
Kajian Indeks Bahaya Seismik Regional Rata-Rata Pulau Jawa Tahun 1903-2006 Dengan Menggunakan *Software* QUANTUM GIS (QGIS)

Arya Santri Wiratama^{1*}, Fitriyaningsih¹, Ika Rakhmawati¹, Nadzif Muaffi¹, Siti Estiya Pujiningtiyas¹, Surya Eka Kurnia¹, Nugroho Budi Wibowo²

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

² Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika, Yogyakarta, Jl. Wates Km. 8, Dusun Jitengan, Kel. Balecat, Kec. Gamping, Pereng Kembang, Balecat, Sleman, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55294

*Email : aryawiratama0123@gmail.com

INTISARI

Sebagai sebuah Negara yang berada pada zona pertemuan antar 3 lempeng dunia yang masih aktif, Indonesia termasuk kedalam Negara yang rawan gempa. Salah satu pulau yang berada pada zona pertemuan lempeng adalah Pulau Jawa dan sepanjang laut selatan. Kerugian yang dialami akibat bencana ini bukanlah hal yang ringan, oleh karena itu diperlukannya kajian mengenai Indeks Bahaya Seismik Regional Rata-rata (IBSRR). Harga IBSRR tertinggi di Pulau Jawa dan sepanjang laut selatan selama kurun waktu 1903-2006 sebesar 0,1960488 yang berada pada Provinsi DIY, sedangkan IBSRR terendah adalah 0,144295 berada di Provinsi Jawa Timur. IBSRR diindikasikan mampu mengklasifikasikan wilayah yang memiliki indeks bahaya seismik tinggi sehingga diharapkan mampu meminimalisir korban serta kerugian yang akan terjadi di kemudian hari akibat gempabumi. Menggunakan *software* QGIS Pulau Jawa akan dipetakan menggunakan warna-warna tertentu sehingga mampu dengan mudah menggambarkan tingkatan bahaya seismik yang didapat.

Kata Kunci : IBSRR, QGIS, Pulau Jawa, Gempabumi.

ABSTRACT

As a country that is in a zone of meeting between the 3 plates of the world that is still active, Indonesia is included in a country prone to earthquakes. One of the islands in the zone where the plates meet is Java and along the southern sea. The losses suffered from this disaster are not minor, therefore a study of the average Regional Seismic Hazard Index (IBSRR) is needed. The highest IBSRR in Java and along the southern sea during in 1903-2006 valued at 0.1960488 is in DIY Province, while the lowest IBSRR valued at 0.144295 is in the Jawa Timur Province. IBSRR is indicated to be able to classify areas that have a high seismic hazard index so that it is expected to be able to minimize casualties and losses that will occur in the future due to earthquakes. By using the QGIS Java Island software will be mapped with certain colors so that it can easily describe the level of seismic danger obtained.

Keyword : IBSRR, QGIS, Java, Earthquake.

Pendahuluan

Indonesia merupakan Negara kepulauan terbesar di dunia, dengan ribuan pulau yang membujur dari 94° - 141° BT dan 6° LU- 11° LS. Indonesia berada pada zona subduksi atau pertemuan 3 lempeng sekaligus yakni : Lempeng Indo-Australia yang bergerak ke Utara, Lempeng Pasifik yang bergerak ke Barat, dan Lempeng Eurasian yang relatif bergerak ke Selatan, selain itu keadaan geografis Indonesia yang masuk kedalam zona lingkaran api (*Ring of Fire*) mengakibatkan Indonesia dikelilingi oleh banyak gunung berapi aktif sepanjang pulau Sumatra, Jawa hingga pulau Sulawesi. Keadaan inilah yang menyebabkan Indonesia sering mengalami bencana gempa bumi baik itu gempa bumi akibat aktivitas lempeng yang disebut sebagai gempa bumi tektonik maupun gempa bumi akibat aktivitas magma gunung berapi atau disebut sebagai gempa bumi vulkanik. Kebanyakan gempa bumi di Indonesia disebabkan dari pelepasan energi yang dihasilkan karena tekanan yang dilakukan oleh lempengan yang bergerak. Semakin lama tekanan itu kian membesar dan akhirnya mencapai pada keadaan dimana tekanan tersebut tidak dapat ditahan lagi oleh pinggiran lempengan[2].

