

PEMETAAN JALUR EVAKUASI BENCANA GEMPA DAN TSUNAMI SERTA REKOMENDASI AKSES EVAKUASI DI KAWASAN PANTAI KONDANG MERAK, MALANG SELATAN

Elvina Shanggrama Wijaya^{1*}
Christine Wonoseputro²

Universitas Kristen Petra Surabaya
elvinawijaya@petra.ac.id
Corresponding autor : Elvina S. Wijaya*

ARTICLE INFO

Article history:

Received : 20 Februari 2022

Revised : 20 Juni 2022

Accepted : 21 Juni 2022



Key words:

Evacuation Route, Eearthquake,
Tsunami, Tourism Destination,
Southern Malang Beach

DOI:

<http://doi.org/10.33508/peka.v5i1.3743>

ABSTRACT

The strategic geographic location of Indonesia comes with tremendous seismic and tsunami threat. This catastrophe has been recorded to be happened in a certain period of time in the past, as Indonesia is located in the meeting point of three earth's big plateau, Indo-Australia, Eurasia, and Pacific. Java, especially in the southern part of the island, is also greatly threatened by this danger. Kondang Merak is one of the beaches in East Java, located in South Malang, that is projected to be a tourism destination, especially when the Southern Java Road has been all connected. Nevertheless, despite the hardship caused by the undeveloped condition and unfinished road, many tourists still make effort to go there and find the view worth their hardships. The lack of facility found in the site makes the presence of evacuation route mapping urgent, as the catastrophe may happen anytime. This Community Service program takes place using observation and interview methods during the Covid-19 pandemic, which mostly is done by relying on communication technology, with topographic mapping using satellite imaging, which produces three evacuation recommendation points with safe contour heights. In this research, we used digital satellite imaging to map the contour of Kondang Merak, which resulted in three evacuation node recommendations. It can focus on the details of habitable buildings, to resist and give safety to its occupant, from seismic force and tsunami in the future.

A B S T R A K

Letak geografis Indonesia yang strategis hadir dengan rangkaian seismik dan tsunami yang luar biasa. Bencana ini tercatat pernah terjadi dalam kurun waktu tertentu di masa lalu, karena Indonesia terletak di titik pertemuan tiga dataran tinggi besar bumi, Indo-Australia, Eurasia, dan Pasifik. Jawa, terutama di bagian selatan pulau, juga sangat terancam oleh bahaya ini. Kondang Merak merupakan salah satu pantai di Jawa Timur yang terletak di Kabupaten Malang Selatan yang diproyeksikan menjadi destinasi pariwisata, apalagi Jalan Selatan Jawa sudah terkoneksi semua. Namun demikian, terlepas dari kesulitan yang disebabkan oleh kondisi yang belum berkembang dan jalan yang belum selesai, banyak wisatawan masih berusaha untuk pergi ke sana dan menemukan pemandangan yang sepadan dengan kesulitan mereka. Minimnya fasilitas yang ada di lokasi membuat keberadaan pemetaan jalur evakuasi menjadi sangat

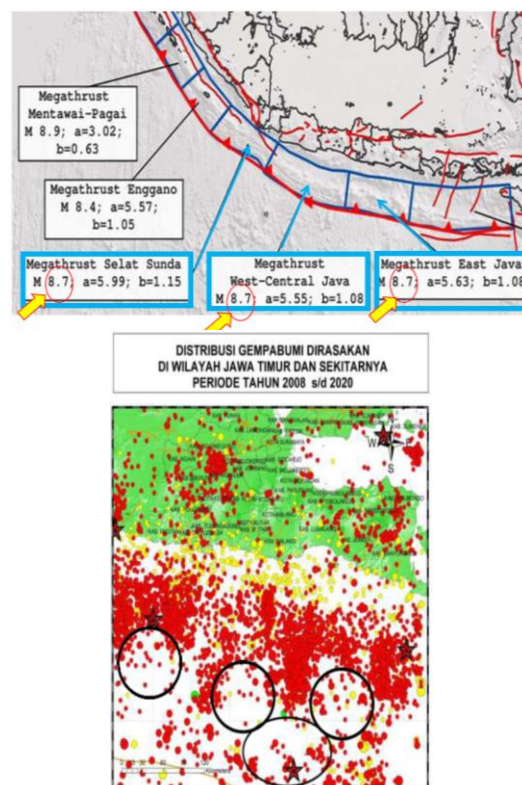
mendesak, karena bencana bisa saja terjadi kapan saja. Program Pengabdian kepada Masyarakat ini berlangsung menggunakan metode observasi dan wawancara pada masa pandemi Covid-19 yang sebagian besar dilakukan dengan mengandalkan teknologi komunikasi, dengan pemetaan topografi menggunakan pencitraan satelit, yang menghasilkan tiga titik rekomendasi evakuasi dengan ketinggian kontur aman. Dalam penelitian ini, kami menggunakan citra satelit digital untuk memetakan kontur Kondang Merak, yang menghasilkan tiga rekomendasi simpul evakuasi. Hal ini dapat fokus pada detail bangunan layak huni, untuk menahan dan memberikan keamanan bagi penghuninya, dari kekuatan gempa dan tsunami di masa depan.

PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara yang terletak di posisi yang strategis, menghubungkan dua benua: Asia dan Australia; dan dua samudra: Samudra Hindia dan Pasifik. Sebagai area penghubung, daerah Indonesia sendiri dilalui pertemuan antara 3 lempeng tektonik, yakni Lempeng Indo - Australia, Lempeng Eurasia, serta Lempeng Pasifik. Hal ini menyebabkan Indonesia menjadi daerah yang rawan gempa bumi.

Pulau Jawa, sebagai pulau yang memiliki kepadatan penduduk paling tinggi

di Indonesia, tidak lepas dari ancaman ini, terutama area Selatan pulau Jawa, yang langsung terekspos oleh pertemuan lempeng Eurasia dan Indo-Australia di bawah Samudra Hindia. Hal ini mengakibatkan bagian Selatan Pulau Jawa tidak hanya rentan terhadap gempa bumi, namun juga tsunami. Sebagaimana terlihat pada gambar 1.1, bagian Selatan Pulau Jawa dapat dibagi ke 3 zona *megathrust* dengan potensi gempa - tsunami besar, yakni *megathrust* Selat Sunda, Jawa Tengah dan Jawa Timur.



Gambar 1 : Tiga Megathrust di Selatan Pulau Jawa dan Sebaran Aktivitas Seismik dan Seismic Gap di Jawa Timur

Tercatat pula ada peningkatan aktivitas seismik yang terjadi di Jawa Timur, terutama dalam 5 tahun terakhir (Tim Sosialisasi Gempa bumi & Tsunami Stasiun Geofisika Malang, 2020), menyebabkan isu ini semakin menjadi perhatian, untuk mengantisipasi dan berjaga-jaga atas kedatangan bencana tersebut, dengan tujuan meminimalkan korban. Gempa dengan skala yang lebih besar pun berpotensi terjadi, karena ditemukan beberapa area seismic gap, yakni area seismik aktif tanpa kejadian gempa dalam kurun waktu tertentu, yang akan mengakumulasi setiap energi seismik di sekitarnya, sehingga akan memperbesar skala apabila gempa akhirnya terjadi di daerah tersebut.

Seakan berbanding terbalik dengan ancaman bahayanya, Jawa Timur sendiri adalah daerah yang kaya akan pemandangan

alam natural yang memikat hati, tidak hanya turis domestik, namun juga luar negeri. Malang merupakan salah satu Kabupaten di Jawa Timur, yang kaya akan potensi wisata alam tersebut, mulai yang terletak di daerah dataran tinggi, hingga pantai di area Selatan. Salah satu pantai tersebut adalah Pantai Kondang Merak. Kawasan Pantai Kondang Merak diproyeksikan menjadi kawasan objek wisata alam yang berupa teluk dan bukit-bukit karang yang berfungsi sebagai penghias maupun pemecah gelombang ombak. Kawasan ini berpotensi pula dikembangkan menjadi kawasan pariwisata edukasi, karena kawasan ini memiliki beragam varietas ekosistem yang dapat diteliti, berupa ekosistem biota laut di pantai dengan potensi diving-snorkling, yang dikelilingi hutan lindung (Kurniawan *et al.*, 2020)



Gambar 2 : Pantai Kondang Merak

Hal yang menjadi ancaman, baik untuk pariwisata adalah kondisi infrastruktur jalan yang masih belum dikembangkan dengan baik, mengakibatkan akses dengan medan yang sulit, baik untuk menuju, maupun ke depannya, akses evakuasi dari bencana. Di satu pihak, hal ini tidak menyurutkan niat para pelancong untuk mengunjungi Pantai ini. Fasilitas di kawasan pantai ini telah dikembangkan secara sederhana untuk berfungsi sebagai area wisata, namun fasilitas penanggulangan bencana masih minim.

