
PEMODELAN PENJALARAN GELOMBANG TSUNAMI DAN ANALISA DAERAH JANGKAUAN DI TELUK SUMBRENG, TRENGGALEK**Rio Redyansyah, AlfiSatriadi^[1], dan Siddhi Saputro^[2]**Departemen Oseanografi, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro,
Semarang

Jalan Prof. Soedarto, S.H., Tembalang, Telp/Fax (024)7474698 Semarang 50275

Email : redyansyahrio@gmail.com; Satriad_as@yahoo.co.id; saputrosiddhi@yahoo.com**Abstrak**

Kabupaten Trenggalek merupakan salah satu dari 8 wilayah di pesisir selatan Jawa Timur yang termasuk dalam kategori rawan tsunami. Teluk Sumbreng merupakan salah wilayah di Trenggalek yang memiliki potensi kerusakan tinggi akibat tsunami. Tujuan dari penelitian ini adalah memperkirakan waktu tempuh tsunami, distribusi tinggi gelombang tsunami dan daerah jangkauan tsunami. Metode yang digunakan adalah kuantitatif dengan menggunakan data titik tinggi, batimetri, parameter gempa, peramalan pasang surut wilayah perairan Kabupaten Trenggalek, data citra Geo Eye 1, dan kelerengan pantai. Pemodelan tsunami menggunakan perangkat lunak COMCOT v 1.7 dengan 4 skenario gempadan 1 skenario berdasarkan tsunami 1994 (Banyuwangi). Berdasarkan pengolahan data, diketahui bahwa tinggi maksimum gelombang tsunami di perairan berkisar antara 3,03- 4,55 berdasar skenario gempa, sementara berdasar kejadian tsunami 1994 adalah 0,97- 1 m. Waktu tempuh tsunami untuk mencapai daratan adalah 32,23- 36,93 menit untuk 4 skenario gempa, sementara berdasar tsunami 1994 adalah 40,18- 54,66 menit. Ketinggian gelombang tsunami maksimum tertinggi pada skenario 2 di perairan Pantai Ngadipuro, Teluk Sumbreng. Wilayah jangkauan tsunami terluas berada pada skenario 2, dengan luas 4,09 km² run up setinggi 4,84 meter. Jangkauan maksimum terjauh terjadi pada skenario 2 dengan jarak 1,59 km.

Kata kunci : *Tsunami, Daerah Jangkauan, Teluk Sumbreng, COMCOT***Abstract**

Trenggalek district is one of eight districts in south coast of East Java which included in tsunami vulnerability areas. Sumbreng Bay is one of Trenggalek area which has a high potential damage as result of tsunami. The aim of this research is determine tsunami travel time, tsunami wave height distribution, and coverage area of tsunami. Quantitative method was used in this research and using data height spot, bathymetry, earthquake parameter, tide forecasting, Geo Eye 1 image, and slope. Tsunami simulation using COMCOT v 1.7 with 4 earthquake scenarios and 1 scenario based on tsunami 1994 (Banyuwangi). The simulation result showed tsunami maximum wave height in water between 3.03 to 4.55 m as result of earthquake scenarios, while insisting on tsunami 1994 is 0.97- 1 m. Tsunami travel time between 32.23– 36.93 minutes as result of earthquake scenarios, while insisting on tsunami 1994 is 40.18- 54.66 minutes. The highest maximum tsunami wave height is on the scenario 2 in coastal waters Ngadipuro, Sumbreng Bay. The widest tsunami reach area of the scenarios is scenario 2 with 4.09 km² and 4.84 m run up. The furthest reach of tsunami run up is scenario 2 with a distance of 1.59 km.

Keyword : *Tsunami, Reach Area, Sumbreng Bay, COMCOT*

PENDAHULUAN

Kabupaten Trenggalek merupakan salah satu dari 8 kabupaten di pesisir selatan Jawa Timur yang termasuk dalam kategori wilayah rawan tsunami (kominfo.jatimprov.go.id, 2013). Wilayah Teluk Sumbreng berada di Kecamatan Munjungan, Kabupaten Trenggalek. Teluk ini memiliki dua pantai yaitu Pantai Bladu dan Ngadipuro. Teluk Sumbreng merupakan daerah yang potensial dalam pariwisata. Potensi teluk ini meliputi wisata pantai pasir putih dan wisata pemancingan di laut.

