

SEGMENTASI WILAYAH TERDAMPAK BENCANA BERDASARKAN FITUR GEO-POSISI

Ade Sutedi^{*1}, Indri Tri Julianto², Leni Fitriani³

^{1,2,3}Institut Teknologi Garut, Kabupaten Garut
Email: ^{*1}adesutedi@itg.ac.id, ²indritrijulianto@itg.ac.id, ³leni.fitriani@itg.ac.id
^{*}Penulis Korespondensi

(Naskah masuk: 16 Februari 2024, diterima untuk diterbitkan: 08 Agustus 2024)

Abstrak

Penelitian ini memperkenalkan prototipe aplikasi segmentasi wilayah terdampak bencana (DAS-Apps) untuk melakukan segmentasi wilayah terdampak bencana berdasarkan fitur *latitude* dan *longitude* (geo-posisi). Aplikasi ini berfungsi untuk menyeleksi informasi bencana dari media sosial, data resmi pemerintah dari Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), dan informasi bencana yang dikirimkan melalui DAS-Apps secara *real-time*. Daerah terdampak dipetakan berdasarkan data geo-posisi kemudian dihitung menggunakan metode Haversine Formula untuk menunjukkan peristiwa bencana terjadi dan seberapa jauh jangkauan bencana dirasakan. Pada penelitian ini, simulasi DAS-Apps dilakukan menggunakan dataset gempa ($M \geq 5.0$) yang berasal dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) pada rentang bulan November dan Desember 2022 khususnya data bencana gempa bumi untuk wilayah Cianjur, Indonesia. Hasil pengujian menunjukkan bahwa prototipe DAS-Apps dapat melakukan proses segmentasi wilayah berdasarkan radius geo-posisi dari titik informasi bencana sehingga dapat diimplementasikan untuk framework aplikasi tanggap darurat dan manajemen bencana pada penelitian selanjutnya.

Kata kunci: *Bencana, Geo-posisi, Haversine Formula, Segmentasi.*

DISASTER-AFFECTED AREA SEGMENTATION BASED ON GEO-POSITION FEATURE

Abstract

This research introduces a prototype Disaster-affected Area Segmentation Application (DAS-Apps) designed to perform segmentation of disaster-affected areas based on latitude and longitude features (geo-positioning). The application functions to filter disaster information from social media, official government data from Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), and disaster information submitted in real-time through DAS-Apps. The affected areas are mapped based on geo-positioning data, and then calculated using the Haversine Formula method to indicate when and how far-reaching the disaster events are perceived. In this study, DAS-Apps simulations were conducted using earthquake datasets (magnitude ≥ 5.0) from the Meteorology, Climatology, and Geophysics Agency (BMKG) during the months of November and December 2022, specifically earthquake data for the Cianjur region, Indonesia. The test results indicate that the DAS-Apps prototype can successfully carry out the area segmentation process based on the geo-positioning radius from the disaster information point, making it suitable for implementation in emergency response and disaster management application frameworks in future research.

Keywords: *BMKG, BNPB, Disaster, Geo-position, Haversine Formula, Segmentation.*

1. PENDAHULUAN

Bencana adalah sesuatu yang terjadi tiba-tiba akibat adanya gempa bumi, banjir, letusan gunung berapi, atau peristiwa alam lainnya yang menyebabkan kerusakan material dan psikologis serta menimbulkan korban. Banyak teknologi telah dikembangkan dan digunakan untuk membantu proses manajemen bencana agar dapat ditangani

dengan baik sehingga tidak ada lagi korban. Saat ini, perangkat sensor yang digunakan dalam perangkat keras dan perangkat lunak menjadi salah satu hal penting dalam manajemen bencana. Proses ini juga melibatkan elemen masyarakat dan infrastruktur pendukung untuk menyelesaikan masalah yang dihadapi sebelum dan setelah peristiwa bencana.

