

DOI: doi.org/10.21009/03.1301.FA03

# PERBANDINGAN NILAI PEAK GROUND ACCELERATION BERDASARKAN PENDEKATAN DETERMINISTIK PERSAMAAN EMPIRIS UNTUK SESAR CIMANDIRI

Haryanto<sup>1,a)</sup>, Agus Setyo Budi<sup>1,b)</sup>, Aditya Setyo Rahman<sup>2,a)</sup>, Yoga Dharma Persada<sup>2,b)</sup>

*<sup>1</sup>Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta,  
Indonesia*

Email: <sup>1,a)</sup>haryantoo287@gmail.com, <sup>1,b)</sup>agussb@unj.ac.id, <sup>2,a)</sup>aditya.rahman@bmkgo.go.id,  
<sup>2,b)</sup>yoga.persada@bmkgo.go.id

## Abstrak

Patahan Cimandiri sering disebut sebagai pemicu gempa bumi besar di Jawa Barat. Sesar Cimandiri merupakan sesar geser aktif sepanjang 100 km. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan nilai Peak Ground Acceleration (PGA) yang dihasilkan oleh tiga persamaan empiris Ground Motion Prediction Equation (GMPE), yaitu Boore (2003), Campbell (2003) dan Chiou-Young dkk. (2008), dengan pendekatan deterministik. Pendekatan deterministik menggunakan formula sederhana yang mempertimbangkan magnitudo, jarak dan kondisi lokasi. Hasil perbandingan menunjukkan bahwa nilai PGA yang diprediksi oleh persamaan empiris Boore, Campbell dan Chiou-Young kurang lebih sama, namun ada beberapa faktor yang membedakan hasil dari ketiga parameter tersebut. Hal ini mengindikasikan bahwa persamaan empiris tersebut mempertimbangkan faktor-faktor yang lebih kompleks dalam memprediksi PGA, seperti mekanisme sumber gempa, struktur geologi, dan efek nonlinier. Penelitian ini memberikan informasi penting untuk memahami distribusi PGA pada sesar Cimandiri. Informasi ini dapat digunakan untuk memperkuat struktur bangunan dan infrastruktur di masa depan, sehingga dapat meminimalisir risiko kerusakan akibat gempa.

**Kata Kunci:** Sesar Cimandiri, PGA, Boore, Campbell, Chiou Young.

## Abstract

The Cimandiri Fault is often cited as the trigger for many large earthquakes in West Java. The Cimandiri Fault is a 100-km long active shear fault. This study aims to compare Peak Ground Acceleration (PGA) values generated by three empirical Ground Motion Prediction Equation (GMPE) equations, namely Boore (2003), Campbell (2003) and Chiou-Young et al. (2008), with a deterministic approach. The deterministic approach uses a simple formula that considers magnitude, distance and site conditions. The comparison results show that the PGA values predicted by the empirical equations of Boore, Campbell and Chiou-Young are approximately the same, but there are several factors that differentiate the results of the three parameters. This indicates that the empirical equations consider more complex factors in predicting PGA, such as earthquake source mechanisms, geological structures and nonlinear effects. This study provides important information for understanding the distribution of PGA on the Cimandiri fault. This information can be used to strengthen buildings and infrastructure in the future, thereby minimizing the risk of earthquake damage.

Keyword : Cimandiri fault, PGA, Boore, Campbell, Chiou Young.

## PENDAHULUAN

Indonesia, yang terletak di Cincin Api Pasifik, dicirikan oleh keberadaan berbagai zona subduksi dan sesar aktif, menjadikannya salah satu negara dengan tingkat aktivitas seismik tertinggi di dunia. Salah satu struktur geologi penting di Indonesia adalah Sesar Cimandiri, yang membentang di Jawa Barat dan memiliki potensi signifikan untuk menghasilkan gempa bumi besar. Gempa bumi di sepanjang Sesar Cimandiri dapat mengakibatkan kerusakan parah dan menimbulkan risiko bagi masyarakat di sekitarnya [1].