Dibalik potensi tersebut, wilayah ini memiliki kerawanan yang tinggi terhadap bencana tsunami. Posisi geografis teluk Sumbreng menghadap langsung ke zona *subduction* di perairan selatan Jawa. Tercatat dua kali tsunami dengan kerusakan besar terjadi akibat aktivitas tektonik di wilayah selatan Jawa pada periode 1985- 2015. Morfologi teluk dipengaruhi oleh refraksi dan refleksi gelombang, hal ini menyebabkan energi gelombang akan terjebak di wilayah tersebut (Diposaptono, 2008). Kondisi tersebut menjadi latar belakang perlunya penelitian dan perencanaan lebih lanjut tentang dampak tsunami untuk menghindari kerusakan yang lebih besar.

Tujuan dari penelitian ini adalah :

- a. Memperkirakan waktu tempuh tsunami hingga mencapai bibir pantai.
- b. Membangun simulasi numerik perkiraan penjalaran tsunami di Teluk Sumbreng, Trenggalek untuk menentukan perkiraan distribusi tinggi gelombang.
- c. Memperkirakan sebaran daerah jangkauan tsunami di Teluk Sumbreng.

Batasan masalah yang terdapat dalam penelitian ini adalah:

- a. Pemodelan numerik menggunakan 5 skenario, 1 skenario berdasarkan tsunami Banyuwangi (1994) dan 4 skenario asumsi yang didasarkan pada gempa penyebab tsunami di selatan Jawa pada periode 1985- 2015.
- b. Pemodelan numerik hanya mempertimbangkan factor kelerengan sebagai dasar penentuan wilayah jangkauan tsunami.
- c. Wilayah Teluk Sumbreng yang dimaksudkan pada penelitian ini mencakup kawasan Teluk Sumbreng dan Teluk Ngadipuro

MATERI DAN METODE

Materi Penelitian

Pada penelitian ini menggunakan ini menggunakan 2 sumber data, yaitu data primer dan sekunder. Data primer yang digunakan adalah data kelerengan pantai lapangan yang diukur sejauh 200 m dari garis pantai ke arah darat. Sementara data sekunder yang digunakan adalah 1) Peta RBI skala 1:25.000 tahun 2001 Publikasi BIG; 2) Data batimetri skala 30 arc second GEBCO publikasi BODC; 3) Data batimetri Teluk Sumbreng skala 1:50.000 publikasi DISHIDROS TNI AL; 9) Data historis gempa dan parameter gempa selatan Pulau Jawa periode 1985- 2015 oleh USGS; 10) Citra Geo Eye 1 perekaman tahun 2012.

Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian kuantitatif. Menurut Sugiyono (2009), metode kuantitatif merupakan adalah metode yang menggunakan data penelitian berupa angka- angka dan analisis menggunakan statistik. Pada penelitian ini, pemodelan numerik tsunami menggunakan perangkat lunak COMCOT v 1.7 yang dikembangkan oleh Xiaoming Wang.

Metode Pengambilan Data

Pengambilan data lapangan pada penelitian ini berupa data kelerengan pantai menggunakan kompas geologi. Kelerengan pantai diambil sejauh 200 meter dari garis pantai kearah darat pada setiap 50 meter. Jarak ini menyesuaikan dengan kondisi lapangan.

Metode Pengolahan Data

Pada penelitian ini dilakukan perbandingan nilai kelerengan pantai di lapangan dan model melalui verifikasi menggunakan Standar Deviasi Observasi (RSR). Setelah dilakukan proses verifikasi, selanjutnya disiapkan data input pada model. Input model meliputi data batimetri, data titik tinggi, koordinat lokasi pengukuran tinggi tsunami dan skenario gempa. Data batimetri dan titik tinggi diolahke dalam format “.xyz” agar dapat digunakan sebagai inputan. Data koordinat lokasi pengukuran tinggi tsunami merupakan koordinat titik pengukuran tinggi gelombang tsunami saat dilakukan pemodelan numerik. Titik ini diposisikan di perairan Pantai Bladudan Pantai Ngadipuro pada kedalaman 10 meter. Menurut Syamsidik, et. al (2015), peletakkan titik pengukuran pada kedalaman 10 meter akan memberikan hasil yang lebih stabil. Penelitian ini menggunakan 3 layer dengan ukuran grid yang berbeda

Tabel 1. Batas Boundary Model dan Ukuran Grid

No	Lintang	Bujur	Ukuran Grid (°)	Ukuran Grid (m)	Matriks Grid (nX*nY)
1	6.273 LS- 10.614 LS	108.946 BT- 114.270 BT	0.00841	927	640 x 527
2	8.166 LS- 8.474 LS	111.388 BT- 111.783 BT	0.00416	463.5	94 x 74
3	8.291 LS- 8.367 LS	111.513 BT- 111.592 BT	0.00224	250	32 x 34