Banyak langkah pencegahan dan mitigasi telah dilakukan untuk mewujudkan ketahanan daerah

bencana. Dalam hal ini, penelitian sebelumnya juga telah banyak dikembangkan untuk mengurangi korban dan kerugian dengan memanfaatkan berbagai sumber daya untuk mencapai hasil yang diharapkan. Oleh karena itu, penelitian ini terdorong oleh kerangka konsep untuk mengintegrasikan kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*) dan kecerdasan manusia (*Human Intelligence*) (Fan et al., 2021) dengan mengandalkan data dari sensor, media social (Ogie et al., 2019; Ibrahim and Mishra, 2021; Phengsuwan et al., 2021), big data (Yu, Yang and Li, 2018), *crowd-sourced* (Fan et al., 2021; Ogie et al., 2019; Phengsuwan et al., 2021), Internet of Things (Ibrahim and Mishra, 2021), satelit, UAV, LiDAR, GPS seluler, dan CyberGIS (Yu, Yang and Li, 2018; Shirowzhan, Tan and Sepasgozar, 2020), yang dapat dikendalikan secara jarak jauh untuk deteksi banjir (Ogie et al., 2019; Ibrahim and Mishra, 2021), deteksi kebakaran (Muhammad, Ahmad and Baik, 2018), dengan cara menerapkan manajemen bencana melalui satu aplikasi (Muhammad, Ahmad and Baik, 2018; Ogie et al., 2019).

Sayangnya, implementasi penanganan bencana, sangat sulit ketika mekombinasikan *Artificial Intelligence* (AI) dengan Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) oleh karena masalah *noise* data dan informasi palsu (Fan et al., 2021). Selain itu, proses eksekusi informasi dan manajemen bencana hanya terbatas pada kebijakan pengambilan keputusan (Ogie et al., 2019; Ibrahim and Mishra, 2021), dari pembuat kebijakan dalam proses pembangunan konstruksi proyek skala besar (Shirowzhan, Tan and Sepasgozar, 2020) yang tidak mempertimbangkan potensi masyarakat (non-formal) (Duda, Kelman and Glick, 2020).

Oleh karena itu, diperlukan suatu platform manajemen bencana agar dapat digunakan oleh setiap tingkat masyarakat. Sehingga platform ini memiliki teknologi pendukung perangkat lunak, perangkat keras, dan sumber data universal yang terintegrasi yang dilengkapi dengan sensor berbasis AI untuk memberikan informasi secara real-time pada saat terjadi bencana.

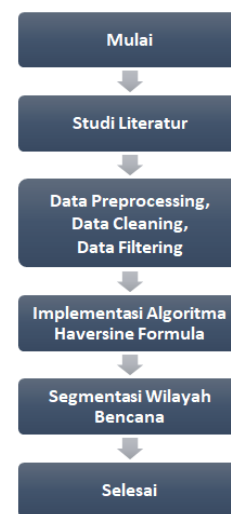
Penelitian ini mencoba memberikan kontribusi pada fase respon tanggap darurat (pada saat terjadi bencana) untuk meningkatkan kewaspadaan terhadap peringatan atau respons terhadap bencana (Fan et al., 2021) dan kesadaran (Ogie et al., 2019) untuk mengurangi dampak buruk bencana alam (Yu, Yang and Li, 2018) dengan cara mengintegrasikan sensor (Yu, Yang and Li, 2018; Shirowzhan, Tan and Sepasgozar, 2020; Ibrahim and Mishra, 2021) ke dalam satu aplikasi (Muhammad, Ahmad and Baik, 2018; Ogie et al., 2019; Tedyyana et al., 2022).

2. METODE PENELITIAN

2.1 Alur Penelitian

Pada gambar 1 berikut ini diilustrasikan langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian yang terdiri dari studi literatur, data preprocessing,

data cleaning, data cleaning, implementasi algoritma Haversine formula, dan deploy aplikasi segmenasi wilayah bencana.



