

EARTHQUAKE HAZARD ASSESSMENT IN CENTRAL JAKARTA BASED ON SEISMICITY, DEM, SLOPE, FAULT, AND GIS

BAHAYA GEMPA DI JAKARTA PUSAT BERBASIS DATA SEIMISITAS, DEM, LERENG, PATAHAN, DAN SIG

Ahmad Pratama Putra

Laboratorium Geodinamika, Pusat Reduksi Risiko Bencana, TPSA, BPPT, Gedung 820 Geostek,
PUSPIPTEK, Serpong. Telepon : 081218942266 dan e-mail:ahmad.pratama@bppt.go.id

ABSTRACT

The newest finding in 2016 about Baribis Thrust Fault, if it is pulled straight from Cibatu to Tangerang, is roughly found that this fault passes through several sub-districts in Jakarta. Meanwhile, Center of Jakarta as the capital city that covered many governmental, economic, and business activities are conducted in this area. And also Geographic Information System (GIS) techniques are commonly used for monitoring and damage assessment for many natural and geological hazards. The present study, GIS techniques have been used to generate various thematic layers to assess earthquake hazard with a suitable numerical ranking scheme, mesh processing, and spatial data integration. The results also showed that the proposed model provides reasonable earthquake potential index (EPI) from elevation, slope, magnitude, active fault, and epicentre parameters compared to the peak ground acceleration (PGA) in Center of Jakarta. The result of the EPI map explained a few regions in Center of Jakarta has very high value of EPI. Very high EPI area mostly spreads in southeastern part in the study area, exactly in Menteng sub-district. And also illustrated, spatially in the more northward area indicates the smaller of the EPI value in the study area. EPI resulted from the calculation of surface parameter have the same indication or same trend with PGA.

Keywords: *Earthquake Potential Index, Baribis thrust fault, DEM, Slope, GIS, Central Jakarta*

ABSTRAK

Penemuan terbaru pada 2016 tentang Patahan Naik Baribis yang jika ditarik garis lurus dari Cibatu - Bekasi ke Tangerang, secara kasar ditemukan bahwa sesar ini melewati beberapa kecamatan di Jakarta. Sementara itu, Jakarta Pusat sebagai ibukota, terdapat banyak kegiatan pemerintah, ekonomi, dan bisnis yang dilakukan di daerah ini. Dilain sisi, teknik Sistem Informasi Geografis (SIG) umumnya sudah mulai digunakan untuk pemantauan dan penilaian bencana geologi. Dalam penelitian ini, teknik SIG telah digunakan untuk menghasilkan berbagai layar-layar tematik untuk menilai bahaya gempa dengan skema peringkat numerik yang sesuai, pemrosesan mesh/grid/sel, dan integrasi data spasial. Hasil juga menunjukkan bahwa model yang diusulkan memberikan indeks potensi gempa (EPI) yang wajar dari parameter ketinggian, kemiringan, magnitude gempa, patahan aktif, dan episentrum dibandingkan dengan puncak percepatan tanah (PGA) di Jakarta Pusat. Hasil peta EPI menjelaskan hanya sedikit wilayah di Jakarta Pusat yang memiliki EPI sangat tinggi. Wilayah EPI sangat tinggi sebagian besar berada di bagian tenggara di wilayah studi, tepatnya di Kecamatan Menteng. Dan juga diilustrasikan, secara spasial di daerah yang lebih utara menunjukkan EPI yang lebih kecil di daerah penelitian. EPI yang dihasilkan dari perhitungan parameter atas permukaan ini memiliki indikasi atau tren yang sama dengan PGA.

Kata kunci: Indeks Potensi Gempa, Sesar Naik Baribis, DEM, Kelerengan, SIG, Jakarta Pusat

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Penemuan terbaru (Koulali *et al*, 2016) terkait patahan Baribis yang memanjang dari Purwakarta, Cibatu (Bekasi), Tangerang, dan Rangkasbitung. Jika ditarik garis lurus (Gambar 1) dari Cibatu ke Tangerang, dengan jelas ditemukan bahwa patahan ini melalui beberapa kecamatan di Jakarta seperti Cipayung, Ciracas, Pasar Rebo, dan Jagakarsa. Nguyen *et al* (2015) telah membangun data skenario gempa berbasis sejarah kejadian gempa di Jakarta dan menunjukkan area yang terdampak gempa di masa lalu. Tahun 1780 dan 1834 gempa telah menjadi perhatian khusus disebabkan oleh proksimitas dari segmen retakan Jakarta.



Gambar 1. Patahan Naik Baribis yang melintasi selatan Jakarta.

Disisi lain, Sistem Informasi Geografi (SIG) telah muncul sebagai teknologi yang berguna untuk mengkaji, memetakan, dan mengevaluasi bahaya gempa (Sahoo *et al*, 2000). Dan juga banyak riset mengenai gempa Jakarta menggunakan faktor-faktor bawah permukaan yang menggunakan fungsi-fungsi

probabilistik maupun deterministik untuk memprediksi bahaya gempa. Oleh karena itu riset ini bertujuan untuk mengkaji bagaimana potensi bahaya gempa berbasis data atas permukaan dengan mempertimbangkan keberadaan patahan aktif Baribis menggunakan SIG sebagai alat bantu analisis.

1.2. Landasan Teori

Teknik Penginderaan Jauh (PJ) dan SIG telah digunakan untuk menghasilkan berbagai macam layar-layar tematik untuk memetakan area potensi gempa dan untuk mengevaluasi potensi bahaya seismik melalui skema pemeringkatan yang cocok dan melalui integrasi data spasial. Hasil riset terkait hal itu juga telah divalidasi dengan basis data distribusi gempa yang baru saja terjadi di area studi melalui fungsi probabilistik teori (Ahmad *et al*, 2017).