Data skenario gempa pada penelitian ini didasarkan pada kejadian tsunami di perairan selatan Pulau Jawa pada periode 1985- 2015. Dilakukan pembuatan 4 skenario yang didasarkan pada kemiripan data parameter sudut patahan pada gempa penyebab tsunami 1994 (Banyuwangi) dan tsunami 2006 (Pangandaran). Menurut data USGS, gempa Banyuwangi 7.8 Mw dan Pangandaran 7,7 Mw memiliki parameter berturut- turut strike 267° 284°; dip 7° 9°; slip 80° 87°. Selain 4 skenario tersebut, disusun juga 1 skenario yang didasarkan parameter gempa sebenarnya pada gempa 1994. Berikut adalah skenario yang digunakan dalam pemodelan tsunami ini :

Tabel 2. Skenario Gempa

Skenario	Mw	<i>Epicenter</i>		<i>Depth</i> (Km)	Strike	Dip	Slip	L (Km)	W (Km)	D (m)
		Long	Lat							
1	7.8	111.194	-10.171	20	280	10	80	167	22	10
2	7.8	111.243	-9.946	20	280	10	80	167	22	10
3	7.7	111.194	-10.171	10	280	10	80	141	21	8
4	7.7	111.243	-9.946	10	280	10	80	141	21	8
Tsunami 1994	7.8	112.835	-10.477	11.5	267	7	80	167	22	10

Keterangan :

Mw = magnitudo momen *Depth* = kedalaman D = dislokasi
 Long = *longitude* (garis bujur) L = *length* (panjang sesar)
 Lat = *latitude* (garis lintang) W = *width* (lebar sesar)

Titik pusat gempa terdiri dari 3. Pusat gempa 1994 merupakan koordinat *epicenter* gempa tahun 1994. Sementara pusat gempa 1 dan 2, merupakan pusat gempa yang

diskenariokan tegak lurus terhadap Teluk Sumbreng dan diposisikan pada wilayah *zonasubduction*.



Gambar 1. Skenario Pusat Gempa dan Layer Pemodelan (Sumber : Citra Google Earth 2016).

Padaperhitunganpanjangsesar, lebarsesardandislokasi, penelitianinimenggunakanpersamaan Wells & Coppersmith (1994).

$$\log L = -3.55 + 0.74 (M_w) \quad (1)$$

$$\log W = -0.76 + 0.27 (M_w) \quad (2)$$

$$\log D = -7.03 + 1.03 (M_w) \quad (3)$$

Selanjutnya dilakukan proses *running* model selama 5400 detik. Melalui proses tersebut akan dihasilkan data kondisi awal tsunami dan tinggi gelombang tsunami secara *timeseries* pada koordinat pengukuran. Pada pengolahan daerah jangkauan tsunami, diperlukan pengolahan pada data “zmax_layerxx.dat” sebagai output model dan data peramalan pasang surut. Data pasangsurut diolah untuk menghasilkan data MSL. Selanjutnya bersama data “zmax_layerxx.dat” data MSL diolah menjadi data *flowdepth* yang menggambarkan daerah jangkauan tsunami.

Pada data *flowdepth* dilakukan interpolasi untuk mendapatkan interpretasi daerah jangkauan tsunami. Selanjutnya data tersebut dilakukan *overlay* pada peta penggunaan lahan yang dihasilkan dari citra Geo Eye 1. Perhitungan luas daerah jangkauan, dilakukan menggunakan fungsi *calculate geometry*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