Gambar 1 Alur Penelitian

2.2 Studi Literatur

Untuk memperkuat penelitian yang dilakukan, penulis mempelajari beberapa penelitian sebelumnya terkait teori dan konsep manajemen bencana serta implementasi representasi manajemen bencana dalam platform digital. Proses ini dibagi menjadi fase sebelum bencana atau kesiapsiagaan (*preparedness*), pada saat bencana atau respons (*responses*), dan setelah bencana atau pemulihan (*recovery*). Selain itu, ada satu fase penting yang masih terkait dengan tiga fase sebelumnya, yaitu fase mitigasi (*mitigation*) atau pencegahan (*prevention*) bencana (Yu, Yang and Li, 2018; Fan et al., 2021; Ibrahim and Mishra, 2021; Phengsuwan et al., 2021). Jadi, secara umum ada empat tahap penting dalam proses manajemen bencana yang dapat dipelajari untuk menghindari dan meminimalkan kerugian juga korban yang disebabkan oleh bencana yang terjadi. Fase tersebut digambarkan pada skema gambar 2 berikut ini.



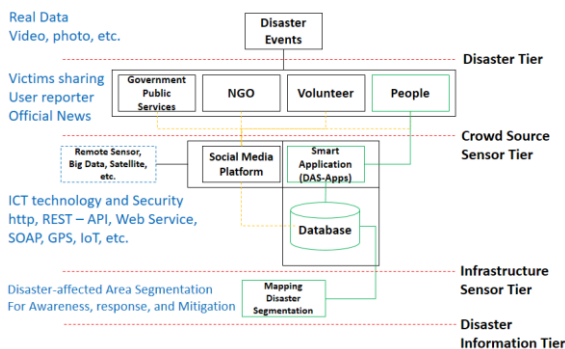
Gambar 2 Fase manajemen kebencanaan (Yu, Yang and Li, 2018; Fan et al., 2021; Ibrahim and Mishra, 2021; Phengsuwan et al., 2021).

Berkaca pada penelitian sebelumnya, dengan memanfaatkan Sistem Informasi Geografis kita dapat memberikan informasi lokasi evakuasi (Lumban Batu and Fibriani, 2017) dan dengan bantuan aplikasi kita

dapat mengirimkan informasi bencana secara aktif ke system (Tedyana et al., 2022) yang digunakan dalam proses manajemen bencana khususnya respon pada saat terjadinya bencana.

2.3 Data Preprocessing

Berdasarkan literatur sebelumnya, data terkait informasi bencana dapat diperoleh melalui berbagai sumber seperti media social, sensor, dan *crowdsourc*e data. Kita dapat mengolah data tersebut dengan melibatkan tahapan pada data mining yaitu preprocessing, cleaning, dan filtering. Untuk memudahkan proses aliran data yang diolah dalam penelitian ini maka penulis membuat urutannya kedalam ilustrasi seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3 Sumber data dan informasi pada saat kejadian bencana

Berdasarkan gambar 3, secara umum informasi bencana harusnya memiliki atribut geo-posisi (*latitude* dan *longitude*) yang diperoleh dari lokasi suatu daerah. Informasi bencana yang disampaikan oleh masyarakat, relawan, komunitas, dan pemerintah dapat digunakan sebagai rujukan dimana lokasi bencana terjadi. Untuk memperoleh sumber informasi yang relevan tersebut, maka dataset yang digunakan dalam penelitian ini bersumber dari social media Twitter atau Facebook (akun resmi @BNPN_Indonesia), sensor gempa BMKG (<https://data.bmkg.go.id/DataMKG/TEWS/gempaterkini.xml>), serta informasi bencana yang dikirim melalui aplikasi DAS-Apps sebagai prototipe hasil kajian penelitian (*Crowdsourc*e).

Data-data tersebut disajikan dalam Tabel 1 mewakili data yang bersumber dari akun media social resmi BNPB Indonesia, Tabel 2 mewakili data yang bersumber dari BMKG, dan gambar 4 merupakan antarmuka prototipe aplikasi yang digunakan untuk melaporkan kejadian bencana dari masyarakat.

Tabel 1 Contoh informasi bencana dari BNPB

Info BNPB	Tanggal	Bencana
Beli kerang di warung depan.	9:28 AM	Tidak
Selamat datang di musim penghujan.	Dec 12, 2023	
Selain musim nikahan, mimin gak bosan ngingetin #SahabatTangguh untuk selalu tingkatkan kewaspadaan dan kesiapsiagaan diri saat memasuki musim penghujan.		

