

Analisis Dampak Bencana Tsunami dan Perencanaan Jalur Evakuasi (Studi Kasus: Kabupaten Sukabumi)

Sulih Almaudi Suri¹, Sutoyo^{1*} dan Moh Fifik Syafiudin²

¹ Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB University, Bogor, Indonesia, 16680

² Badan Informasi Geospasial, Bogor, Indonesia. 16911

* penulis koresponden: sutoyo@apps.ipb.ac.id

Abstrak: Posisi geografi Indonesia berada di atas tiga lempeng aktif, yaitu lempeng Pasifik, Indo-Australia, dan Eurasia yang bergerak konstan sehingga mengakibatkan sesar. Sesar tersebar di berbagai wilayah di Indonesia, salah satunya berada di Pulau Jawa yaitu Sesar Cimandiri yang terhampar dari barat ke timur melalui Pelabuhanratu hingga Gunung Tangkubanprahu. Lokasi Sesar yang membentang di wilayah Sukabumi menyebabkan berbagai bencana, seperti gempa bumi. Sukabumi dengan garis pantai sepanjang 177 km serta potensi pergeseran sesar di wilayah pantai berpotensi menyebabkan bencana tsunami. Tujuan penelitian ini adalah melakukan analisis dampak bencana tsunami mencakup wilayah dan jumlah penduduk terdampak serta perencanaan jalur evakuasinya. Analisis dilakukan dengan bantuan software ArcGIS dan QGIS melalui beberapa pengerjaan, seperti permodelan inundasi, analisis wilayah dan penduduk terdampak serta analisis jalur efektif evakuasi dengan *network analysis*. Permodelan inundasi dilakukan dengan memperkirakan ketinggian gelombang di pinggir pantai sebesar 10, 15, dan 20 meter dan kemudian dilakukan *clip* dengan tutupan lahan Kabupaten Sukabumi. Jumlah penduduk terdampak dihitung dengan data kepadatan penduduk setiap kecamatan terdampak dan dikalikan dengan luas wilayah terdampak di setiap kecamatan. Luas wilayah terdampak dengan ketinggian *run-up* 10 meter sebesar 6781,08 ha, pada *run-up* 15 meter sebesar 9703,75 ha, dan pada *run-up* 20 meter sebesar 12.609,24 ha. Kategori tutupan yang terdampak berupa badan air, empang/tambak, hutan, lahan pertanian, lahan terbangun, lahan terbuka, perkebunan, dan semak belukar. Jumlah penduduk terdampak dengan skenario 10m, 15m, dan 20m sebanyak 74.300 jiwa, 105.300 jiwa dan 135.100 jiwa. Permodelan rute terefektif jalur evakuasi menghasilkan sebanyak 432 rute. Permodelan menggunakan 81 titik lokasi fasilitas berupa shelter dengan insiden berupa lokasi permukiman terdampak genangan inundasi 20 m.

Kata kunci: bencana; tsunami; jalur evakuasi

Diterima: 13 Juli 2023
Diperbaiki: 22 Oktober 2023
Disetujui: 08 April 2024

1. Pendahuluan

Indonesia memiliki luas wilayah mencapai 1,9 juta km² dan pada tahun 2019 tercatat memiliki kurang lebih 17.000 pulau. Bentuk geografis tersebut menempatkan Indonesia berada di posisi kedua sebagai negara yang memiliki garis pantai terpanjang di dunia dengan total panjang mencapai 99.000 km. Keunikan geografi Indonesia juga terlihat pada posisi Indonesia yang diapit oleh dua benua dan dua samudera, yaitu Benua Asia dan Benua Australia serta Samudera Hindia dan Samudera Pasifik. Posisi tersebut berada di atas tiga lempeng aktif, yaitu Pasifik, Indo-Australia, dan Eurasia yang menyebabkan pembentukan gunung berapi atau dikenal dengan sebutan *Ring of Fire*.

Terdapat kurang lebih 120 gunung aktif di Indonesia atau sekitar 13% jumlah gunung aktif di dunia yang tersebar pada jalur tektonik [1].

Lempeng samudera Indonesia yaitu lempeng Indo-Australia dan Pasifik mengalami tumbukkan dengan lempeng daratan atau Eurasia. Posisi lempeng Indo-Australia berada di selatan Pulau Jawa dan Lempeng Eurasia di utara Pulau Jawa saling bergerak konstan dan mengapit sepanjang tahun sehingga menciptakan retakan atau celah pada kerak bumi yang disebut dengan sesar. Indonesia sebagai negara berprediket *Ring of Fire* memiliki sejumlah sesar yang tersebar di seluruh penjuru, sehingga dapat dinyatakan terdapat 28 wilayah rawan bencana gunung berapi, gempa bumi, dan tsunami [2]. Pergerakan lempeng Eurasia dan Lempeng Indo-Australia di pulau Jawa menyebabkan terbentuknya sesar-sesar di pulau Jawa. Beberapa sesar yang terbentuk dari barat pulau Jawa hingga timur Jawa, diantaranya Sesar Banten, Sesar Cimandiri, Sesar Citarik, Sesar Baribis, Sesar Bumiayu, Sesar Citanduy, Sesar Baribis, Sesar Kebumen-Semarang-Jepara, hingga Sesar Jember yang terdapat di Jawa Timur [3].

