

## Studi Kecepatan Tanah Maksimum (PGV), Percepatan Tanah Maksimum (PGA) dan Skala Intensitas Kerusakan (MMI) Gempa Bumi di Kabupaten Bengkulu Utara

Mawadatul Arrahma<sup>1</sup>, Arif Ismul Hadi<sup>2\*</sup>, dan Budi Harlianto<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Laboratorium Fisika, Program Studi Fisika, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Bengkulu (UNIB), 38371 Indonesia

<sup>2,3</sup> Program Studi Geofisika, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Bengkulu (UNIB), 38371 Indonesia

\* E-mail: [ismulhadi@unib.ac.id](mailto:ismulhadi@unib.ac.id)

### Abstrak

Bengkulu Utara memiliki tingkat kerawanan gempa yang signifikan. Salah satu metode untuk mengidentifikasi kerawanan ini adalah melalui penelitian terhadap korelasi antara *percepatan tanah maksimum* (PGA), *kecepatan tanah maksimum* (PGV), dan *Modified Mercalli Intensity* (MMI). Data yang digunakan berasal dari *United States Geological Survey* (USGS), yang merupakan data sekunder. Proses pengolahan data melibatkan penerapan rumus empiris yang menggambarkan hubungan antara PGV dan intensitas, serta PGA dan intensitas gempa. Selanjutnya, hasil perhitungan PGA dan PGV dimasukkan ke dalam ArcGis 10.8 untuk membuat peta kontur PGA dan PGV, serta kurva hubungan PGA dan PGV, PGA dan MMI, dan PGV dan MMI menggunakan Excel 2019. Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai PGA PGV terbesar berada di Kecamatan Arga Makmur yang mempunyai nilai intensitas 4.

**Kata kunci:** Kecepatan Tanah Maksimum, Percepatan Tanah Maksimum, Intensitas, Gempa Bumi

### Abstract

North Bengkulu has a significant level of earthquake virility. One method to identify this virginty is through research into the correlation between *Peak Ground Acceleration* (PGA), *Peak Ground Velocity* (PGV), and *Modified Mercalli Intensity* (MMI). The data used came from the *United States Geological Survey* (USGS), which is secondary data. The data processing process involves applying an empirical formula that describes the relationship between PGV and intensity, as well as PGA and earthquake intensity. Furthermore, the results of the PGA & PGV calculations are incorporated into ArcGis 10.8 to create PGA&PGV contour maps, and the relationship curves of PGA to PGV, PGA, and MMI, and PGV & MMI using Excel 2019. The results of the analysis show that the largest PGV PGA value is in Arga Makmur district which has a intensity of 4.

**Keywords:** Peak Ground Velocity, Peak Ground Acceleration, Intensity, Earthquake

## PENDAHULUAN

Indonesia merupakan suatu negara yang terletak di sekitar patahan tektonik yang aktif, karena adanya tiga lempeng besar dan sembilan lempeng kecil yang saling bertemu. Kondisi ini membentuk jalur pertemuan yang rumit, dihiasi dengan gunung berapi, sehingga sering disebut bahwa Indonesia berada dalam wilayah Cincin Api (Adityawarman, 2014). Kota Bengkulu juga terpengaruh oleh aktivitas sesar Sumatera yang berlangsung sepanjang Bukit Barisan dan sesar Mentawai. Kondisi ini menjadikan Bengkulu sebagai daerah yang sangat rentan terhadap risiko bencana gempa bumi (D. Putri & Hadi, 2021).

Dari segi letak geografis, Bengkulu adalah sebuah provinsi yang berdekatan secara langsung dengan Samudera Indonesia. Keberadaan geografis yang langsung berhubungan dengan Samudera Indonesia membuat Bengkulu menjadi daerah yang rentan terhadap bencana gempa (Akbar et al., 2020). Bengkulu juga terletak pada zona subduksi, di mana lempeng Indo-Australia bertemu dengan lempeng Euro-Asia. Interaksi pergerakan kedua lempeng ini membentuk zona subduksi di sebelah barat Bengkulu Utara, yang memiliki karakteristik yang masih muda dengan sudut kemiringan sekitar 10-20 derajat. Keadaan ini memungkinkan terjadinya gempa bumi dangkal yang memiliki potensi energi besar (Hadi et al., 2012).

Gempa bumi adalah perubahan posisi tiba-tiba dari lapisan bumi yang terjadi karena pelepasan energi strain yang terkumpul di dalamnya. Penyebab gempa bumi bisa berasal dari dinamika bumi, seperti peristiwa tektonik, aktivitas gunung api, dampak meteor jatuh, longsor di bawah permukaan air laut, atau akibat ledakan bom nuklir di bawah permukaan (Temporal et al., 2016). Berdasarkan penjelasan sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa potensi terjadinya gempa bumi di sekitar Kabupaten Bengkulu Utara tetap tinggi. Hal ini disebabkan oleh aktivitas zona subduksi, esar Semangko, dan Sesar Mentawai yang terus berlangsung tanpa dapat dihentikan. Sesar Semangko sendiri merupakan bagian dari Sesar Sumatra yang berlokasi di Provinsi Lampung. Wilayah Sesar Sumatra aktif secara tektonik karena adanya zona subduksi, menjadikannya sebagai potensi bencana gempa bumi (M. Putri & Annisa, 2021).