Studi sebelumnya (Seber *et al*, 2000) fokus kepada penggunaan SIG untuk mempelajari batas lempeng berdasarkan data DEM (*Digital Elevation Model*). Seber *et al* (2001) mempelajari sebaran distribusi episenter gempa dan lokasi hiposenter pada DEM untuk mengevaluasi peta bahaya gempa.

2. AREA STUDI DAN METODOLOGI

2.1. Area Studi

Studi area untuk riset ini adalah di Jakarta Pusat. Secara astronomi, Jakarta Pusat terletak diantara $106^{\circ}22'42''$ dan $106^{\circ}58'18''$ BT serta diantara $5^{\circ}19'12''$ and $6^{\circ}23'54''$ LS. Dalam BPS (2018), Jakarta Pusat terletak di jantung ibu kota negara. Sangat spesial karena merupakan pusat pemerintahan, keuangan, politik, dan bisnis. Jakarta Pusat juga memiliki luas area terkecil di ibu kota negara dengan luas area sekitar $48,3 \text{ km}^2$ yang terbagi dalam 8 kecamatan yaitu Gambir, Tanah Abang, Menteng, Senen, Cempaka Putih, Johar Baru, Kemayoran, dan Sawah Besar.

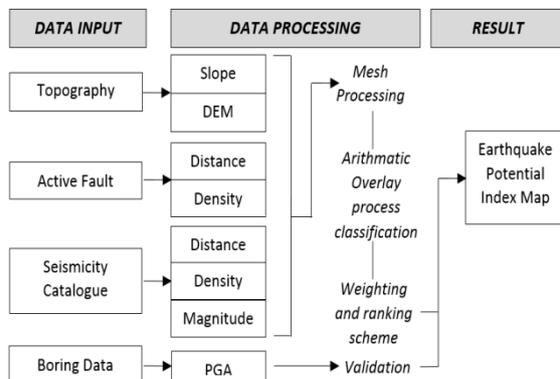
Piramita (2012) mencatat bahwa Jakarta Pusat memiliki rata-rata 19.000 penduduk per

km². Hal ini membuatnya menjadi kota terpadat di provinsi ibu kota negara Jakarta. Kota ini juga tercatat berpenduduk 898.883 penduduk dalam sensus 2010.

2.2. Metodologi

Peta bahaya gempa sangat membantu dalam mengestimasi percepatan pergerakan tanah di lokasi yang digunakan oleh insinyur sipil dalam mendesain bangunan dan infrastruktur. Keakuratan dalam mengestimasi *Peak Ground Acceleration* (PGA) adalah isu yang paling penting. Tetapi, dalam studi ini, metodologi yang dipakai untuk memprediksi potensi bahaya gempa secara umum sedikit berbeda dari teknik tradisional berupa fungsi probabilistik atau deterministik.

Studi ini menggunakan beberapa parameter seperti histori gempa, lokasi episenter, patahan, DEM, dan informasi kelerengan di area studi untuk mengevaluasi bahaya gempa. Gambar 2 mendeskripsikan alur pikir penelitian dari mulai input data, kemudian pengolahan data berupa *mesh processing*, *scoring* dan pembobotan, sampai dengan validasi hasil dengan data bor yang diolah menjadi PGA.



Gambar 2. Diagram alur pikir penelitian.

Penelitian ini menggambarkan bahaya gempa dengan indeks yang disebut *Earthquake Potential Index* (EPI) sesuai dengan rumus berikut ini (Ahmad *et al*, 2017) :

$$EPI_{(i,j)} = 0.1DEM_{(i,j)} + 0.1Slope_{(i,j)} + 0.15Den_{F(i,j)} + 0.15Den_{Ev(i,j)} + 0.2ML_{(i,j)} + 0.15Dis_{F(i,j)} + 0.15Dis_{epi_{ev}(i,j)}$$

EPI : *Earthquake Potential Index*

DEM : *Digital Elevation Model*

Slope : *Slope Angle in degrees*

Den_F : *Density of Active Faults*

Den_{Ev} : *Density of Earthquake Epicenters*

ML : *The Earthquake Magnitude*

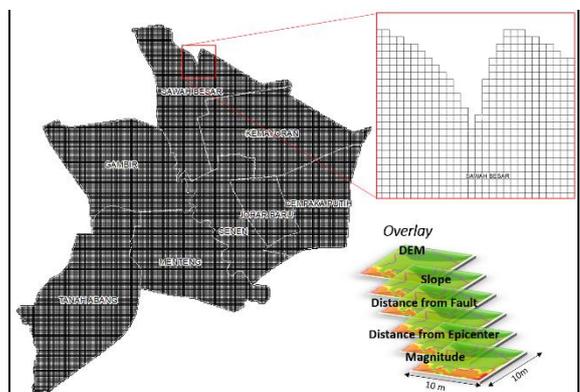
Dis_F : *Distance to an Active Fault*

Dis_{epi_{ev}} : *Distance to Epicenter of an Earthquake*

i,j : *The cell coordinates (longitude and latitude)*

Ahmad *et al* (2017) menjelaskan bahwa model ini, parameter Gutenberg-Richter, waktu kejadian gempa, kemungkinan lokal, maksimum magnitude gempa, dan kepadatan episenter gempa menggambarkan seismisitas disebuah area. Jarak dari patahan aktif dan dari episenter digunakan untuk menggambarkan parameter atenuasi. Area seismik aktif yang tinggi biasanya digambarkan dengan kepadatan patahan yang tinggi. Hasi peta bahaya gempa adalah berupa distribusi non-linear dari gerakan permukaan tanah sepanjang zona seismotektonik, patahan, dan poin lokasi sumber seismik.

