



Analisis Kerawanan Seismik di Permukaan Tanah untuk Mitigasi Gempa Bumi di Kabupaten Majalengka Menggunakan Metode PSHA

R A Ginting^{1, a}, A P Budi¹, B Sunardi², and I N Sukanta³

¹Program Studi Geofisika Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika

²Pusat Penelitian dan Pengembangan, Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika

³Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika

^arikaadelinaginting@gmail.com, prasetiaachmad05@gmail.com,
b.sunardi@gmail.com, in.sukanta@gmail.com

Abstrak. Kabupaten Majalengka merupakan salah satu wilayah padat penduduk di Jawa Barat. Hal ini dibuktikan dengan jumlah penduduk Kabupaten Majalengka sebanyak 1.193.725 jiwa dengan luas wilayah 1.204,24 Km² atau dengan kata lain jumlah penduduk mencapai 971 jiwa / Km². Kawasan Majalengka dilalui oleh Sesar aktif Baribis dan juga terdapat sesar aktif Ciremai yang melalui wilayah ini sehingga menjadikan wilayah ini rawan akan gempa bumi. Metode PSHA merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk menganalisis bahaya gempa bumi suatu daerah. Dalam paper ini, perhitungan PSHA di wilayah Majalengka digunakan untuk mitigasi gempa bumi. Perhitungan PSHA di permukaan digunakan dengan memasukkan nilai USGS Vs30 sebagai gambaran bahaya seismik saat mencapai permukaan tanah. Perhitungan menggunakan *software* R-Crisis 2018 dimana diolah sumber input gempa bumi untuk menghitung probabilitasnya. Hasil analisis PSHA menunjukkan bahwa wilayah Majalengka merupakan wilayah rawan gempa bumi dengan rentang nilai PGA (0,23 - 0,6 g) dan rentang nilai SA pada T = 0,2 detik (0,41 - 1,01 g) dan SA pada T = 1 detik (0,21 - 0,85 g). Berdasarkan hasil pemrosesan, nilai PGA akan tinggi jika nilai Vs30 di wilayah tersebut rendah.