Situasi yang lain yang menjadi perhatian besar adalah terjadinya gempa Malang Selatan pada tanggal 10 April 2021 yang seolah menjadi alarm kesiagaan bagi setiap elemen masyarakat yang terkait.

Gempa berkekuatan 6,1 skala Richter tersebut tercatat bahwa telah menimbulkan kerusakan meluas di area Pesisir Selatan Jawa yang meliputi kerusakan baik struktur maupun infrastruktur bangunan. BMKG melaporkan bahwa akibat gempa tersebut sebanyak 179 fasilitas umum rusak karena gempa bumi. Bencana itu juga mengakibatkan 1.361 rumah rusak ringan, 845 rumah rusak sedang, dan 642 rumah rusak berat. (Ibrahim, 2021). Dwikorita, Kepala Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika, mengungkapkan bahwa keparahan gempa Malang Selatan diperkirakan karena kondisi geologis bebatuan/tanah setempat yang disebabkan karena susunan bebatuan pada daerah tersebut terdiri dari endapan alluvium dan endapan lahar gunung api. Selain daripada

itu kondisi topografi setempat memang tersusun atas struktur tanah atau bebatuan dengan klasifikasi kerapatan dengan densitas sedang. Lalu hal lain yang signifikan yaitu

jarak pusat gempa dengan lokasi kerusakan yang boleh dikatakan relative berdekatan (Prastiwi, 2021).



Gambar 3 : Kerusakan akibat Gempa

Beberapa penelitian terdahulu yang telah dilakukan digunakan sebagai tolok ukur penentuan titik evakuasi. Penelitian sebelumnya menyebutkan, bahwa gelombang tsunami yang melanda bagian Selatan Jawa Timur akan mencapai daratan dalam jangka waktu 16-28 menit. Kabupaten Malang sendiri disimulasikan akan terhantam tsunami dalam jeda waktu 22 menit (Kurniawan *et al.*, 2020) Besar gempa yang terjadi diprediksi maksimal dapat mencapai 8,9 skala richter, yang dapat membesar apabila terjadi secara bersamaan (Syaiiful, 2020). Ketinggian tsunami sendiri, berdasarkan simulasi pada penelitian lain, menghasilkan angka yang berbeda - beda. Pada megathrust Jawa Tengah dan Timur, ketinggian tsunami diprediksikan dapat mencapai belasan meter, secara khusus di Malang Selatan, ketinggian disimulasikan dapat mencapai 5,3 meter, pada gempa dengan magnitudo 8.2 skala richter (Tim Sosialisasi Gempa bumi & Tsunami Stasiun Geofisika Malang, 2020). Hasil dari penelitian terdahulu ini akan digunakan sebagai dasar pemilihan lokasi evakuasi pada tahap selanjutnya.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian memuat cara penulis dalam Tujuan dari kegiatan ini

adalah untuk menentukan area evakuasi yang sesuai dengan kondisi penduduk Kondang Merak, yang juga merupakan langkah awal yang disarankan pada manual evakuasi [4]. Maka dari itu, pada awal proses, diadakan focus group discussion dengan pemerhati lingkungan dan tokoh daerah di Kondang Merak. Dari focus group discussion tersebut, ditemukan bahwa fasilitas kesehatan yang terdapat di daerah Kondang Merak masih minimum. Upaya untuk mensosialisasikan bahaya gempa dan tsunami telah dilakukan mulai 2017, berfokus pada sosialisasi respon evakuasi (penyiapan tas evakuasi, penataan perabot yang tidak menghalangi evakuasi, dan sebagainya). Pemasangan signage tentang bahayanya tsunami juga telah dilaksanakan, namun pemetaan topografi kawasan tersebut belum dilakukan, sehingga pengarahannya evakuasi masih mengacu ke daerah yang lebih tinggi.