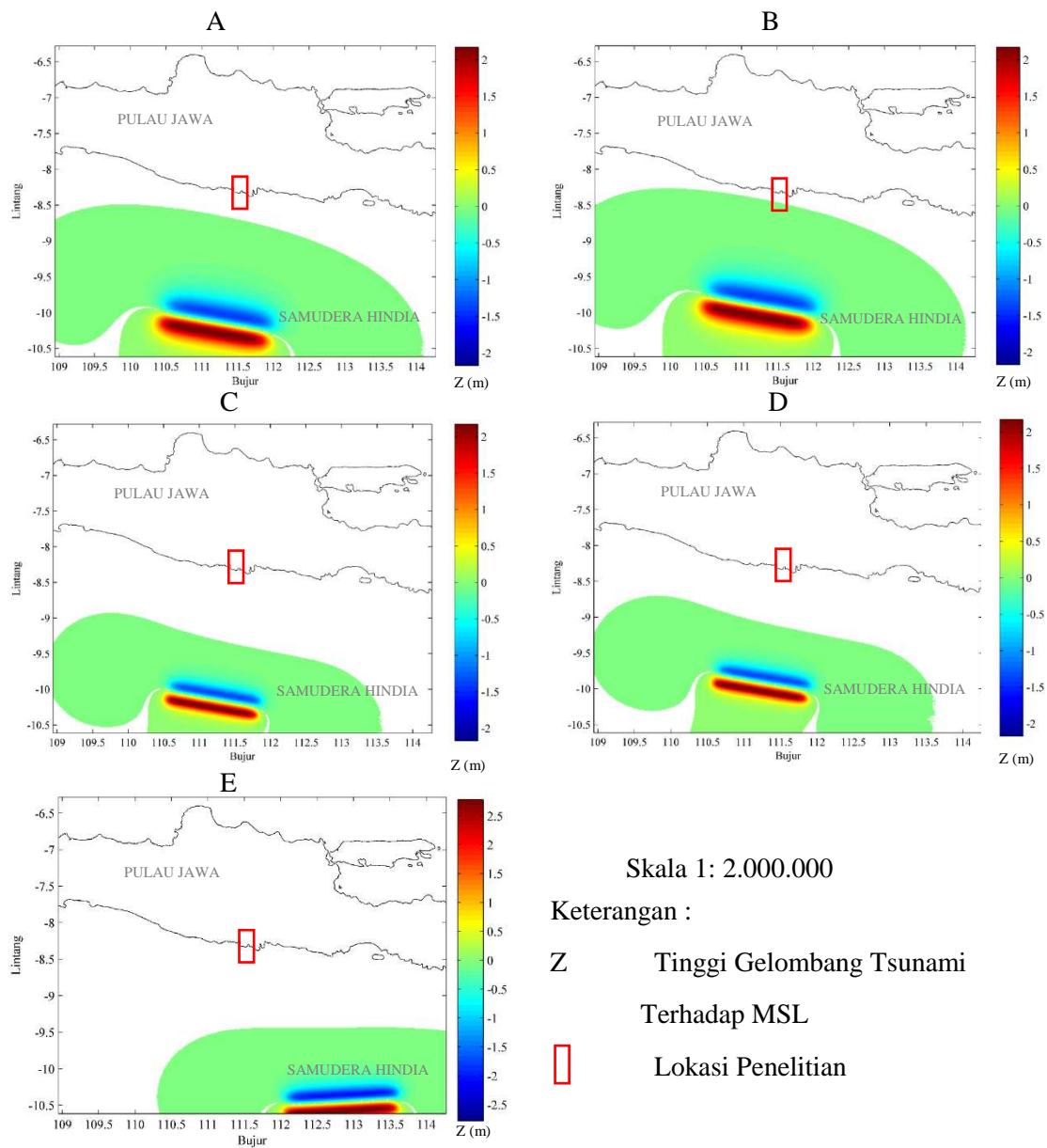
Hasil Penelitian

Berdasarkan perhitungan, didapatkan nilai standar deviasi observasi data kelerengan pantai model dan kelerengan pantai lapangan adalah 0.06. Melalui pengolahan nilai kelerengan lapangan, diketahui bahwa kelerengan pantai rata-rata di Pantai Bladudan Pantai Ngadipuro adalah 5.38% dan 4.05%. Apabila dikaitkan dengan klasifikasi Van Zuidam (1983) dalam Rahanjani, et. al (2012), diketahui bahwa kelerengan Pantai Bladu dan Ngadipuro termasuk dalam karakteristik pantai landai. Melalui pengamatan di lapangan diketahuijuga bahwa wilayah pantai Bladu dan Ngadipuro merupakan pantai landai yang dikelilingi wilayah perbukitan.

Pada saat kondisi awal tsunami, terjadi proses pengangkatan dan penurunan muka air laut. Melalui proses pengolahan data, didapatkan gambaran kondisi awal tsunami pada *layer1* adalah sebagai berikut :

Tabel 3. Kondisi Muka Air Laut di Pusat Pembangkitan Tsunami

Skenario	KenaikanMuka Air Laut (m)	PenurunanMuka Air Laut (m)
1	2.288	-1.399
2	2.288	-1.399
3	2.590	-1.543
4	2.590	-1.543
Tsunami 1994	2.920	-2.053



Gambar 2. Kondisi Awal Tsunami A Skenario 1; B Skenario 2 ; C Skenario 3 ; D Skenario 4 ; E Tsunami 1994.