Semua parameter diproses dengan sistem grid/mesh (Gambar 3) menggunakan *Arc GIS software*. Koordinat sistem pada grid sama dengan koordinat data geografi. Luas setiap grid/mesh/sel/ sekitar 10 m². Total sistem grid pada area studi adalah 494.865 sel. Setiap sel akan memiliki nilai dari setiap parameter yang digunakan untuk mengkalkulasi nilai EPI.



Gambar 3. Sistem *grid/mesh* 10m² di Jakarta Pusat. Setiap grid memiliki nilai dari setiap parameter sebagai hasil dari proses *overlay*.

Skema pembobotan dan *ranking* pada studi ini menggunakan metode *natural breaks* dan *equal interval* dalam melakukan klasifikasi. Klasifikasi *natural breaks* sering disebut juga *goodness of variance fit* (GVF). Dientang tertentu, GVF mencapai maksimum ketika *variance* dari rata-rata kelas mencapai nilai minimum, berarti proses klasifikasi tercapai (Jenks, 1967). Sementara itu klasifikasi *equal interval* adalah membagi rentang atribut nilai dengan ukuran sub-rentang yang sama.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

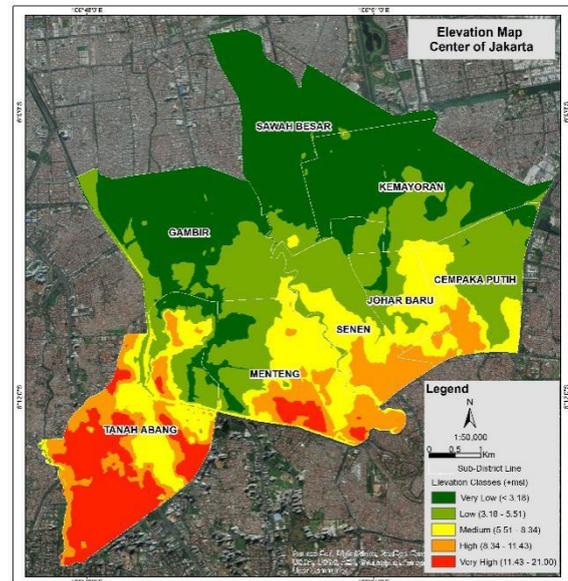
3.1. DEM

DEM dari topografi digunakan untuk mengidentifikasi kondisi permukaan tanah yang diistilahkan dengan kecepatan gelombang S (*shear*). Area yang rendah merepresentasikan amplifikasi yang tinggi dimana area yang tinggi merepresentasikan amplifikasi yang rendah (Ahmad *et al*, 2017).

Dalam model ini, elevasi hanya berkontribusi 10% pada EPI. Elevasi juga menggambarkan kondisi lokal seismik dan juga menunjukkan efek dari geologi yang kontras. Jika suatu area adalah region seismik aktif, maka semua parameter harus bernilai tinggi untuk hasil akhir EPI. Area yang berelevasi rendah merepresentasikan tipe tanah lembut dengan kecepatan rendah. Area elevasi tinggi (aktif atau tidak aktif) seharusnya terbentuk dari aktivitas seismik masa lalu, yang mungkin akan berulang dimasa yang akan datang.

Penelitian ini menggunakan kontur interval 1 meter area Jakarta tahun 2011 yang diperoleh dari BAPPEDA DKI Jakarta. Berdasarkan data tersebut, area terendah di Jakarta Pusat memiliki ketinggian 0,2 meter dibawah permukaan laut dan berlokasi di kecamatan Sawah Besar. Sementara, area

dengan elevasi tertinggi sekitar 11 m di atas permukaan laut dan berlokasi di Kecamatan Tanah Abang.



Gambar 4. Peta elevasi Jakarta Pusat.

Hasil interpolasi menggunakan *the topo to raster tool* di Arc GIS ditunjukkan oleh Gambar 4. Peta elevasi pada gambar tersebut terbagi menjadi 5 kelas dengan satuan meter di atas permukaan laut diantaranya sangat rendah (<3,18), rendah (3,18-5,51), medium (5,51-8,34), tinggi (8,34-11,43), dan sangat tinggi (11,43-21,00). Secara spasial juga tergambar pada Gambar 4 bahwa kelas elevasi sangat rendah terletak di bagian utara area studi meliputi kecamatan Sawah Besar, Gambir, dan Kemayoran. Sementara kelas elevasi rendah berada di bagian tengah area studi. Kelas elevasi sangat tinggi berada dibagian barat daya area studi dan sebagian besar terletak di Kecamatan Tanah Abang.

3.2. Kelerengan (*Slope*)

Kelerengan telah menjadi salah satu faktor penting semenjak konfigurasi kelerengan dan kecuraman memainkan pola konjungsi dalam litologi. Nilai rendah kelerengan akan

merepresentasikan tipe tanah lembut dengan kecepatan rendah. Gempa mungkin terjadi dimana saja di area datar atau tinggi topografi, tetapi area perbukitan lebih potensi terjadi gempa ketika termasuk area seismik aktif. Kecuraman lereng merefleksikan tektonik aktif yang tinggi.