Salah satu sesar yang terdapat di Jawa Barat serta tercatat aktif melakukan pergerakan yaitu Sesar Ci Mandiri. Sesar Cimandiri membentang dari barat ke timur pulau Jawa yang dimulai dari Pelabuhanratu dan membentuk rangkaian perbukitan hingga Gunung Tangkubanprahu. Alur sesar Cimandiri berada disepanjang jalur perbukitan Jampang, perbukitan Warungkiara, perbukitan Walat, dan perbukitan Rajamandala. Sesar Cimandiri dikategorikan sebagai sesar geser yang pergerakannya ditandai dengan gempa bumi dangkal di sekitar sesar. Pergerakan sesar Cimandiri terjadi secara horizontal serta vertikal mengiri [4]. Sesar Cimandiri yang terhampar pada wilayah Sukabumi menjadikan wilayah tersebut dikategorikan sebagai wilayah rawan bencana, terutama bencana gempa bumi.

Pusgen (2017) dalam Diliawan [5] mencatat telah terjadi gempa di sepanjang jalur Sesar Cimandiri. Gempa terbaru pada Sesar Cimandiri terjadi pada 21 November 2022 yang merupakan gempa darat pada kedalaman 10 km dengan kekuatan 5,6 Mw. Bencana mengakibatkan kerusakan signifikan di Kabupaten Cianjur dan Kabupaten Sukabumi. Jalur sesar yang dimulai dari Pelabuhanratu di Sukabumi dikhawatirkan mengalami pergerakan yang dapat mengakibatkan kerusakan signifikan dan bencana lanjutan seperti tsunami. Penelitian oleh Widiyantoro *et al.* [6] menggambarkan potensi tsunami di selatan Pulau Jawa terjadi dengan ketinggian maksimum mencapai 20 m. Kabupaten Sukabumi yang berada di pesisir pantai dengan panjang garis pantai mencapai 177 km wilayah tersebut rawan terhadap bencana tsunami. Penelitian mengenai analisis bahaya tsunami yang diperkirakan dapat menghantam pesisir selatan Pulau Jawa dengan skenario ketinggian maksimal 20 m perlu dilakukan. Penelitian ini bertujuan melakukan analisis dampak bencana tsunami mencakup wilayah dan jumlah penduduk terdampak serta perencanaan jalur evakuasinya..

2. Metode

2.1. Material

Peralatan yang digunakan dalam penelitian “Analisis Dampak Bencana Tsunami dan Perencanaan Jalur Evakuasi (Studi Kasus: Kabupaten Sukabumi)” terdiri dari perangkat keras, perangkat lunak, serta data sekunder. Perangkat keras yang digunakan berupa Laptop dengan perangkat lunak pendukung penelitian berupa ArcMap 10.8, Global Mapper 11, QGIS 3.32, InaSafe 5.0, serta Microsoft Excel. Bahan yang digunakan dalam penelitian merupakan data sekunder, seperti data tutupan lahan peta Rupa Bumi Indonesia serta data DEM Sukabumi milik Badan Informasi Geospasial yang didapat diakses melalui *website* resmi Ina-Geoportal dan data *WorldPopulation* 2020 yang dikeluarkan oleh United Nation.

2.2. Prosedur Penelitian

2.2.1. Permodelan Inundasi Tsunami

Persebaran luas genangan di daratan atau disebut inundasi tsunami dimodelkan menggunakan perhitungan matematis berdasarkan persamaan Berryman pada tahun 2006. Persamaan ini memodelkan genangan berdasarkan data kelerengan yang didapatkan dari permodelan raster DEM yang selanjutnya dikonversikan dalam satuan radian, koefisien kekasaran permukaan berdasarkan jenis penutup lahan, serta ketinggian *run-up* tsunami di bibir pantai. Nurwatik *et al.* [7] berdasarkan penelitian Berryman [8] membagi penutup lahan ke dalam 9 kelas dengan masing-masing koefisien kekasaran seperti pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Indeks koefisien kekasaran tiap kelas tutupan lahan [8]

Jenis Tutupan Lahan	Koefisien Kekasaran
Badan air	0,007
Semak/Belukar	0,040
Hutan	0,079
Perkebunan	0,035
Lahan terbuka	0,015
Lahan pertanian	0,025
Lahan terbangun	0,045
Mangrove	0,025
Empang/Tambak	0,010

Seluruh parameter kemudian dilakukan perhitungan menggunakan persamaan (1) disertai perhitungan *cost distance* dan *fuzzy membership* sehingga menghasilkan permodelan genangan tsunami.