Melalui data titik pengukuran, didapatkan data *timeseries* tinggi gelombang tsunami sebagai berikut :

Tabel 4. Waktu Tempuh Tsunami dan Ketinggian Tsunami

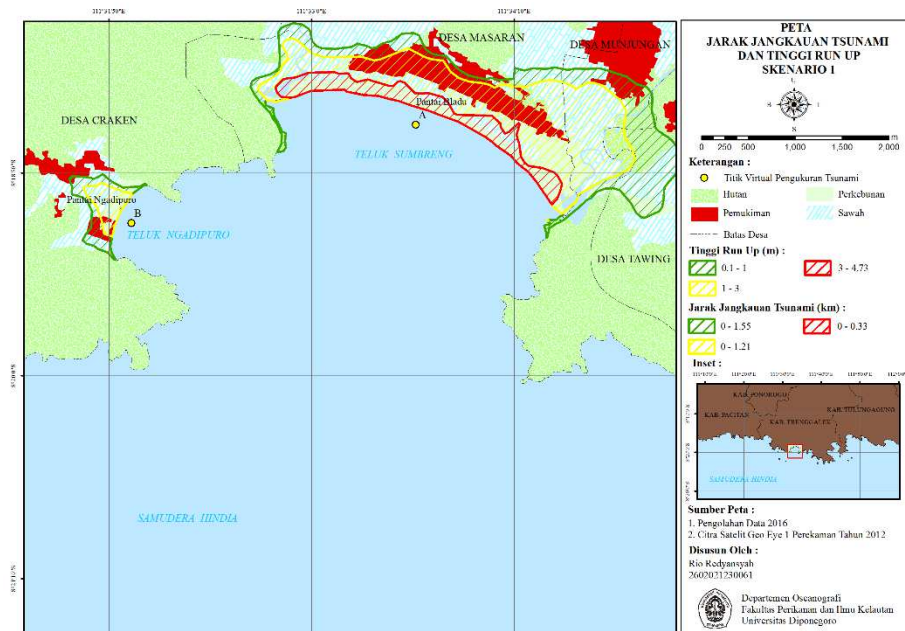
Skenario	Titik	Waktu Tempuh Tsunami (menit)	Z max (meter)	Waktu (menit)
1	A	36.93	3.67	56.10
	B	36.05	3.96	56.00
2	A	34.60	3.15	43.30
	B	33,71	4.55	42.25
3	A	34.88	3.03	40.00
	B	34.48	3.76	40.36
4	A	32.68	3.18	32.68
	B	32.23	3.88	33.35
Tsunami 1994	A	40.18	1.00	40.18
	B	39.88	0.97	54.66

Keterangan

Z max = tinggi gelombang tsunami maksimum terhadap MSL

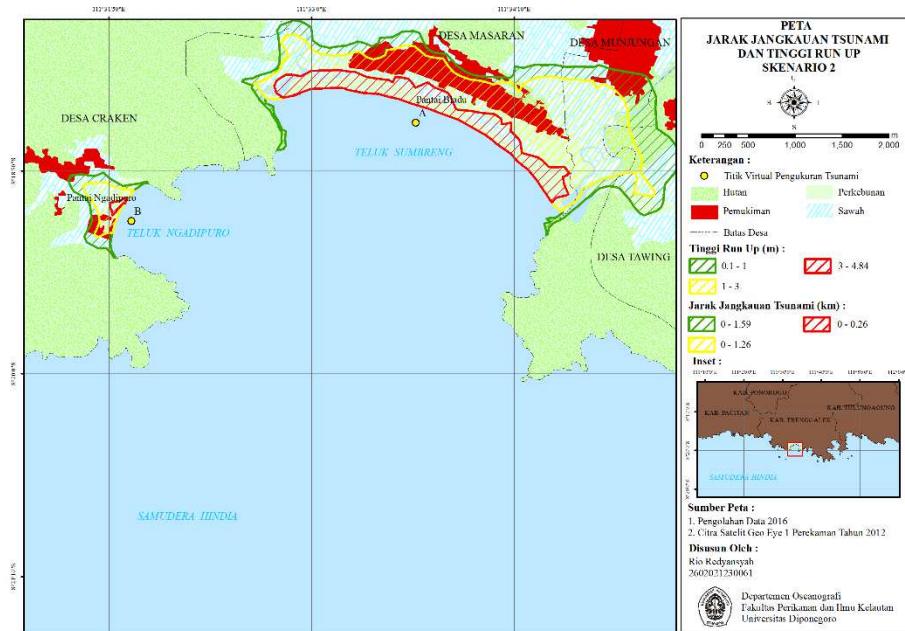
Waktu = waktu saat terjadi gelombang maksimum

Setelah mengalami proses penjalaran menuju pantai, tsunami akan mengalami *run up*. Berikut adalah hasil pengolahan data tinggi *run up* di darat, luas daerah jangkauan, dan jarak jangkauan maksimum tsunami dari garis pantai. Pada skenario 1 didapatkan nilai tinggi *run up* maksimum adalah 4,73 m, luas daerah jangkauan tsunami 4,03 km², dan jarak jangkauan tsunami 0- 1,55 km.



