

ANALISIS POTENSI LIKUEFAKSI BERDASARKAN METODE GLOBAL GEOSPATIAL MODEL DI KECAMATAN SANDEN KABUPATEN BANTUL YOGYAKARTA

Mohamad Chairul Annas^{1*}, Thaqibul Fikri Niyartama¹, Nugroho Budi Wibowo²

¹ Program Studi Fisika, Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga, Jl. Marsda Adisucipto 519739, Indonesia.

² BMKG Stasiun Geofisika Sleman D.I Yogyakarta Jl Wates km 8 Balecatut Gamping

*E-mail: Cahirilannas2017@gmail.com

INTISARI

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh fenomena likuefaksi yang pernah terjadi di daerah Yogyakarta akibat gempa 2006. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui probabilitas likuefaksi berdasarkan metode *Global Geospatial Model (GGM)* dan membuat peta persebaran pemukiman rawan likuefaksi. Penelitian ini dilakukan di Kecamatan Sanden di bagian selatan Kabupaten Bantul. Metode *GGM* memanfaatkan tiga parameter utama yaitu kecepatan gelombang geser di kedalaman 30 meter (*Vs30*), percepatan getaran tanah (*PGA*) dan indeks kebasahan tanah (*CTI*). *Vs30* diperoleh dari metode inversi hasil pengukuran mikrotremor, *PGA* diperoleh dari situs PUSKIM dan nilai *CTI* diperoleh dari situs *Centre for Ecology and Hydrology's (CEH)*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai *Vs30* berkisar antara 154,66 m/s s.d 260,80 m/s, nilai *CTI* berkisar antara 5,45 s.d 9,28 dan nilai *PGA* berkisar antara 0,52 g s.d 0,67 g. Potensi likuefaksi terjadi di seluruh Kecamatan Sanden dengan nilai probabilitas > 0,99 dan persebaran pemukiman rawan likuefaksi tertinggi di sebelah timur daerah penelitian.

Kata Kunci: *Global Geospatial Model (GGM)*, indeks kebasahan (*CTI*), likuefaksi, percepatan getaran tanah (*PGA*), *Vs30*

ABSTRACT

This research is motivated by the liquefaction phenomenon that has occurred in Yogyakarta area due to the 2006 earthquake. This study aims to find out the probability of liquefaction based on the *Global Geospatial Model (GGM)* method and create a map of the distribution of liquefaction-prone settlements. This research was conducted in Sanden Subdistrict in the southern part of Bantul Regency. The *GGM* method utilizes three main parameters: shear wave speed at a depth of 30 meters (*Vs30*), acceleration of ground vibration (*PGA*) and ground wetness index (*CTI*). *Vs30* is derived from the inverse method of microtremor measurement results, *PGA* is obtained from the PUSKIM website and the *CTI* value is obtained from the *Centre for Ecology and Hydrology's (CEH)* website. The results showed that *Vs30* values ranged from 154.66 m / s to 260.80 m / s, *CTI* values ranged from 5.45 to 9.28 and *PGA* values ranged from 0.52 g to 0.67 g. The potential for liquefaction occurred throughout Sanden Subdistrict with a probability value of > 0.99 and the highest distribution of liquefaction-prone settlements in the east of the research area.

Keywords: *Global Geospatial Model (GGM)*, wetness index (*CTI*), Liquefaction, accelerated ground vibration (*PGA*), *Vs30*

Pendahuluan

Indonesia adalah negara yang secara geografis terletak di beberapa pertemuan lempeng benua dan samudra hal tersebut menjadikan Indonesia menjadi rawan bencana. Daerah Indonesia yang rawan terjadi gempa bumi adalah Yogyakarta, dikarenakan daerah Yogyakarta terletak dekat zona subduksi lempeng Eurasia dan lempeng Indo-Australia. Lempeng Indo-Australia setiap tahunnya bergerak ke arah utara mendesak lempeng Eurasia sehingga mengakibatkan terdapat banyak patahan dan sesar yang masih aktif di daerah Yogyakarta [1]. Terdapat 4 sesar besar yang masih aktif di daerah Yogyakarta antara lain Sesar Opak, Sesar Oyo, Sesar Dengkeng, Sesar Progo serta terdapat pula sesar mikro lainnya.