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

dengan,

- H_{loss} : kehilangan ketinggian tsunami per 1 meter
- n : koefisien kekasaran permukaan
- H_0 : ketinggian run-up di bibir pantai (m)
- S : nilai kelerengan permukaan ($^{\circ}$)

2.2.2. Perhitungan Luas Wilayah dan Tutupan Lahan Terdampak

Data inundasi yang telah didapatkan kemudian dilakukan konversi ke poligon dengan diawali *reclassify* data. Data tutupan lahan yang didapatkan dari Ina-geoportal memiliki berbagai jenis tutupan, beberapa tutupan kemudian diklasifikasikan ke dalam sebuah kategori yang sama. Pengkategorian dilakukan dengan menambahkan *field* pada *attribute table* dan data diisi dengan kelas-kelas tutupan lahan dengan bantuan *field calculator*. Data tutupan lahan kemudian di-clip dengan data inundasi ketinggian 10m, 15m, dan 20m sehingga dihasilkan luas setiap tutupan lahan. Data luas tutupan lahan dilihat pada *attribute table* dan ditambahkan *field* untuk mengetahui data luasan lahan dalam hektare. *Field* diklik kanan dan dipilih *calculate geometry*, setelahnya dipilih jenis satuan hektare atau ha. Luas tutupan lahan terdampak setiap ketinggian kemudian didapatkan. Data poligon inundasi setiap tutupan kemudian juga dapat digunakan sebagai bahan untuk mengetahui luas wilayah terdampak di setiap kecamatan. Luas inundasi kemudian di-clip dengan data administrasi wilayah kecamatan di Sukabumi. Data luas wilayah terdampak per kecamatan didapatkan dengan melihat *attribute table* wilayah.

2.2.3. Perhitungan Jumlah Penduduk Terdampak

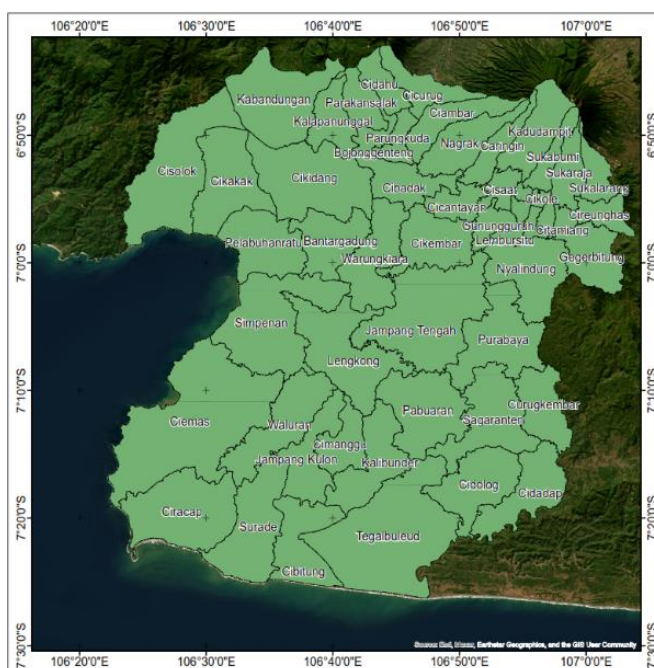
Perhitungan jumlah penduduk terdampak dilakukan dengan menggunakan data kependudukan berupa *World Population United Nation* tahun 2020 dan peta kerentanan wilayah yang telah di-clip dengan jangkauan inundasi. Kedua data tersebut diolah dengan aplikasi Quantum GIS dengan fitur InaSAFE. *Database* kependudukan dipergunakan sebagai data terpapar dan peta kerentanan digunakan sebagai wilayah bahaya. InaSAFE kemudian memproses data untuk menghasilkan perkiraan jumlah penduduk terpapar berdasarkan skenario tsunami.

2.2.4. Analisis Jalur Terefektif

Jalur terefektif sangat diperlukan agar penyintas tiba lebih cepat dan bergerak lebih efektif disaat kondisi bencana. Analisis jalur terefektif berdasarkan penelitian Nurwatik et al. (2021) dilakukan dengan menggunakan metode *network analyst*, dimana pengolahan data diawali dengan membuat *network database* untuk memisahkan jalur. Parameter yang digunakan dalam analisis jalur efektif berupa panjang jalan, atribut one-way, dan waktu tempuh setiap jalur dengan mempertimbangkan kecepatan jalan manusia dan waktu evakuasi yang tersedia.