Indeks risiko bencana gempa bumi di Bengkulu Utara sangat tinggi. Meninjau catatan sejarah gempa dari katalog gempa bumi signifikan dan merusak tahun 1821-2018 yang dikeluarkan oleh BMKG, terlihat bahwa Bengkulu Utara telah mengalami gempa dahsyat dengan magnitudo 7,3 pada 4 Juni 2000. Gempa ini mengakibatkan kerusakan besar, termasuk penghancuran puluhan ribu bangunan dan menewaskan lebih dari 90 orang. Selanjutnya, pada 12 September 2007, Bengkulu Utara kembali dilanda gempa besar dengan magnitudo 7,9. Kejadian ini disebabkan oleh letak geografis Bengkulu Utara yang berada di antara dua jalur gempa, yaitu di daratan dan di laut. Pusat gempa di laut terletak sepanjang Sesar Mentawai di Samudera Hindia, sedangkan pusat gempa di daratan terletak sepanjang Sesar Sumatera sekitar Bukit Barisan (Septiansyah et al., 2023).

Setiap kejadian gempa bumi memiliki nilai kecepatan tanah maksimum, percepatan tanah maksimum, dan skala intensitas kerusakan pada wilayah tersebut. Kecepatan tanah maksimum, atau yang dikenal sebagai Peak Ground Velocity (PGV), merujuk pada nilai kecepatan terbesar yang terjadi pada permukaan suatu wilayah dalam periode waktu tertentu akibat getaran gempa bumi (Pangge et al., 2022). Percepatan tanah maksimum, atau yang dikenal sebagai Peak Ground Acceleration (PGA), timbul akibat getaran seismik dalam suatu periode waktu. Nilai percepatan getaran tanah yang dijadikan bagian dari desain bangunan seismik bergantung pada nilai percepatan tanah puncak yang dipengaruhi oleh kondisi geologi tanah dan tingkat pemadatan sedimen di suatu daerah. Besar kecilnya nilai PGA sangat dipengaruhi oleh sejauh mana sedimen telah terpadatkan, di mana semakin tinggi tingkat pemadatan sedimen, semakin rendah nilai PGA di wilayah tersebut. Percepatan tanah puncak ini dapat memicu deformasi pada lapisan tanah dekat permukaan, menyebabkan terjadinya rekahan atau retakan, serta amblesan (Hadi et al., 2023). Skala intensitas Mercalli adalah sistem pengukuran yang digunakan untuk menilai intensitas gempa bumi. Skala ini menggambarkan tingkat dampak gempa pada permukaan bumi, manusia, elemen alam, dan struktur buatan manusia secara kuantitatif (Pranata et al., 2017).

Sieh dan Natawidjaja (2000) menyatakan bahwa risiko bencana gempa bumi dapat dikurangi melalui upaya mitigasi yang dilakukan secara cepat dan efektif. Salah satu strategi mitigasi yang perlu diterapkan adalah pembuatan peta dampak gempa, yang dapat membantu mengidentifikasi efek gempa di suatu lokasi. Peta ini berguna dalam perencanaan antisipatif dan pengurangan dampak, dengan tujuan untuk mengurangi jumlah korban jiwa dan kerugian materi (Syofyan & Edial, 2019). Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi daerah rawan gempa bumi berdasarkan parameter PGV, PGA, dan MMI menggunakan data historis gempa bumi yang terjadi disekitar kabupaten Bengkulu Utara selama 30 tahun (1 Januari 1988 – 31 Desember 2018).

## **METODE PENELITIAN**

Penelitian ini menggunakan data sejarah gempa bumi yang berasal dari *United States Geological Survey* (USGS) selama rentang waktu 30 tahun, mulai dari 1 Januari 1988 hingga 31 Desember 2018. Gempa yang dipertimbangkan memiliki magnitudo  $\geq 4$  Mw dan berjumlah sebanyak 69 kali gempa. Titik zonasi diambil dari 16 Kecamatan di Kabupaten Bengkulu Utara. PGV, yang merujuk pada nilai kecepatan tanah terbesar di permukaan suatu wilayah akibat getaran gempa bumi dalam suatu periode waktu tertentu, dijadikan fokus dalam penelitian ini. Semakin tinggi nilai PGV yang tercatat di suatu lokasi, semakin besar risiko gempa bumi yang mungkin terjadi di masa mendatang. Dalam menghitung nilai percepatan kecepatan tanah terbesar, digunakan persamaan empiris yang menghubungkan PGV dengan intensitas gempa bumi

$$PGV = \exp \frac{I-1,89}{2,14} \dots\dots\dots(1)$$

dimana :  $I = I_0 \exp^{-b\Delta}$

$\Delta$  = jarak episenter

$b = 0,00051$

$I_0$  = intensitas sumber gempa ( $I_0 = 1,5 \times (M - 0,5)$ )

$I$  = intensitas pada jarak episenter (stasiun pengamat) (Asia, 2023).

