



## Analisis Potensi Pergerakan Tanah Berdasarkan *Ground Shear Strain* (GSS) untuk Wilayah Bekasi

### *Analysis of Potential Soil Movement Based on Ground Shear Strain (GSS) for Bekasi Region*

Aditya Setyo Rahman<sup>1\*</sup>, Sutiyono<sup>2</sup>, Kurnia Wardaningsih<sup>3</sup>, Istofiyah<sup>1</sup>, Cindiwati<sup>3</sup>, Solih Alfiandy<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Jl. Angkasa 1 No. 2, Kemayoran, Kota Jakarta Pusat, 10720

<sup>2</sup>Balai Besar Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Wilayah II Tangerang Selatan, Jl. H. Abdul Gani No. 5, Ciputat, Kota Tangerang Selatan, 15412

<sup>3</sup>Universitas Negeri Semarang, Sekaran, Gunung Pati, Kota Semarang, 50229

<sup>4</sup>Stasiun Pemantau Atmosfer Global Lore Lindu Bariri, Jl. Sapta Marga No. 1, Palu Selatan, Kota Palu, 94231

\*Email: aditya.rahman@bmkg.go.id

Naskah Masuk: 31 Maret 2024 / Naskah Diterima: 2 Desember 2024 / Naskah Terbit: 31 Desember 2024

**Abstrak.** Kompleksitas geologi, sejarah gempa bumi, dan fenomena pergerakan tanah di Bekasi menunjukkan urgensi penelitian terkait potensi pergerakan tanah. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi pergerakan tanah di Bekasi berdasarkan nilai GSS. Nilai Vs30 yang diperoleh dari USGS diproses untuk mendapatkan GSS. Nilai *Ground Shear Strain* (GSS) dan prediksi fenomena getaran gempa di daerah Bekasi menunjukkan kerentana pergerakan tanah pada daerah Bekasi. Hasil menunjukkan nilai GSS tergolong rendah antara  $1.4667 \times 10^{-6}$  hingga  $1.72887 \times 10^{-6}$ , menunjukkan tingkat kerentanan rendah terhadap guncangan gempa. Pada PGA 0.22 – 0.302 g, diprediksi hanya terjadi fenomena *wave vibration* (getaran tanah terasa, tidak merusak). Meskipun tingkat kerentanan rendah, penting untuk tetap waspada dan melakukan mitigasi gempa bumi, seperti membangun struktur tahan gempa dan menyiapkan rencana evakuasi.

**Kata Kunci:** GSS, PGA, *Wave Vibration*, Mitigasi Gempabumi, Bekasi

**Abstract.** The geological complexity, earthquake history, and ground movement phenomena in Bekasi indicate the urgency of research related to ground movement potential. This study aims to analyze the potential of ground movement in Bekasi based on the GSS value. The Vs30 value obtained from USGS is processed to obtain the GSS. The value of *Ground Shear Strain* (GSS) and the prediction of earthquake vibration phenomenon in Bekasi area show the vulnerability of ground movement in Bekasi area. The results show that the GSS value is relatively low between  $1.4667 \times 10^{-6}$  to  $1.72887 \times 10^{-6}$ , indicating a low level of susceptibility to earthquake shaking. At a PGA of 0.22 – 0.302 g, only wave vibration phenomena are predicted (felt, non-destructive ground vibrations). Despite the low vulnerability level, it is important to remain vigilant and carry out earthquake mitigation, such as building earthquake – resistant structures and preparing evacuation plans.

**Keywords:** GSS, PGA, *Wave Vibration*, Earthquake Mitigation, Bekasi

## Pendahuluan

Bekasi, kota yang terletak di Jawa Barat, menyimpan cerita geologi dan tektonik yang kompleks. Perpaduan berbagai formasi geologi dan aktivitas tektonik aktif menjadikannya wilayah yang unik dan sekaligus rawan terhadap bencana alam. Secara geologi, Bekasi tersusun atas beberapa formasi batuan. Di bagian utara, tersingkap Formasi Cibulakan yang tersusun atas batuan sedimen laut dangkal berusia Miosen. Formasi ini terlipat dan terangkat akibat aktivitas tektonik, sehingga membentuk perbukitan di wilayah utara Bekasi <sup>[1]</sup>. Di bagian selatan, terdapat Formasi Kalibaru yang tersusun atas batuan sedimen laut dalam berusia Oligosen. Formasi ini lebih stabil dibandingkan Formasi Cibulakan dan membentuk dataran rendah di selatan Bekasi <sup>[1]</sup>. Di antara kedua formasi tersebut, terdapat Zona Sesar Cimanuk, sebuah sesar aktif yang membentang dari barat ke timur. Sesar ini berpotensi menghasilkan gempa bumi dengan kekuatan signifikan. Selain itu, Bekasi juga berada di dekat Zona Bogor, sebuah zona tektonik aktif yang diakibatkan oleh subduksi lempeng Indo-Australia ke bawah lempeng Eurasia. Subduksi ini menyebabkan terjadinya gempa bumi dan pergerakan tanah di wilayah Jawa Barat, termasuk Bekasi. Kondisi geologi dan tektonik yang kompleks ini menjadikan Bekasi sebagai wilayah yang rawan terhadap bencana alam, seperti gempa bumi, pergerakan tanah, dan likuifaksi <sup>[2]</sup>.