3. Hasil dan Pembahasan

Sukabumi merupakan sebuah wilayah administratif di Jawa Barat yang terdiri dari Kota dan Kabupaten pada $106^{\circ}45'50''$ Bujur Timur hingga $106^{\circ}45'10''$ Bujur Timur, $6^{\circ}50'44''$ Lintang Selatan. Kabupaten Sukabumi digadang sebagai Kabupaten kedua terbesar di Indonesia dengan luas wilayah sebesar 420.722,82 ha. Kabupaten Sukabumi memiliki wilayah administrasi yang berbatasan dengan Kabupaten Bogor di sebelah utara, Kabupaten Banten di barat, Kabupaten Cianjur di sebelah timur dan Samudera Hindia di selatan-nya. Kabupaten Sukabumi memiliki sekitar 53 Kecamatan dengan 9 kecamatan berbatasan langsung dengan Samudera Hindia, yaitu kecamatan Cisolok, Kecamatan Ciasak, Kecamatan Pelabuhan Ratu, Kecamatan Simpenan, Kecamatan Ciemas, Kecamatan Ciracap, Kecamatan Surade, Kecamatan Cibitung, dan Kecamatan Tegalbuleud seperti pada **Gambar 1**. Selain memiliki wilayah administrasi terluas, Kabupaten Sukabumi juga memiliki garis pantai kedua terpanjang di Jawa Barat yaitu sebesar 146,117 km.



Gambar 1. Peta administrasi Kabupaten Sukabumi

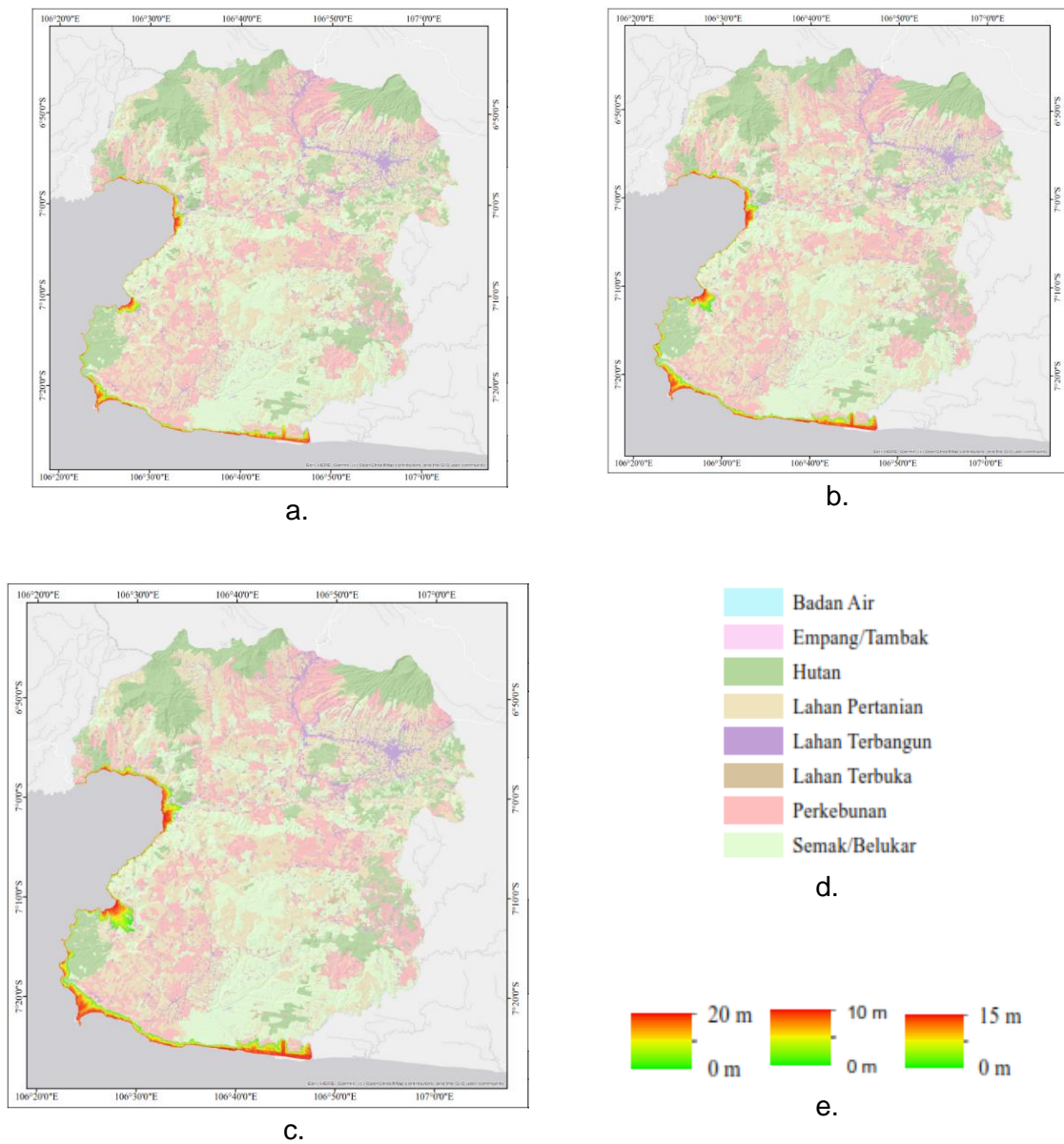
Inundasi tsunami dilakukan dengan menggunakan persamaan (1) dari Berryman [8] dengan menggunakan skenario ketinggian *run-up* di pinggir pantai sebesar 10, 15, dan 20 m menghasilkan peta seperti pada **Gambar** . Ketiga peta dengan ketinggian skenario *run-up* yang berbeda memiliki 8 dari 9 jenis tutupan yang dikategorikan oleh Berryman [8], yaitu badan air, empang/tambak, hutan, lahan pertanian, lahan terbangun, lahan terbuka, perkebunan, serta semak belukar. Kategori penutup lahan badan air terdiri dari danau, rawa, dan sungai, sementara empang dan tambak masuk dalam kategori lain yaitu empang/tambak. Kategori lahan terbangun diisi oleh seluruh penutup lahan yang sudah mengalami pembangunan baik gedung pencakar langit, permukiman, maupun perkantoran. Kedelapan kategori yang terekam dari hasil digitasi pada Wilayah Sukabumi menunjukkan tutupan lahan pertanian memiliki area terluas yang tersebar yaitu sebesar 127.917,5 ha. Tutupan lahan terkecil digunakan oleh empang dan tambak seluas 237 ha yang tersebar di wilayah pantai dan pegunungan. Lahan terbangun yang terdapat di wilayah Sukabumi tersebar dari pinggir pantai hingga ke wilayah pegunungan dengan total sebesar 22.976,3 ha dimana luas tutupan lahan seluruh wilayah Sukabumi ditunjukkan seperti pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Luas tutupan lahan Kabupaten Sukabumi