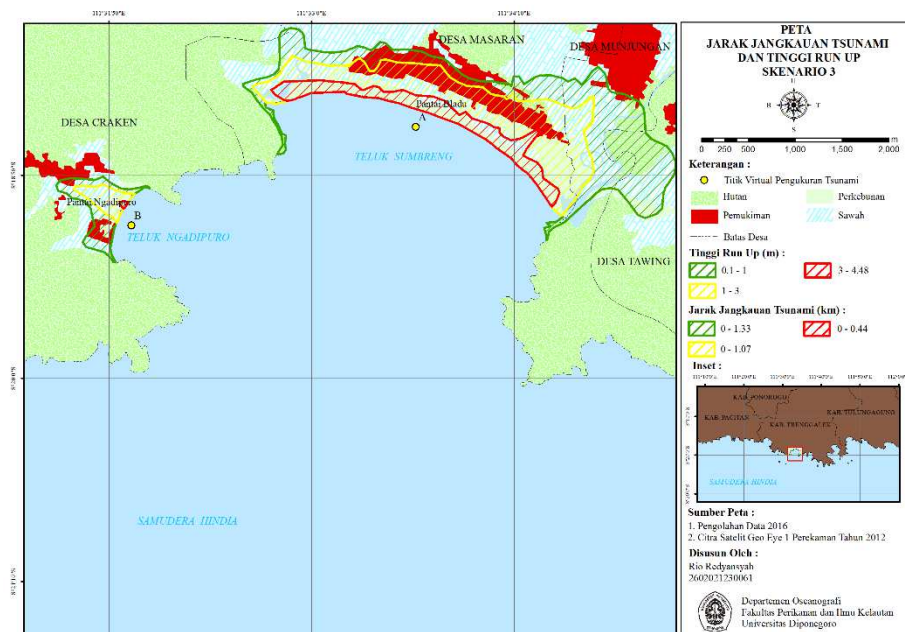
Gambar 3. Peta Daerah Jangkauan Tsunami dan Tinggi *Run Up* Skenario 1 Gempa 7,8 Mw pada Kedalaman 20 km.

Pada skenario 2 didapatkan hasil bahwa tinggi *run up* maksimum adalah 4,84 meter, luas daerah jangkauan tsunami 4,09 km², dan jarak jangkauan tsunami 0- 1,59 km.



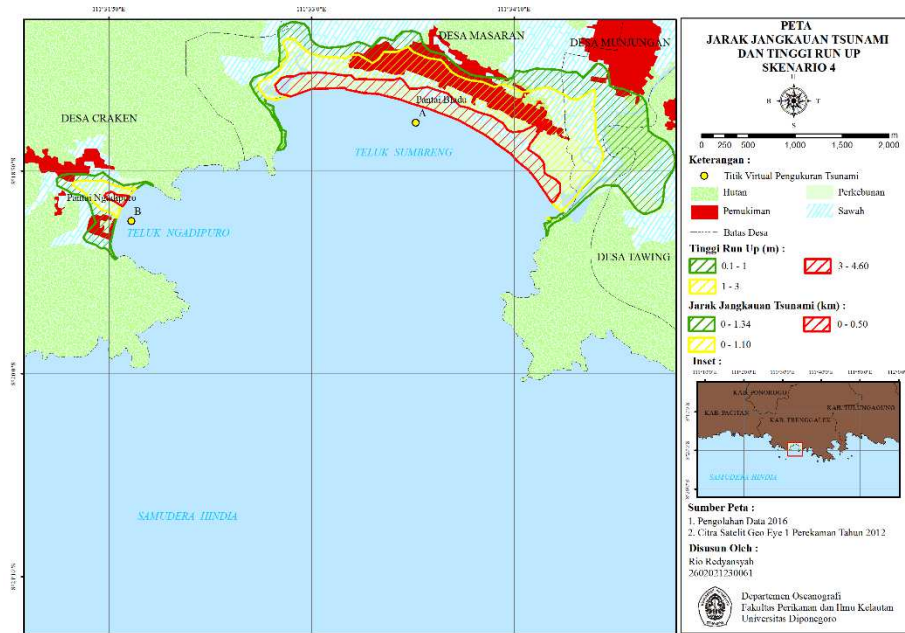
Gambar 4. Peta Daerah Jangkauan Tsunami dan Tinggi *Run Up* Skenario 2 Gempa 7,8 Mw pada Kedalaman 20 km.