Sejarah mencatat beberapa gempa bumi berbahaya pernah mengguncang Bekasi. Gempa bumi berkekuatan 6.1 Mw pada tahun 1984 dan 5.6 Mw pada tahun 2012 meninggalkan luka mendalam bagi Masyarakat <sup>[3]</sup>. Gempa-gempa tersebut mengakibatkan kerusakan signifikan pada infrastruktur dan merenggut nyawa banyak orang. Pada tahun 1984, gempa bumi berkekuatan 6.1 Mw yang mengguncang Bekasi dan sekitarnya. Gempa ini menyebabkan kerusakan parah pada bangunan, terutama di wilayah Cikarang dan Tambun. Ratusan rumah runtuh dan ribuan lainnya mengalami kerusakan. Gempa ini juga merenggut nyawa lebih dari 100 orang dan melukai ratusan lainnya <sup>[3]</sup>. Dua puluh delapan tahun kemudian, tepatnya pada tahun 2012, gempa bumi kembali mengguncang Bekasi. Gempa berkekuatan 5.6 Mw ini berpusat di Cianjur, Jawa Barat, namun dampaknya terasa hingga ke Bekasi. Gempa ini menyebabkan kerusakan pada bangunan, terutama di wilayah Cikarang Selatan dan Tambun Selatan. Ratusan rumah dan bangunan lainnya mengalami kerusakan, dan beberapa orang dilaporkan terluka. Sejarah gempa bumi di Bekasi menjadi pengingat bahwa wilayah ini memiliki potensi bencana gempa bumi yang tinggi. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor, seperti lokasi Bekasi yang berada di zona pertemuan lempeng tektonik dan sesar aktif <sup>[4]</sup>.

Fenomena pergerakan tanah juga kerap terjadi di Bekasi. Pada tahun 2019, longsor terjadi di Perum Taman Wisma Asri, Jatiasih, Bekasi, menyebabkan kerusakan rumah dan infrastruktur. Peristiwa serupa juga terjadi di Perumahan Duta Kranji, Bekasi Barat, pada tahun 2020 <sup>[5]</sup>. Fenomena pergerakan tanah di Bekasi merupakan konsekuensi kompleks dari faktor geologi, curah hujan tinggi, dan aktivitas manusia. Secara geologis, Bekasi terletak pada area dengan struktur kompleks, di mana keberadaan sesar aktif dan struktur geologi lainnya menginduksi ketidakstabilan tanah dan meningkatkan potensi pergerakannya <sup>[6]</sup>. Curah hujan tinggi memperparah situasi dengan menginfiltasi air ke dalam tanah, meningkatkan tekanan pori, dan menjenuhkan tanah, sehingga membuatnya licin dan mudah bergerak. Aktivitas manusia seperti pemotongan lereng dan pembangunan di area tidak stabil memperparah risiko longsor <sup>[7]</sup>. Pergerakan tanah di Bekasi menghadirkan ancaman serius bagi keselamatan masyarakat dan infrastruktur. Upaya mitigasi diperlukan untuk meminimalisir dampak bencana ini. Pemetaan daerah rawan longsor menjadi langkah krusial untuk membantu pemerintah dan masyarakat mengidentifikasi area berisiko tinggi dan mengambil langkah pencegahan. Pembangunan infrastruktur penahan longsor seperti tembok penahan tanah dan drainase yang baik juga esensial dalam mencegah terjadinya longsor. Tak kalah penting, edukasi dan peningkatan kesadaran masyarakat tentang bahaya pergerakan tanah dan cara – cara untuk melindungi diri dari bencana ini perlu digalakkan.