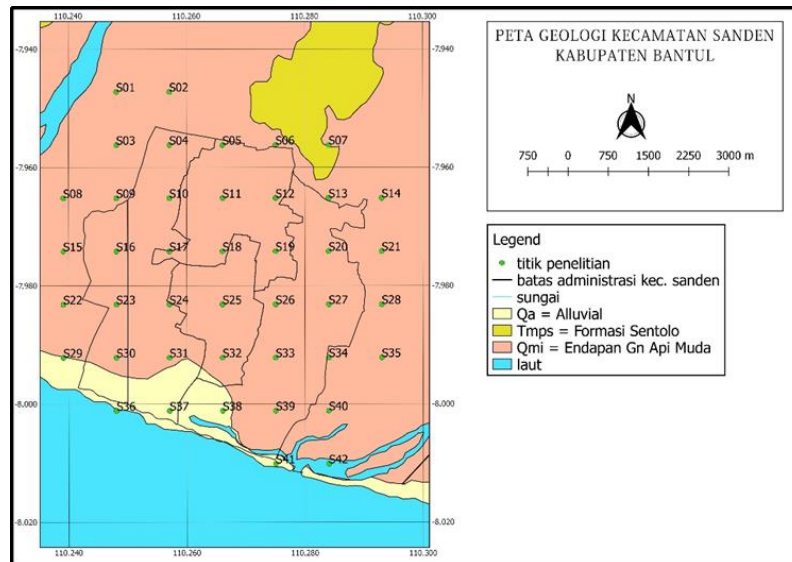
Terjadinya gempa bumi pada suatu daerah juga menyebabkan bencana sekunder seperti longsor, kebakaran, tsunami dan likuefaksi. Peristiwa likuefaksi ini adalah fenomena hilangnya kekuatan tanah akibat getaran gempa bumi, likuefaksi sendiri terjadi pada tanah yang berpasir lepas (tidak padat) dan jenuh air [2]. Peristiwa likuefaksi tidak terjadi di semua kondisi tanah namun hanya terjadi di daerah yang memiliki kondisi tanah tertentu sehingga batuan penyusun dan kejenuhan atau kedalaman muka air tanah yang dangkal ($<9,0\text{m}$) sangat mempengaruhi peristiwa likuefaksi [3]. Menurut peta persebaran likuefaksi Badan Geologi, daerah Yogyakarta pernah mengalami kejadian likuefaksi tepatnya setelah gempa 27 Mei 2006, yaitu di daerah candi Prambanan dimana salah satu candi mengalami penurunan permukaan tanah. Penurunan terjadi di Candi Ciwa yang telah berubah dari posisi semula dan miring ke sebelah candi utama [4].

Menurut peta persebaran likuefaksi Badan Geologi, daerah Yogyakarta pernah mengalami kejadian likuefaksi tepatnya setelah gempa 27 Mei 2006, yaitu di daerah candi Prambanan dimana salah satu candi mengalami penurunan permukaan tanah. Penurunan terjadi di Candi Ciwa yang telah berubah dari posisi semula dan miring ke sebelah candi utama [4]. Peristiwa likuefaksi juga terjadi di daerah Patalan Bantul. Daerah tersebut memiliki kondisi lingkungan geologi berupa endapan Aluvium, juga dilewati jalur zona patahan opak aktif pada cekungan Bantul (*Bantul Graben*) [2].

Metode untuk menghitung potensi likuefaksi antara lain menggunakan metode CPT dan N-SPT, *ground shear strain*, maupun dengan *Global Geostpatial Model (GGM)* [5]. Penelitian ini menggunakan metode *GGM* untuk menentukan potensi likuefaksi, dengan menggunakan parameter percepatan getaran tanah (*PGA*), kecepatan gelombang geser pada kedalaman 30m (*Vs30*), dan indeks kebasahan tanah (*CTI*). Hasil akhir model ini berupa peta tingkat kerentanan likuefaksi berdasarkan probabilitas terjadinya likuefaksi.

Metode Penelitian

Penelitian ini diawali dengan pengambilan data mikrotremor dilaksanakan pada tanggal 7 s.d. 8 Januari 2020 dan tanggal 10 s.d. 12 Januari 2020. Pengambilan data mikrotremor digunakan untuk mencari nilai kecepatan gelombang geser di kedalaman 30 meter (*Vs30*). Penentuan parameter *PGA* menggunakan metode *Probability Seismic Hazard Analysis (PSHA)* menggunakan data yang diperoleh dari server PUSKIM (Pusat Penelitian dan Pengembangan Perumahan dan Pemukiman) pada laman <http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desainpektraindonesia2011/>. Penentuan nilai *PGA* berdasarkan periode ulang gempa dan nilai *PGA* maksimum 50 tahun. Parameter *CTI* merupakan data sekunder yang diperoleh dari CEH di laman <https://catalogue.ceh.ac.uk/>. Kemudian data *CTI* diolah menggunakan *software global mapper* untuk mengetahui persebaran nilai hidrologi suatu daerah.