Pada skenario 3 didapatkan hasil bahwa tinggi *run up* maksimum adalah 4,48 m, luas daerah jangkauan tsunami 3,75 km², dan jarak jangkauan tsunami 0- 1,33 km.



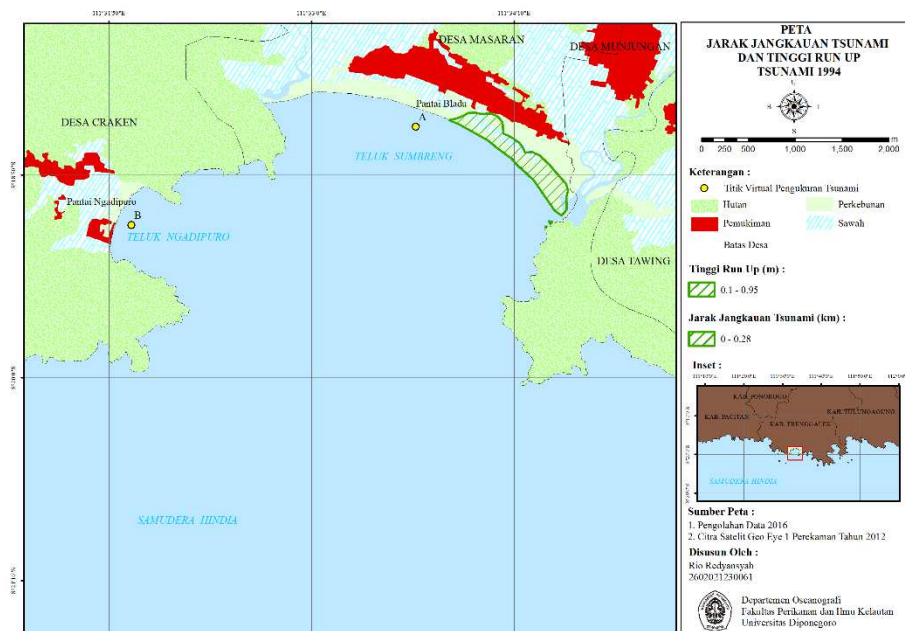
Gambar 5. Peta Daerah Jangkauan Tsunami dan Tinggi *Run Up* Skenario 3 Gempa 7,7 Mw pada Kedalaman 10 km.

Pada skenario 4 didapatkan hasil bahwa tinggi *run up* maksimum adalah 4,60 m, luas daerah jangkauan tsunami 3,87 km², dan jarak jangkauan tsunami 0- 1,34 km.



Gambar 6. Peta Daerah Jangkauan Tsunami dan Tinggi *Run Up* Skenario 4Gempa 7,7 Mw pada Kedalaman 10 km.

Pada scenario tsunami1994 didapatkanbahwadi wilayah Teluk Sumbreng terjadi *run up* maksimum 0.95m,luasdaerahjangkauan tsunami 0.32 km², dan jarak jangkauan tsunami 0- 0,28 km



Gambar 7. Peta Daerah Jangkauan Tsunami dan Tinggi *Run Up* Tsunami 1994 (Banyuwangi)

Pembahasan

Melalui hasil penelitian, diketahui bahwa variasi kenaikan muka air laut dan penurunan muka air laut saat pembangkitan tsunami dipengaruhi oleh variasi kekuatan gempa dan

kedalaman *epicenter*. Skenario gempa 1994 menghasilkan perubahan muka air di pusat gempa yang terbesar. Kondisi ini dipengaruhi oleh kekuatan gempa yang lebih besar dan kedalaman *epicenter* yang relatif dangkal dibandingkan skenario lain. Sementara apabila 4 skenario lain dibandingkan hasilnya, skenario 3 dan 4 memiliki perubahan muka air laut yang lebih besar. Hal ini disebabkan skenario 3 dan 4 memiliki kedalaman *epicenter* yang lebih dangkal. Kondisi ini menunjukkan apabila pada kasus ketika perbedaan kekuatan gempa antar skenario tidak terlalu besar, kedalaman *epicenter* akan lebih berpengaruh dalam menyebabkan perubahan muka air saat pembangkitan tsunami. Kekuatan gempa yang lebih besar akan berpengaruh pada lebar sesar, panjang sesar dan dislokasi yang lebih besar. Hal ini dapat ditinjau pada Wells & Coppersmith (1994), dimana dapat dihitung besarnya lebar sesar, panjang sesar, dan dislokasi dari suatu gempa yang terjadi menggunakan kekuatan gempa dalam magnitudo momen.