Energi gempa bumi dinyatakan dalam satuan erg dan dapat ditaksir dari pengamatan makroseismik, tetapi biasanya tidak diperoleh hasil yang memadai. Gelombang seismik merupakan bentuk energi yang paling mudah dideteksi, yaitu dengan cara pencatatan pada alat. Menggunakan data ini kita dapat menaksir energi gempa bumi yang memadai. Ukuran besarnya energi gempa bumi ditentukan dengan hasil catatan amplitudo gelombang seismik yang dinyatakan dengan istilah magnitudo gempa bumi. Kekuatan gempa bumi bervariasi dari tempat ke tempat, sejalan dengan perubahan waktu. Pemancaran energi gempa bumi dapat besar ataupun kecil, hal ini tergantung dari karakteristik batuan yang ada dan besarnya *stress* yang dikandung oleh suatu batuan pada suatu daerah. Pada suatu batuan yang rapuh (batuan yang heterogen), *stress* yang dikandung tidak besar karena langsung dilepaskan melalui terjadinya gempa bumi-gempa bumi kecil yang banyak. Sedangkan untuk batuan yang lebih kuat (batuan yang homogen), gempa bumi kecil tidak terjadi (jarang terjadi) sehingga *stress* yang dikandung sangat besar dan pada suatu saat batuannya tidak mampu lagi menahan *stress*, maka akan terjadi gempa bumi dengan magnitudo yang besar[1].

Pulau Jawa merupakan salah satu pulau yang berada pada Zona Subduksi antar lempeng aktif, di Jawa gempa bumi yang terjadi tidak kurang dari 7 magnitudo dengan intensitas gempa bumi yang relative sering terjadi di Jawa sehingga menyebabkan kerusakan yang cukup parah di daerah terdampak. Kerugian akibat bencana gempa bumi juga tidak dapat dikatakan sebagai kerugian yang ringan. Contohnya pada gempa bumi Yogyakarta 2006 dengan magnitudo hanya 6,3 SR tercatat data korban di Kota Yogyakarta sebanyak 4.772 orang meninggal dunia, 17.772 orang luka-luka, dan kerusakan bangunan 204.831 rumah[3].

Kajian mengenai IBSRR telah dilakukan dengan berbagai metode seperti penelitian yang dilakukan oleh Prajuto(1983) menggunakan metode statistik untuk daerah Irian Jaya dengan rumus Gutenberg-Ritcher namun tidak meninjau resiko gempa bumi, sedangkan Daz Edwiza(2008) meninjau pelepasan energi dengan menggunakan rumus *Gutenberg-Ritcher* maupun *Bath*, yang kemudian dilanjutkan dengan meninjau Indeks Bahayanya, hasil dari kedua metode kemudian dibandingkan untuk memetakan daerah Sumatera Barat[4], Nugroho Budi Wibowo(2017) menggunakan metode *Gutenberg* yang dilanjutkan dengan perhitungan statistik indeks bahaya seismik menggunakan metode *least square* atau *maximum likelihood* untuk menganalisis energi gempa bumi yang ada di kawasan opak-oyo Yogyakarta. Sedangkan pada penelitian kali ini metode yang penulis gunakan adalah *Bath* dilanjutkan dengan perhitungan Indeks bahaya seismik rata-rata Pulau Jawa untuk masing-masing Provinsinya menggunakan data sekunder dari Tahun 1903-2006.

Kajian serta pengelompokan mengenai besar energi gempa bumi di Jawa sangat diperlukan. IBSRR merupakan salah satu metode untuk memperkirakan bahaya seismik pada suatu daerah tertentu dengan langsung menginterpretasikan kedalam besaran yang sama dengan satuan

skala intensitas MMI (*Modified Mercally Intensty*). Dengan mengetahui data seismitas serta kekuatan energi setiap gempabumi yang terjadi dalam kurun waktu tertentu diharapkan dapat membuat gambaran dalam perencanaan pembangunan suatu wilayah, hingga diharapkan mampu meminimalisir korban bencana dikemudian hari.