Perlu juga dilakukan penelitian terhadap *Peak Ground Acceleration* (PGA) pada setiap kejadian gempa bumi, karena nilai PGA memberikan informasi yang signifikan mengenai dampak gempa. Data PGA dapat memberikan pemahaman terhadap tingkat kerusakan terparah yang pernah dialami suatu lokasi akibat gempa bumi. Dampak utama dari gempa bumi terlihat pada kondisi struktural bangunan, termasuk rumah-rumah penduduk, gedung bertingkat, fasilitas umum, monumen, jembatan, dan infrastruktur lainnya yang terpengaruh oleh getaran yang dihasilkan (Massinai et al., 2016). Persamaan empiris yang menghubungkan antara PGA dan intensitas gempa bumi

$$PGA = \exp \frac{I-0,7}{2} \dots\dots\dots(2)$$

dimana :  $I = I_0 \exp^{-b\Delta}$

$\Delta$  = jarak episenter

$b = 0,00051$

$I_0$  = intensitas sumber gempa ( $I_0 = 1,5 \times (M - 0,5)$ )

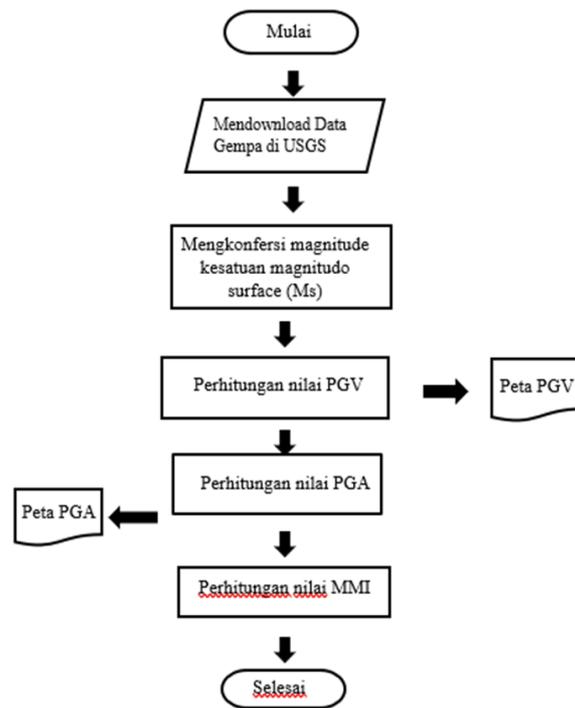
$I$  = intensitas pada jaeak episenter (stasiun pengamat) (Wu et al., 2003).

Hubungan secara empiris dari nilai percepatan tanah maksimum dengan skala intensitas dalam IMM, seperti diberikan oleh persamaan wald (1999) berikut ini:

$$IMM = 3.6 \log \alpha - 1.66 \quad (3)$$

Dengan IMM adalah intensitas gempa menurut skala MMI dan  $\alpha$  menyatakan percepatan tanah maksimum. Berdasarkan skala intensitas gempa bumi, dapat diketahui juga besarnya tingkat resiko Kawasan rawan bencana gempa bumi di suatu daerah (Wibowo & Sembri, 2016).

Data ini selanjutnya diolah dengan menggunakan excel untuk memperoleh hasil PGV, PGA dan MMI. Setelah data diperoleh kemudian dibuat peta kontur zonasi PGV, PGA dan MMI dengan program ArcGIS. Berikut diagram alir penelitian



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil perhitungan nilai Kecepatan Tanah Maksimum atau Peak Ground Velocity (PGV), nilai Percepatan Tanah Maksimum atau Peak Ground Acceleration (PGA) dan skala intensitas kerusakan gempa bumi di Kabupaten Bengkulu Utara dari 1 Januari 1988 – 31 Desember 2018 dengan ketentuan magnitudo gempa  $\geq 4$  Mw berjumlah 69 kali gempa. Berikut data yang telah didapat dan diolah menggunakan Microsoft Excel 2019

Tabel 1. Hasil Nilai PGA, PGV serta MMI di Kabupaten Bengkulu Utara

PGA (gal)	PGV (cm/s)	MMI
14,15	6,82	2
9,51	4,70	2
9,66	4,77	2
9,20	4,56	2
12,74	6,18	2
17,11	8,14	3
20,57	9,68	3
12,72	6,17	2
13,28	6,43	2
13,58	6,56	2
13,77	6,65	2
9,73	4,80	2
13,88	6,70	2
20,06	9,45	3
10,23	5,03	2