Jenis Tutupan Lahan	Luas 2018 (ha)
Badan Air	1865,39
Empang/Tambak	237,09
Hutan	68377,83
Lahan Pertanian	127917,57
Lahan Terbangun	22976,32
Lahan Terbuka	2497,71
Perkebunan	80667,90
Semak/Belukar	116183,02
TOTAL	420722,83

Hasil pemrosesan *clip* yang dilakukan pada tutupan lahan Sukabumi dengan jangkauan penjararan tsunami di setiap ketinggian menunjukkan hasil tutupan lahan terdampak seperti

Tabel 3. Hasil pengolahan area terdampak inundasi pada ketinggian *run-up* di bibir pantai sebesar 10, 15, dan 20 meter menunjukkan tutupan lahan terbesar yaitu lahan pertanian, sementara luas tutupan lahan terdampak terkecil yaitu empang dan tambak. Permukiman dan tempat kegiatan yang masuk dalam kategori lahan terbangun terdampak seluas 597,08 ha pada ketinggian *run-up* 10 m, 873,65 ha pada ketinggian *run-up* 15 m, dan 1114,23 ha pada ketinggian *run-up* 20 m. Data hasil pengolahan tutupan lahan terdampak menunjukkan semakin tinggi *run-up* di bibir pantai maka semakin luas wilayah yang terdampak. Hal ini berkaitan dengan daya gelombang, kecepatan, serta penjararan gelombang di permukaan. Gelombang tsunami memiliki energi yang besar dan berkurang seiring dengan pertemuannya dengan gesekan permukaan. Energi gelombang digambarkan sebagai ketinggian *run-up* saat di laut maupun saat menyentuh garis pantai, sehingga dengan ketiadaan gesekan permukaan defraksi gelombang dapat menyebar ke area yang semakin luas [9].



Gambar 2. Hasil pengolahan peta inundasi tsunami wilayah Sukabumi a) ketinggian 10 m. b) ketinggian 15 m. c) ketinggian 20 m. d) Legenda penutup lahan. e) Legenda ketinggian genangan.