Untuk merumuskan area evakuasi, digunakan metode pencitraan satelit terhadap topografi daerah Kondang Merak. Topografi Kondang merak didapat dari database kontur Indonesia (<https://tanahair.indonesia.go.id/>). Pemetaan 3d juga dilakukan, beserta pemeriksaan dan penyajian per titik menggunakan software google earth. Pada google earth, kita dapat melihat perbedaan

kontur yang ada. Area Pantai Kondang Merak yang berupa teluk, pertama - tama dibagi menjadi 3 kawasan yang lebih kecil, yakni kawasan Pantai Kondang Merak sendiri, Pantai Banyumeneng, serta pantai Selok. Diletakkan pointer penanda topografi untuk memetakan kontur pada area kawasan tersebut.

Berdasarkan data penelitian - penelitian terdahulu (Goltz dan Yamamori, 2021), (Al-Faesy,Palermo, dan Nistor, 2021), (Nur, 2010) serta dengan mempertimbangkan waktu datangnya tsunami dan prediksi ketinggian maksimum tsunami, maka kriteria pemilihan lokasi evakuasi adalah daerah dengan waktu pencapaian horizontal minimum, dengan ketinggian di atas 20 meter. Untuk mengantisipasi volume dan kemudahan akses, akan direkomendasikan pula bentukan sirkulasi vertikal (tangga) untuk evakuasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemetaan Jalur Evakuasi

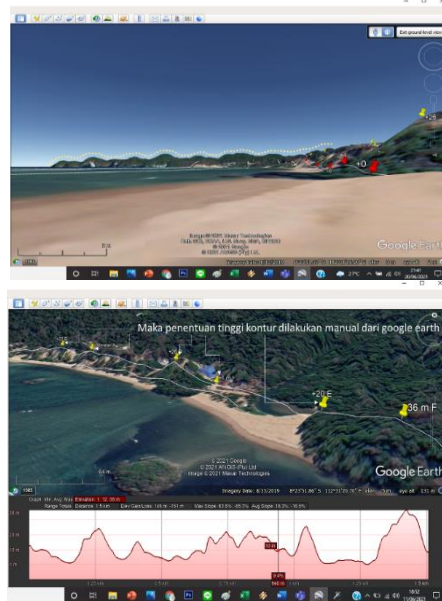
Pada tahap awal, hal yang dilakukan adalah mendapatkan gambaran kawasan Pantai Kondang Merak lewat google earth, dengan dicocokkan dengan cad yang didapat dari database kontur Indonesia (<https://tanahair.indonesia.go.id/>). Setelah itu, dibuat garis pengukur pada google earth pro, guna mendapatkan koordinat titik yang dilewati garis tersebut. Koordinat tersebut kemudian dimasukkan di software online yang berfungsi sebagai pembaca kode koordinat gps, yakni TCX Converter. Titik titik kemudian di generate titik z (ketinggiannya), untuk kemudian diexport dalam bentuk CSV, dan diimport ke software online 2D & 3D mapping yakni Surfer. Surfer akan menghubungkan titik titik koordinat tersebut, dan mengiterasikan pola kontur di area Kondang Merak.



Gambar 4 : Pemetaan Kontur Menggunakan Iterasi Topografi Surfer

Hasil pemetaan kontur menggunakan Surfer menghasilkan kontur yang memiliki ketinggian semakin tinggi saat menjauhi garis pantai. Garis kontur cenderung lurus dan sejajar dengan garis pantai. Garis ketinggian kontur +20 meter berada di sekitar pantai. Ketika hal ini dicocokkan dengan pointer ketinggian acak di titik yang berada di garis kontur +20, ditemukan daerah yang berada di atas maupun jauh di bawah +20 meter, karena sesuai peta database kontur Indonesia, terdapat sungai yang bermuara ke