Kelerengan dalam studi ini dibangun dari data topografi (kontur interval 1 meter). Untuk setiap sel, kelerengan dihitung dari rata-rata maksimum dari perubahan nilai sel tetangganya. Perubahan tinggi maksimum yang melebihi jarak diantara sel dengan sel tetangganya mengindikasikan lembah paling curam dari sel. Konsepnya, fungsi kelerengan sesuai nilai-z dari sel tetangga sekitarnya (Burrough, P. A., dan McDonell, R. A. ,1998).

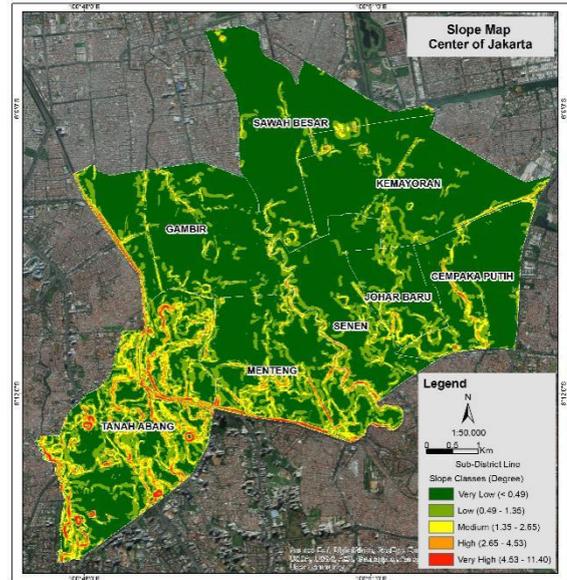
Rata-rata perubahan permukaan arah horizontal (dz/dx) dan vertikal (dz/dy) adalah dari determinasi kelerengan sel pusat. Dasar algoritma yang digunakan untuk menghitung kelerengan (Burrough, P. A., dan McDonell, R. A. ,1998) adalah

$$\text{Sloperadians} = \text{ATAN} \left(\sqrt{\left(\left[\frac{dz}{dx} \right]^2 + \left[\frac{dz}{dy} \right]^2 \right)} \right)$$

dan juga kelerengan umumnya diukur dalam satuan *degrees*, menggunakan algoritma :

$$\text{Slope degrees} = \text{ATAN} \left(\sqrt{\left(\left[\frac{dz}{dx} \right]^2 + \left[\frac{dz}{dy} \right]^2 \right)} \right) \times 57.29578$$

Nilai 57,29578 adalah hasil dari 180/pi.



Gambar 5. Peta kelerengan Jakarta Pusat.

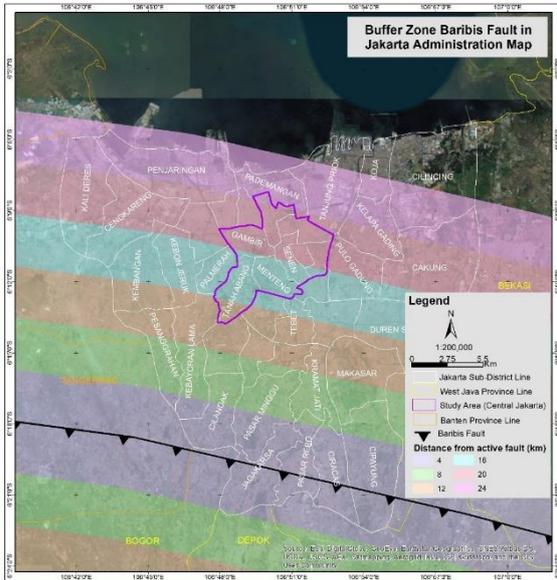
Kelerengan pada model penelitian ini berkontribusi sebesar 10% pada EPI. Gambar 5 menampilkan 5 kelas berdasarkan variasi kelerengan di Jakarta Pusat dengan satuan *degree* antara lain sangat rendah (<0,49); rendah (0,49-1,35); medium (1,35-2,65); tinggi (2,65-4,53); dan sangat tinggi (4,53-11,4). Berdasarkan peta kelerengan tersebut, dapat dikatakan bahwa kelerengan di Jakarta Pusat umumnya bernilai dibawah 5 *degree*. Hanya sebagian kecil memiliki kelerengan diatas 5 *degree* yang berlokasi di kecamatan Tanah Abang dan Menteng. Jadi umumnya areanya datar.

Kelerengan rendah merepresentasikan area yang datar dan kelerengan tinggi merepresentasikan area yang curam. Hasil olah data ini sesuai dengan penelitian Cipta *et al* (2018) bahwa topografi Jakarta secara umum adalah area dengan kelerengan 1-10%.

3.3. Patahan Aktif (Active Fault)

Patahan aktif dan distribusi kepadatannya (*density*) mengindikasikan tingginya kemungkinan terjadinya gempa kuat dimasa yang akan datang. Distribusi kepadatan patahan per unit area dan jarak dari patahan

aktif utama dikalkulasi dengan SIG. Di dalam studi area Jakarta Pusat tidak ditemukan patahan aktif, sehingga parameter kepadatan ditiadakan.



Gambar 6. Buffer area patahan Baribis di Jakarta Pusat

Dalam probabilistik dan deterministik teknik bahaya gempa, kekuatan gempa ($M > 5$) mempunyai pengaruh besar dalam mengevaluasi bahaya gempa. Diketahui bahwa kekuatan gempa besar menurun berdasarkan jarak. Model penelitian ini jarak dipertimbangkan setiap kelipatan 4 km dari patahan aktif. Parameter jarak dari patahan aktif ini berkontribusi 15% pada EPI.