Oleh karena itu, memahami karakteristik pergerakan tanah, terutama percepatan tanah puncak (PGA), di wilayah Sesar Cimandiri sangatlah krusial untuk menilai risiko dan potensi kerusakan yang dapat ditimbulkan oleh gempa bumi. PGA merupakan parameter penting dalam disiplin ilmu rekayasa kegempaan, yang digunakan untuk mengevaluasi kerentanan struktur dan infrastruktur terhadap guncangan gempa [2]. Salah satu metode umum untuk memperkirakan nilai PGA di suatu lokasi tertentu adalah dengan menggunakan pendekatan deterministik yang didasarkan pada persamaan empiris [3]. Ground Motion Prediction Equation (GMPE) atau persamaan atenuasi percepatan tanah merupakan model yang digunakan untuk memprediksi nilai PGA berdasarkan parameter sumber gempa, seperti magnitudo dan jarak hiposenter, serta kondisi situs atau karakteristik tanah [4].

Penelitian ini berfokus pada perbandingan nilai PGA di sepanjang Sesar Cimandiri menggunakan berbagai model empiris yang telah dikembangkan oleh para peneliti sebelumnya. Tujuan utama penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi model empiris yang paling sesuai dan akurat untuk memperkirakan PGA di wilayah ini. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan panduan berharga bagi para insinyur sipil, perencana kota, dan pihak berwenang dalam mengembangkan strategi mitigasi risiko gempa yang lebih efektif di sekitar Sesar Cimandiri. Informasi ini juga dapat berkontribusi pada peningkatan keselamatan infrastruktur dan masyarakat di wilayah tersebut.

## METODOLOGI

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan tiga model persamaan prediksi gerakan tanah (Ground Motion Prediction Equations/GMPE) dalam memprediksi Peak Ground Acceleration (PGA) di sepanjang Sesar Cimandiri. Data gempa bumi yang digunakan dikumpulkan dari buku Pusat Seismologi dan Mitigasi Bencana Geologi (Pusgen), sebagai sumber yang terpercaya. Data tersebut mencakup informasi tentang lokasi episenter, magnitudo, kedalaman,

dan waktu kejadian gempa. Informasi mengenai Sesar Cimandiri diperoleh dari studi geologi sebelumnya dan peta geologi yang tersedia.

Tiga model yang digunakan dalam penelitian ini adalah model Boore et al. (2003), Chiou & Youngs (2008), dan Campbell & Bozorgnia (2003). Rumusan GMPE dari ketiga model tersebut adalah sebagai berikut:

Model Boore et al. (2003):

$$\ln Y = F_M(M) + F_D(R_{JB}M) + F_S(V_{S-30}, R_{JB}, M) + \epsilon\sigma_T$$

Model Chiou & Youngs (2008):

$$\ln Y = f_{mag} + f_{dis} + f_{fit} + f_{hng} + f_{site} + f_{sed}$$

Model Campbell & Bozorgnia (2003):

$$\ln(SA_{ij}) = \ln(SA_{1130ij}) + \phi_1 \left( \ln \left( \frac{v_{a30ij}}{1130} \right) \cdot 0 \right) \min + \phi_2 (e^{\phi_3 (V_{s30ij} - 1130) \min - 360} - e^{\phi_3 (11360 - 360)}) \cdot \ln \frac{SA_{1130ij} \phi_4}{\phi_4} + \sigma Z_{IJ} \quad [5].$$

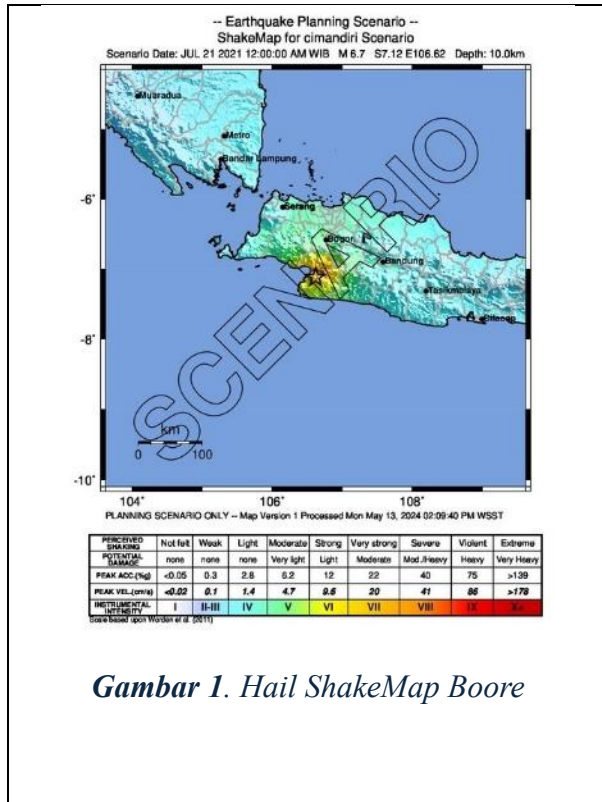
Kami melakukan simulasi ShakeMap dengan memasukkan data gempa dan ketiga model GMPE ke dalam sistem ShakeMap. Hasil ShakeMap dari setiap GMPE dianalisis untuk memahami karakteristik prediksi intensitas gempa, termasuk parameter PGA, dan dibandingkan untuk mengidentifikasi perbedaan dalam prediksi intensitas gempa.