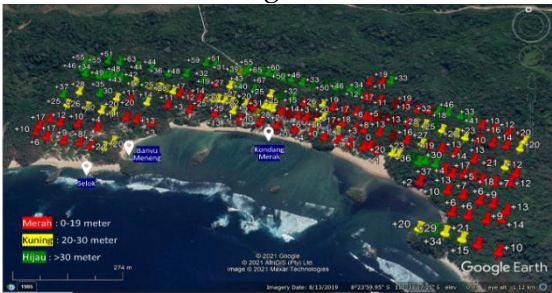
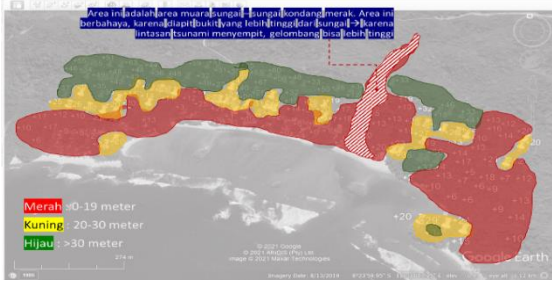
lautan di Pantai Kondang Merak. Maka dari itu, garis kontur yang telah didapatkan ini diperhalus dengan melakukan cross-check dengan topografi pada google earth pro. Saat dilihat dari titik mata manusia, ditemukan bahwa kawasan Pantai Kondang Merak adalah daerah yang berbukit - bukit, seperti nampak pada Gambar.4. Maka dari itu, kawasan tersebut akan diberi pointer untuk mendefinisikan ketinggian topografinya secara manual.



Gambar 5 : Kondisi Kondang Merak yang Berbukit dari Google Earth Pro

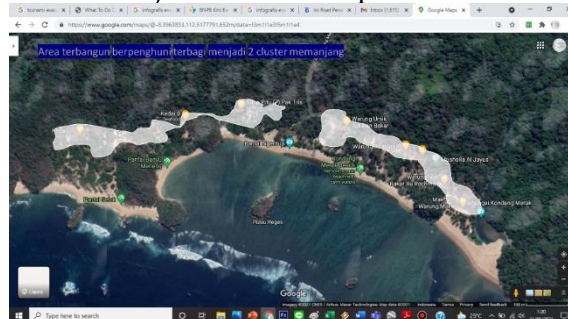
Kemudian, langkah yang dilakukan untuk pemetaan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 : Langkah Pemetaan Area Evakuasi

<p>Step 1</p>
<p>Diletakkan 200 pointer penanda topografi pada kawasan. Pointer tersebut diberi warna berdasarkan ketinggian kontur yang dimiliki, yakni merah (0-19 meter), kuning (20-30 meter), serta hijau (di atas 30 meter). Zona yang menjadi syarat minimum evakuasi adalah zona kuning.</p>
 <p>Gambar 6. Sebaran Pointer Topografi</p>
<p>Step 2</p>
<p>Setelah ketinggian per titik dipetakan, maka area dengan range ketinggian yang sama saling dihubungkan, membentuk 4 area, yakni merah, kuning, hijau, serta area sungai - muara, yang memiliki ketinggian 0-5 meter saja. Daerah muara - sungai ini harus di jauhi saat terjadi bencana.</p>
 <p>Gambar 7. Area Kontur Kondang Merak</p>

Step 3

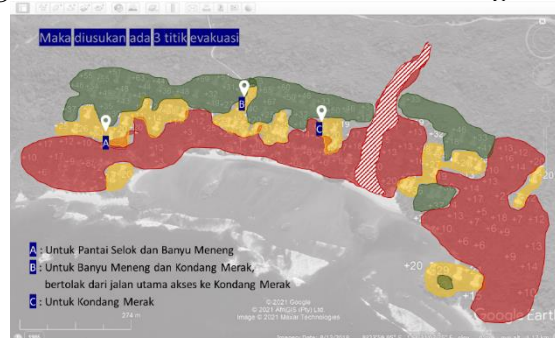
Karena memprioritaskan keselamatan jiwa manusia, maka dipetakan pula area sepanjang pantai yang menjadi area aktifitas – hunian manusia, dengan bangunannya. Ditemukan bahwa bangunan tersusun memanjang mengitari pantai, di sisi kanan dan kiri jalan masuk ke pantai.



Gambar 8. Area dengan Bangunan – Aktivitas Manusia

Step 4

Ditentukan 3 titik evakuasi, dengan mempertimbangkan jarak tempuh dari panjangnya sebaran bangunan di sisi kiri dan kanan jalan utama menuju pantai. Titik A digunakan untuk area Pantai Selok dan Banyumeneng; B untuk sebagian Banyumeneng dan Kondang Merak; Sedang titik C, yang merupakan area paling dekat dengan muara, difokuskan untuk Kondang Merak.