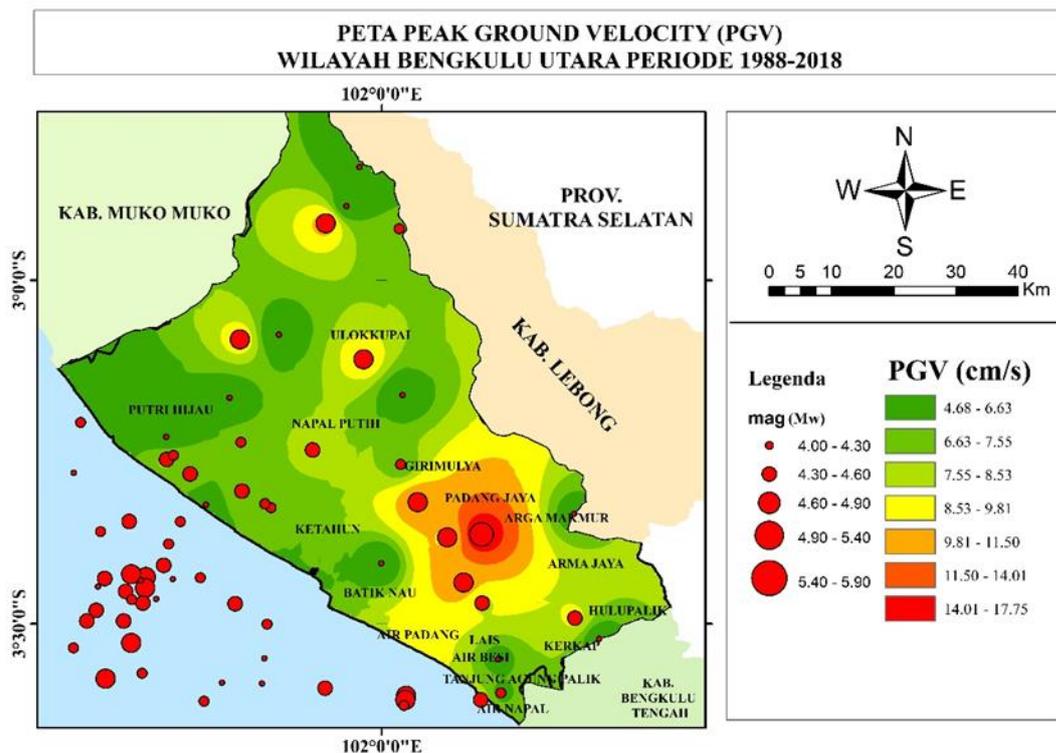
<b>PGA (gal)</b>	<b>PGV (cm/s)</b>	<b>MMI</b>
13,32	6,44	2
11,07	5,42	2
13,04	6,32	2
11,91	5,80	2
14,83	7,13	3
10,30	5,07	2
22,91	10,70	3
14,97	7,19	3
13,12	6,35	2
17,11	8,15	3
16,03	7,67	3
17,23	8,20	3
13,90	6,71	2
16,74	7,98	3
18,62	8,81	3
17,22	8,20	3
20,04	9,44	3
9,67	4,78	2
9,44	4,67	2
16,48	7,86	3
17,41	8,28	3
10,47	5,15	2
10,43	5,13	2
20,05	9,45	3
14,05	6,78	2
14,62	7,03	3
11,86	5,78	2
10,63	5,22	2
11,26	5,51	2
13,02	6,31	2
17,90	8,50	3
14,76	7,10	3
17,42	8,28	3
26,48	12,25	3
9,98	4,92	2
19,97	9,41	3
17,33	8,24	3
10,52	5,17	2
10,99	5,39	2
11,78	5,75	2
12,91	6,26	2
9,80	4,84	2
13,94	6,73	2

PGA (gal)	PGV (cm/s)	MMI
39,39	17,76	4
14,32	6,90	3
16,45	7,85	3
15,08	7,24	3
19,77	9,32	3
20,04	9,44	3
24,57	11,42	3
19,94	9,40	3
24,80	11,52	3
23,43	10,93	3

Tabel 2. Tabel Kategori Nilai PGA, PGV dan MMI

No	Kategori	PGV(cm/s)	PGA(gal)	MMI
1	Rendah	<5,95	<12,72	<2
2	Sedang	5,95-12,55	12,72-27,37	2-3
3	Tinggi	>12,55	>27,37	>3

Bisa dilihat pada nilai PGV kategori renda yaitu <5,95 dan untuk PGA <12,72, untuk kategori sedang nilai PGV berada pada rentang 5,95-12,55 dan untuk PGA 12,72-27,37 dan untuk kategori tinggi Nilai PGV >12,55 dan Nilai PGA >27,37 untuk kategori sedang rendah dan tinggi MMI adalah <2, 2-3, >3.