Tabel 3. Luas tutupan lahan terdampak tsunami

Jenis Tutupan Lahan	Luas Tutupan Terdampak (ha)		
	10 m	15 m	20 m
Badan Air	159,79	195,18	225,24
Empang/Tambak	92,85	111,24	111,28
Hutan	423,57	780,27	1123,78
Lahan Pertanian	3451,34	4535,42	5626,40
Lahan Terbangun	609,60	888,05	1129,42
Lahan Terbuka	116,14	119,12	121,80
Perkebunan	963,39	1725,48	2449,03
Semak/Belukar	964,42	1348,90	1822,30
TOTAL	6781,08	9703,75	12609,24

Hasil perhitungan wilayah terdampak inundasi di setiap kecamatan diketahui bahwa kesembilan kecamatan yang berbatasan langsung dengan laut terdampak secara langsung sebesar 1% hingga 15% dari luas wilayahnya. Kecamatan Ciemas yang memiliki luas wilayah terbesar diantara delapan kecamatan lainnya terdampak paling besar pada ketinggian *run-up* 15 meter dan 20 meter. Tsunami pada ketinggian *run-up* 10 meter memberikan dampak besar pada kecamatan Tegalbuleud yaitu sebesar 1584,25 ha. Luas wilayah terdampak pada suatu kecamatan dipengaruhi oleh elevasi dan kelerengan kecamatan tersebut. Meski demikian, persentase wilayah terdampak terbesar pada *run-up* 10, 15, dan 20 meter diketahui terjadi pada kecamatan Ciracap. Persentase tersebut dipengaruhi oleh luas administrasi serta luas wilayah terdampak, dimana dengan luas administrasi yang semakin kecil dan luas terdampak yang sama besar menghasilkan persentase yang semakin besar.

Tabel 4. Luas Wilayah kecamatan terdampak

Kecamatan	Luas (ha)	Tinggi Inundasi (m)	Luas wilayah terdampak (ha)	Persentase terdampak (%)
Cibitung	8722,56	10	403,65	4,63
		15	557,49	6,39
		20	733,25	8,41
Ciemas	30664,63	10	1299,10	4,24
		15	2263,71	7,38
		20	3444,77	11,23
Cikakak	11377,54	10	118,30	1,04
		15	199,57	1,75
		20	253,75	2,23
Ciracap	14469,30	10	1440,20	9,95
		15	1872,27	12,94
		20	2234,35	15,44
Cisolok	17384,73	10	289,71	1,67
		15	395,14	2,27
		20	490,30	2,82
Pelabuhanratu	9201,85	10	596,64	6,48
		15	803,88	8,74
		20	985,37	10,71
Simpenan	16858,02	10	544,89	3,23
		15	729,28	4,33
		20	909,13	5,39
Surade	12097,08	10	458,92	3,79
		15	738,82	6,11
		20	969,48	8,01
Tegalbuleud	25508,24	10	1584,25	6,21
		15	2101,01	8,24
		20	2548,77	9,99

Nilai luas wilayah terdampak serta jenis tutupan lahan yang terdampak menunjukkan persentase yang rendah. Perhitungan luas wilayah terdampak juga diiringi dengan perhitungan jumlah penduduk terdampak di setiap wilayah. Jumlah penduduk terdampak genangan tsunami dengan skenario ketinggian *run-up* 10m, 15m, dan 20m menunjukkan estimasi penduduk terdampak berkisar 74.000 hingga 135.000 jiwa seperti pada **Tabel 5**. Persentase penduduk terdampak pada skenario ketinggian 10 m yaitu 86,41% jiwa berada di wilayah terdampak tinggi 11,57% jiwa berada di wilayah terdampak sedang, dan 2,02% jiwa berada di wilayah terdampak rendah. Skenario ketinggian *run-up* 15 m

menghasilkan jumlah penduduk terdampak yang lebih besar yaitu 105.300 jiwa dengan 95,6 ribu penduduk perlu diungsikan. Penduduk yang terdapat pada zona terdampak tinggi sebesar 69,04%, pada zona terdampak sedang sebesar 21,75%, dan pada zona terdampak rendah sebesar 9,21%. Permodelan dengan run-up 20 m memberi dampak kepada 135100 penduduk sehingga sekitar 110000 penduduk perlu diungsikan. Penduduk terdampak pada zona terdampak tinggi sebesar 56,55%, pada zona terdampak sedang sebesar 24,43%, dan terdampak rendah sebesar 19,02%. Jumlah penduduk terdampak tersebut terdiri dari bayi dengan persentase sekitar 9%, anak kecil sebanyak 17%, dewasa sebanyak 66%, dan orang tua sebanyak 7%.