Gambar 1. Kondisi Geologi Dan Titik Penelitian

Pengambilan data mikrotremor menggunakan Sensor seismometer DS-04 A, Digitizer TDL-303S dan Antena GPS serta pengolahan data menggunakan aplikasi Geopsy, Dinver, Global Mapper, Surfer, dan Microsoft Excell.

Global geospatial model atau *Global Geopatial Liquefaction Model (GGLM)* adalah metode baru untuk mengetahui likuefaksi, dan memprediksi probabilitas kemungkinan terjadi likuefaksi sebagai respon cepat dalam mengetahui potensi likuefaksi di daerah rawan bencana [6] dan [7]. Metode ini menggunakan tiga parameter utama, yaitu : percepatan getaran tanah, tipe tanah dan parameter hidrologi tanah. Parameter percepatan tanah berdasarkan nilai PGA, tipe tanah berdasarkan nilai Vs30 dan parameter hidrologi tanah berdasarkan nilai CTI (indeks kebasahan tanah). Menggunakan persamaan berikut:

$$P[Liq] = \frac{1}{1 + e^{-x}} \quad (1)$$

Dengan

$$X = 24.1 + 2.067 [\ln(PGA)] + 0.355 \times CTI - 4.784 [\ln(Vs30)] \quad (2)$$

Keterangan:

PGA : nilai percepatan getaran tanah (gal)

Vs30 : kecepatan gelombang geser di kedalaman 30 meter (m/s)

CTI : parameter hidrologi tanah

Perhitungan nilai percepatan getaran tanah maksimum di batuan dasar (PGA). Perhitungan nilai PGA dilakukan dengan metode probabilistic (Probabilistic Seismic Hazard Analysis atau PSHA) dengan menghitung ancaman gempa bumi berdasarkan pada kumpulan hasil dari semua kejadian gempa bumi dan gerak tanah yang mungkin dapat terjadi di masa yang akan datang. Metode ini memiliki 4 tahapan :

1. Identifikasi dan karakterisasi sumber gempa bumi.
2. Pemodelan zona sumber gempa bumi, kemudian dilakukan plotting data kejadian, besar (magnitude), dan jarak gempa bumi,
3. percepatan getaran tanah maksimum dapat diprediksi dengan menggunakan fungsi atenuasi,
4. Penggabungan ketidakpastian dari lokasi gempa bumi, magnitude dan parameter

Received 18 February 2021; Accepted 16 May 2021

Available online 21 May 2021

ISSN: 2715-0402

gerakan tanah (ground motion).

Teori probabilitas ini dalam bentuk umum dapat dinyatakan dengan persamaan empiris sebagai berikut:

$$P[I \geq i] = \int_r \int_m [P[I \geq i|m \text{ dan } r]] f_m(m) f_r(r) dm dr \quad (3)$$

dimana $P[I > i]$ adalah probabilitas sebuah gempa bumi dengan magnitudo m dan jarak r yang menghasilkan percepatan puncak I di lokasi lebih tinggi dari I ; f_m dan f_r berturut-turut adalah fungsi distribusi dari magnitudo dan jarak.

Percepatan gelombang geser di kedalaman 30 meter. V_{s30} adalah kecepatan gelombang geser pada kedalaman 30 meter di bawah permukaan tanah. Nilai V_{s30} digunakan untuk menentukan standar kekuatan bangunan ketika terjadi guncangan gempa bumi [8]. Nilai V_{s30} dapat digunakan untuk menentukan klasifikasi batuan lapisan tanah dan getaran akibat gempa bumi efek lokal. Karena gelombang akan mengalami perbesaran secara akurat pada lapisan batuan di kedalaman 30 meter.

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^n \frac{h_i}{V_{si}}} \quad (4)$$

Dengan V_{s30} adalah kecepatan gelombang geser hingga kedalaman 30 meter, i adalah indeks pelapisan, m adalah jumlah lapisan hingga kedalaman 30 meter, dan t_i adalah ketebalan lapisan ke- i . nilai V_{s30} ini dicari dengan menggunakan metode inversi kurva HVSR yang diperoleh dari pengukuran di lokasi penelitian.