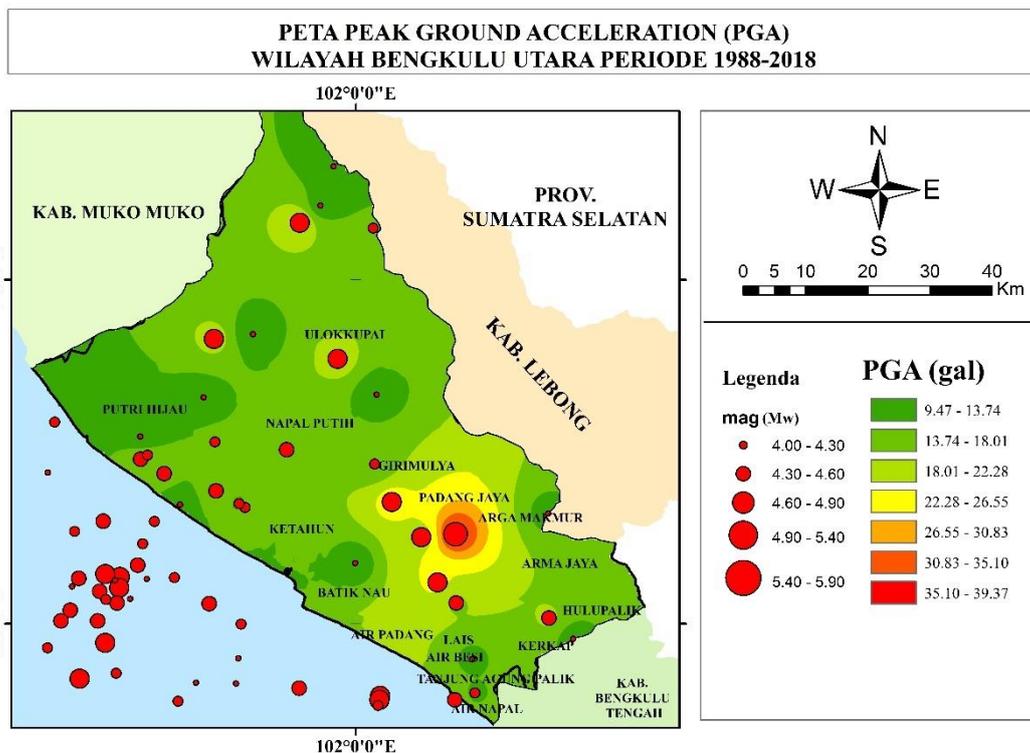


Gambar 2. Peta sebaran Nilai Percepatan Tanah Maksimum Peak Ground Velocity (PGV)

Pada peta PGV yang telah didapat berwarna merah mempunyai nilai PGV yang besar, sedang yang berwarna kuning dan rendah berwarna hijau. Berdasarkan peta diatas, daerah yang memiliki nilai PGV besar ialah Kecamatan Argamakmur dengan nilai PGV 17,75 cm/s, Kecamatan Giri Mulya dengan

nilai PGV 11,50 cm/s serta Kecamatan Padang Jaya PGV 9,81 cm/s. Hal tersebut diakibatkan karena adanya gempa besar episenter di Kecamatan Argamakmur dengan magnitudo 5,90 Mw pada 22 April 1997 dan gempa episenter di Kecamatan Giri Mulya dengan magnitudo 5,30 Mw pada tanggal 1 juli 1990. Kedua gempa tersebut menjadi salah satu penyebab daerah sekitar memiliki nilai PGV yang relatif tinggi hal tersebut dikarenakan adanya kejadian gempa dengan magnitudo 4-5 Mw Artinya, semakin besar magnitudo gempa maka semakin besar nilai PGV, dan sebaliknya. Kecamatan Putri Hijau dan Kecamatan Ulok Kupai memiliki PGV yang sedang sehingga tingkat kerusakan akibat gempa bumi tidak separa di Kecamatan Argamakmur dan Kecamatan Giri Mulya yang memiliki banyak episenter gempa. PGV terkecil berada di Kecamatan Batik Nau dengan nilai PGV 4,67 cm/s. Akan tetapi, Kecamatan Batik Nau berada dekat dengan daerah yang memiliki PGV tertinggi, sehingga apabila terjadi gempa dengan magnitudo besar di sekitar daerah dengan PGV tertinggi maka di perkirakan dampak gempa bumi di Kecamatan Batik Nau juga tinggi.

Pada peta PGV yang telah didapat berwarna merah mempunyai nilai PGV yang besar, sedang yang berwarna kuning dan rendah berwarna hijau. Berdasarkan peta diatas, daerah yang memiliki nilai PGV besar ialah Kecamatan Argamakmur dengan nilai PGV 17,75 cm/s, Kecamatan Giri Mulya dengan nilai PGV 11,50 cm/s serta Kecamatan Padang Jaya PGV 9,81 cm/s. Hal tersebut diakibatkan karena adanya gempa besar episenter di Kecamatan Argamakmur dengan magnitudo 5,90 Mw pada 22 April 1997 dan gempa episenter di Kecamatan Giri Mulya dengan magnitudo 5,30 Mw pada tanggal 1 juli 1990. Kedua gempa tersebut menjadi salah satu penyebab daerah sekitar memiliki nilai PGV yang relatif tinggi hal tersebut dikarenakan adanya kejadian gempa dengan magnitudo 4-5 Mw Artinya, semakin besar magnitudo gempa maka semakin besar nilai PGV, dan sebaliknya. Kecamatan Putri Hijau dan Kecamatan Ulok Kupai memiliki PGV yang sedang sehingga tingkat kerusakan akibat gempa bumi tidak separa di Kecamatan Argamakmur dan Kecamatan Giri Mulya yang memiliki banyak episenter gempa. PGV terkecil berada di Kecamatan Batik Nau dengan nilai PGV 4,67 cm/s. Akan tetapi, Kecamatan Batik Nau berada dekat dengan daerah yang memiliki PGV tertinggi, sehingga apabila terjadi gempa dengan magnitudo besar di sekitar daerah dengan PGV tertinggi maka di perkirakan dampak gempa bumi di Kecamatan Batik Nau juga tinggi.