Data ShakeMap kemudian diimpor ke perangkat lunak ArcGIS untuk visualisasi dan analisis spasial. Analisis spasial mencakup zonasi dampak gempa berdasarkan prediksi PGA dari masing-masing model GMPE. Kami berharap penelitian ini dapat memberikan pemahaman yang lebih akurat tentang prediksi PGA di Sesar Cimandiri serta berkontribusi pada mitigasi risiko gempa bumi di wilayah tersebut.

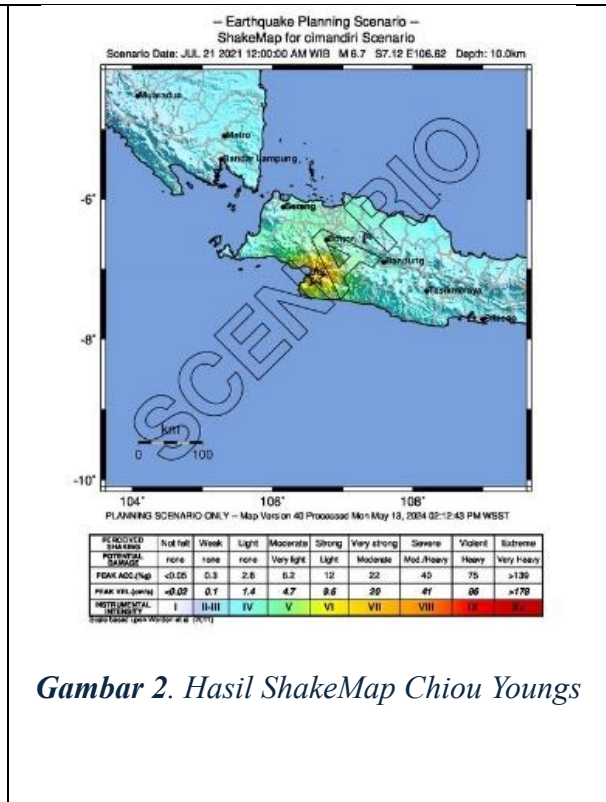
Hasil ShakeMap akan diverifikasi dengan data lapangan dan laporan kerusakan gempa yang tersedia di wilayah Sesar Cimandiri. Evaluasi dilakukan untuk menilai efektivitas metodologi yang digunakan, termasuk penilaian terhadap perangkat lunak, data input, serta keakuratan dan kehandalan hasil akhir.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

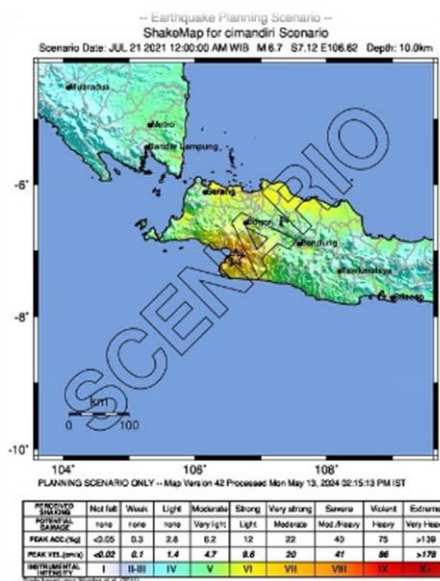
Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis nilai Peak Ground Acceleration (PGA) pada Sesar Cimandiri dengan menggunakan tiga persamaan empiris Ground Motion Prediction Equations (GMPE), yaitu Boore, Campbell, dan Chiou & Young. Analisis dilakukan dengan memanfaatkan hasil shakemap yang dihasilkan oleh masing-masing persamaan.