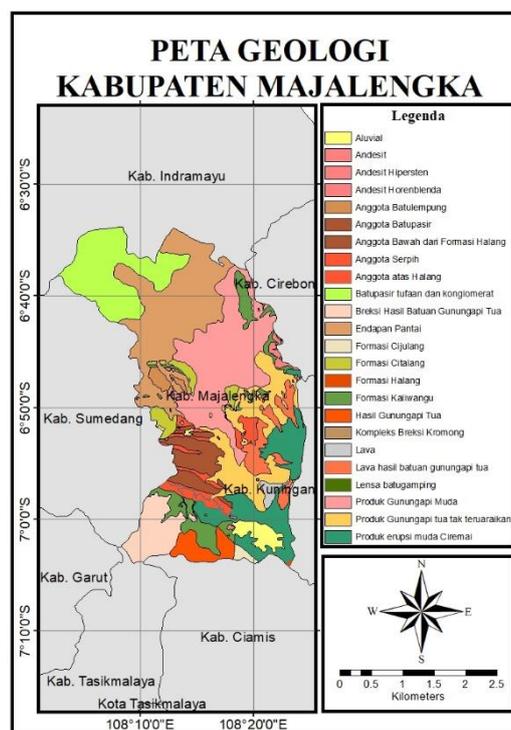
1. Pendahuluan

Majalengka adalah salah satu kabupaten di Jawa Barat yang padat akan penduduk. Hal ini dibuktikan dengan jumlah penduduk di Kabupaten Majalengka berdasarkan data Badan Pusat Statistik tahun 2019 sebanyak 1.193.725 jiwa dengan luas wilayah 1.204,24 Km² atau dengan kata lain jumlah penduduk mencapai 971 jiwa / Km². Di Kabupaten Majalengka sendiri terdapat Bandara Internasional Jawa Barat (BIJB) yang membuat wilayah ini perlu dikaji kerawanan seismiknya. Berdasarkan kondisi wilayah nya, Majalengka berada di wilayah yang dilalui sesar aktif yang berada di Jawa Barat, yaitu sesar aktif Baribis. Selain itu, di Kabupaten ini terdapat juga sesar aktif Ciremai sehingga wilayah ini rawan akan bencana gempa bumi. Adapun berdasarkan data catalog gempa bumi, terdapat dua gempa bumi besar di wilayah ini yang mengakibatkan kerusakan yang cukup parah yaitu gempa bumi pada tahun 1990 dengan kekuatan gempa bumi sebesar 5,3 M dan kedalaman 30 km serta pada tahun 2001 dengan kekuatan gempabumi sebesar 5,8 M dan kedalaman 34 km.

Berdasarkan kondisi geologinya, Majalengka tersusun atas tanah keras dan tanah sedang. Hal ini bisa dilihat dari peta geologi Kabupaten Majalengka dimana di wilayah utara tersusun atas endapan alluvial,

batuan pasir dan lempung yang merupakan tanah sedang. Adapun di bagian selatan di dominasi oleh produk gunung api muda yang termasuk kedalam tanah keras. Jika dilihat dari kondisi geologi ini, wilayah Majalengka bagian utara akan cenderung lebih rawan jika mengalami gempa bumi.

Secara umum, terdapat dua metode untuk menganalisis bahaya seismic suatu wilayah. Metode tersebut adalah metode deterministik (DSHA) dan metode probabilistik (PSHA)[2]. Metode DSHA sendiri merupakan metode analisis bahaya seismic berdasarkan informasi kejadian gempa yang telah diketahui secara pasti baik itu magnitudo gempa, jarak dari sumber gempa ke site, ataupun kedalaman sumber gempa. Sedangkan metode PSHA sendiri merupakan metode analisis bahaya seismic yang dihitung secara probabilistik. Keunggulan metode PSHA sendiri yaitu memberikan kemungkinan untuk memperhitungkan pengaruh faktor-faktor ketidakpastian dalam analisis bahaya seismic seperti ketidakpastian ukuran, lokasi dan frekuensi gempabumi. Keunggulan lainya yaitu dapat memperhitungkan bahayadari suatu lokasi terhadap berbagai sumber gempabumi[3]. Pada penelitian ini, akan dibahas analisis kerawanan seismic di permukaan tanah untuk Kabupaten Majalengka berdasarkan pendekatan probabilistik. Analisis kerawanan di permukaan tanah ini dikarenakan sejatinya pada saat terjadi gempa bumi bangunan di permukaan tanah lah yang akan berpengaruh terhadap kerusakan dan upaya mitigasi bencana[4]. Hasil analisis diharapkan dapat memberikan manfaat bagi penilaian keamanan struktur bangunan serta dapat menjadi acuan dalam desain bangunan tahan gempa.

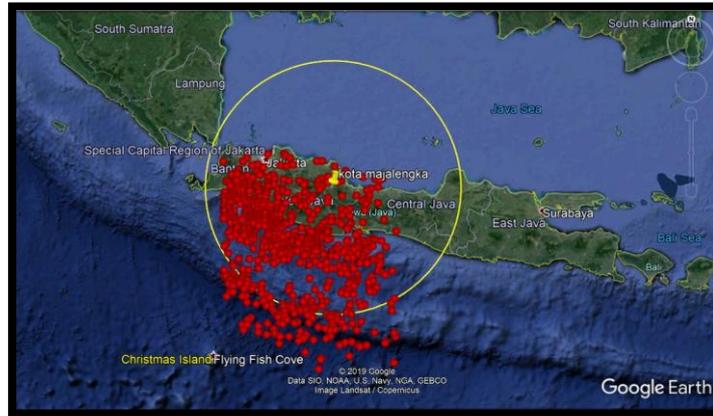


Gambar1. Peta Geologi Kabupaten Majalengka.