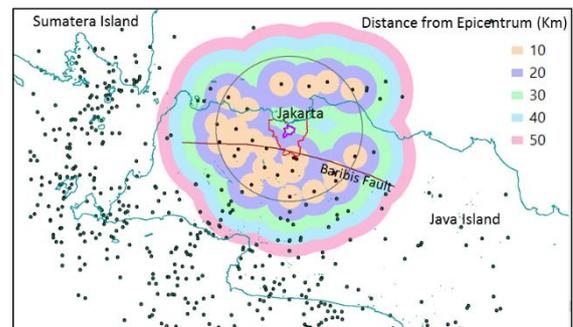
Buffering patahan aktif (Gambar 6) dibagi menjadi 5 kelas setiap 4 km menggunakan klasifikasi *equal interval*. Semakin jauh jarak suatu area dari patahan aktif, mengindikasikan bahwa area tersebut memiliki peluang yang semakin kecil dampaknya akibat gempa.

3.4. Episenter dan Magnitudo

Distribusi episenter gempa masa lalu merefleksikan seismik aktif, begitupun dengan distribusi kepadatan episenter per unit area.

Intensitas seismik menurun seiring dengan jarak karena berkurangnya energi gempa akibat penghamburan dari penyerapan medium geologi. Distribusi episenter gempa menunjukkan aktivitas tektonik dan kemungkinan terjadinya gempa di tempat yang sama dengan merujuk kepada waktu pengulangan. Kepadatan episenter di suatu lokasi mengindikasikan tingginya kemungkinan terjadi gempa kuat dikemudian hari. Jarak dari episenter gempa juga menjadi faktor kunci untuk mengevaluasi bahaya di area yang spesifik.

Histori kejadian gempa (lokasi, magnitudo, waktu kejadian) dari USGS (*United States Geological Survey*) pada tanggal 1 Januari 1990 sampai dengan 13 Juni 2018 telah digunakan pada riset kali ini. Histori episenter yang dipilih hanya gempa yang berkekuatan di atas 4,5 M dengan batas area: maksimum *latitude* -4,982 ; minimum *latitude* -8,255; maksimum *longitude* 108,49; and minimum *longitude* 104,908. Berdasarkan kriteria tersebut maka terdapat sekitar 580 kejadian gempa disekitar area studi (Gambar 7).

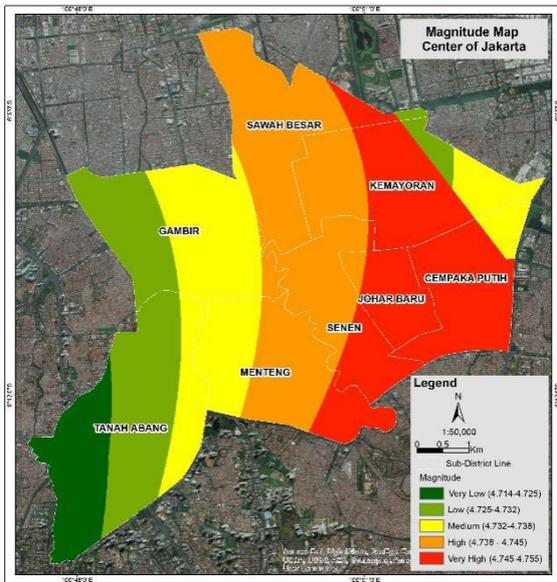


Gambar 7. Episenter gempa sekitar Jakarta dan buffer episenter setiap 10 km

Gempa akan kehilangan tenaganya untuk merusak bangunan sampai mencapai radius 50 km dari episenter (Ahmad *et al*, 2017). Oleh karena itu, data tersebut di-*cropped* sejauh 50 km dari Jakarta Pusat kemudian dibuat *buffer* setiap 10 km (Gambar 7). Jarak dari episenter dan kepadatan episenter masing-masing berkontribusi 15% ke EPI, tetapi episenter hanya ditemukan di luar area studi, sehingga

kepadatan episenter di area studi tidak dapat dikalkulasi.

Magnitudo pada penelitian ini berkontribusi 20% untuk membentuk EPI. Untuk kasus seismotektonik tertentu, magnitudo gempa dan lokasinya dikalkulasi tanpa memperhitungkan kedalamannya (Ahmad *et al*, 2017). Histori episenter pada studi kali ini semua terletak di luar area studi, oleh karena itu dilakukan interpolasi untuk mengestimasi besaran magnitudo di area studi menggunakan teknik IDW (*inverse distance weighted*). Watson, D. F. dan G. M. Philip (1985) menjelaskan IDW berbanding terbalik dengan meningkatnya jarak. Nilai yang tinggi adalah yang memiliki jarak yang terdekat.



Gambar 8. Peta magnitudo di Jakarta Pusat hasil interpolasi dengan teknik IDW

Gambar 8 adalah hasil interpolasi magnitudo menggunakan teknik IDW dengan *software Arc GIS*. Terdapat 5 kelas magnitudo dengan klasifikasi *natural break* diantaranya adalah sangat rendah (4,714-4,725); rendah (4,725-4,732); medium (4,732-4,738); tinggi (4,738-4,745); dan sangat tinggi (4,745-4,755). Secara umum nilai magnitudo di Jakarta Pusat tidak lebih dari 4,8 M dan mempunyai variasi nilai yang tidak besar. Dari gambar 8, juga

dapat dilihat bahwa area tengah studi dari utara ke selatan memiliki magnitudo lebih besar dari bagian timur atau bagian barat area studi.