Metode Penelitian

Data yang digunakan adalah data sekunder yang tercatat sejak 27 Februari 1903 sampai 02 Juni 2006 terdapat 2223 titik kejadian gempa. Data ini digunakan untuk melakukan pemetaan daerah rawan gempa berdasarkan persebaran *Longitude*, *Latitude*, *Magnitude* dan *Depth* untuk menentukan posisi dimana persebaran gempa itu berada.

Pemetaan ini dilakukan dengan beberapa tahapan, yaitu:

1. Pengumpulan data gempa Data yang digunakan adalah data sekunder berupa data parameter- parameter gempa yaitu, *Longitude*, *Latitude*, *Magnitude* dan *Depth* yang tercatat sejak 27 Februari 1903 sampai 02 Juni 2006, sebanyak 2223.
2. Pengolahan data gempa

Tahap tahap pengolahan data gempa sebagai berikut :

1. Menganalisis dan mengelompokan data dalam bentuk grafik sehingga data persebaran gempa yang terjadi dapat diperoleh dalam tingkat kedalaman dan magnitudo seraca runtut
2. Menggambarkan data persebaran gempa dalam bentuk peta seismisitas sehingga mendapatkan titik terang dimana persebaran gempa itu terjadi, dengan menggunakan *software* QGIS
3. Membuat grid pada sepanjang Pulau Jawa dengan ukuran $0,5^{\circ} \times 0,5^{\circ}$ untuk mempermudah analisis data. Pembagian grid bertujuan untuk mempermudah perhitungan energi pada setiap grid yang disediakan.
4. Masing-masing magitudo kemudian dihitung energinya meggunakan rumus dari Bath [4]:

$$\log E = 5,57 + 2,48 Mb \quad (1)$$

Setelah mengetahui energi setiap magnitudo maka harga Indeks Bahaya Seismik Kumulatif (IBSK) serta Indeks Bahaya Seismik Regional Rata-rata (IBSRR) dapat diketahui dengan rumus berikut:

$$IBSK = \log \sum^N E_n \quad (2)$$

$$IBSRR = \log \frac{1}{A} \sum^A \frac{IBSK_a}{T} \quad (3)$$

Menggunakan dua persamaan diatas maka data energi pada setiap magnitudo akan dapat dikelompokkan pada masing-masing provinsi. IBSK bertujuan untuk menghitung jumlah sebaran energi dalam setiap grid, dan IBSRR menghitung jumlah energi setiap provinsi.

Gambar 3 menunjukkan bahwa tingkat seismitas tertinggi diindikasikan dengan warna merah, sedang diindikasikan dengan warna kuning dan rendah diindikasikan dengan warna hijau. Rentangan klasifikasi energi tersebut diklasifikasikan berdasarkan IBSRR pada masing-masing Provinsi.

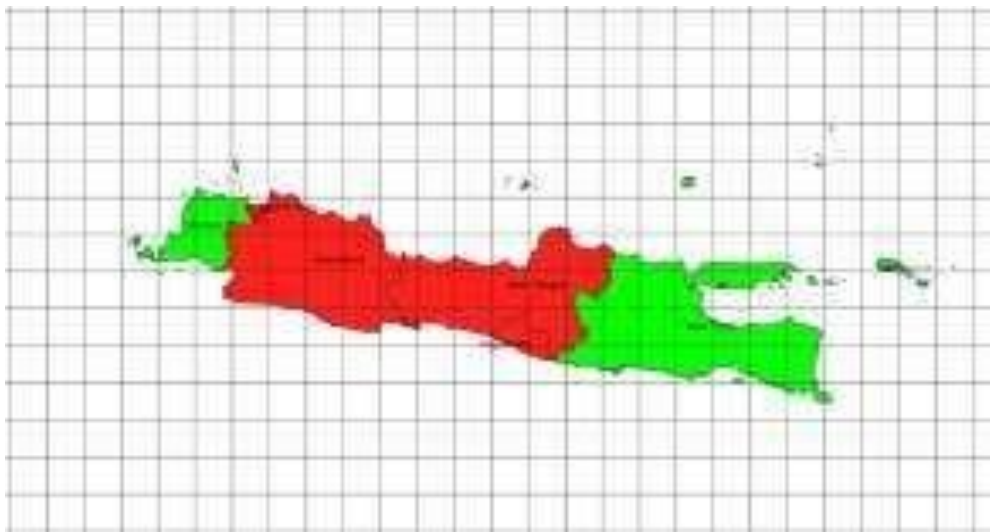
IBSRR yang memiliki harga besar akan ditandai dengan nilai seismitas yang tinggi di wilayah tersebut. Dimana IBSRR merupakan rentangan energi rata-rata pada suatu wilayah yang diambil dalam kurun waktu tertentu sehingga memungkinkan bagi pengamat akan mampu mengkasifikasikan atau bahkan memprediksi tingkat bahaya seismik yang ditimbulkan pada tiap-tiap wilayah, karena data yang digunakan diambil dari jumlah rata-rata energi seismik yang pernah terjadi sebelumnya.