Info BNPB	Tanggal	Bencana
Nah, Ini dia langkah-langkah yang harus disiapkan!		
Gempa Bumi M4 di Bogor Jawa Barat	5:25 PM · Dec 11, 2023	Ya

Dengan melihat data pada Tabel 1, kita peroleh informasi tentang topik bencana dan topik bukan bencana. Kita dapat mengolah informasi tersebut untuk menentukan fitur apa saja yang dapat dimanfaatkan untuk memetakan titik kejadian atau lokasi bencana, waktu dan tanggal kejadian, serta jenis bencana apa yang sedang terjadi. Kemudian, berdasarkan tabel 2 kita peroleh informasi bencana berupa gempa yang mana memiliki rincian tanggal, waktu, besar magnitude, kedalaman, posisi lintang dan bujur, lokasi, dan kemungkinan potensi Tsunami.

Tabel 2 Contoh informasi Gempa dar BMKG

Atribut	Data
Tanggal	20-Jul
Jam	10:31:03
DateTime	2023-07-
Magnitudo	5.2
Kedalaman	10 km
Koordinat	-1.47,126.3
Lintang	1.47 LS
Bujur	126.38 BT
Lokasi	75 km TimurLaut SANANA-MALUT
Potensi	Tidak berpotensi tsunami

Dari tabel 2.1 dan 2.2 kita sudah memiliki informasi terkait bencana yang terjadi di suatu wilayah. Secara umum, informasi bencana ini dapat kita validasi keabsahannya dikarenakan bersumber dari pemerintah yang diwakili oleh BNPB dan BMKG. Sedangkan untuk informasi yang disampaikan oleh masyarakat, masih diperlukan proses validasi karena bisa saja informasi bencana yang disampaikan merupakan kabar bohong (*hoax*). Sehingga diperlukan proses validasi lebih lanjut agar data yang berasal dari masyarakat dapat digunakan untuk fitur segmentasi wilayah bencana pada aplikasi DAS-Apps.

Gambar 4 Form pelaporan bencana bagi masyarakat

2.4 Data Cleaning dan Filtering

Untuk memperoleh fitur terkait informasi bencana, dalam penelitian ini dilakukan beberapa tahapan terkait metode dalam *text mining* diantaranya *tokenization*, *stopwords removal*, dan *n-grams*. Untuk tahapan data filtering, penelitian ini menerapkan klasifikasi menggunakan *decision tree* untuk menentukan apakah informasi yang disampaikan itu tergolong bencana atau bukan.

2.4.1 Tokenization

Tokenization adalah proses memecah teks menjadi unit-unit yang lebih kecil, yang disebut token (Bird, Klein and Loper, 2009). Token dapat berupa kata, frasa, simbol, atau elemen bermakna lainnya. Langkah ini dilakukan untuk membantu mengubah teks tidak terstruktur menjadi format yang dapat diproses oleh algoritma.

2.4.2 Stopwords Removal

Stopwords Removal adalah kata-kata umum (misalnya, "dan," "yang," "adalah") yang sering dihapus dari data teks selama *preprocessing* (Manning, Raghavan and Schütze, 2008). Kata-kata ini tidak memberikan kontribusi banyak terhadap makna keseluruhan dokumen dan dapat dikecualikan untuk meningkatkan efisiensi analisis teks

2.4.3 n-grams

N-gram adalah urutan n item yang berdekatan dari sampel teks atau ucapan tertentu. Dalam konteks pemrosesan bahasa alami, item-item ini biasanya berupa kata-kata (Jurafsky and Martin, 2009). Misalnya bigram adalah rangkaian dua kata, trigram adalah rangkaian tiga kata, dan seterusnya. N-gram digunakan untuk menangkap pola lokal dan hubungan antar kata dalam teks dengan model yang dibangun dari representasi laten diskrit dari urutan teks (Esmaeilzadeh et al., 2022; Roy et al., 2022)