2. Metode

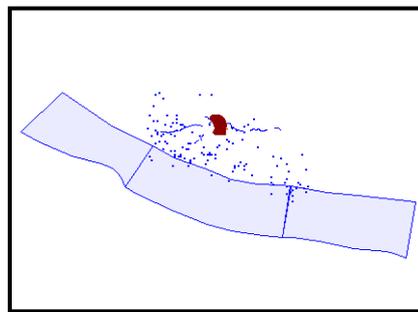
Pada penelitian ini digunakan data katalog gempa BMKG dari tahun 1907-2018 dengan kriteria magnitudo ≥ 5 , kedalaman ≤ 300 km dan jarak tidak lebih dari 500 km. Katalog gempa yang digunakan merupakan katalog gempa yang sudah terelokasi dan telah di konversi ke skala magnitudo momen (Mw). Pengkonversian skala magnitudo gempa bumi kedalam magnitudo momen dikarenakan magnitudo momen sendiri merupakan magnitudo yang dapat menggambarkan kejadian gempa bumi baik gempa bumi dengan magnitudo besar maupun gempa bumi dengan magnitudo kecil [2]. Data yang telah mempunyai magnitudo yang seragam ini selanjutnyadipisahkan dari gempa bumi pendahuluan

(foreshock) dan gempa bumi susulan (aftershock) menggunakan algoritma Gardner dan Kopoff dengan bantuan software ZMAP.



Gambar 2. Data Gempa BMKG dalam Radius 300 km.

Pemodelan sumber gempa bumi dalam penelitian dikelompokkan menjadi tiga jenis sumber gempabumi, yaitu sumber gempa bumi subduksi (*megathrust*), sumber gempa bumi patahan (*shallow crustal*) dan sumber gempa bumi *background* [6]. Dalam digitasi kedalam *software* pengolahan, sumber gempa bumi *megathrust* dibatasi hingga kedalaman 50 km, untuk kedalaman lebih dari 50 km akan digambarkan sebagai sumber gempabumi *deep background*. Sumber gempa bumi *fault* dimodelkan dengan kedalaman hingga 10 km. Sedangkan untuk sumber gempa bumi *background* dalam pengolahannya dibagi menjadi dua berdasarkan kedalaman yaitu *shallow background* (0-50 km), dan *deep background* (50-300 km).



Gambar 3. Pemodelan Sumber Gempa dalam *Software* R-Crisis 2018.

Pemilihan fungsi atenuasi didasarkan pada kesamaan kondisi geologi dan tektonik di wilayah tempat persamaan itu dibuat. Untuk Indonesia sendiri, hingga saat ini belum ada fungsi atenuasi secara spesifik untuk wilayah penelitian sehingga digunakan fungsi atenuasi dari wilayah lain yang memiliki kesamaan kondisi geologi dan tektonik. Fungsi atenuasi yang digunakan pada penelitian ini dibedakan berdasarkan sumber gempa bumi. Untuk sumber gempa bumi *shallow crustal* dan *shallow background* digunakan fungsi atenuasi Chiou-Youngs NGA, Campbell-Bozorgnia NGA serta Boore-Atkinson NGA. Adapun untuk sumber gempa bumi subduksi digunakan fungsi atenuasi Abrahamson et al., Atkinson-Boore BC rock and global source, Zhao et al. Sedangkan sumber gempa bumi *deep background* digunakan fungsi atenuasi Atkinson-Boore, Cascadia, Youngs dkk dan Atkinson-Boore, Worldwide [3].