Gambar 9. Sebaran Area dengan Bangunan – Aktivitas Manusia

Dari perumusan ketiga titik tersebut, kemudian diteliti lagi rupa dari bukit yang dituju (titik A, B, dan C), untuk menggambarkan rute yang dapat dilalui para penduduk sewaktu evakuasi. Titik evakuasi A berupa bukit yang dapat dicapai dari kiri

dan kanan bukit tersebut. Waktu tempuh perjalanan horisontal untuk mencapai kaki bukit untuk area sekitarnya adalah kurang lebih 5 menit. Titik A memiliki ketinggian 20 meter, yang sama dengan ketinggian tsunami maksimal yang disimulasikan.



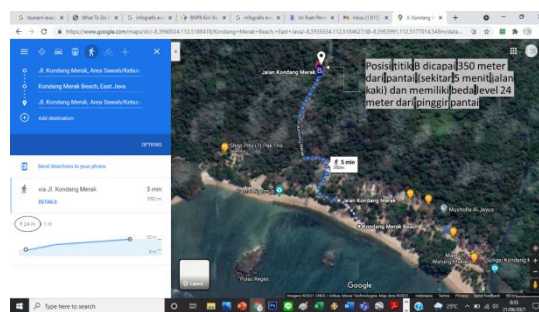
Gambar 10 : Pencapaian ke Titik Evakuasi A dari Sisi Kiri dan Kanan



Gambar 10 : Pencapaian ke Titik Evakuasi A dari Sisi Kiri dan Kanan (Lanjutan)

Area evakuasi titik B memanfaatkan jalan akses pencapaian utama ke Kawasan Kondang Merak. Kaki Bukit titik evakuasi B terletak 350 meter dari pantai, dan dapat

ditempuh dalam waktu 5 menit. Secara pencitraan, kaki bukit di titik B telah memiliki ketinggian +24 dari permukaan laut.

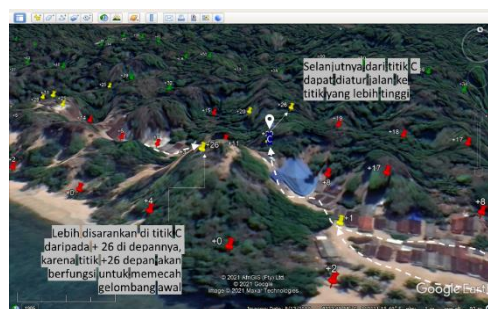


Gambar 11. Pencapaian titik evakuasi B

Titik B sendiri diapit oleh area berbukit, maka dari itu, jika diperlukan, maka dari titik evakuasi B dapat dirancang tangga untuk memudahkan mendaki bukit, yang memiliki ketinggian kontur level hijau (>30 meter, sekitar 6 meter dari jalan).

Selanjutnya, titik evakuasi C berada di tengah permukiman Pantai Kondang Merak. Di depan titik evakuasi C, terdapat bukit lain yang langsung berbatasan ke laut, sehingga bukit tersebut dapat berguna untuk memecah gelombang awal. Di sisi kanan titik evakuasi, terdapat area dengan bangunan yang cukup

banyak, yang berbatasan juga dengan daerah muara sungai – pantai Kondang Merak. Area tersebut memiliki ketinggian yang paling rendah, sehingga area evakuasi titik C ini menjadi area yang cukup krusial. Titik C sendiri memiliki ketinggian kontur +20 meter, dengan ketinggian kontur yang semakin tinggi, ke arah tegak lurus yang makin menjauhi pantai. Titik ini dapat dicapai kurang lebih 5 menit dari area muara, namun berpotensi terjadi penumpukan di posisi curam akses.



Gambar 12. Pencapaian ke Titik Evakuasi C dari Sisi Kiri dan Kanan

Setelah menentukan ketiga titik sebagai area evakuasi yang memiliki jarak

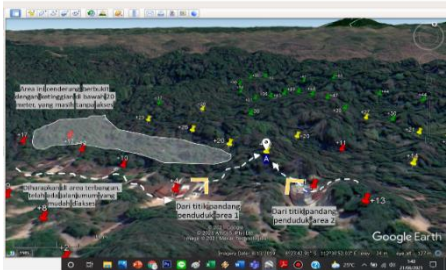
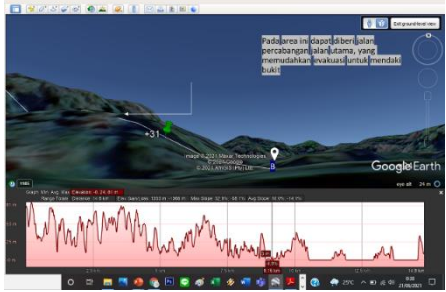
tempuh serta ketinggian aman, maka akses pencapaian ke titik yang lebih tinggi juga

perlu diperhatikan.