Gambar 1. Hasil ShakeMap Boore

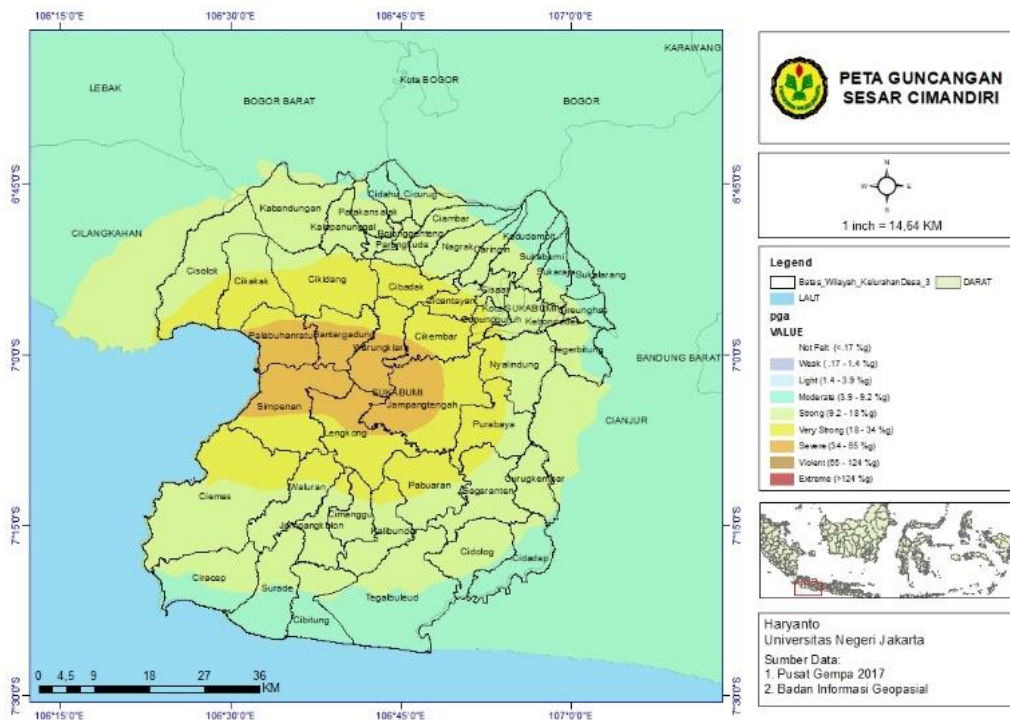


Gambar 2. Hasil ShakeMap Chiou Youngs

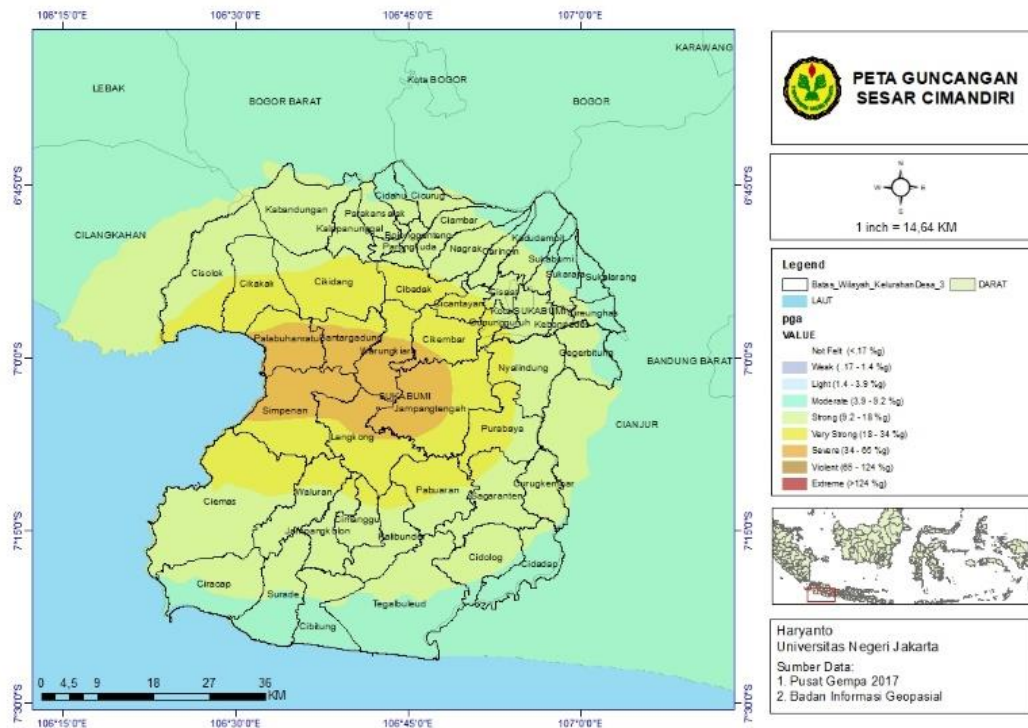


Gambar 3. Hasil ShakeMap Campbell

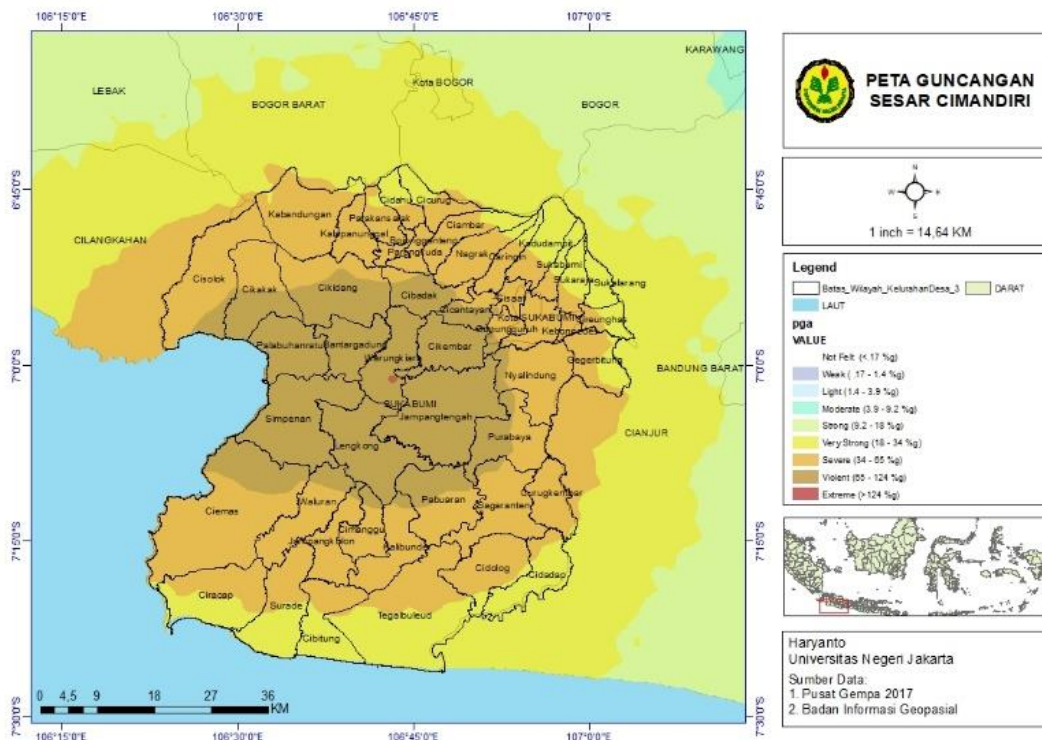
Hasil analisis menunjukkan perbedaan nilai PGA yang signifikan di antara ketiga persamaan tersebut. Persamaan empiris Campbell menghasilkan nilai PGA tertinggi dibandingkan dengan dua persamaan lainnya, mengindikasikan potensi gempa dengan intensitas lebih tinggi menurut model Campbell. Sebaliknya, persamaan Boore menghasilkan nilai PGA yang lebih rendah dibandingkan dengan Campbell, namun memiliki distribusi intensitas yang berbeda dengan Chiou & Young. Persamaan Chiou & Young juga menghasilkan nilai PGA yang lebih rendah dibandingkan dengan Campbell, dengan pola intensitas yang berbeda dari Boore.



Gambar 4. Hasil pemetaan ArcGis Boore



Gambar 5. Hasil pemetaan ArcGis Chiou Youngs



Gambar 6. Hasil pemetaan ArcGis Campbell

Perbedaan nilai PGA ini menunjukkan variasi dalam pendekatan empiris terhadap perhitungan risiko gempa. Nilai PGA yang lebih tinggi dari persamaan Campbell mengindikasikan bahwa

model ini mungkin lebih sensitif terhadap kondisi geologis spesifik dari Sesar Cimandiri. Adanya variasi antara Boore dan Chiou & Young, meskipun dengan nilai PGA yang lebih rendah, menunjukkan perbedaan dalam parameter model dan data empiris yang digunakan untuk mengembangkan masing-masing GMPE.