3.5. Earthquake Potential Index (EPI)

Proses identifikasi indeks potensi bahaya gempa adalah dengan mengkalkulasi 7 parameter pada penelitian ini. Setiap parameter diklasifikasikan dalam 5 kelas. *Skoring* dan pembobotan setiap parameter disajikan dalam tabel 1.

Tabel 1. Skema *skoring* dan pembobotan (Ahmad *et al*, 2017) setiap parameter untuk menentukan EPI

Data Layers	Size	Classes	Weight	Rank
Elevation	Meter	< 3.18	1	0.1
		3.18 - 5.51	2	
		5.51 - 8.34	3	
		8.34 - 11.43	4	
		11.43 - 20.93	5	
Slope	Degree	< 0.49	1	0.1
		0.49 - 1.35	2	
		1.35 - 2.65	3	
		2.65 - 4.53	4	
		4.53 - 11.39	5	
Magnitude	Interpolated Image (IDW Methode)	4.714- 4.725	1	0.2
		4.725 - 4.732	2	
		4.732 - 4.738	3	
		4.738 - 4.745	4	
		4.745 - 4.755	5	
Density of fault distribution per unit area	Unit Area	0	0	0.15
Density of event distribution per unit area	Unit Area	0	0	0.15
Distance of active fault	Kilometer	0-4.0	5	0.15
		4.0-8.0	4	
		8.0-12.0	3	
		12.0-16.0	2	
		> 16.0	1	
Distance of earthquake epicenter	Kilometer	0-10.0	5	0.15
		10.0-20.0	4	
		20.0-30.0	3	
		30.0-40.0	2	
		40.0-50.0	1	

Dalam skema ini skor/*rank* dan bobot ditentukan berdasarkan parameter yang dianggap penting. Semakin tinggi pembobotan (*weight*) berarti semakin besar peluang untuk terjadinya gempa. *Skoring* dan pembobotan paling tinggi pada riset ini adalah parameter magnitudo gempa.

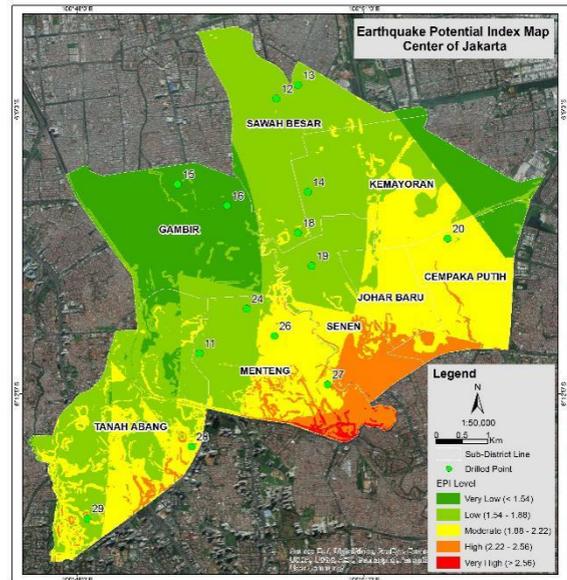
Disetiap sel/mesh/grid seluas 10 m² memiliki nilai yang kemudian dikalikan dengan skor yang telah ditetapkan dan kemudian ditambahkan untuk semua parameter untuk memperoleh EPI.

$$EPI = \sum_{i=1}^5 (R_i \times W_{ij})$$

dimana R_i menunjukkan skor dari parameter i dan W_{ij} menunjukkan bobot kelas dari tiap parameter i .

Semua perhitungan menggunakan *tool field calculator* di *Arc GIS*. Kemudian untuk membuat kelas dari EPI digunakan metode klasifikasi *equal interval*. Di Jakarta Pusat, EPI memiliki rentang 1,2-2,9 yang diklasifikasikan kedalam 5 kelas yaitu sangat tinggi (2,56-2,9); tinggi (2,22-2,56); moderat (1,88-2,22); rendah (1,54-1,88); dan sangat rendah (1,2-1,54). Secara statistik nilai rata-rata EPI di studi area adalah 1,768847 dengan standar deviasi 0,288823. Hal ini menunjukkan tidak terlalu besar variasi nilai EPI karena nilai-nilai sebaran EPI di studi area berdekatan dengan nilai rata-rata EPI.

Gambar 9 menunjukkan tentang pola spasial sebaran EPI pada studi area. Peta EPI ini menjelaskan hanya sedikit area di Jakarta Pusat mempunyai nilai EPI yang sangat tinggi dan sebagian besar berada di sebelah tenggara studi area, tepatnya di kecamatan Menteng. Peta itu juga mengilustrasikan secara spasial bahwa semakin ke utara area studi menunjukkan EPI yang semakin kecil.



Gambar 9. Peta EPI di Jakarta Pusat

3.6. Validasi EPI dengan PGA

Validasi pada studi ini adalah untuk melihat kesamaan tren dari nilai EPI dan PGA dikarenakan EPI dan PGA berbeda secara satuan unit. EPI berupa indeks sementara PGA dalam bentuk nilai akselerasi percepatan tanah.

Data PGA diperoleh melalui dua cara. Pertama merupakan hasil dari perhitungan data pengeboran yang diubah dengan suatu formula berdasarkan pedoman pada SNI (Standar Nasional Indonesia) untuk memperoleh PGA. Yang kedua adalah dari data sekunder yang didapat dari instansi yang melakukan pemboran.