Kompleksitas geologi, sejarah gempa bumi, dan fenomena pergerakan tanah di Bekasi menunjukkan urgensi penelitian terkait potensi pergerakan tanah yang menjadikannya wilayah dengan potensi bahaya geologis tinggi. Bekasi berada di bawah ancaman signifikan dari aktivitas tektonik, termasuk sesar aktif

dan zona subduksi, yang berpotensi menyebabkan gempa bumi dan pergerakan tanah. Peristiwa gempa bumi bersejarah pada tahun 1984 dan 2012, serta fenomena longsor di beberapa wilayah pada tahun 2019 dan 2020, menunjukkan kerentanan kawasan ini terhadap bencana yang mengancam keselamatan masyarakat dan infrastruktur. Aktivitas manusia seperti pembangunan di area tidak stabil semakin memperparah risiko ini.

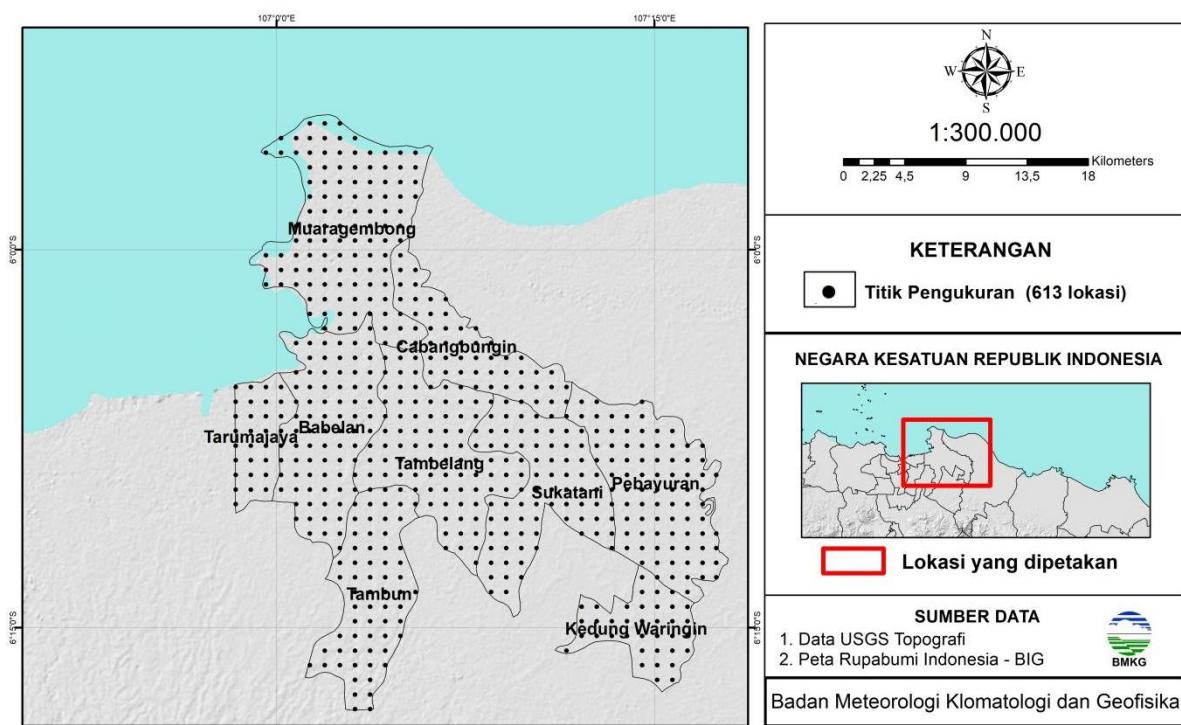
Penelitian ini menganalisis potensi pergerakan tanah berdasarkan nilai Ground Shear Strain (GSS) yang kemudian dapat mengungkap wilayah-wilayah di Bekasi yang paling rentan terhadap pergerakan tanah. Pemahaman yang lebih baik tentang potensi ini sangat penting untuk mitigasi bencana dan keselamatan masyarakat. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi pergerakan tanah di Bekasi berdasarkan nilai GSS. GSS merupakan parameter yang menunjukkan tingkat deformasi tanah akibat gempa bumi. Nilai GSS yang tinggi menunjukkan bahwa suatu wilayah lebih rawan terhadap pergerakan tanah<sup>[8]</sup>. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi penting tentang wilayah-wilayah di Bekasi yang rawan terhadap pergerakan tanah. Informasi ini dapat digunakan untuk mitigasi bencana, seperti pembuatan peta zonasi rawan pergerakan tanah dan sistem peringatan dini, perencanaan pembangunan yang aman dan berkelanjutan, dan meningkatkan kesadaran masyarakat tentang bahaya pergerakan tanah.