Pendekatan probabilistic untuk penilaian bahaya gempa bumi Kabupaten Majalengka dilakukan dengan metode *Probabilistic Seismic Hazard Analysis* (PSHA). PSHA biasa dipergunakan dalam mengevaluasi bahaya gempabumi di suatu lokasi dengan mempertimbangkan semua gempa bumi yang

mempengaruhi lokasi tersebut[7]. PSHA mengadopsi konsep probabilitas total sebagaimana dirumuskan pada persamaan 1:

$$(IM>x)=\int_{Mmin}^{Mmax} \int_0^{rmax} P(IM > x|m, r)fM(m)fR(r)drdm \quad [1]$$

Dengan:

- fM = Fungsi probabilitas dari magnitudo M
- fR = Fungsi probabilitas dari jarak R
- $P(IM \geq x|m, r)$ = Kondisi probabilitas acak dari intensitas IM yang melampaui nilai x pada lokasi yang diteliti untuk kejadian gempa bumi bermagnitudo M dan jarak hiposenter R.

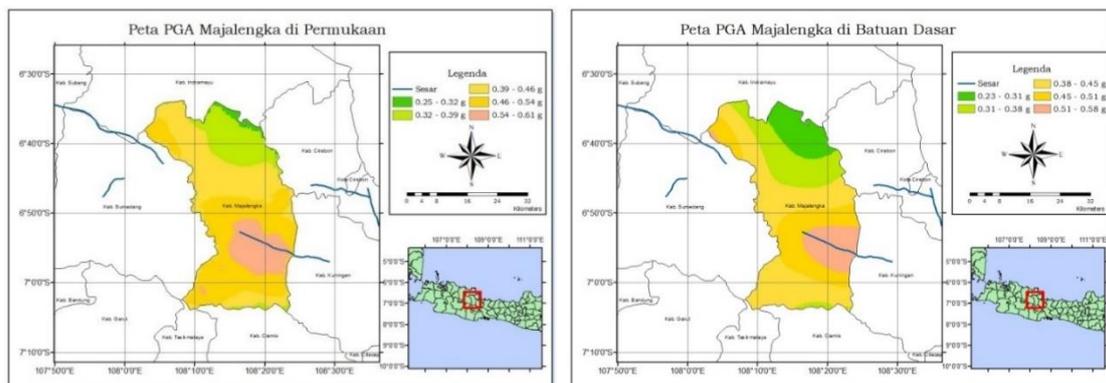
Pada penelitian ini, penilaian bahaya gempa bumi dilakukan untuk probabilitas 2% dalam 50 tahun dikarenakan standar nasional yang berlaku saat ini menggunakan syarat ini untuk perencanaan bangunan tahan gempa. Adapun untuk menggambarkan kerawanan seismik di permukaan tanah digunakan data Vs30 dari USGS. Data Vs30 USGS sendiri merupakan data yang diambil berdasarkan kondisi topografis wilayah penelitian[8]. Diharapkan dengan memasukkan data Vs30 wilayah penelitian dapat menggambarkan kerusakan di permukaan ketika terjadi gempa bumi.

3. Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini menggunakan metode *Probabilistic Seismic Hazard Analysis* (PSHA) di Kabupaten Majalengka untuk mengetahui kerawanan seismik di permukaan. Hasil dan pembahasan dalam penelitian ini yaitu analisis PSHA di permukaan. Dalam penentuan PSHA di permukaan melibatkan data Vs30 dimana data Vs30 yang dipakai penulis adalah data Vs30 Global dari USGS. Penggunaan Vs30 dari USGS sendiri dikarenakan belum adanya data Vs30 dari BMKG untuk seluruh wilayah di Kabupaten Majalengka. Data Vs30 sendiri berguna untuk mengetahui efek *local site* di wilayah Majalengka[10].

Perhitungan PSHA di permukaan dilakukan untuk mengetahui nilai percepatan tanah maksimum di permukaan (PGA_M) dan spektra percepatan di permukaan untuk periode $T = 0,2$ detik dan $T = 1$ detik yang berguna dalam desain struktur bangunan dengan memperhitungkan efek *local site*. PSHA di permukaan diperoleh dengan menggabungkan nilai Vs30 dan hasil dari PSHA di batuan dasar. Perhitungan kerawanan seismik dipermukaan ini dikarenakan pada kenyataannya bangunan terletak di permukaan dan perbedaan jenis tanah di setiap wilayah menyebabkan tiap daerah memiliki ciri dan karakteristik kerawanan yang berbeda-beda.