Hasil dan Pembahasan

Daerah yang akan ditentukan Indeks Bahaya Seismik Kumulatif (IBSK) dan Indeks Bahaya Seismik Regional Rata-rata (IBSRR) adalah daerah pulau Jawa dan sekitarnya (sebagian Lampung dan Bali). Setelah proses pengolahan data akan didapatkan koordinat episenter Jawa dan sekitarnya, kedalaman sumber gempa (h), magnitudo (Mag), dan magnitudo permukaan (M_s). Data-data tersebut yang akan membantu untuk menentukan harga IBSK dan IBSRR.

Tabel 1. Harga IBSK

No	Daerah	Jumlah IBSK	Terdiri dari Blok	Σ IBSK
1	Banten	8	2B, 3B, 4B, 5B, 6B, 8B, 9B	163,778194
2	DKI Jakarta	29	1F, 2F, 3F	57,62708
3	Jawa Barat	24	1D, 2D, 3D, 4D, 5D, 6D, 7D, 8D, 9D, 10D, 11D, 12D, 13D, 14D, 15D, 16D, 17D, 18D, 19D, 20D, 21D, 22D, 23D, 24D	464,08101
4	Jawa Tengah	23	1E, 2E, 3E, 4E, 5E, 6E, 7E, 8E, 9E, 10E, 11E, 12E, 14E, 15E, 16E, 17E, 19E, 20E, 21E, 22E, 23E, 24E	442,68919
5	Jawa Timur	8	1C, 3C, 4C, 6C, 7C, 8C, 9C, 10C, 11C, 12C, 13C, 14C, 16C, 17C, 19C, 20C, 21C, 22C, 24C, 25C, 26C, 27C, 30C, 31C, 32C, 33C, 34C, 35C, 36C	579,63
6	DI Yogyakarta	4	1G, 2G, 4G, 5G	80,7721

