bengkulu, November 2014
Pengusul

Drs. Suwarsono, M.S
NIP. 195902141986011001

c. Biodata Anggota Peneliti

A. IDENTITAS DIRI

1	Nama Lengkap (dengan gelar)	Zulfia Memi Mayasari, S.Si, M.Si	L/P
2	Jabatan Fungsional	Lektor	
3	Jabatan Struktural	-	
4	NIP/NIK/Identitas lainnya	197312021998022001	
5	NIDN	002127301	
6	Tempat dan Tanggal Lahir	Palembang, 2 Desember 1973	
7	Alamat Rumah	Perum Citra Kapuas Indah No. 18 Padang Harapan, Bengkulu.	
8	Nomor Telepon/Faks/HP	081367379697	
9	Alamat Kantor	Gd. T Kampus UNIB Jl. Raya Kandang Limun Bengkulu	
10	Nomor telepon/faks	(0736) 20919	
11	Alamat email	zulfiamm@unib.ac.id	
12	Lulusan yang telah dihasilkan	S1 = 7 orang	
13	Mata Kuliah yang Diampu	1. Aljabar Linier Elementer 2. Aljabar Linier 3. Struktur Aljabar	

B. RIWAYAT PENDIDIKAN

1	Program	S-1	S-2	S-3
2	Nama Perguruan Tinggi	UNSRI	UGM	-
3	Bidang Ilmu	Matematika	Matematika	-
4	Tahun Masuk	1992	2001	-
5	Tahun Lulus	1997	2004	-
6	Judul Skripsi/tesis	Penyelesaian Masalah Arus Biaya Minimum Dengan Metode Simpleks Jaringan Kerja	Lattice Kongruen	-
7	Nama Pembimbing	Drs. Eddy Roflin	Prof. Dr. Sri Wahyuni	-

C. PENGALAMAN PENELITIAN DALAM 5 TAHUN TERAKHIR

No	Tahun	Judul Penelitian	Pendanaan	
			Sumber	Jumlah
1	2013	Perancangan Sistem Informasi Kebencanaan Tsunami Melalui Penyusunan Peta Kerawanan dan Jalur Evakuasi Bencana di Pesisir Kota Bengkulu	Hibah Bersaing	46.500.000
2	2011	Pengembangan Teknik Pengolahan dan Analisis Citra Penginderaan Jauh melalui Perancangan Tapis Morfologi Matematik (anggota)	Funda-mental	32.000.000
3	2008-2009	Model Pengelolaan dan Pemanfaatan Lahan Wilayah Pesisir Kabupaten Berbasis Digital Studi Kasus : Pesisir Kota Bengkulu, Bengkulu (anggota)	Hibah Bersaing	70.000.000
4	2007	Implementasi Algoritma Filtering Morfologi Matematik Dalam Pengolahan Citra Digital Pada Matlab (anggota)	DM	10.000.000
5	2005	Analisis Linierisasi Matriks Polynomial Monik Dan Aplikasinya Pada Persamaan Differensial (Ketua)	PPD HEDS	2.000.000

D. PENGALAMAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT DALAM 5 TAHUN TERAKHIR

No.	Tahun	Judul Pengabdian Kepada Masyarakat	Pendanaan	
			Sumber*	Jumlah
1	2006	Penerapan dan Pemasyarakatan Sistem Informasi Geografis (SIG) dalam Pembuatan Peta Administrasi Kecamatan Muara Bangkahulu Secara Digital	Dana DIPA Unib	3.5000.000,-
2	2008	Upaya Peningkatan kemampuan Siswa SMA Desa Kembangseri Kecamatan Talang Empat, dalam Menghadapi Soal UAN Bidang Matematika Melalui Kegiatan Lomba Cerdas Tangkas (LCT) Matematika	Dana DIPA unib	3.000.000,-

E. PUBLIKASI ARTIKEL ILMIAH DALAM JURNAL DALAM 5 TAHUN TERAKHIR

No	Tahun	Judul Artikel Ilmiah	Volume	Nama Jurnal
1	2005	Pembentukan dan Sifat-sifat Lattice Kongruen pada Semigrup.	1, 2 Juli	Gradien
2	2006	Linierisasi Matriks Polynomial	2, 2 Juli	Gradien
3	2008	Penyelesaian Persamaan Differensial dengan Menggunakan Matriks Polynomial	4, 2 Juli	Gradien
4	2009	Analisis Kesesuaian Lahan Wilayah Pesisir Kota Bengkulu Melalui Perancangan Model Spasial dan Sistem Informasi Geografis (SIG).	23,2 Desember	Forum Geografi
5	2010	Upaya Proses Belajar Mahasiswa pada Matakuliah Struktur Aljabar I Melalui Pendekatan Teori Apos Berbasis Komputer	Januari	Gradien

F. PENGALAMAN PENYAMPAIAN MAKALAH SECARA ORAL PADA PERTEMUAN/SEMINAR ILMIAH DALAM 5 TAHUN TERAKHIR

No.	Nama Pertemuan Ilmiah / Seminar	Judul Artikel Ilmiah	Waktu dan Tempat
1	Seminar BKS PTN Wilayah Barat	ISETL untuk Pembelajaran Struktur Aljabar	Universitas Bengkulu, Tahun 2008
2	Seminar BKS PTN Wilayah Barat	Pengembangan Tapis Morfologi Matematik Menggunakan Teori Ordered Set Dan Lattice	Universitas Negeri Medang 2012
3	Seminar BKS PTN Wilayah Barat	Pemodelan Matematika Untuk Optimasi Proses Evakuasi Dengan Model Makroskopik	Institut Pertanian Bogor 2014

G. PENGALAMAN PENULISAN BUKU DALAM 5 TAHUN TERAKHIR

No.	Tahun	Judul Buku	Jumlah Halaman	Penerbit

H. PENGALAMAN PEROLEHAN HKI DALAM 5-10 TAHUN TERAKHIR

No.	Tahun	Judul/Tema HKI	Jenis	Nomor P/ID

I. PENGALAMAN MERUMUSKAN KEBIJAKAN PUBLIK/REKAYASA SOSIAL LAINNYA DALAM 5 TAHUN TERAKHIR

No.	Tahun	Judul/Tema/Jenis Rekayasa Sosial Lainnya yang Telah Diterapkan	Tempat Penerapan	Respons Masyarakat

J. PENGHARGAAN YANG PERNAH DIRAIH DALAM 10 TAHUN TERAKHIR

No.	Jenis Penghargaan	Institusi Pemberi Penghargaan	Tahun

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggung jawabkan secara hukum. Dan apabila dikemudian hari ternyata dijumpai ketidak sesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima resiko.

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam pengajuan hibah Penelitian Hibah Bersaing.

Bengkulu, November 2014
Pengusul

Zulfia Memi Mayasari, S.Si, M.Si
NIP. 197312021998022001