Tabel 1. Klasifikasi situs berdasarkan nilai V_s (BSN, 2012)

Klasifikasi Situs	Kecepatan gelombang geser V_s (m/s)
Batuan Keras	$V_s \geq 1500$
Batuan	$750 < V_s \leq 1500$
Tanah sangat padat dan Batuan Lunak	$350 < V_s \leq 750$
Tanah Sedang	$175 < V_s \leq 350$
Tanah Lunak	$V_s < 175$

Compound Topographic Index (CTI) adalah parameter yang menunjukkan tingkat kebasahan atau kondisi hidrologi yang dikontrol topografi pada suatu wilayah yang [9]. Nilai CTI juga menggambarkan kecenderungan air untuk terakumulasi ke suatu titik mengikuti gaya gravitasi dimana air selalu mengalir ke daerah yang lebih rendah.

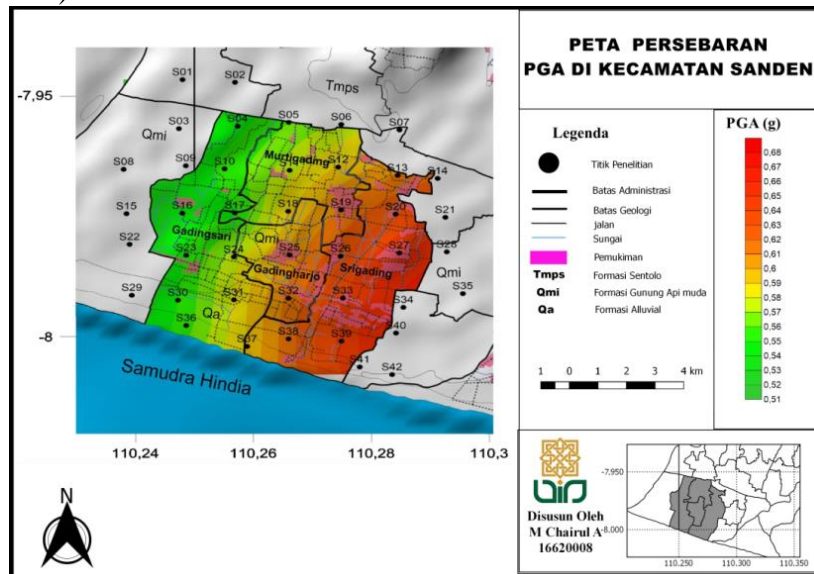
$$CTI = \ln \left(\frac{\alpha}{\tan(\beta)} \right) \quad (5)$$

Dimana α adalah akumulasi aliran (*Flow Accumulation*) yang mengalirkan air dari bagian atas sedangkan nilai β merupakan sudut kelereng dari topografi tersebut.

Hasil dan Pembahasan

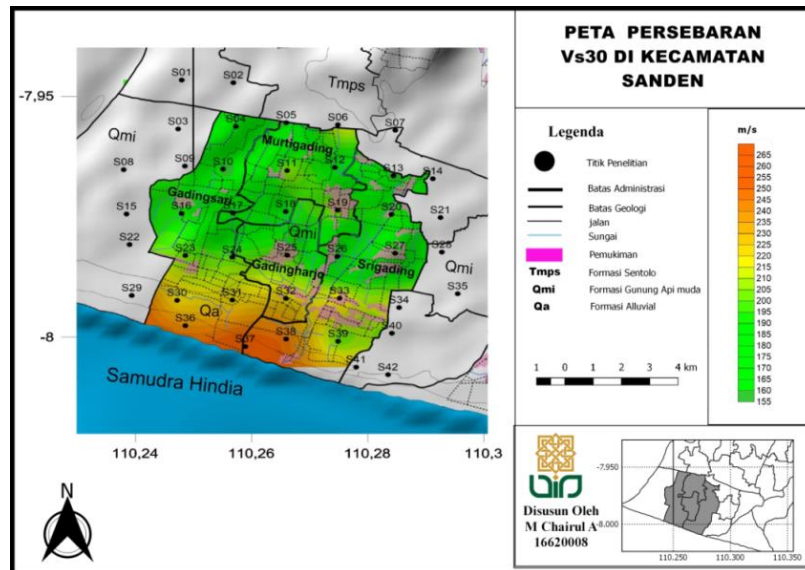
Distribusi nilai PGA di Kecamatan Sanden beragam memiliki nilai rentang 0,52 g s.d 0,67 g yang bisa dilihat persebarannya pada gambar 4.1. , nilai PGA yang relatif kecil dengan range 0,52 g s.d 0,55 g berada di Desa Gading Sari. Kecamatan Sanden bagian tengah memiliki nilai PGA batuan dasar berkisar di rentang 0,56 g s.d 0,59 g yang ditunjukkan warna kuning dalam peta persebarannya, nilai ini mendominasi di Desa Gadingharjo dan Desa Murtigading. nilai