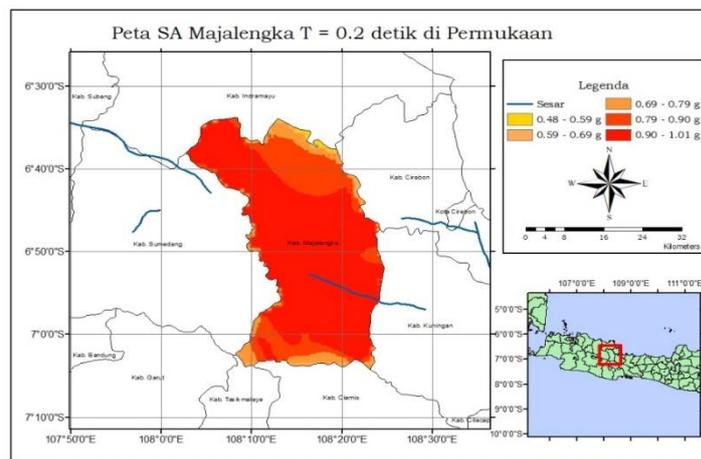
Hasil analisis menunjukkan nilai percepatan tanah maksimum di permukaan (PGA_M) di wilayah Majalengkasebesar 0,25 g hingga 0,61 g yang disajikan dalam Gambar 4. Berdasarkan gambar 4, wilayah Majalengka bagian selatan relatif memiliki nilai PGA_M yang lebih tinggi dibandingkan wilayah lainnya. Nilai PGA_M di wilayah selatan lebih tinggi dikarenakan wilayah tersebut dilalui oleh patahan Ciremai. Di wilayah utara sendiri juga terdapat nilai PGA_M yang tinggi yaitu wilayah yang berdekatan dengan patahan Subang yang merupakan perpanjangan dari patahan Baribis. Jika dibandingkan dengan peta PGA di batuan dasar, terlihat pola yang mirip. Rentang nilai PGA antara hasil pengolahan di batuan dasar dengan permukaan tidak terlalu jauh. Jika di batuan dasar rentang nilai PGA antara 0,23-0,58 g, rentang nilai PGA di permukaan adalah sekitar 0,25-0,61 g.



Gambar 4. Peta Percepatan Tanah Maksimum di Permukaan (PGA_M) dan Batuan Dasar.

Peta spektra percepatan di permukaan pada $T = 0,2$ detik menunjukkan nilai percepatan berkisar antara 0,48 g hingga 1,01 g sebagaimana ditampilkan pada Gambar 5. Berdasarkan Gambar 5, terlihat bahwa hampir seluruh wilayah Kabupaten Majalengka memiliki nilai PGA yang tinggi. Wilayah Majalengka bagian selatan memiliki rentang nilai spektra percepatan 0,90 g hingga 1,01 g. Hal ini dikarenakan wilayah tersebut dilalui oleh patahan Ciremai. Adapun di wilayah utara sendiri juga terdapat nilai spektra percepatan yang tinggi yaitu wilayah yang berdekatan dengan patahan Subang yang merupakan perpanjangan dari patahan Baribis.

Secara umum, pada $T = 0,2$ detik nilai spektra percepatan yang diperoleh lebih tinggi dibandingkan dengan nilai PGA_M . Hal ini sendiri dikarenakan sumber gempa yang dekat yaitu sesar aktif yang berada di sekitar Kabupaten Majalengka akan mempengaruhi nilai PGA menjadi lebih tinggi pada kondisi spektra dengan periode rendah yaitu pada periode 0,2 detik. Adapun daerah dengan nilai spektra percepatan yang tinggi cenderung memiliki bahaya gempa bumi yang relatif lebih besar.