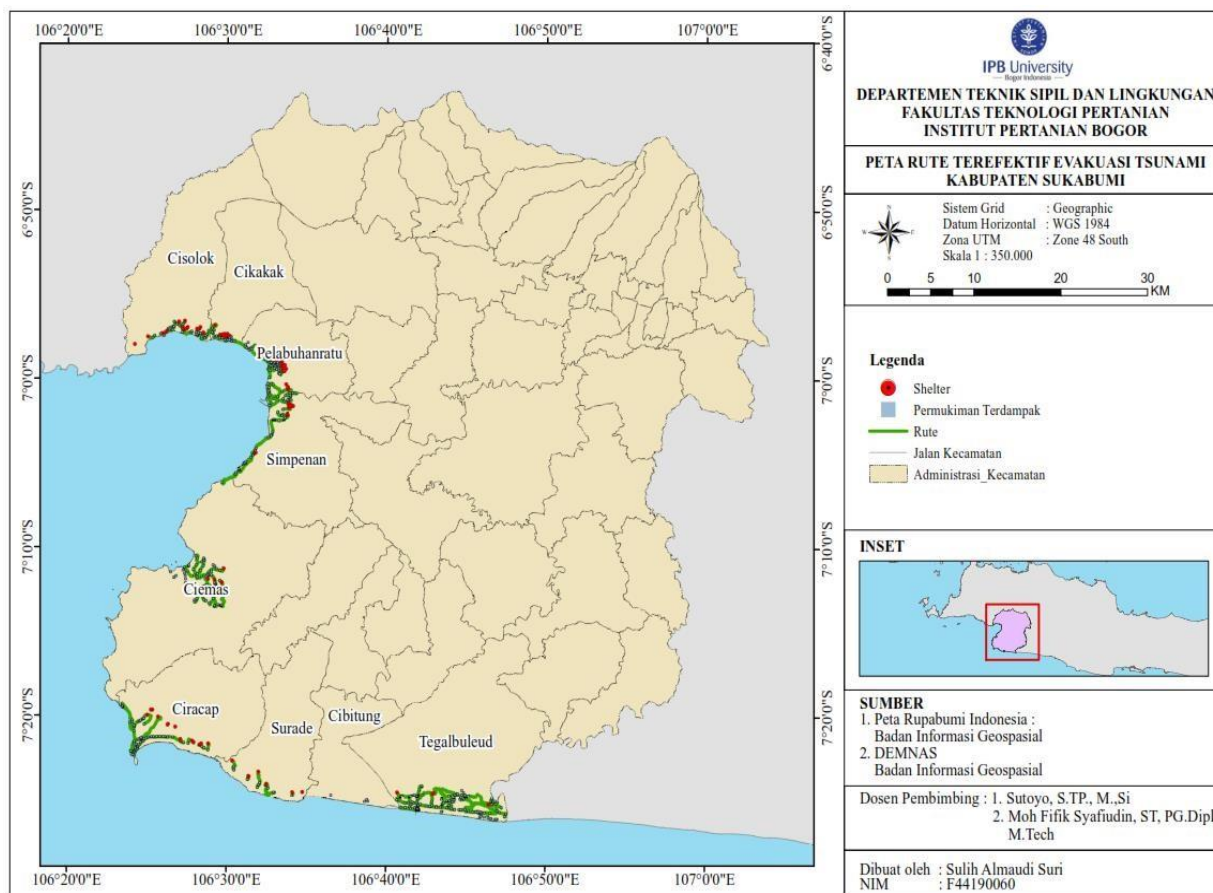
Tabel 5. Jumlah penduduk terdampak tsunami

Kecamatan	Tinggi Inundasi (m)		
	10	15	20
Cibitung	1790	2570	3390
Ciomas	7760	14.100	21.000
Cikakak	2130	4250	5300
Ciracap	12.690	15.970	18.500
Cisolok	3600	5900	9800
Palabuhanratu	20.900	28.190	34.750
Simpenan	10.350	13.880	17.100
Surade	1400	2570	3660
Tegalbuleud	13.680	17.870	21.600
Total Penduduk Terdampak (Jiwa)	74.300	105.300	135.100

Jalur ter efektif evakuasi bencana tsunami dilakukan berdasarkan jarak terdekat menuju shelter serta kecepatan jalan terendah penduduk. Kecepatan jalan terendah diasumsikan terjadi oleh penduduk berusia renta dengan kecepatan 0,751 m/det (Institute for Fire Safety & Disaster Preparedness, 1987 in Sugitomo et al 2003)[10]. Permodelan rute ter efektif menggunakan Network Analysis pada ArcGIS menghasilkan jumlah rute yang dihasilkan sebesar 432 rute. Permodelan menggunakan 81 titik lokasi fasilitas berupa shelter dengan insiden berupa lokasi permukiman terdampak genangan inundasi 20 m sebesar 484 lokasi. Jumlah rute yang dihasilkan menunjukkan nilai yang lebih rendah dari jumlah lokasi insiden, yang mana disebabkan oleh ketidakterediaan lokasi shelter terdekat dari lokasi insiden. Ketidakterediaan rute dari lokasi insiden menuju lokasi shelter juga disebabkan oleh ketidakterediaan jalur atau jalan di lokasi sekitar insiden.