PGA batuan dasar tinggi berada di Desa Srigading atau sebelah timur Kecamatan Sanden yang ditunjukkan oleh warna merah yang memiliki nilai di rentang 0,60 g s.d 0,67 g. Persebaran nilai PGA menunjukkan bahwa semakin ke timur maka didapatkan nilai PGA yang semakin tinggi, pola tersebut didapatkan dari nilai PGA yang semakin tinggi apabila mendekati sumber gempa (subduksi dan fault).



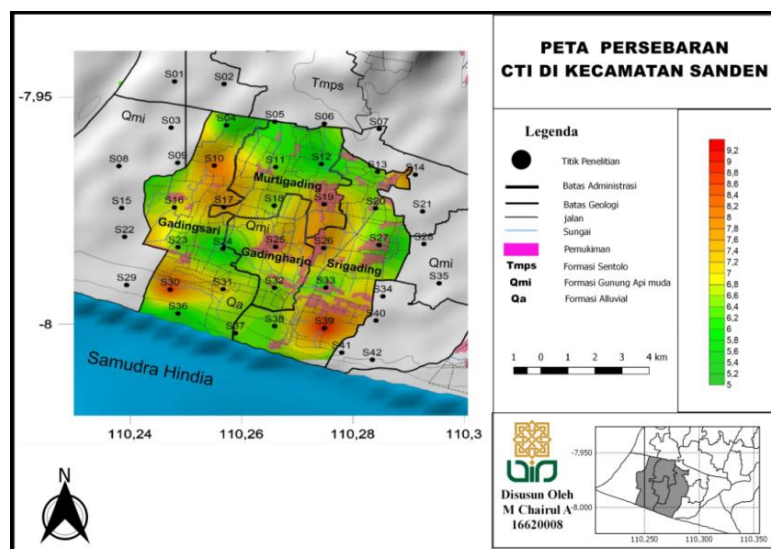
Gambar 2. Distribusi Persebaran Nilai PGA

Nilai V_{s30} di Kecamatan Sanden berada pada *range* 154,66 m/s s.d 260,80 m/s yang ditunjukkan pada gambar 4.4. Daerah di bagian selatan Kecamatan Sanden memiliki nilai V_{s30} yang tinggi di titik S29 s.d S33 dengan *range* nilai 221,37 m/s s.d 254,64 m/s dan di titik S36 s.d S38 yang memiliki *range* nilai 240,27 m/s s.d 260,80. Nilai V_{s30} yang tinggi di daerah selatan pada tabel 2.4 menurut BSN (Badan Standarisasi Nasional) diklasifikasikan sebagai SD (tanah sedang). Nilai V_{s30} di bagian utara daerah penelitian menunjukkan nilai yang rendah berada di *range* 154,66 m/s s.d 170,34 m/s yang mendominasi daerah penelitian. Nilai yang relatif kecil ini berada di Desa Murtigading dan sebelah utara Desa Srigading, Desa Gadingsari dan Desa Gadingharjo. Daerah dengan nilai $V_{s30} < 175$ m/s berada di formasi geologi berupa endapan Gunung Api Muda, serta menurut tabel klasifikasi BSN diklasifikasikan sebagai SE (tanah lunak).