Data pemboran di 14 lokasi (Gambar 10) di studi area diperoleh dari BPPT (2014). Data pemboran yang dimaksud adalah data SPT (*standard penetration test*) dan data ketebalan (*thickness*) tanah. Data tersebut dihitung dengan menggunakan panduan perhitungan nilai PGA berdasarkan SNI standar desain bangunan tahun 2002.



Kode	y	x	Location
11	-6.192893	106.821304	Bank DKI dan Modern Plaza (M.H. Thamrin)
12	-6.148178	106.834694	Medium Hotel dan Office (Gunung Sahari)
13	-6.145789	106.838471	Aster Tower (Rajawali Selatan)
14	-6.164563	106.840187	Bank Danamon (Jl. H. Samanhudi)
15	-6.163197	106.817528	Gajah Mada Galeria (Jl. Gajah Mada)
16	-6.166952	106.826111	Mixed Use Complex (Jl. Pacenongan)
18	-6.171731	106.838471	Departemen Keuangan (Dr. Wahidin)
19	-6.177533	106.840874	Segitiga Senen (Senen Raya)
20	-6.172755	106.864563	Cempaka Metropolitan (Letjen Suprpto)
24	-6.185043	106.829544	Bimantara Building (Jl. Kebon Sirih)
26	-6.189821	106.834351	Gondangdia Apartment
27	-6.198354	106.84362	Office Building (Jl. Raden Saleh 40)
28	-6.209276	106.819931	Sahid Perdana Hotel (Jl. Jend. Sudirman)
29	-6.221904	106.801735	Living Zone Senayan Square (Senayan)

Gambar 10. Lokasi pengeboran (BPPT,2014).

Dua Grafik pada Gambar 11 dan Tabel 2 menunjukkan EPI yang dihasilkan dari perhitungan parameter-parameter atas permukaan memiliki indikasi tren yang sama dengan hasil perhitungan PGA. Lokasi bor nomor 2, 8, dan 14 (Tabel 2) yang memiliki tipe tanah sedang/medium dan keras menunjukkan tren yang sama dalam grafik PGA dan EPI.

Seperti diketahui bahwa secara teori tanah lunak/*soft* cenderung memiliki PGA lebih tinggi daripada tanah keras. Namun, di lokasi bor nomor 2, 8, dan 14 atau kode bor 12, 19, dan 29 yang memiliki tanah sedang atau keras dianalisis secara spasial dengan lokasi kode pengeboran terdekat, maka dapat dibuktikan bahwa PGA lain lebih tinggi karena tanahnya lunak. Demikian juga, dengan EPI, kode lokasi pengeboran terdekat yang memiliki tanah sedang atau keras memiliki nilai EPI yang lebih tinggi atau sama.

Sebagai contoh, lokasi pemboran nomor 14 yang memiliki kode 29 di peta EPI (Gambar 9) memiliki lokasi paling dekat dengan lokasi yang pemboran nomor 13 yang memiliki kode 28, jika EPI dan PGA mereka dibandingkan (Tabel 2), maka hasilnya adalah kode pemboran 29 bandingkan 28 (29/28) memiliki nilai EPI (1,95/2,1); PGA10_50 (0,187/0,238); PGA10_100 (0,310 / 0,393); PGA02_50 (0,370/0,469); PGA SNI 2002 (0,18/0,30). Tampaknya semua nilai PGA dan EPI kode bor 29 lebih rendah dari kode bor 28.

Tabel 2. EPI, PGA dari BPPT (2014) dan PGA dari SNI (2002) di 14 lokasi pengeboran.

No.	Code	BPPT (SNI 2012)				SNI 2002				EPI
		PGA10_50	PGA10_100	PGA02_50	Av_Nspt	Soil	Zone	PBA_zone	PGA	
1	11	0.235	0.390	0.467	7.17	Soft	3	0.15	0.30	1.95
2	12	0.224	0.372	0.446	15.16	Medium	3	0.15	0.23	1.6
3	13	0.226	0.377	0.452	9.44	Soft	3	0.15	0.30	1.6
4	14	0.231	0.384	0.460	6.12	Soft	3	0.15	0.30	1.6
5	15	0.234	0.389	0.466	3.35	Soft	3	0.15	0.30	1.4
6	16	0.231	0.384	0.460	7.91	Soft	3	0.15	0.30	1.4
7	18	0.227	0.378	0.452	13.55	Soft	3	0.15	0.30	1.7
8	19	0.226	0.376	0.450	15.81	Medium	3	0.15	0.23	1.7
9	20	0.227	0.377	0.452	12.51	Soft	3	0.15	0.30	2
10	24	0.230	0.382	0.456	13.00	Soft	3	0.15	0.30	1.65
11	26	0.233	0.386	0.462	9.00	Soft	3	0.15	0.30	1.95
12	27	0.236	0.392	0.469	2.51	Soft	3	0.15	0.30	2.05
13	28	0.238	0.393	0.469	7.56	Soft	3	0.15	0.30	2.1
14	29	0.187	0.310	0.370	82.29	Hard	3	0.15	0.18	1.95

Code : Location drilled point code;

PGA10_50 : PGA with probability exeedence 10% in 50 years;

PGA10_100 : PGA with probability exeedence 10% in 100 years;