Temuan ini menunjukkan pentingnya mempertimbangkan berbagai GMPE dalam analisis risiko gempa untuk mendapatkan gambaran yang lebih komprehensif mengenai potensi bahaya seismik di suatu wilayah. Penggunaan gambar shakemap dan plot nilai PGA yang dihasilkan dengan software ArcGIS memberikan visualisasi yang jelas tentang bagaimana masing-masing persamaan memprediksi distribusi intensitas gempa di sepanjang Sesar Cimandiri.

### **KESIMPULAN**

Kesimpulan ini menyoroti perbedaan yang signifikan dalam estimasi Peak Ground Acceleration (PGA) yang dihasilkan oleh tiga model empiris Ground Motion Prediction Equations (GMPE), yaitu Boore, Campbell, dan Chiou & Young. Dalam penelitian ini, tercatat bahwa model Campbell secara konsisten menghasilkan nilai PGA yang paling tinggi, menandakan kemungkinan adanya intensitas gempa yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan model-model lainnya. Sebaliknya, model Boore menunjukkan nilai PGA yang lebih rendah dibandingkan dengan model Campbell, walaupun pola distribusinya memiliki perbedaan signifikan dengan model Chiou & Young. Meskipun demikian, model Chiou & Young juga menunjukkan nilai PGA yang lebih rendah daripada model Campbell, dengan pola intensitas yang berbeda dari model Boore.

Perbedaan-perbedaan ini menggambarkan variasi dalam pendekatan empiris terhadap estimasi risiko gempa. Peningkatan nilai PGA dari model Campbell mungkin menunjukkan respons yang lebih sensitif terhadap karakteristik geologis khusus dari wilayah Sesar Cimandiri. Adanya variasi antara model Boore dan Chiou & Young, meskipun memiliki nilai PGA yang lebih rendah, menandakan adanya perbedaan dalam parameter-parameter model serta data empiris yang digunakan dalam pengembangan masing-masing GMPE.

Temuan ini menekankan pentingnya mempertimbangkan variasi dari berbagai GMPE dalam analisis risiko gempa untuk mendapatkan pemahaman yang lebih lengkap mengenai potensi bahaya seismik di suatu wilayah. Pemanfaatan shakemap dan plot nilai PGA yang dihasilkan melalui perangkat lunak ArcGIS memberikan visualisasi yang jelas mengenai prediksi intensitas gempa dari masing-masing model GMPE di sepanjang Sesar Cimandiri. Hal ini

menjadi aspek penting dalam pengembangan strategi mitigasi dan perencanaan yang lebih efektif dalam menghadapi risiko gempa di masa depan.

### **UCAPAN TERIMAKASIH**

Ucapan terimakasih kepada dosen pembimbing dan pembimbing lapangan yang telah membimbing dalam penyusunan jurnal penelitian ini. Semoga jurnal ini dapat memberikan kontribusi positif dalam masyarakat. Mohon maaf apabila terdapat kesalahan pada penulisan jurnal ini.

## REFERENSI

- [1] Taruna, R. M., & Prakoso S, T. A. (2020). PENENTUAN RUMUS PERCEPATAN TANAH AKIBAT GEMPA BUMI DI KOTA MATARAM MENGGUNAKAN METODE EUCLIDEAN DISTANCE. *Jurnal Sains dan Teknologi* , 21.
- [2] Boore, M. D., & Atkinson, M. G. (2008). Ground-Motion Prediction Equations for the Average Horizontal Component of PGA, PGV, and 5%-Damped PSA at Spectral Periods between 0.01 s and 10 s. *Engineering Research InstiEngineering Research Institute*, page 99-138.
- [3] Chiou, S.-J. B., & Youngs, R. R. (2008). An NGA Model for the Average Horizontal Component of Peak Ground Motion Component of Peak Ground Motion. *Earthquake Engineering Research Institute*, 173-215.
- [4] Campbell, K. (2008). HYBRID EMPIRICAL GROUND MOTION MODEL FOR PGA AND 5% DAMPED LINEAR ELASTIC RESPONSE SPECTRA FROM SHALLOW CRUSTAL EARTHQUAKES IN STABLE CONTINENTAL REGIONS: EXAMPLE FOR EASTERN NORTH AMERICA. *The 14th World Conference on Earthquake Engineering*.
- [5] Campbell, K. W. (2008). NGA ground motion model for geometric mean horizontal component of PGA, PGV, PGD and 5% damped linear elastic response spectra for periods ranging from 0.01 to 10s. *Earthquake spectra*, 24(1).