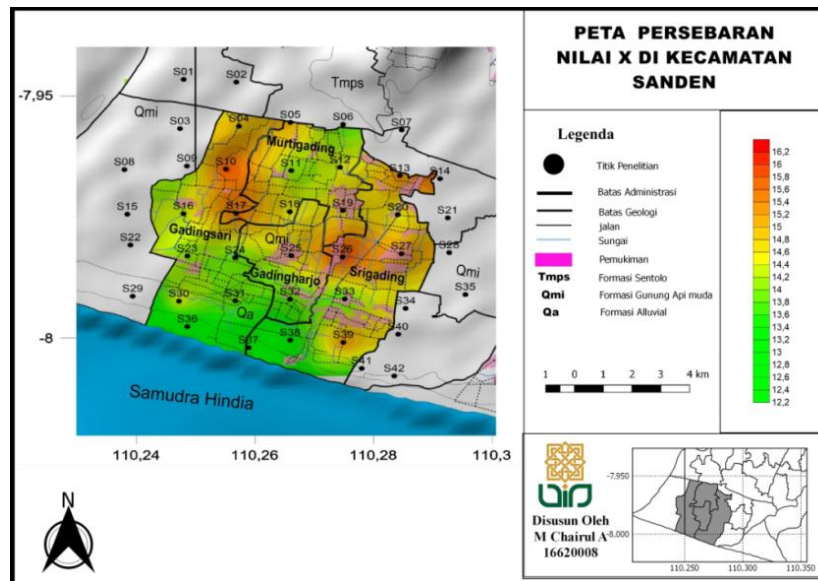
Gambar 3. Distribusi Nilai Vs30

Persebaran nilai CTI di Kecamatan Sanden maksimum sebesar 9,28 dan nilai minimum sebesar 5,45. Desa Gadingsari dan Desa Murtigading bagian selatan memiliki nilai CTI yang lebih tinggi dibandingkan dengan mayoritas daerah lainnya yaitu > 7 . Daerah dengan nilai CTI yang tinggi mendominasi pada formasi geologi endapan Gunung Api Muda. Nilai CTI yang cenderung lebih rendah mendominasi di bagian utara daerah penelitian di Desa Murtigading dengan nilai < 6 , yang didominasi oleh formasi Sentolo. Kondisi geologi Kecamatan Sanden yang tidak memiliki perbukitan menjadikan distribusi nilai CTI tidak memiliki perbedaan signifikan. Mayoritas nilai CTI yang tersebar di rentang 5 s.d 7 sehingga dipastikan bahwa Kecamatan Sanden memiliki nilai CTI yang hampir sama disetiap titiknya..



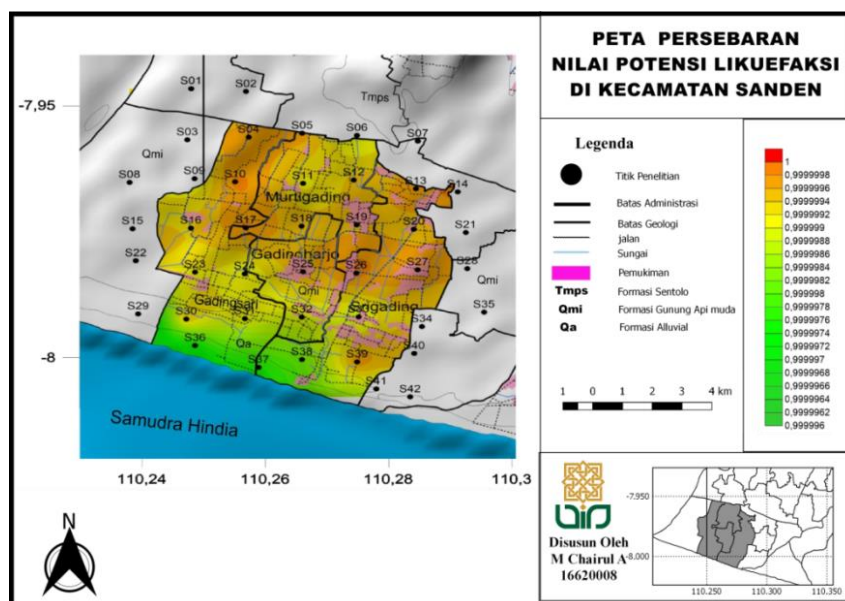
Gambar 4. Distribusi nilai CTI di Kecamatan Sanden

Nilai potensi di Kecamatan Sanden memiliki distribusi 12,47 s.d 16,06 dengan nilai tertinggi di sebelah timur daerah penelitian dan terendah di bagian selatan daerah penelitian. Nilai potensi likuifaksi tinggi terjadi jika nilai (PGA) tinggi, nilai (CTI) tinggi dan nilai (Vs30) rendah. Nilai potensi yang tinggi ini menyebabkan probabilitas likuefaksi di Kecamatan Sanden tinggi yaitu memiliki nilai $> 0,99$ yang mendominasi daerah penelitian.