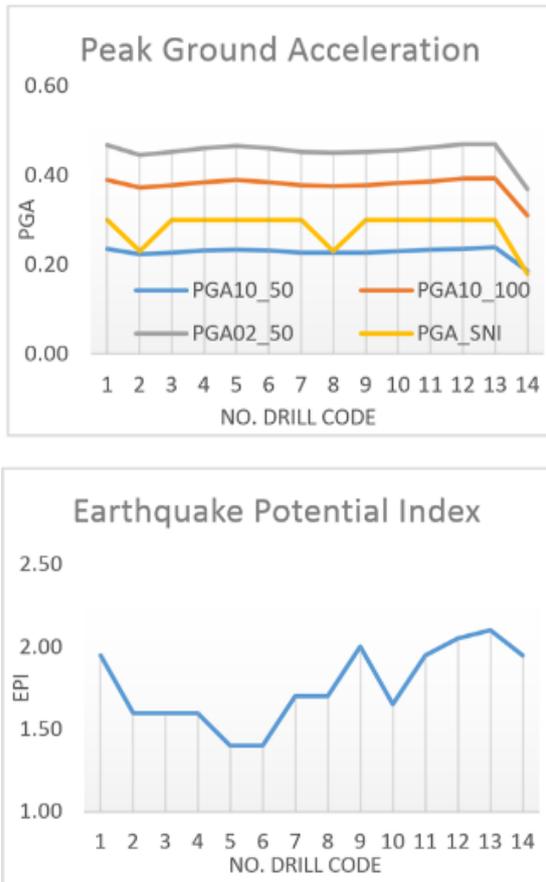
PGA02_50 : PGA with probability exeedence 2% in 50 years;

Av_Nspt : Average N standard penetration test;

Zone : Seismic zone in SNI 2002;

PGA_SNI : PGA based on SNI 2002 calculation;

EPI : Earthquake potential index



Gambar 11. Grafik PGA (Atas) dan grafik EPI (Bawah)

Contoh tersebut memberikan gambaran adanya kesamaan tren antara EPI yang memiliki satuan indeks dengan PGA yang memiliki satuan unit percepatan tanah. Namun disadari, masih perlu pembuktian lebih akurat dengan sampel yang lebih banyak untuk menambah kualitas dari proses validasi.

4. KESIMPULAN

Dalam riset ini, teknik SIG telah digunakan untuk memproses beberapa variasi layar-layar tematik untuk membuat peta bahaya gempa dengan skema *scoring* dan pembobotan, *gridding/meshing*, dan integrasi data spasial. Studi ini telah menunjukkan bahwa model yang diajukan sangat beralasan untuk

membandingkan EPI dengan PGA di studi area Jakarta Pusat.

Model EPI menggunakan parameter histori gempa, episenter, patahan, DEM, dan kelerengan. Setiap parameter diklasifikasikan menjadi 5 kelas dengan metode *natural breaks* dan *equal interval* kemudian dilakukan skema *scoring* dan pembobotan dan integrasi data spasial dengan sistem *gridding/meshing* 10 m².

Hasilnya, EPI dengan kelas sangat tinggi tidak terlalu luas di Jakarta Pusat. EPI sangat tinggi juga pada umumnya teridentifikasi di sebelah tenggara studi area, tepatnya di Kecamatan Menteng. Secara spasial juga nampak bahwa semakin ke utara area studi, menunjukkan nilai EPI yang semakin kecil. Nilai EPI ini juga telah divalidasi dengan nilai PGA di beberapa titik dan menunjukkan adanya kesamaan tren walaupun masih diperlukan lebih banyak pengujian lagi untuk hasil yang lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, R.A., Singh R.P., Adris, A. 2017. Seismic hazard assessment of Syria using seismicity, DEM, slope, active faults and GIS. Remote Sensing App, <http://dx.doi.org/10.1016/j.rsase.2017.04.003>
- BPPT. 2014. Earthquake risk reduction in Jakarta. Report and recommendation. Jakarta: Indonesia.
- BPS. 2018. Statistics of Jakarta Pusat. Jakarta : BPS.
- Burrough, P. A., and Mc Donell, R. A. 1998. Principles of Geographical Information Systems. Oxford University Press, New York, 190 pp.
- Jenks G. F. 1967. The data model concept in statistical mapping. International Yearbook of Cartography, 7, 186–190.
- Koulali, A., Susilo, S., McClusky, S., Meilano, I., Cummins, P., Tregoning, P., Lister, G., Efendi, J., Syafi'i, M.A. 2016. Crustal strain

partitioning and the associated earthquake hazard in the eastern Sunda-Banda Arc. *Geophys. Res. Lett.* 43,1943–1949. 2016GL067941.

Nguyen, N., Cipta, A., Cummins, P., Griffin, J. 2015. Indonesia's Historical Earthquakes: Modelled Examples for Improving the National Hazard Map. Canberra : Geoscience Australia.

Primanita, Arientha. Cramped Capital Facing Ecological Suicide. Archived April 5, 2012, at the Wayback Machibe. Jakarta Globe. September 7, 2010. Retrieved on September 16, 2010.

Seber, D., Steer, D., Sandvol, E., Sandvol, C., Brindisi, C., Barazangi, M. 2000. Design and development of information systems for the geosciences: an application to the middle east. *GeoArabia. Gulf Pet. Bahrain* 5 (2), 295–322 (2000).

Seber, D., Sandvol, E., Sandvol, C., Brindisi, C., Barazangi, M. 2001. Crustal model for the Middle East and North Africa region: implications for the isostatic compensation mechanism. *Geophys. J. Int.* 147, 630–638.

Sahoo, P.K., Kumar, S., Singh, P.R. 2000. Neotectonic studies of Ganga and Yamuna tear faults, NW Himalaya using remote sensing and GIS. *Int. J. Remote Sens.* 21 (3), 499–518.

SNI. 2002. Seismic Resistance Design Standard for Buildings. Indonesian National Standarization Agency. 02-1726