

**ANALISIS *CLUSTERING* GEMPA BUMI SELAMA SATU BULAN TERAKHIR  
DENGAN MENGGUNAKAN ALGORITMA SELF-ORGANIZING MAPS (SOMs)  
KOHONEN**

Baiq Siska Febriani A, RB Fajriya Hakim  
Program Studi Statistika Fakultas MIPA Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta

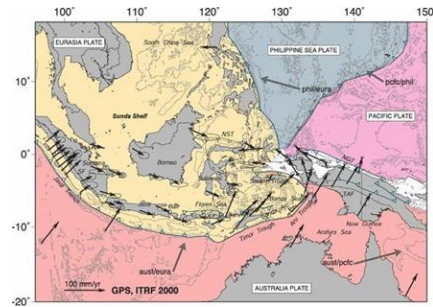
baiqsiskafebrianiastuti@gmail.com, hakimf@fmipa.uii.ac.id

**ABSTRAK.** Di Indonesia Gempa bumi selalu terjadi setiap hari tetapi banyak yang tidak dirasakan karena magnitudnya yang kecil dan pusat gempa yang jauh dari wilayah pemukiman warga. Berdasarkan penyebabnya gempabumi dibagi menjadi dua yaitu gempa bumi vulkanik disebabkan oleh aktifitas gunung api dan gempa bumi tektonik yang disebabkan oleh pergerakan lempeng bumi. Pada penelitian ini diambil data gempa bumi selama satu bulan (24 Desember 2014 – 24 Januari 2015) dan selama satu bulan itu frekuensi terjadinya gempa bumi sebanyak 310 kejadian gempa bumi. Penelitian ini mengenai *cluster* gempa bumi menjadi 3 *cluster* dari data gempa bumi selama satu bulan. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode *Self-Organizing Map* dengan algoritma Kohonen. Pada penelitian ini menghasilkan tiga cluster dimana cluster ke-3 yang paling banyak diantara cluster 1 dan cluster 2. Sehingga di antara 310 kejadian gempa bumi tersebut diperoleh bahwa lebih sering terjadi gempa bumi dengan *magnitude* dan *depth* yang kecil (gempa bumi ringan)

**Kata Kunci:** gempa bumi, *Self-Organizing Map*(SOMs), *cluster*, *magnitude*.

## 1. PENDAHULUAN

Negara Indonesia terletak diantara pertemuan tiga lempeng besar dunia yang sangat aktif yaitu lempeng Eurasia, lempeng Indo-Australia dan lempeng Pasifik, tidak hanya tempat pertemuan 3 lempeng besar tapi terdapat lempeng mikro Filipina, sehingga Indonesia sering seklai dilanda gempa bumi seperti yang ada pada gambar 1 berikut ini. Negara Indonesia juga merupakan Negara yang termasuk memiliki gunung api teraktif di dunia sehingga sering terjadi bencana gempa bumi akibat aktifitas magma didalam perut bumi yang menyebabkan sering terjadinya gempa local disekitaran daerah gunung berapi. Bukan hanya itu saja yang menyebabkan daerah daerah di Indonesia sering terjadi gempa. Gempa bumi yang disebabkan oleh aktifitas gunung berapi disebut gempa Vulkanik sementara gempa yang diakibatkan oleh pergerakan lempeng disebut gempa Tektonik.