Rekomendasi Akses Pencapaian Area Evakuasi
Berdasarkan keadaan dari titik evakuasi A, B

dan C, dapat direkomendasikan beberapa strategi yang berbeda, seperti dapat dilihat di Tabel 2.

Tabel 2. Rumusan Rekomendasi Desain Pencapaian Titik Evakuasi

<p>Rekomendasi Titik Evakuasi A</p> <p>Memperbaiki akses penghubung antar massa, dan mengembangkan area berkumpul bebas yang cukup luas di kaki bukit titik A, yang memiliki ketinggian +11 meter. Area ini akan berfungsi sebagai area tunggu peralihan akses horisontal ke akses vertikal (ramp atau tangga yang mengelilingi bukit)</p>  <p>Gambar 13. Rekomendasi Titik A</p>
<p>Rekomendasi Titik Evakuasi B</p> <p>Melebarkan dan meningkatkan kualitas akses jalan utama pencapaian ke Kondang Merak, serta membangun akses vertikal (ramp atau tangga yang mengelilingi bukit), untuk memudahkan pencapaian ke area yang lebih tinggi (+31 meter).</p>  <p>Gambar 14. Rekomendasi Titik B</p>
<p>Rekomendasi Titik Evakuasi C</p> <p>Memberi akses yang lebih lebar pada area dengan ketinggian curam menuju bukit, sehingga medan yang dilalui untuk mencapai titik C pada +20 meter, tidak mengalami lonjakan kontur yang drastis.</p>  <p>Gambar 15. Rekomendasi Titik B</p>

Pada penelitian tentang akses evakuasi gempa dan tsunami, dirumuskan bahwa ruang gerak yang dibutuhkan untuk para pengungsi adalah 10 ft² (kurang lebih 0,9 m²) [5]. Maka dari itu, dalam memperhitungkan besarnya area yang dibutuhkan untuk peralihan evakuasi horisontal ke vertikal, perlu

memperhitungkan luasan ini.

Selain itu, setelah titik evakuasi telah ditentukan dengan jelas, diperlukan pula signage yang jelas, yang mengacu ke titik evakuasi tersebut. Rumusan konsep usulan desain akses dapat dilihat pada Gambar 16.



Gambar 16. Keberadaan tangga, area datar untuk istirahat, serta signage

SIMPULAN

Berdasarkan pencitraan kawasan, telah ditentukan 3 titik evakuasi untuk Kawasan Pantai Kondang Merak, berdasarkan pertimbangan waktu pencapaian serta ketinggian kontur yang dimiliki. Akses menuju titik evakuasi tersebut direkomendasikan untuk dikembangkan, serta ditambahkan signage evakuasi. Rumusan kegiatan abdimas selanjutnya dapat berfokus pada respon bangunan tahan gempa, mengingat

bangunan di Kawasan Pantai Kondang Merak masih dapat dioptimalkan, untuk mengantisipasi bencana. Sosialisasi jalur evakuasi juga dapat dilakukan melalui media yang paling sederhana, seperti video, yang dapat dimengerti oleh masyarakat luas. Secara berkesinambungan juga diharapkan program pengabdian masyarakat yang dilakukan tidak hanya berhenti sampai di sini, namun diharapkan agar pihak - pihak yang terkait dapat terus melakukan evaluasi serta sosialisasi, dan penyuluhan tahapan -

tahapan mitigasi pada masyarakat pesisir untuk mengurangi resiko pasca bencana yang mungkin dapat terjadi di masa depan. Program Pengabdian masyarakat ini berharap bahwa di masa yang akan datang dapat terus mengembangkan jejaring keluar terhadap instansi - instansi terkait sehingga hal yang telah dilakukan terkait dengan penyusunan rekomendasi akses evakuasi di Kawasan Wisata Pantai Kondang Merak dapat terus disempurnakan untuk diimplementasikan di lapangan.