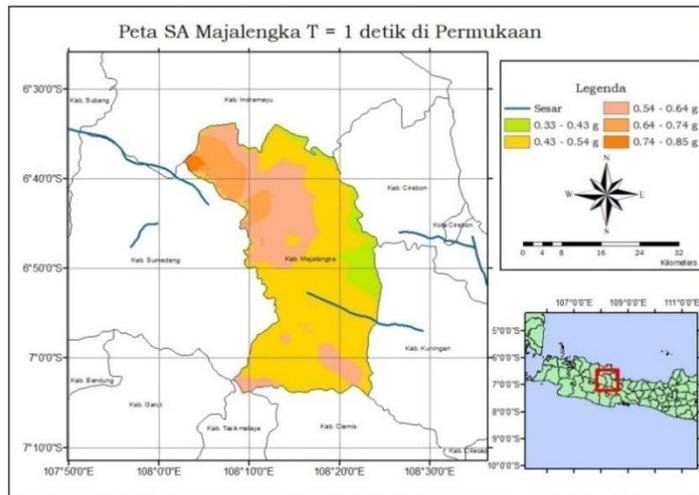


Gambar 5. Peta Percepatan Tanah Maksimum pada $T = 0,2$ detik.

Selanjutnya dilakukan analisis spektra percepatan di permukaan untuk $T = 1$ detik. Hasil pengolahan menunjukkan nilai spektra percepatan berkisar antara 0,33 g hingga 0,85 g sebagaimana ditunjukkan oleh gambar 6. Terdapat perbedaan antara peta hasil pengolahan di permukaan dengan hasil pengolahan di batuan dasar. Jika peta percepatan tanah maksimum di permukaan (PGA_M) dan peta spektra percepatan pada $T = 0,2$ detik sama-sama menghasilkan peta yang menunjukkan pola kenaikan pada wilayah Majalengka bagian selatan, maka peta spektra percepatan tanah di permukaan untuk $T = 1$ detik menghasilkan kenaikan di wilayah utara Majalengka. Wilayah Majalengka bagian selatan yang berdekatan dengan patahan Ciremai memiliki rentang nilai spektra percepatan 0,43 g hingga 0,54 g.

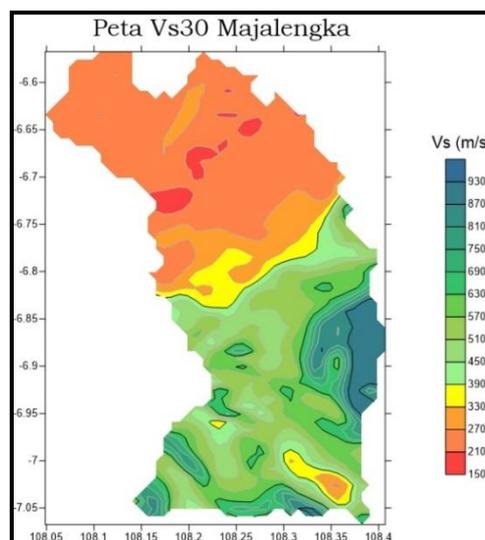
Di wilayah Majalengka bagian utara, hasil pengolahan menunjukkan rentang nilai spektra percepatan yang bervariasi dan cenderung tinggi. Wilayah di bagian utara tersebut memiliki nilai percepatan antara 0,64 g hingga 0,85 g. Hasil ini menarik dikarenakan hasil yang diperoleh berbeda dengan hasil lainnya yang menunjukkan wilayah Majalengka bagian selatan cenderung memiliki percepatan yang lebih tinggi. Nilai spektra percepatan yang tinggi di wilayah utara sendiri kemungkinan diakibatkan oleh nilai $Vs30$ yang rendah di wilayah tersebut sehingga mengakibatkan amplifikasi yang relatif lebih besar. Tingkat amplifikasi akan menjadi tinggi pada frekuensi yang sesuai dengan periode *site*. Karakteristik periode dominan *site* dirumuskan sebagai $T_0 = 4H/Vs$ [9]. Hal inilah yang menyebabkan nilai spektra percepatan di Majalengka bagian utara relatif lebih tinggi. Hasil ini memberikan informasi bahwa

wilayah Majalengka bagian utara akan lebih rentan jika mengalami gempa bumi dengan kandungan frekuensi rendah (periode tinggi).