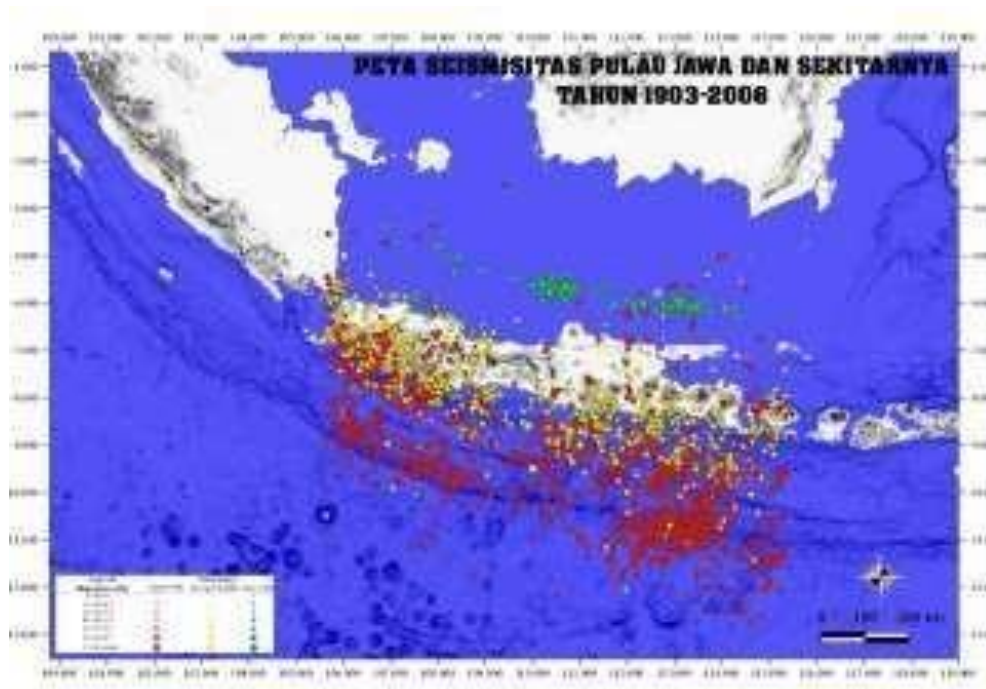


Gambar 1. Peta Pulau Jawa dengan Grid $0,5^\circ \times 0,5^\circ$

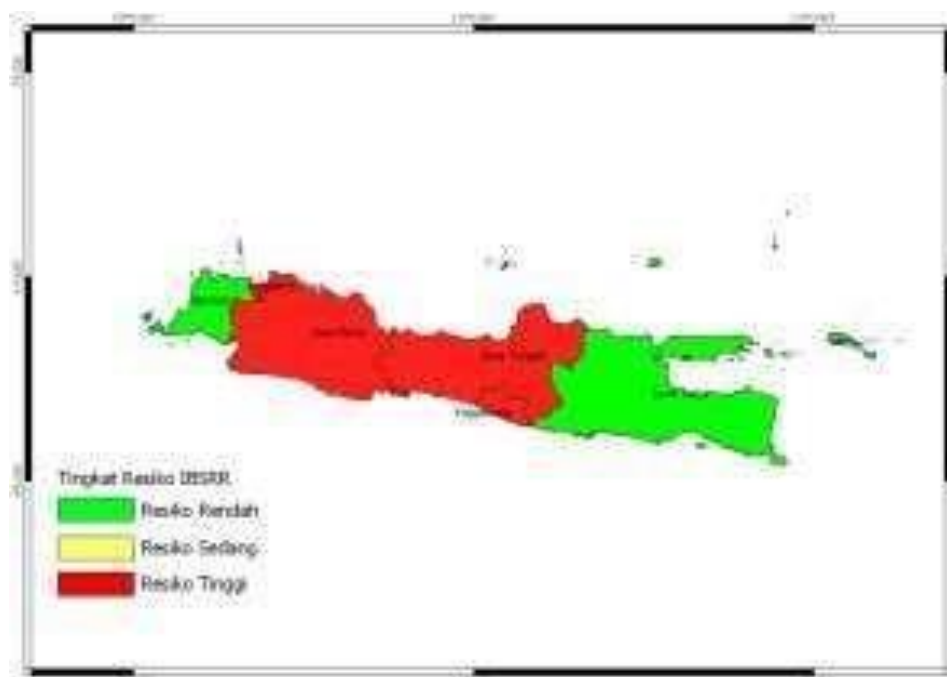
Gambar 1 merupakan peta pulau Jawa yang telah dibagi dengan grid $0,5^\circ \times 0,5^\circ$ hal tersebut bertujuan untuk mempermudah perhitungan IBSK dan IBSRR per-provinsinya, karena perhitungan IBSRR yang dilakukan akan dibagi sesuai dengan banyaknya grid yang ada pada provinsi tersebut. Tabel 1 merupakan data IBSK dan jumlah grid pada masing-masing provinsi di Jawa sesuai dengan gambar 1.

Tabel 2. Harga IBSRR

No	Provinsi	IBSRR	Keterangan
1	Banten	0,159008	Rendah
2	DKI Jakarta	0,186495	Tinggi
3	Jawa Barat	0,179146	Tinggi
4	Jawa Tengah	0,187735	Tinggi
5	Jawa Timur	0,144295	Rendah
6	DI Yogyakarta	0,1960488	Tinggi



Gambar 2. Peta Seismisitas Pulau Jawa



Gambar 3. Peta Resiko Gempa Pulau Jawa

Berdasarkan data yang telah diperoleh seperti pada gambar 2 bahwa pusat gempa daerah Jawa dan sekitarnya cenderung berada di wilayah laut selatan Jawa. Hal tersebut diakibatkan karena adanya zona subduksi, yakni wilayah pertemuan antara lempeng Indo-Australia dan lempeng Eurasia. Adapun pada daratan pusat gempa terdistribusi sebagian besar di daerah Jawa Barat dikarenakan pada wilayah tersebut terdapat tiga sesar aktif diantaranya Sesar Baribis, Sesar Cimandri, dan Sesar Lembang.