Acknowledgement

Penulis mengucapkan banyak terimakasih pada pihak Perhutani dan Korps Marinir PUSLATPUR Bantur , Malang Selatan atas informasi yang diberikan sebagai dasar pemetaan kontur serta data lapangan serta kesediaannya untuk berbagi kondisi eksisting, kepada LPPM UK Petrayang telah memfasilitasi tim dengan dana hibah internal untuk melakukan pengabdian pada masyarakat, serta segenap aktivis dan tokoh masyarakat pembina Kawasan Pantai Kondang Merak.

REFERENCES

Al-Faesly, Taoriq, Palermo, Dan, dan Nistor, Ioan, TSUNAMI MITIGATION MEASURE, Article on 11th Canadian Earthquake Engineering h. 1- 10 diakses melalui laman https://www.caee.ca/pdf/Paper_94210.pdf pada tanggal 29 September 2021

Goltz, James D. dan Yamamori, Katsuya , TSUNAMI PREPAREDNESS AND MITIGATION STRATEGIES, Natural Disaster Science, Oxford University Press, 2021 diakses melalui laman <https://doi.org/10.1093/acrefore/9780199389407.013.324>

Heintz, J.A., dan Mahoney, M. GUIDELINES FOR DESIGN OF STRUCTURES FOR VERTICAL EVACUATION FROM TSUNAMIS. 2020. Diakses melalui laman https://www.iitk.ac.in/nicee/wcee/article/14_15-0021.pdf pada 23 September

2021

Ibrahim, 2021, RIBUAN RUMAH RUSAK AKIBAT GEMPA MALANG, BMKG SEBUT INI PENYEBABNYA, Artikel Press Release Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika dikases melalui laman <https://www.bmkg.go.id/press-release/?p=ribuan-rumah-rusak-akibat-gempa-malang-bmkg-sebut-ini-penyebabnya&tag=press-release&lang=ID> pada tanggal 25 September 2021

Kurniawan, A.A., Iskandar, J., Wijaya, G.B., dan Pudjisuryadi, P. "STUDI SIMULASI NUMERIK WAKTU TEMPUH TSUNAMI PANTAI SELATAN JAWA TIMUR". Jurnal Dimensi Pratama Teknik Sipil. Vol (09) no.1. 2020. Diakses melalui laman <http://publication.petra.ac.id/index.php/teknik-sipil/article/view/10017> pada 23 September 2021 pada 23 September 2021

Nur, Ali Mustofa , GEMPA BUMI, TSUNAMI DAN MITIGASINYA, Jurnal Geografi, Universitas Negeri Semarang Vol. 7, No 1 (2010) , dikases melalui laman <https://journal.unnes.ac.id/nju/index.php/JG/article/view/92/93> pada tanggal 29 September 2021

Prastiwi, Devira, 5 PENJELASAN BMKG TERKAIT GEMPA MALANG SELATAN, diakses melalui laman <https://www.liputan6.com/news/read/4530025/5-penjelasan-bmkg-terkait-gempa-selatan-malang> pada tanggal 29 September 2021

Syaiful, A. INFOGRAFIS: ANCAMAN TSUNAMI 20 METER DI SELATAN PULAU JAWA. 2020. Diakses melalui laman <https://www.liputan6.com/news/read/4366395/infografis-ancaman-tsunami-20-meter-di-selatan-pulau-jawa> pada 23 September 2021

Tim Sosialisasi Gempa bumi & Tsunami Stasiun Geofisika Malang. "POTENSI GEMPA BUMI DAN TSUNAMI DI

JAWA TIMUR". 2020. Diakses melalui laman <https://kkp.go.id/an-component/media/upload-gambar-dukungan/Ditjaskel/publikasi%20materi/meteorologi/POTENSI%20GEMPA BUMI%20DAN%20TSUNAMI%20DI%20SELATAN%20MALANG.pdf> pada 23 September 2021

UNESCO. PREPARING FOR COMMUNITY TSUNAMI EVACUATIONS From Inundation to Evacuation Maps, Response Plans, and Exercises. 2020. Diakses melalui laman <https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/373019eng.pdf> pada 23 September 2021