2.4.4 Decision Tree

Decision Tree adalah algoritma pembelajaran mesin (*machine learning*) yang secara rekursif membagi data menjadi beberapa subset berdasarkan atribut paling signifikan di setiap *node* (Tibshirani, Friedman and Hastie, n.d.). Setiap simpul internal mewakili keputusan berdasarkan fitur tertentu, dan setiap simpul daun mewakili keputusan atau hasil akhir. Beberapa penelitian sebelumnya juga telah menerapkan *Decision Tree* untuk studi kasus klasifikasi topik bencana (Sutedi et al., 2019) dan pembagian zona wilayah untuk mengetahui status COVID-19 (Rahardja, 2022).

2.5 Haversine Formula

Haversine Formula digunakan untuk menghitung jarak antara dua titik untuk menentukan jarak lingkaran besar antara dua lokasi berdasarkan koordinat lintang dan bujur. Perhitungannya dituliskan pada persamaan 1.

$$a = \sin^2\left(\frac{\Delta lat}{2}\right) + \cos(lat_1) \cdot \cos(lat_2) \sin^2\left(\frac{\Delta long}{2}\right)$$

$$c = 2 \cdot \text{atan2}(\sqrt{a}, \sqrt{1-a})$$

$$d = R \cdot c \quad \dots (1)$$

dimana:

- Δlat adalah selisih garis lintang (*latitude*) antara dua titik,
- $\Delta long$ adalah selisih garis bujur (*longitude*) kedua titik,
- lat_1 dan lat_2 adalah garis lintang kedua titik dalam radian,
- R adalah jari-jari Bumi (rata-rata radius = 6.371 kilometer atau 3.959 miles),
- atan2 adalah fungsi arctangent dengan dua argumen.

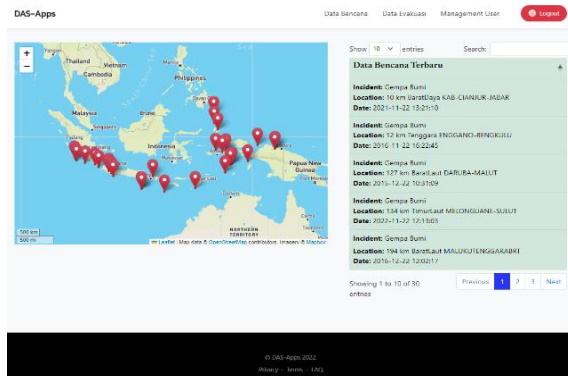
Pemanfaatan Haversine Formula banyak diterapkan untuk studi kasus menghitung jarak dua titik pada permukaan bumi. Seperti halnya dengan cara memanfaatkan titik lokasi *latitude* dan *longitude* untuk menghitung jarak terpendek dari dua lokasi (Prasetya et al., n.d.).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk mendukung penelitian ini, kami merancang prototipe sederhana berupa aplikasi web yang memiliki fitur diantaranya untuk mengambil informasi bencana dari media social untuk akun resmi BNPB Indonesia, informasi gempa dari BMKG, dan laporan mandiri masyarakat (laporan percobaan diwakili penulis). Kemudian, prototipe ini memiliki empat peran pengguna yang terdiri dari masyarakat, organisasi non-pemerintah, relawan, dan pemerintah yang mengacu pada konsep *crowdsourc*e (Fan et al., 2021; Ogie et al., 2019; Phengsuwan et al., 2021) dimana setiap pengguna memiliki *dashboard* dengan status yang berbeda, tetapi pada umumnya memiliki satu kesamaan, yaitu dapat melaporkan kejadian bencana.