## Metode Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi pergerakan tanah di wilayah Bekasi berdasarkan nilai GSS di daerah Bekasi menggunakan nilai kecepatan gelombang geser Vs30 dari *United States Geological Survey* (USGS). Berikut adalah metode penelitian yang akan digunakan:

### Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di wilayah Bekasi, Jawa Barat, Indonesia. Lokasi penelitian terdiri dari 613 titik penelitian dengan jarak kurang lebih 1 km setiap titik penelitian, titik Lokasi penelitian secara spasial dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Peta Klasifikasi Jenis Tanah Berdasarkan Vs30

## Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan data Vs30 yang diperoleh dari *United States Geological Survey (USGS)* melalui situs <https://www.usgs.gov/programs/earthquake-hazards>. Perhitungan data Vs30 USGS menggunakan metode *slope* pencitraan satelit. USGS mengembangkan algoritma matematis untuk menghitung data *slope* yang diperoleh dari citra satelit Landsat 8 sehingga mendapatkan nilai Vs30. Data Vs30 merepresentasikan kecepatan gelombang geser rata – rata pada kedalaman 30 meter (m) di bawah permukaan tanah. Pemilihan data ini didasarkan pada beberapa keunggulan. Pertama, USGS merupakan lembaga terpercaya yang menyediakan data geospasial berkualitas tinggi. Kedua, data Vs30 tersedia secara global dengan resolusi spasial yang tinggi (30 meter per piksel). Ketiga, data Vs30 tersedia dalam format raster yang mudah diolah dan dianalisis menggunakan *software Geographic Information System (GIS)*. Penggunaan data Vs30 yang akurat dan terpercaya sangat penting dalam penelitian ini untuk menghasilkan hasil yang *valid* dan *reliable*.

## Pra – Pengolahan Data

Data Vs30 yang diperoleh dari USGS pada awalnya memiliki format raster dengan resolusi 30 meter per piksel. Format raster ini kurang ideal untuk analisis spasial, terutama ketika ingin melakukan analisis pada area tertentu dengan batas yang kompleks. Oleh karena itu, diperlukan konversi data raster ke format vektor sebelum dilakukan analisis lebih lanjut. Konversi data raster ke vektor dilakukan dengan menggunakan metode *vectorization*. Pada metode ini, setiap piksel pada data raster diubah menjadi sebuah entitas vektor, baik berupa titik, garis, ataupun poligon. Proses konversi ini menghasilkan data vektor dengan representasi spasial yang lebih akurat dan mudah dimanipulasi untuk analisis spasial.

## Kecepatan Gelombang Geser (Vs30)

Vs30 merupakan parameter geoteknik yang sangat berguna untuk menganalisa gelombang seismik dan karakteristik sifat dinamis batuan. Sedangkan kekakuan batuan dan kuat geser tanah dapat diketahui, mengukur kecepatan gelombang geser hingga kedalaman 30 m. Vs30 merupakan kecepatan gelombang geser hingga pada kedalaman 30 m dari permukaan. Nilai Vs30 ini dapat dipergunakan dalam penentuan standar bangunan tahan gempa <sup>[9]</sup>. Nilai Vs30 digunakan untuk menentukan klasifikasi batuan berdasarkan kekuatan getaran gempabumi akibat efek lokal serta digunakan untuk keperluan dalam perancangan bangunan tahan gempa. Vs30 merupakan data yang penting dan paling banyak digunakan dalam teknik geofisika untuk menentukan karakteristik struktur bawah permukaan hingga kedalaman 30 meter.

## Frekuensi Natural (f0)

Frekuensi natural (f0) yang diperoleh dari hasil konversi menggunakan rumus empiris berikut <sup>[10]</sup>:

$$f_0 = 0.67 \times \sqrt{\frac{Vs30}{145}} \quad (1)$$

f0 merepresentasikan frekuensi dominan getaran tanah pada kondisi bebas. Nilai f0 ini merupakan perkiraan frekuensi resonansi fundamental yang dapat terjadi pada suatu lokasi, di mana tanah akan bergetar paling kuat ketika menerima getaran dengan frekuensi yang sama <sup>[10]</sup>.

Rumus empiris ini menghubungkan f0 dengan kecepatan gelombang geser rata – rata (Vs30) di 30 meter teratas profil tanah. Vs30 merupakan parameter penting dalam karakterisasi geoteknis tanah dan mencerminkan kekakuan tanah. Semakin tinggi nilai Vs30, semakin kaku tanahnya, dan frekuensi naturalnya pun semakin tinggi <sup>[10]</sup>.