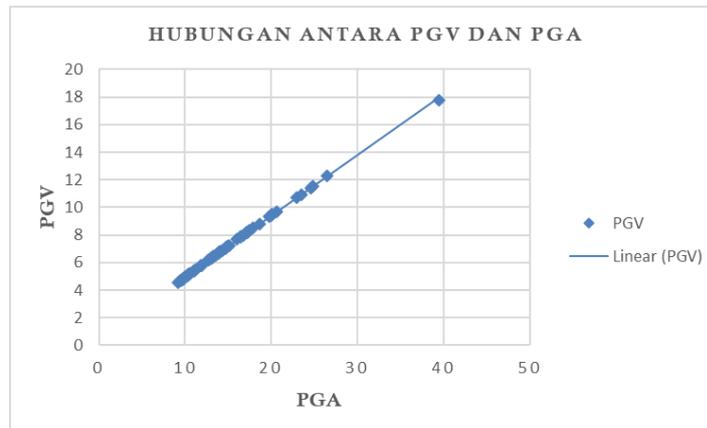


**Gambar 3.** Peta sebaran Nilai Kecepatan Tanah Maksimum *Peak Ground Acceleration* (PGA)

Berdasarkan gambar diatas, nilai PGA tertinggi juga dimiliki oleh Kecamatan Argamakmur dengan nilai 39,37 gal dan Kecamatan Padang Jaya dengan nilai 26,55 gal dan nilai PGA terkecil berada di Batik Nau dengan nilai 9,47 gal. Nilai PGA didasarkan pada magnitudo Gempa Bumi yang terjadi di suatu daerah sebagai dampak adanya gelombang Gempa Bumi, dimana semakin besar nilai PGA maka dampak di daerah tersebut akan semakin parah. Nilai PGA linier dengan nilai PGV, hal tersebut dapat

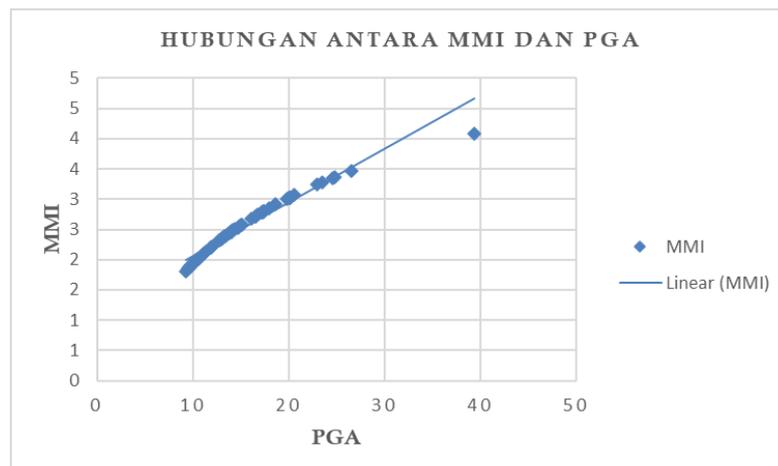
dilihat dari pola keselarasan warna di peta PGV dan PGA. Nilai PGV dan PGA di Kecamatan Argamakmur, Kecamatan Padang Jaya dan daerah sekitarnya akan mengakibatkan dampak buruk, sehingga perlu dilakukan perencanaan bangunan tahan gempa sebagai keperluan mitigasi bencana Gempa Bumi. Kecamatan Argamakmur merupakan pusat kota juga pusat pemerintahan, artinya jika kerusakan akibat Gempa Bumi di Kecamatan Argamakmur besar maka akan berpengaruh terhadap semua kecamatan. Nilai percepatan tanah ini sangat tergantung dengan kondisi site, jarak dari sumber dan besarnya magnitudo Gempa Bumi. Semakin jauh dari sumber gempa maka nilai PGA nya semakin rendah. Selain itu, kondisi geologi di suatu daerah juga mempengaruhi nilai PGA.

Berdasarkan hasil skala MMI tersebut hanya terjadi kerusakan yang ringan. Kurva PGA menunjukkan hubungan linier antara PGA, PGV, dan MMI. Ini menunjukkan hubungan antara ketiga parameter ini dalam menentukan wilayah yang rawan gempabumi. Kurva ini ditunjukkan pada Gambar 4, 5 dan 6.