Tabel 6. Jumlah rute evakuasi tsunami Kabupaten Sukabumi

Kecamatan	Jumlah Rute
Cibitung	0
Ciomas	57
Cikakak	26
Ciracap	59
Cisolok	38
Palabuhanratu	65
Simpenan	36
Surade	13
Tegalbuleud	138



Gambar 3. Peta rute terefektif jalur evakuasi bencana tsunami Kabupaten Sukabumi

4. Kesimpulan

Kabupaten Sukabumi memiliki 9 kecamatan terdampak yang bertepian langsung dengan laut. Luas wilayah terdampak tsunami dengan ketinggian *run-up* 10 meter sebesar 6781,08 ha, pada *run-up* 15 meter sebesar 9703,75 ha, dan pada *run-up* 20 meter sebesar 12609,24 ha. Luas wilayah terdampak *run-up* tsunami terdiri dari beberapa unsur penutup lahan, seperti badan air, empang/tambak, hutan, lahan pertanian, lahan terbangun, lahan terbuka, perkebunan, dan semak belukar. Tutupan lahan terluas yang terdampak *run-up* tsunami yaitu lahan pertanian, sementara tutupan lahan terkecil yaitu empang dan tambak. Total jumlah penduduk terdampak pada ketinggian *run-up* 10m sebesar 74.300 jiwa, ketinggian *run-up* 15m sebesar 105.300 jiwa, dan ketinggian *run-up* 20m sebesar 135.100 jiwa. Permodelan rute terefektif jalur evakuai menghasilkan jumlah rute yang dihasilkan sebesar 432 rute pada permukiman terdampak genangan inundasi 20 m.

Daftar Pustaka

- [1] Riyadi R. Analisis peta bentuk rupa bumi dalam menentukan lokasi dari pengaruh tsunami di Kabupaten Cilacap. *Journal of Social Science Teaching*. 2019; 3(2): 103-111.
- [2] Syafitri Y, Bahtiar, Didik LA. Analisis pergeseran lempeng bumi yang meningkatkan potensi terjadinya gempa bumi di Pulau Lombok. *Jurnal Fisika dan Pendidikan Fisika*. 2018; 3(2): 139-146.
- [3] Fattah BYA, Sabri LM, Awaluddin M. Survei deformasi sesar kaligarang dengan metode survei GNSS Tahun 2019. *Jurnal Geodesi Undip*. 2020; 9(2): 102-111.
- [4] Hidayat FR, Kuncoro H, Kriswati E. Analisis pengaruh regangan tektonik pada Sesar Cimandiri terhadap aktivitas vulkanik gunungapi Gede berdasarkan data GPS Tahun 2016-2019. *Seminar Nasional dan Diseminasi Tugas Akhir*. 2021; Series 2.

-
- [5] Diliawan R. Penggunaan Inarisk dalam menentukan titik rekomendasi lokasi pemasangan rambu peringatan di lajur Sesar Cimandiri. *Jurnal Dialog Penanggulangan Bencana*. 2019; 10(2): 142-153.
- [6] Widiyantoro S, Gunawan E, Muhari A, Rawlinson N, Mori J, Hanifa NR, Susilo S, Supendi P, Shiddiqi HA, Nugraha AD, Putra. Implication for Megathrust Earthquakes and Tsunamis from Seismic Gaps South of Jawa Indonesia. *Scientific Report Nature Research*. 2020; 10(15274): 1-11.
- [7] Nurwatik, Bioresita F, Setiawan D. Penentuan lokasi titik evakuasi sementara bencana tsunami menggunakan metode network analyst (studi kasus: Pesisir Selatan Kabupaten Pangandaran). *Journal of Geodesy and Geomatics*. 2021; 17(1): 53-61.
- [8] Berryman K. *Review of Tsunami Hazard and Risk in New Zealand*. Lower Hutt (NZ): Institute of Geological & Nuclear Sciences; 2005.
- [9] Rahmawati NI, Santosa BJ, Setyonegoro W, Sunardi B. Permodelan tsunami di sekitar Laut Banda dan implikasi di area terdampak. *Jurnal Sains dan Seni Pomits*. 2017; 6(2): 33-36.
- [10] Sugimoto T, Murakami H, Kozuki Y, Nishikawa K, Shimada T. A Human Damage Prediction Method for Tsunami Disasters Incorporating Evacuation Activities. *Natural Hazards*. 2003 Jul 1;29(3):587–602.