Melalui pengolahan data dapat diketahui bahwa pengaruh ketinggian suatu wilayah dan kelerengan pantai cukup signifikan terhadap luas daerah jangkauan tsunami. Semakin rendah posisi suatu wilayah maka akan semakin besar potensi wilayah tersebut akan terdampak oleh tsunami, sedangkan kelerengan akan berpengaruh terhadap jarak tempuh gelombang tsunami di daratan. Ketinggian *run up* terbesar terjadi pada skenario 2. Pada skenario ini tinggi *run up* mencapai 4,84 meter. Kondisi ini berbanding lurus dengan hasil analisa pada grafik *timeseries* perubahan muka air laut selama tsunami. Pada grafik menunjukkan bahwa pada skenario 2 terjadi tinggi gelombang tsunami maksimum terbesar bila dibandingkan dengan hasil pada 4 skenario lain. Apabila ditinjau berdasarkan jarak jangkauan maksimum tsunami, diketahui bahwa skenario 2 menghasilkan tsunami yang menjalar paling jauh di darat. Pada skenario ini jangkauan maksimum tsunami menunjukkan angka 1,59 km. Pada gambar 16 hingga 20 menunjukkan bahwa Pantai Bladu mengalami jangkauan maksimum tsunami yang lebih jauh ke arah darat dibandingkan Pantai Ngadipuro. Bahkan pada gambar 20 yang menunjukkan rekonstruksi tsunami menggunakan parameter tsunami 1994, hanya wilayah Pantai Bladu yang mengalami *run up*. Sehingga dapat diketahui bahwa wilayah Pantai Bladu lebih berpotensi besar mengalami kerusakan akibat tsunami apabila dibandingkan dengan wilayah Pantai Ngadipuro.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Waktu tempuh tsunami terpendek terjadi pada skenario 4 yaitu pada lokasi pengamatan B yaitu berkisar pada 32 menit hingga 36 menit untuk skenario 1 hingga 4. Pada skenario rekonstruksi gempa 1994, menghasilkan waktu tempuh menuju Teluk Sumbreng berkisar antara 39 hingga 40 menit.
2. Tinggi maksimum tsunami terbesar di perairan lokasi pengamatan terjadi pada skenario 2 lokasi pengamatan B, yaitu sebesar 4,55 m.
3. Daerah jangkauan tsunami terluas, tinggi *run up* terbesar, dan jarak jangkauan maksimum terjauh terjadi pada skenario 2 dengan luas 4,09 km², tinggi *run up* 4,84 m dan jarak jangkauan maksimum 1,59 km. Sementara berdasarkan rekonstruksi gempa 1994, diketahui luas daerah jangkauan, tinggi *run up*, dan jarak maksimum jangkauan adalah 0,32 km², tinggi *run up* 0,95 m dan 0,28 km.

DAFTAR PUSTAKA

- Diposaptono, S dan Budiman. 2008. Hidup Akrab dengan Gempa dan Tsunami. PT Sarana Komunikasi Utama, 358- 372 hlm
- Kominfo Provinsi Jawa Timur. 2013. BPBD Petakan 8 Wilayah di Jatim Rawan Tsunami. kominfo.jatimprov.go.id (16 Mei 2016)

- Rahanjani, Yustiana E., Agung Setianto, Srijono. 2012. Pemanfaatan Citra Digital Elevation Model (DEM) Untuk Studi Evolusi Geomorfologi Gunung Api Merapi Sebelum dan Setelah Erupsi Gunung Api Merapi 2010. Seminar Nasional Informatika 2012
- Sugiyono.2009. Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D. ALFABETA. Bandung
- Syamsidik, Teuku Muhammad Rasyif, Shigeru Kato. 2015. Development of Accurate Tsunami Estimated Times of Arrival for Tsunami-Prone Cities in Aceh, Indonesia. International Journal of Disaster Risk Reduction 14 : 403-410
- Wells, Donald L., and Kevin J. Coppersmith. 1994. New Empirical Relationships Among Magnitude, Rupture Length, Rupture Width, Rupture Area, and Surface Displacement. Bulletin of the Seismological Society of America, 84 : 974-1002.