Gambar 6. Peta Percepatan Tanah Maksimum pada T = 1 detik.

Jika dilihat dari hasil pengolahan tersebut, dapat diartikan bahwa nilai Vs30 sendiri berpengaruh cukup besar dalam penentuan nilai percepatan di permukaan. Hal ini berarti, karakteristik tanah sendiri berpengaruh dalam resiko kerawanan seismik di suatu wilayah. Selain itu, pada kondisi spektra dengan periode yang tinggi, nilai percepatan cenderung dipengaruhi oleh sumber gempa yang jauh sehingga mengakibatkan wilayah di bagian utara yang cenderung memiliki nilai percepatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan wilayah selatan.



Gambar 7. Peta Vs30 Majalengka.

4. Kesimpulan



SEMINAR NASIONAL FISIKA (SNF) 2020
“Peluang-Strategi Pembelajaran dan Penelitian pada Masa Pandemi COVID 19
Menuju New Normal”
Surabaya, 17 Oktober 2020



Penelitian ini menggunakan metode *Probabilistic Seismic Hazard Analysis* (PSHA) di Kabupaten Majalengka untuk mengetahui kerawanan seismik di permukaan. Nilai percepatan maksimum di permukaan (PGA_M) dan spektra percepatan tanah di permukaan dengan probabilitas 2% dalam 50 tahun (periode ulang gempa bumi 2.475 tahun) untuk wilayah Majalengka menunjukkan nilai masing-masing 0,25-0,61 g untuk PGA_M , 0,48-1,01 g untuk spektra percepatan $T = 0,2$ detik, dan 0,33-0,85 g untuk spektra percepatan $T = 1$ detik. Wilayah Majalengka termasuk wilayah yang rawan gempa bumi. Berdasarkan nilai PGA di wilayah ini, wilayah Majalengka bagian utara rawan gempa bumi dikarenakan nilai amplifikasi yang tinggi di wilayah tersebut. Wilayah Majalengka bagian selatan rawan gempa bumi dikarenakan terdapat sesar Ciremai yang melalui wilayah tersebut.

Referensi

- [1] Badan Pusat Statistik 2019 dikutip dari <https://Majalengkakab.bps.go.id/>
- [2] Pawirodikromo W 2012 *Seismologi Teknik & Rekayasa Kegempaan* (Yogyakarta: Pustaka Pelajar)
- [3] Tim Pusat Studi Gempa Nasional 2017 *Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017* (Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Perumahan dan Pemukiman-Badan Penelitian dan Pengembangan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat)
- [4] Sulastri dan Sunardi B 2016 Pendekatan Probabilistik untuk Penilaian Bahaya Gempabumi Kawasan Universitas Padjajaran Jatinangor *Pros. Sem. Nas. Geofis. 2016* (Semarang: FMIPA Universitas Negeri Semarang) hal 85
- [5] Badan Informasi Geospasial 2015 dikutip dari <http://www.info-geospasial.com/2015/06/peta-geologi-seluruh-indonesia.html>
- [6] Purbandini P, Santosa B J dan Sunardi B 2017 *J. Sains Seni ITS* **6 (2)** B20
- [7] Aprilianto S, Santosa B J dan Sunardi B 2016 *J. Sains Seni ITS* **5 (2)** B129
- [8] USGS 2007 dikutip dari <https://usgs.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=8ac19bc334f747e486550f32837578e1/>
- [9] Nakamura Y 2008 *Proc. The 14th World Conference on Earthquake Engineering* (Beijing, China: International Association for Earthquake Engineering (IAEE))
- [10] Ariestianty S K, Taha M R, Nayan K A M dan Chik Z 2009 *J. Ilm. Semesta Teknika* **12 (2)** 185