Sesar Baribis memanjang mulai dari Majalengka sampai Subang. Tercatat sejumlah kegempaan terjadi akibat adanya aktifitas dari sesar Baribis yang termasuk gempa besar di Jawa Barat sejak tahun 1842 dan yang terbaru adalah gempa yang terjadi di Kuningan. Selain

itu terdapat sesar Cimandri yang membentuk gawir sepanjang 100km mulai dari arah Padalarang hingga Pelabuhan Ratu dimana di wilayah ini pernah terjadi gempa dengan skala 5-5,4 magnitudo yang terjadi pada 1882 dan 2000. Sedangkan sesar Lembang merupakan terusan dari ujung utara sesar Cimandri yang memiliki panjang 29km. Adapun dari ketiga sesar di atas, sesar Cimandri diperhitungkan memiliki potensi gempabumi lebih besar karena posisinya yang lebih dekat dengan tumbukan lempeng tektonik di zona subduksi di selatan pulau Jawa.

Wilayah Jawa Tengah memiliki sesar Semarang yang diketahui masih aktif. Tercatat sesar Semarang pernah mengakibatkan kegempaan dengan kekuatan 7-9 magnitudo yang merusakkan bangunan pada 19 Januari 1856. Sejumlah penelitian menunjukkan masih adanya pergeseran tanah di sepanjang Kali Garang. Selain itu ada pula Sesar Krendeng ini berlokasi di zona yang memanjang mengarah dari barat timur Provinsi Jawa tengah. Sesar ini terdiri dari kumpulan sesar naik dan lipatan yang menyambung ke dalam sistem sesar Semarang dan sesar Baribis. Beberapa tahun terakhir tercatat gempa-gempa dangkal berukuran sedang dengan magnitudo 4-5 masih sering terjadi. Adapun lokasi sesar ini banyak di daerah teras-teras sungai. Hasil penelitian terakhir menunjukkan bahwa sesar Semarang juga masuk di zona Krendeng, Jawa Timur.

Daerah Yogyakarta memiliki Sesar Opak yang hingga kini menjadi pusat perhatian setelah adanya gempa di Yogyakarta pada 2006 silam karena gempa tersebut disinyalir terbentuk disepanjang sesar ini. Zona sesar Opak sendiri membentuk gawir (tebing curang) yang memanjang dari barat daya ke timur laut yang kemudian membelok ke arah timur naik ke sistem sesar batur Agung yang sudah tidak aktif lagi. Di Jawa Timur terdapat Sesar Pasuruan bila dilihat dari topografi memiliki gawir yang memanjang dari arah barat timur sepanjang 13 km. Gawir sesar ini juga memotong batuan endapan vulkanik. Studi paleoseismologi telah dilakukan dalam sesar Pasuruan dan menghasilkan indikasi masih adanya pergerakan aktif sebanyak 6 kali dalam waktu empat ribu tahun terakhir.

Berdasarkan tabel 2 daerah dengan potensi gempa tinggi berada pada Provinsi DIY, Provinsi DKI, Provinsi Jawa Tengah dan Provinsi Jawa Barat. Provinsi DIY dan DKI memiliki harga IBSRR yang tinggi dikarenakan IBSRR hanya menghitung luasan satu provinsi. Provinsi DIY dan Provinsi DKI memiliki luas wilayah yang sempit dibandingkan dengan provinsi lain, hal ini yang menyebabkan Provinsi DIY dan Provinsi DKI hanya memiliki grid yang sedikit, dimana grid merupakan nilai pembagi dalam rumus mencari IBSRR. Sedangkan daerah dengan potensi gempa rendah berada pada wilayah Jawa Timur dan Banten.