Gambar 4. Kurva hubungan antara PGV dan PGA

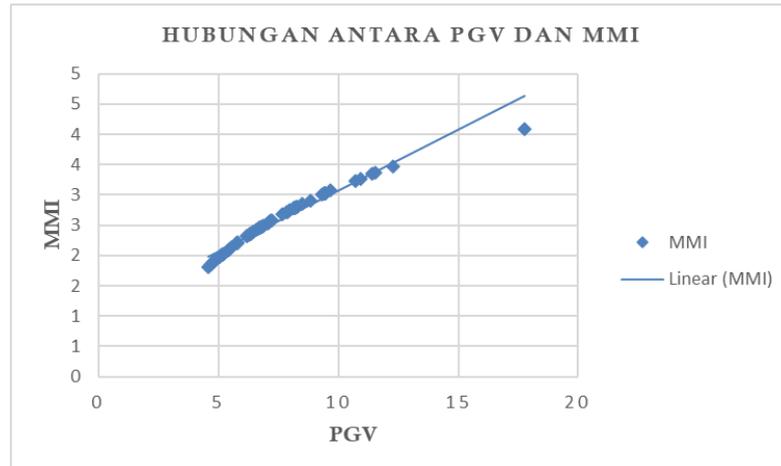
Wilayah dengan nilai PGA dan PGV yang tinggi termasuk Kecamatan Argamakmur dan Padang Jaya. Kurva hubungan antara PGA dan PGV menunjukkan perbandingan lurus.



Gambar 5. Kurva hubungan antara MMI dan PGA

Berdasarkan kurva hubungan antara Percepatan Tanah Maksimum (PGA) dan MMI terlihat bahwa :

1. Nilai PGA 9,20 gal – 14,15 gal mempunyai nilai intensitas 2 berada di Kecamatan Putri Hijau, Kecamatan Ulok Kupai, Kecamatan Ketahun, Kecamatan Batik Nau, Kecamatan Air Besi, Kecamatan Air Napal serta Kecamatan Kerkap
2. Nilai PGA 14,32 – 26,48 gal mempunyai nilai intensitas 3 berada di Kecamatan Air Padang, kecamatan Lais, Kecamatan Giri Mulya, Kecamatan Padang Jaya dan Kecamatan Hulu Palik.
3. Nilai PGA 39,39 gal mempunyai nilai intensitas 4 berada di Kecamatan Arga Makmur



Gambar 6. Kurva hubungan antara PGV dan MMI

Berdasarkan kurva hubungan antara Percepatan Tanah Maksimum (PGA) dan MMI terlihat bahwa :

1. Nilai PGV 4,56 gal – 6,82 cm/s mempunyai nilai intensitas 2 berada di Kecamatan Putri Hijau, Kecamatan Ulok Kupai, Kecamatan Ketahun, Kecamatan Batik Nau, Kecamatan Air Besi, Kecamatan Air Napal serta Kecamatan Kerkap
2. Nilai PGV 6,90 – 12,25 cm/s mempunyai nilai intensitas 3 berada di Kecamatan Air Padang, kecamatan Lais, Kecamatan Giri Mulya, Kecamatan Padang Jaya dan Kecamatan Hulu Palik.
3. Nilai PGV 17,76 cm/s mempunyai nilai intensitas 4 berada di Kecamatan Arga Makmur

## PENUTUP

Dalam penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa wilayah terluas di Kabupaten Bengkulu Utara selama periode 1988-2018, dengan magnitudo gempa bumi  $\geq 4$  Mw, terletak di Kecamatan Arga Makmur dan Padang Jaya. Pada wilayah ini, tercatat nilai PGV tertinggi  $>12,55$  cm/s dan PGA tertinggi  $>27,37$  gal, sementara nilai terendah PGV berkisar  $<5,95$  cm/s dan PGA berkisar  $<12,72$  gal terdapat di Kecamatan Batik Nau. Daerah dengan nilai PGA yang tinggi juga menunjukkan nilai PGV yang tinggi. Semakin besar nilai PGA dan PGV, intensitas gempa juga semakin besar. Peningkatan intensitas tersebut berarti meningkatnya risiko gempa bumi. di Kecamatan Arga Makmur terdapat nilai MMI tertinggi, namun nilai ini masih pada tingkat 4, yang tidak mengakibatkan kerusakan terlalu parah karena nilai MMI yang signifikan biasanya mencapai 12.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih untuk para Tim Geofisika dan *United States Geological Survey* (USGS) yang telah menyediakan data mengenai gempa bumi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adityawarman, G. M. (2014). *Gempa Dan Tsunami Indonesia merupakan Negara yang dikelilingi oleh patahan tektonik aktif karena adanya tiga lempeng besar dan berapi sehingga dikatakan Indonesia berada pada wilayah ring of fire . Lempeng-lempeng tektonik bahwa wilayah di Indonesia merup.* 10(2), 110–119.
- Akbar, F. S., Vira, B. A., Doni, L. R., Putra, H. E., & Efriyanti, A. (2020). Aplikasi Metode Weighted Overlay untuk Pemetaan Zona Keterpaparan Permukiman Akibat Tsunami (Studi Kasus: Kota Bengkulu dan Kabupaten Bengkulu Tengah). *Jurnal Geosains Dan Remote Sensing*, 1(1), 43–51.