## Ground Amplification Factor (GAF)

*Ground Amplification Factor (GAF)* adalah sebuah parameter penting dalam seismologi yang menggambarkan pengaruh kondisi tanah terhadap intensitas gempa bumi di permukaan. Nilai GAF

menunjukkan berapa kali amplitudo gelombang gempa bumi diperkuat saat merambat dari batuan dasar ke permukaan tanah. Perhitungan GAF dapat menggunakan persamaan berikut <sup>[11]</sup>:

$$\text{Log GAF} = 1.35 - 0.47 \times \text{Log Vs30} \quad (2)$$

Nilai GAF yang lebih tinggi menunjukkan bahwa tanah lebih memperkuat amplitudo gelombang gempa bumi, sehingga guncangan di permukaan tanah akan lebih terasa. Nilai GAF yang lebih rendah menunjukkan bahwa tanah meredam amplitudo gelombang gempa bumi, sehingga guncangan di permukaan tanah akan lebih lemah. GAF dan Vs30 adalah dua parameter penting dalam seismologi yang saling terkait dan dapat digunakan untuk memperkirakan intensitas gempa bumi di permukaan tanah. GAF menunjukkan pengaruh kondisi tanah terhadap amplifikasi gelombang gempa bumi, sedangkan Vs30 menunjukkan kekakuan tanah.

### **Peak Ground Acceleration (PGA) Terkoreksi**

*Peak Ground Acceleration (PGA)* merupakan besaran penting dalam seismologi yang mengukur intensitas guncangan tanah akibat gempa bumi. Didefinisikan sebagai nilai maksimum percepatan tanah yang terjadi selama gempa bumi di suatu lokasi tertentu. PGA umumnya diukur dalam satuan gravitasi bumi (g), di mana 1g setara dengan percepatan akibat gravitasi bumi. Pada penelitian ini, PGA yang digunakan adalah PGA di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun. PGA di batuan dasar adalah nilai percepatan maksimum tanah akibat gempa bumi yang terjadi di batuan dasar, yang merupakan formasi geologi keras dan stabil <sup>[12]</sup>. Nilai PGA ini penting dalam analisis bahaya gempa dan desain struktur tanah gempa. Probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun adalah tingkat risiko gempa bumi yang sering digunakan dalam perancangan struktur. Ini berarti bahwa ada kemungkinan 7% gempa bumi dengan PGA yang sama atau lebih besar akan terjadi dalam rentang waktu 75 tahun. Penggunaan PGA di batuan dasar dengan probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun memiliki beberapa alasan <sup>[13]</sup>:

- Nilai PGA ini mewakili tingkat guncangan tanah yang cukup kuat untuk menyebabkan kerusakan signifikan pada struktur yang tidak dirancang dengan baik. Dengan menggunakan nilai ini, desainer dapat memastikan bahwa struktur memiliki ketahanan yang cukup untuk menahan gempa bumi dengan tingkat keparahan tersebut.
- Memilih probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun memberikan keseimbangan antara biaya konstruksi dan tingkat keamanan yang memadai. Nilai ini cukup tinggi untuk memastikan ketahanan terhadap gempa bumi yang cukup besar, namun tidak terlalu tinggi sehingga biaya konstruksi menjadi tidak terlampaui mahal.
- Banyak standar desain struktur di seluruh dunia, termasuk di Indonesia, menggunakan probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun sebagai acuan untuk PGA di batuan dasar. Hal ini memastikan bahwa struktur yang dirancang dengan mengikuti standar tersebut memiliki tingkat keamanan yang konsisten dan terukur.
- Data PGA di batuan dasar dengan probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun umumnya tersedia untuk berbagai wilayah di Indonesia. Hal ini memudahkan para desainer untuk mendapatkan informasi yang akurat dan terpercaya untuk perancangan struktur.

Setelah ditentukan penentuan PGA di batuan dasar. Selanjutnya PGA di batuan dasar tersebut dirambatkan ke permukaan dengan menggunakan persamaan berikut <sup>[14]</sup>:

$$\text{PGA}_{\text{adjusted}} = \text{PGA} \times \left( \frac{\text{Vs30}}{180} \right)^{0,34} \quad (3)$$