Terdapat tiga cara pemrosesan yang dilakukan untuk setiap laporan bencana yang masuk kedalam prototipe aplikasi. Pertama, informasi yang berasal dari akun resmi media sosial BNPB akan diklasifikasi menjadi informasi bencana dan bukan bencana. Proses klasifikasi mengadopsi penelitian sebelumnya (Sutedi et al., 2022) yang menerapkan konsep *n-grams* dengan algoritma C4.5 untuk mengidentifikasi informasi bencana. Kedua, informasi gempa yang berasal dari BMKG diproses hanya dengan *n-grams* saja tanpa algoritma C4.5 dikarenakan informasi ini sudah pasti valid dan masuk dalam kategori bencana khususnya gempa. Ketiga, informasi yang berasal dari masyarakat akan diproses oleh pihak pembuat keputusan (dalam percobaan diwakili penulis) karena bobot informasi tersebut memerlukan validasi ulang agar kualitas dan kebenaran informasi bencana terjamin. Pada akhirnya, informasi bencana hasil klasifikasi dan validasi akan dimunculkan pada

antarmuka sebaran wilayah bencana yang memiliki detail informasi sesuai dengan hasil pemrosesan seperti yang terasji pada gambar 5.



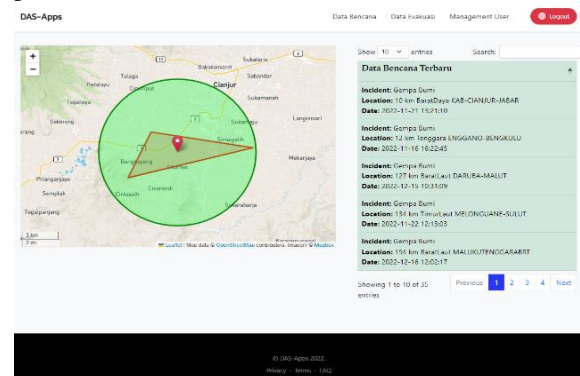
Gambar 5 Pemetaan wilayah bencana

Selanjutnya, untuk menentukan segmentasi wilayah terdampak bencana maka penelitian ini menerapkan Haversine *Formula* untuk menghitung titik-titik lokasi berdasarkan nilai *latitude* dan *longitude* yang dihasilkan dari pemrosesan algoritma sebelumnya. Formula ini akan menghitung jarak dari masing-masing titik bencana yang muncul kemudian membentuk pola segmentasi berupa lingkaran yang melingkupi titik pusat bencana. Kemudian dalam segmen lingkaran tersebut terbentuk segmen baru hasil dari titik-titik lokasi yang mengindikasikan lokasi terdampak bencana dari laporan yang disampaikan oleh masyarakat sekitar wilayah bencana. Pada akhirnya kita dapat melihat pola segmentasi terdampak bencana di suatu wilayah sehingga kita bisa meningkatkan kewaspadaan jika sewaktu-waktu terjadi bencana susulan. Fungsi haversine formula tersebut diimplementasikan pada bahasa pemrograman seperti tersaji pada kode berikut ini.

```
function haversine_distance(mk1,
    mk2) {
    var R = 3958.8;
    var rlat1 = mk1[0]*(Math.PI/180);
    var rlat2 = mk2[0]*(Math.PI/180);
    var diflat = rlat2 - rlat1;
    var diflon = (mk2[1]-
        mk1[1])*(Math.PI/180);
    var d = 2 * R *
        Math.asin(Math.sqrt(Math.sin(diflat/2)*Math.sin(diflon/2)+Math.cos(rlat1)*Math.cos(rlat2)*Math.sin(diflon/2)*Math.sin(diflon/2)))
    return d;
}
```

Sebagai percobaan, pada penelitian ini digunakan dataset dari BMKG dan contoh laporan masyarakat. Sehubungan pada 21 November 2022, gempa berkekuatan 5.6Mw terjadi di Cianjur, Jawa Barat, diikuti oleh 140 gempa susulan dengan magnitudo 1,2-4,2 dan kedalaman rata-rata sekitar 10

km, di mana 5 gempa di antaranya dirasakan oleh masyarakat sekitar. Gempa utama (mainshock) Mw 5,6 berdampak dan dirasakan di kota-kota Cianjur, Garut, Bandung, Purwakarta, Karawang, Bogor, Tangerang, Jakarta, dan Depok. Menurut BNPB, gempa ini menyebabkan 268 korban jiwa dan lebih dari 2.000 rumah rusak (BMKG, 2022). Dengan informasi tersebut, kita melakukan eksperimen untuk menentukan titik pusat bencana gempa kemudian menggabungkannya dengan titik lokasi laporan dari masyarakat sekitar (untuk percobaan laporan diwakili penulis).