Gambar 5. Distribusi Nilai Persebaran Potensi Likuefaksi

Nilai potensi likuefaksi yang tinggi disebabkan karena kecamatan Sanden merupakan daerah yang tersusun oleh formasi geologi yang berupa endapan yaitu endapan Gunung Api Muda dan endapan Alluvial. Kedalaman rata-rata air tanah juga mempengaruhi besar kecilnya nilai potensi likuefaksi dimana Kecamatan Sanden memiliki kedalaman muka air tanah yang cukup dangkal 0 s.d 2 m di daerah penelitian. Kecamatan Sanden memiliki luas wilayah 2.315,949 ha sedangkan untuk wilayah pemukiman seluas 232,058 ha yang terbagi di 4 wilayah administratif yaitu Desa Gadingharjo, Desa Gadingsari, Desa Srigading dan Desa Murtigading. Seluruh Kecamatan Sanden merupakan daerah rawan likuefaksi karena memiliki nilai yang tinggi, untuk nilai tertinggi berada di Desa Srigading yang memiliki luas pemukiman 119,22 ha atau 51% dan semuanya rawan bencana. Daerah selatan Kecamatan Sanden memiliki nilai yang rendah namun daerah tersebut didominasi oleh tempat pariwisata dan lahan pertanian.



Gambar 6. Disribbusi Nilai Probabilitas Likuefaksi

Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil penelitian maka dapat disimpulkan: 1) Nilai Compound Topographic Index (CTI) di Kecamatan Sanden berada pada kisaran 5,45 s.d 9,28, Nilai kecepatan gelombang geser pada kedalaman 30 meter (V_{s30}) berada pada kisaran 154,66 m/s s.d 260,80 m/s, Nilai percepatan getaran tanah (PGA) berapa pada kisaran 0,52 g s.d 0,67 g. 2) Nilai probabilitas likuefaksi tertinggi berada di bagian timur daerah penelitian di Desa Srigading dengan nilai $> 0,99$. 3) Kecamatan Sanden memiliki tingkat kerentanan pemukiman 100%. Tingkat kerentanan daerah yang tinggi terhadap bencana likuefaksi berada di bagian timur daerah penelitian di Desa Srigading. Luas pemukiman di Desa Srigading adalah 119,22 ha atau 51% dari keseluruhan peta pemukiman di Kecamatan Sanden.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa kekurangan yang perlu diperbaiki pada pengembangan penelitian yang akan dilakukan peneliti selanjutnya, diantaranya: 1) Perlunya penelitian dengan jarak antar titik penelitian yang lebih dekat agar mendapatkan hasil yang lebih akurat. 2) Untuk penelitian selanjutnya perlu memperluas batasan penelitian yaitu dilakukannya penelitian di kecamatan lain, terutama yang memiliki tingkat resiko seismik yang lebih tinggi. 3) Penelitian selanjutnya diharapkan menyertakan data kedalaman muka air tanah atau kedalaman sumur di setiap daerah penelitian, sebagai data pendukung untuk menentukan potensi likuefaksi. 4) Perlunya penambahan peta persebaran jalan, lahan dan fasilitas-fasilitas umum guna mempermudah sebaran mitigasi di daerah penelitian.

Daftar Rujukan

- [1] Daryono. 2010. Aktifitas Gempa bumi Tektonik di Yogyakarta Menjelang Erupsi Merapi 2010. Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika: Yogyakarta.
- [2] Tohari, A., Sugianti, K., Syahbana, A. J., dan Soebowo, E. 2015. Kerentanan Likuefaksi Wilayah Kota Banda Aceh Berdasarkan Metode Uji Penetrasi Konus. Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI, Vol.25 No.2 Desember 2015: 99-110.
- [3] Tohari, A. 2018. Kajian Fenomena Likuefaksi (Nalodo) di Kota Palu dan Kabupaten Sigi Akibat Gempa Donggala 28 September 2018. Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI. Page: 152-160
- [4] Suryolelono, K. B. 2007. Candi Prambanan Pasca Gempa Bumi. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada. Forum Teknik Sipil No. XVII/3-September 2007.
- [5] Wibowo, N. B. 2019. Analisa Global Geospatial Model (GGM) untuk Mengidentifikasi Potensi Likuefaksi di Kabupaten Bantul D. I Yogyakarta. Buletin Meteorologi dan Geofisika, Vol 9 No. 7.