Gambar 3 menunjukkan Provinsi DIY, Provinsi DKI, Provinsi Jawa Barat, dan Provinsi Jawa Tengah berwarna merah. Sedangkan Provinsi Banten dan Provinsi Jawa Timur memiliki warna hijau yang menunjukkan nilai seismisitas rendah. Warna-warna tersebut didapatkan setelah harga IBSRR dikelaskan. Harga IBSRR dikelaskan hanya berdasarkan harga IBSRR di Pulau Jawa saja dengan menggunakan perbandingan tiap provinsi sehingga hal tersebut yang menyebabkan pada gambar 3 peta resiko di Provinsi Jawa Timur berwarna hijau sedangkan seharusnya berwarna kuning dengan tingkat kegempaan yang sedang.

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Daerah dengan harga IBSRR yang besar merupakan daerah yang mempunyai tingkat seismisitas yang tinggi pada gambar 3 menunjukkan Provinsi DIY, Provinsi DKI, Provinsi Jawa Barat, dan Provinsi Jawa Tengah berwarna merah, sedangkan Provinsi Banten dan Provinsi Jawa Timur memiliki warna hijau yang menunjukkan nilai seismisitas rendah.

Berdasarkan gambar 2 yang diperoleh dapat diketahui bahwa gempabumi berpusat pada wilayah laut selatan Jawa. Hal ini diakibatkan adanya zona subduksi di wilayah tersebut

dimana terdapat pertemuan lempeng antara lempeng Indo-Australi dan Eurasia. Adapun pada daratan, pusat gempa terdistribusi sebagian besar di daerah Jawa Barat dikarenakan pada wilayah tersebut terdapat tiga sesar aktif diantaranya Sesar Baribis, Sesar Cimandri, dan Sesar Lembang.

Saran

Adapun saran yang dapat penulis sampaikan adalah sebagai berikut :

1. Guna mengantisipasi gempabumi yang belum dapat dipastikan dalam kurun waktu dan tempat terjadinya maka dihimbau bagi masyarakat untuk selalu bersiap diri akan bencana yang sewaktu-waktu datang.
2. Daerah Jawa Barat yang terletak diatas tiga sesar aktif tiga sesar aktif diantaranya Sesar Baribis, Sesar Cimandri, dan Sesar Lembang, yang sangat berpotensi terjadi gempabumi tektonik dengan gempa dangkal (gempa yang terjadi di daratan) sehingga dapat mengakibatkan kerusakan yang sangat fatal maka dibutuhkan tinjauan khusus serta pelatihan simulasi penanganan bencana bagi masyarakat guna meminimalisir korban.
3. Dengan mengetahui besarnya bahaya disuatu tempat maka, untuk perencanaan pembuatan bangunan dapat lebih menyesuaikan kekuatan bangunan terhadap resiko gempabumi yang dapat terjadi pada daerah tersebut.

Ucapan Terimakasih

Penulis ucapkan terimakasih kepada :

Kedua orangtua yang selalu memberikan dukungan serta doa-doanya kepada penulis, kepada dosen pengampu bapak Dr. Thaqibul Fikri Niyartama. S.Si., M.Si yang telah bersedia memberikan pengarahan dan ilmunya beserta seluruh dosen pengajar Geofisika dan Fisika di UIN Sunan Kalijaga serta seluruh teman-teman yang ikut membantu dan mendukung penulis untuk menyelesaikan tulisannya.

Daftar Rujukan

- [1] Edwiza D, "Kajian Terhadap Indek Bahaya Seismik Regional Rata-Rata Sumatera Barat", No. 29 Vol.1 Thn. XV, April. 2008.
- [2] Hartuti. Rine Evi, Buku Pintar Gempa, Yogyakarta: DIVA Press, 2009, pp. 15-48.
- [3] Sunarjo, M. Taufik Gunawan. Sugeng Pribad., Gempabumi Indonesia Edisi Populer, Jakarta: Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, 2012, pp. 1-24.
- [4] Sulistiyani, "Kajian Terhadap Indeks Bahaya Seismik Regional Menggunakan Data Seismik di Pulau Jawa dari Tahun 1900-2006", *Indonesian Journal of Applied Physics*, Vol.3 No.1 halaman 21, April. 2013.