Gambar 6 Segmentasi wilayah bencana hasil pengolahan prototipe aplikasi DAS-Apps

Dari contoh gambar 6 ini, kita bisa lihat bahwa segmen wilayah titik pusat bencana (lingkaran hijau) kemudian segmen wilayah terdampak bencana (garis merah) hasil laporan dari masyarakat. Hal ini sejalan dengan informasi bahwa dampak kerusakan yang terjadi meliputi Kecamatan Cugenang, terutama di Desa Gasol dan Sarampad. Kemudian di Kecamatan Cianjur, Warungkondang, dan Gekbrong. Desa Kadudampit, Desa Rancagoong, Kecamatan Cilaku. Selain itu, guncangan gempa juga memicu pergerakan tanah di Desa Cijedil yang menelan lebih dari 30 nyawa (Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2022).

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa proses pemetaan untuk segmentasi wilayah terdampak bencana menggunakan algoritma Haversine Formula sudah dapat diimplementasikan. Aplikasi ini dapat bekerja secara real-time untuk menyeleksi informasi bencana dari media sosial (BNPB), pemerintah (BMKG), dan data *crowd-sourced* dengan *n-grams* dan *decision tree* yang dikirimkan melalui prototipe DAS-Apps. Proses segmentasi wilayah berdasarkan data geo-posisi dari informasi bencana yang terjadi. Untuk penelitian selanjutnya prototipe ini dapat dikembangkan atau diintegrasikan dengan *framework* manajemen kebencanaan untuk tanggap dan manajemen bencana pada penelitian selanjutnya.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan banyak terima kasih yang sebesar-besarnya kepada berbagai pihak atas dukungan dan kontribusinya sehingga dapat dipublikasikannya artikel penelitian ini. Penelitian ini dibiayai dana internal Institut Teknologi Garut dengan nomor kontrak penelitian 013/ITG/A.1/A/IX/2023.