<https://doi.org/10.23960/jgrs.2020.v1i1.17>

- Asia, S. (2023). *Perhitungan Peak Ground Acceleration (Pga) Dan Peak Ground Velocity (Pgv) Untuk Pemetaan Tingkat Risiko Akibat Gempa Bumi Di Provinsi Banten Skripsi Siti Asia Nim 11180970000063 Program Studi Fisika Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sy.*
- Hadi, A. I., Fadli, D. I., & Sedayu, A. (2023). Analisis zona rawan gempa bumi di kabupaten bengkulu selatan berdasarkan percepatan tanah puncak menggunakan formula kanai. *Jurnal Kumparan Fisika*, 6(2), 75–82.
- Hadi, A. I., Farid, M., & Fauzi, Y. (2012). Pemetaan Percepatan Getaran Tanah Maksimum dan Kerentanan Seismik Akibat Gempa Bumi untuk Mendukung Rencana Tata Ruang dan Wilayah (RTRW) Kota Bengkulu. *SIMETRI, Jurnal Ilmu Fisika Indonesia*, 1(2D), 81–86.
- Massinai, M. A., Amaliah, K. R., Lantu, L., Virman, V., & M, M. F. I. (2016). *Analisis Percepatan Tanah Maksimum, Kecepatan Tanah Maksimum Dan Mmi Di Wilayah Sulawesi Utara*. V, SNF2016-EPA-33-SNF2016-EPA-36. <https://doi.org/10.21009/0305020407>
- Pangge, C. E., Subagiada, K., & Djayus, D. (2022). Analisis Kecepatan Tanah Maksimum di Daerah Akibat Gempa Bumi Lombok di Daerah Pengamatan Labuan Bajo, Waingapu dan Maumere Nusa Tenggara Timur 05 Agustus Tahun 2018. *Geosains Kutai Basin*, 5(1), 1–6. <https://doi.org/10.30872/geofisunmul.v5i1.730>
- Pranata, D., Erlansari, A., & Setiawan, Y. (2017). Sistem Informasi Geografis Pemetaan Percepatan Getaran Tanah dan Tingkat Resiko Kerusakan Gempa Bumi dengan Menggunakan Metode Gutenberg Richter dan Intensitas Skala Mercalli (Studi Kasus : Provinsi Bengkulu). *Jurnal Rekursif*, 5(1), 11–20.
- Putri, D., & Hadi, A. I. (2021). *Penentuan Nilai Vs Per Kedalaman Di Pesisir Pantai Panjang Kota Bengkulu Menggunakan Metode Multichannel Analisis Of Surface Wave ( Masw ). 0*, 270–276.
- Putri, M., & Annisa, N. (2021). Identifikasi Jenis Sesar Semangko Segmen Sunda di Tenggara Provinsi Lampung dan Barat Laut Provinsi Banten Menggunakan Metode Gravitasi Analisa Derivatif. *Jurnal Indonesia Sosial Sains*, 2(6), 936–945. <https://doi.org/10.36418/jiss.v2i6.317>
- Septiansyah, A., Ramawangsa, P. A., & Prihatiningrum, A. (2023). *Analisis Space Syntax Pada Konfigurasi Ruang Luar Perdagangan Di Pasar Purwodadi Arga Makmur Kabupaten Bengkulu Utara*. 17, 2085–6962.
- Syofyan, M. R., & Edial, H. (2019). Estimasi Percepatan Tanah Maksimum Dan Intensitas Gempa Di Kota Padang Berdasarkan Skenario Gempabumi Di Megathrust Mentawai Menggunakan Metode Deterministik. *Jurnal Buana*, 3(1), 154. <https://doi.org/10.24036/student.v3i1.371>
- Temporal, S., Wilayah, D. I., Periode, J., & Mantiri, S. Y. Y. (2016). *Variasi Nilai Frekuensi , Akumulasi Energi Dan Parameter Seismik*. 16, 35–43.
- Wibowo, N. B., & Sembri, J. N. (2016). Analisis Peak Ground Acceleration (PGA) dan Intensitas Gempabumi berdasarkan Data Gempabumi Terasa Tahun 1981 - 2014 di Kabupaten Bantul Yogyakarta. *Indonesian Journal of Applied Physics*, 6(01), 65. <https://doi.org/10.13057/ijap.v6i01.1804>
- Wu, Y. M., Teng, T. liang, Shin, T. C., & Hsiao, N. C. (2003). Relationship between peak ground acceleration, peak ground velocity, and intensity in Taiwan. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 93(1), 386–396. <https://doi.org/10.1785/0120020097>