PGA di batuan dasar perlu dirambatkan ke permukaan karena beberapa alasan: Pertama, PGA di batuan dasar tidak selalu sama dengan PGA di permukaan. Hal ini disebabkan oleh efek penyaringan dan amplifikasi yang terjadi saat gelombang seismik merambat dari batuan dasar ke permukaan <sup>[15]</sup>. Penyaringan terjadi karena gelombang dengan frekuensi tinggi lebih mudah teredam dibandingkan

gelombang dengan frekuensi rendah. Amplifikasi terjadi karena gelombang seismik dapat terfokus dan diperkuat saat merambat melalui struktur geologi yang kompleks<sup>[15]</sup>. Kedua, PGA di permukaan lebih relevan untuk analisis struktur dan infrastruktur. Bangunan dan infrastruktur lainnya umumnya dibangun di permukaan tanah, sehingga PGA di permukaanlah yang menentukan tingkat bahaya gempa bumi terhadap struktur tersebut<sup>[13]</sup>. Ketiga, PGA di permukaan dapat digunakan untuk memperkirakan kerusakan akibat gempa bumi. Kerusakan akibat gempa bumi dapat diprediksi dengan menggunakan hubungan antara PGA di permukaan dan intensitas gempa bumi<sup>[16]</sup>. Keempat, PGA di permukaan dapat digunakan untuk mengembangkan peta bahaya gempa bumi. Peta bahaya gempa bumi menunjukkan tingkat bahaya gempa bumi di suatu wilayah. Peta ini dapat digunakan untuk membuat perencanaan tata ruang dan mitigasi bencana gempa bumi. Kelima, PGA di permukaan dapat digunakan untuk merancang struktur yang tahan gempa bumi. Struktur yang dirancang dengan mempertimbangkan PGA di permukaan akan lebih tahan terhadap kerusakan akibat gempa bumi.

### Indeks Kerentanan Seismik (KG)

Indeks kerentanan seismik (KG) merupakan parameter yang menunjukkan tingkat kerentanan suatu wilayah terhadap guncangan gempa bumi. Nilai KG dihitung berdasarkan rumus<sup>[17]</sup>:

$$KG = \frac{GAF^2}{f_0} \quad (4)$$

Secara ilmiah, rumus KG menunjukkan hubungan antara tingkat GAF dan  $f_0$  dengan tingkat kerentanan seismik. Nilai KG yang tinggi menunjukkan bahwa suatu wilayah lebih rentan terhadap kerusakan akibat gempa bumi.

### Ground Shear Strain (GSS)

*Ground Shear Strain* (GSS) merupakan besaran yang menunjukkan tingkat deformasi geser tanah akibat gempa bumi. GSS didefinisikan sebagai rasio pergeseran horizontal tanah terhadap ketebalan lapisan tanah yang mengalami pergeseran tersebut. Besarnya GSS mencerminkan intensitas deformasi tanah dan dapat digunakan untuk memprediksi potensi kerusakan akibat gempa bumi, seperti retakan tanah, penurunan tanah, dan likuifaksi. GSS dihitung berdasarkan nilai PGA<sub>adjusted</sub> dan KG. Nilai GSS yang tinggi menandakan tingkat deformasi tanah yang besar, sehingga berpotensi menimbulkan kerusakan yang lebih parah. GSS dapat dikategorikan menjadi beberapa tingkat berdasarkan potensinya untuk menimbulkan kerusakan. GSS dapat dihitung menggunakan rumus<sup>[18]</sup>:

$$GSS = KG \times PGA_{adjusted} \times 10^{-6} \quad (5)$$

Berikut merupakan tabel konversi perhitungan potensi pergerakan tanah:

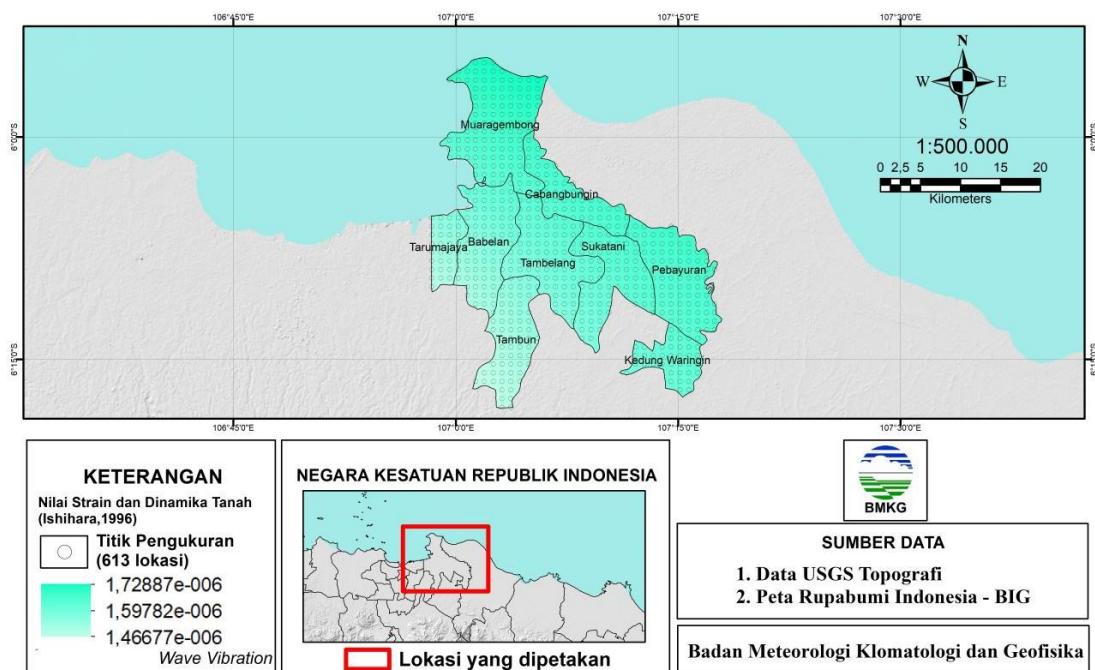
**Tabel 1.** Klasifikasi Potensi Fenomena Berdasarkan Nilai GSS

Size of GSS	$10^{-6} - 10^{-4}$	$10^{-3} - 10^{-2}$	$10^{-1}$
Phenomena	Wave, vibration	Crack, Settlement	<i>Landslide, Soil Compaction, Liquefaction</i>
Dynamic Properties	Elasticity	Elasto-plasticity	<i>Collapse</i>

### Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan analisis mikrozonasi, nilai GSS (*Ground Shear Strain*) di wilayah Bekasi berkisar antara  $1.4667 \times 10^{-6}$  hingga  $1.72887 \times 10^{-6}$ , menunjukkan tingkat kerentanan gempa bumi yang relatif rendah. Nilai PGA (Peak Ground Acceleration) yang diperoleh dari Persamaan 3, yakni 0.22 g hingga 0.302 g, mengindikasikan potensi terjadinya fenomena wave vibration. Meskipun demikian, sejarah mencatat

beberapa gempa bumi merusak pernah mengguncang Bekasi, seperti gempa 6.1 Mw pada 1984 dan 5.6 Mw pada 2012. Meskipun analisis mikrozonasi menunjukkan nilai GSS di Bekasi relatif rendah, sejarah mencatat beberapa gempa bumi merusak pernah terjadi di wilayah ini. Kontradiksi ini dapat dijelaskan oleh beberapa faktor. Pertama, nilai GSS hanya memberikan gambaran umum tentang kerentanan gempa bumi, dan tidak memperhitungkan faktor-faktor lokal seperti kondisi tanah, struktur bangunan, dan keberadaan patahan aktif. Kedua, nilai PGA yang diperoleh mengindikasikan potensi terjadinya fenomena *wave vibration*, yang dapat memperkuat getaran gempa dan meningkatkan kerusakan. Ketiga, gempa bumi adalah fenomena kompleks yang dipengaruhi oleh banyak variabel, sehingga prediksi dampaknya tidak selalu linear dengan nilai parameter geofisika seperti GSS dan PGA. Dengan demikian, meskipun nilai GSS rendah, wilayah Bekasi tetap rentan terhadap gempa bumi merusak, terutama jika terjadi gempa dengan magnitudo besar dan pusat gempa yang dekat.



Gambar 2. Peta *Ground Shear Strain* Daerah Bekasi

## Kesimpulan

Berdasarkan analisis *Ground Shear Strain* (GSS) di daerah Bekasi, nilai GSS menunjukkan tingkat kerentanan yang relatif rendah terhadap guncangan gempa bumi. Nilai GSS ini berkisar antara  $1,4667 \times 10^{-6}$  hingga  $1,72887 \times 10^{-6}$ , tergolong rendah dan hanya akan menyebabkan fenomena *wave vibration*. Fenomena ini ditandai dengan getaran tanah yang terasa, namun tidak cukup kuat untuk menyebabkan kerusakan struktural pada bangunan. Meskipun demikian, penting untuk diingat bahwa gempa bumi merupakan fenomena alam yang tidak dapat diprediksi dengan sempurna. Oleh karena itu, penting untuk tetap waspada dan melakukan mitigasi bencana gempa bumi, seperti membangun struktur bangunan yang tahan gempa dan menyiapkan rencana evakuasi.