DAFTAR PUSTAKA

- BIRD, S., KLEIN, E. AND LOPER, E., 2009. *Natural language processing with Python*. Cambridge: O'Reilly.
- ESMAEILZADEH, A., CACHO, J.R.F., TAGHVA, K., KAMBAR, M.E.Z.N. AND HAJIALI, M., 2022. Building Wikipedia N-grams with Apache Spark. In: K. Arai, ed. *Intelligent Computing*. Cham: Springer International Publishing. pp.672–684.
- FAN, C., ZHANG, C., YAHJA, A. AND MOSTAFAVI, A., 2021. Disaster City Digital Twin: A vision for integrating artificial and human intelligence for disaster management. *International Journal of Information Management*, 56, p.102049. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.102049>.
- IBRAHIM, T. AND MISHRA, A., 2021. A Conceptual Design of Smart Management System for Flooding Disaster. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(16), p.8632. <https://doi.org/10.3390/ijerph18168632>.
- JURAFSKY, D. AND MARTIN, J.H., 2009. *Speech and language processing: an introduction to natural language processing, computational linguistics, and speech recognition*. 2nd ed ed. Prentice Hall series in artificial intelligence. Upper Saddle River, N.J: Pearson Prentice Hall.
- LUMBAN BATU, J.A.J. AND FIBRIANI, C., 2017. Analisis Penentuan Lokasi Evakuasi Bencana Banjir Dengan Pemanfaatan Sistem Informasi Geografis Dan Metode Simple Additive Weighting. *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 4(2), p.127. <https://doi.org/10.25126/jtiik.201742315>.
- MANNING, C.D., RAGHAVAN, P. AND SCHÜTZE, H., 2008. *Introduction to information retrieval*. New York: Cambridge University Press.
- MUHAMMAD, K., AHMAD, J. AND BAIK, S.W., 2018. Early fire detection using convolutional neural networks during surveillance for effective disaster management. *Learning System in Real-time Machine Vision*, 288, pp.30–42. <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2017.04.083>.
- OGIE, R.I., CLARKE, R.J., FOREHEAD, H. AND PEREZ, P., 2019. Crowdsourced social media data for disaster management: Lessons from the PetaJakarta.org project. *Computers, Environment and Urban Systems*, 73, pp.108–117. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2018.09.002>.
- PHENG SUWAN, J., SHAH, T., THEKKUMMAL, N.B., WEN, Z., SUN, R., PULLARKATT, D., THIRUGNANAM, H., RAMESH, M.V., MORGAN, G., JAMES, P. AND RANJAN, R., 2021. Use of Social Media Data in Disaster Management: A Survey. *Future Internet*, 13(2), p.46. <https://doi.org/10.3390/fi13020046>.
- PRASETYA, D.A., NGUYEN, P.T., FAIZULLIN, R., ISWANTO, I. AND ARMAY, F., N.D. Resolving the Shortest Path Problem using the Haversine Algorithm. *Journal of critical reviews*.
- RAHARDJA, U., 2022. Application of the C4.5 Algorithm for Identifying Regional Zone Status Using a Decision Tree in the Covid-19 Series. *Aptisi Transactions on Technopreneurship (ATT)*, 4(2), pp.164–173. <https://doi.org/10.34306/att.v4i2.234>.
- ROY, A., ANIL, R., LAI, G., LEE, B., ZHAO, J., ZHANG, S., WANG, S., ZHANG, Y., WU, S., SWAVELY, R., TAO, YU, DAO, P., FIFTY, C., CHEN, Z. AND WU, Y., 2022. *N-Grammer: Augmenting Transformers with latent n-grams*. Available at: <<http://arxiv.org/abs/2207.06366>> [Accessed 13 December 2023].
- SHIROWZHAN, S., TAN, W. AND SEPASGOZAR, S.M.E., 2020. Digital Twin and CyberGIS for Improving Connectivity and Measuring the Impact of Infrastructure Construction Planning in Smart Cities. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 9(4), p.240. <https://doi.org/10.3390/ijgi9040240>.
- SUTEDI, A., AULAWI, H., WALUJODJATI, E. AND FATIMAH, D.D.S., 2022. C4.5 ALGORITHM FOR DISASTER IDENTIFIER SYSTEM. 3(3), pp.495–500. <https://doi.org/doi.org/10.20884/1.jutif.2022.3.3.160>.
- SUTEDI, A., RAHAYU, S., ELSAN, R. AND SUPRIATNA, A.D., 2019. Natural disaster topic selection using decision tree classification. *Journal of Physics: Conference Series*, 1402(7), p.077034. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1402/7/077034>.
- TEDYYANA, A., FAUZI, M., ENDA, D., RATNAWATI, F. AND SYAM, E., 2022. Perancangan Aplikasi Tanggap Api Berbasis Android Menggunakan Metode Design Sprint. *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 9(2), p.215. <https://doi.org/10.25126/jtiik.2022914022>.
- Tibshirani, R., Friedman, J. and Hastie, T., n.d. *The Elements of Statistical Learning*. Second Edition.
- YU, M., YANG, C. AND LI, Y., 2018. Big Data in Natural Disaster Management: A Review.

- Geosciences*, 8(5), p.165.
<https://doi.org/10.3390/geosciences8050165>.
- BADAN METEOROLOGI, KLIMATOLOGI, DAN GEOFISIKA (BMKG) 2022, 'Analisis Gempabumi Cianjur (Jawa Barat) Mw 5.6 Tanggal 21 November 2022', bmgk.go.id, [online] Available at: <https://www.bmgk.go.id/berita/?p=42632&lang=ID&tag=cianjur> [Accessed 20 December 2022].
- KEMENTERIAN ENERGI DAN SUMBER DAYA MINERAL 2022, 'Geologi Gempa Cianjur - 21 November 2022', [online] vsi.esdm.go.id, Available at: <https://vsi.esdm.go.id/index.php/gempabumi-a-tsunami/kejadian-gempabumi-a-tsunami/4023> [Accessed 23 December 2022].

Halaman ini sengaja dikosongkan.