## Saran

Analisis Potensi Pergerakan Tanah Berdasarkan *Ground Shear Strain* Untuk Wilayah Bekasi masih belum sempurna. Untuk mendapatkan hasil yang lebih baik, perlu dilakukan pengukuran yang lebih baik, lebih variatif, dan dengan data dukung yang lebih banyak.

## Ucapan Terimakasih

Terima kasih kepada rekan – rekan Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) yang telah memberikan dukungan dan kontribusinya dalam penelitian ini.

## Daftar Pustaka

- [1] Sukendar, A., & Amin, T.C. Geologi Cekungan Bandung: Kajian Stratigrafi, Struktur, dan Hidrokarbon. *Bandung: ITB*. (2016). doi: 10.21002/itb.2016.11002.
- [2] Pribadi, A., & Daryono, D. Analisis Kerentanan Bencana Gempa Bumi dan Likuifaksi di Kota Bekasi. *Jurnal Mitigasi Bencana*, 16(1), 1-12. (2022). doi:10.24843/jmb.2022.v16.i1.p1.
- [3] Nuryanto, A., & Rachmat, H. Potensi Gempa Bumi di Sesar Cimanuk, Jawa Barat. *Jurnal Geologi Indonesia*, 13(2), 105-114. (2018). doi:10.21103/jgi.2018.13.2.105.
- [4] Haryono, E., & Abidin, H.Z. Kajian Geologi dan Tektonik Zona Bogor dan Sekitarnya. *Jurnal Geologi dan Kelautan*, 10(1), 1-12. (2015). doi:10.29122/jgk.v10i1.135.
- [5] Prasetyo, A. D., & Darmawan, D. Analisis Faktor Penyebab Longsor di Perumahan Taman Wisma Asri, Jatiasih, Bekasi. *Jurnal Geoteknik dan Geomatika*, 21(2), 163-174. (2020).
- [6] Marfai, M. A., & King, L. Land Subsidence in Jakarta Metropolitan Area, Indonesia: Causes, Impacts and Mitigation. *Sustainability*, 12(11), 4553. (2020). doi:10.3390/su12114553.
- [7] Lee, C. F., & Ng, C. W. W. Landslides and rainfall in Hong Kong. *Geomorphology*, 110(1-2), 177-188. (2009). doi:10.1016/j.geomorph.2009.02.023.
- [8] Hananto, N. D., & Darmawan, D. Analisis Kerentanan Pergerakan Tanah di Kawasan Puncak, Bogor Menggunakan Indeks GSS dan CISS. *Jurnal Geoteknik dan Geomekanika*, 22(1), 45-54. (2021).
- [9] Roser, J., & Gosar, A. Penggunaan nilai Vs30 dalam penentuan standar bangunan tahan gempa. *Jurnal Teknik SIpil*, 12(2), 121-130. (2010).
- [10] Idriss, I. M., & Boulanger, R. W. Settlement of cohesive soils during earthquakes. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 130(4), 440-456. (2004). doi:10.1061/(ASCE)1090-0241(2004)130:4(440).
- [11] Midorikawa, S. A method for estimating site effects on strong ground motion. *Earthquake and Structural Dynamics*, 23(8), 879-896. (1994). doi:10.1002/eqe.4290230806.
- [12] Bommer, J. J., & Acevedo, A. B. The use of real earthquake accelerograms in earthquake engineering. *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 33(12), 1439-1469. (2004). doi:10.1002/eqe.411.
- [13] Abrahamson, N. A., & Silva, W. J. Empirical response spectral attenuation relations for shallow crustal earthquakes. *Seismological Research Letters*, 68(1), 94-127. (1997). doi:10.1785/gssrl.68.1.94.
- [14] Campbell, K. W., & Bozorgnia, Y. NGA ground motion model for the geometric mean horizontal component of PGA, PGV, and 5% damped elastic pseudo-acceleration response spectra at periods of 0.01 to 10.0 s. *Earthquake Engineering Research Institute*. (2008).
- [15] Bard, P. Y., & Bouchon, M. The seismic response of soil deposits with irregular geometry. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 70(4), 1255-1278. (1980).
- [16] Wald, D. J., & Allen, T. I. Topographic slope as a proxy for site effects in ground motion models for earthquakes in the San Francisco Bay Area. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 97(5), 1609-1625. (2007). doi:10.1785/0120060244.
- [17] Grunthal, G. European Macroseismic Scale 1998 (EMS-98). *Cahires du Centre Europeen de Geodynamique et de Seismologie*, 15. (1998).
- [18] Ishihara, K. Soil liquefaction and its evaluation. Balkema, Rotterdam. (1996).