**Gambar 1.** Tatanan lempeng Eurasia, Pasifik dan Indo-Australia[2].

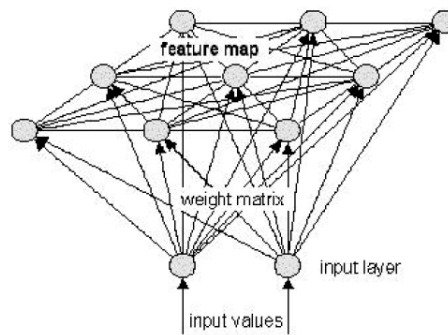
Akibat tumbukan antar lempeng itu maka terbentuk daerah penunjaman atau subduksi. Daerah penunjaman oleh lempeng Indo-Australia memanjang di sebelah Barat Pulau Sumatera, sebelah Selatan Pulau Jawa hingga ke Bali dan Kepulauan Nusa Tenggara bergerak ke utara sekitar 50-70 mm/tahun. Kemudian di sepanjang tepian Lempeng Kepulauan dari Pulau Timor ke arah Timur dan terus memutar ke Utara berlawanan arah jarum jam menuju wilayah perairan Maluku, Lempeng Benua Australia menabrak dengan kecepatan sekitar 70 mm/tahun. Jadi di wilayah ini yang terjadi bukan penunjaman lempeng lautan lagi tapi zona tumbukan lempeng benua terhadap lempeng kepulauan. Di antara Indonesia Timur, Lempeng Pasifik menabrak sisi utara Pulau Irian dan pulau-pulau di utara Maluku dengan kecepatan 120 mm/tahun, dua kali lebih cepat dari kecepatan penunjaman lempeng di bagian sisi Barat dan Selatan Indonesia. Sementara yang lebih kompleks dan rumit adalah penunjaman pada pertemuan antara beberapa lempeng yang terjadi di bagian utara pulau Sulawesi dan kawasan Laut Maluku. Di kawasan ini terdapat subduksi ganda, akibat subduksi (penunjaman) lempeng Pasifik terhadap lempeng Eurasia menimbulkan dua busur melengkung yang arahnya berbeda, yaitu busur Halmahera dan Busur Mayu-Sangihe. Busur Mayu sejajar dengan Halmahera, menunjam ke arah timur. Sedangkan Busur Halmahera menunjam ke barat mengarah ke Filipina dan Perairan Maluku. Tekanan dahsyat karena pergerakan dari empat lempeng besar bumi ini menyebabkan interior lempeng bumi dari Kepulauan Indonesia terpecah-pecah menjadi bagian-bagian kecil kerak bumi yang bergerak antar satu terhadap lainnya yang dibatasi oleh patahan-patahan aktif [8].

Berdasarkan data dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) bahwasannya di Indonesia setiap harinya sering terjadi gempa bumi dengan *magnitude* 1 Skala Richter sampai 3 Skala Richter dan sering dikatakan gempa mikro. Setiap hari gempa bumi selalu terjadi di wilayah Indonesia dengan *magnitude* dibawah 5 Skala Richter sehingga tidak dapat dirasakan dan pusat gempa yang jauh dari daerah pemukiman juga dapat mempengaruhi besarnya getaran gempa yang dirasakan. Pergerakan lempeng Indo-Australia yang bergerak ke arah utara dengan kecepatan *relative* terhadap lempeng Eurasia sebesar 7 cm/tahun [9]. Kejadian gempa bumi yang terjadi setiap hari di Indonesia perlu dianalisa di daerah atau di bagian mana saja yang menjadi pusat gempa dan pada kedalaman berapa, sehingga perlu dikelompokkan. Pengelompokan gempa pada penelitian ini menggunakan metode *Cluster* dengan menggunakan *Self-Organizing Maps (SOMs)* dengan *kohonen*. Dalam penelitian ini akan di *Cluster* semua kejadian gempa bumi yang terjadi di Indonesia selama satu bulan untuk melihat pola yang terjadi sehingga memudahkan dalam pengklasifikasian wilayah yang rawan terkena gempa. Data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu data satu

bulan mulai dari tanggal 24 Desember 2014 sampai 24 Januari 2015. Dari pengelompokan sumber gempa dengan metode *Cluster* ini akan diperoleh pola dan karakteristik gempa yang terjadi selama satu bulan. Tujuan pengelompokan sumber gempa dengan metode *Cluster* ini adalah agar dapat melihat pola pola sumber gempa, di daerah mana saja yang sering terjadi gempa, dan sebagai upaya mitigasi gempa bumi agar tidak menimbulkan dampak yang hebat seperti timbulnya korban jiwa.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Pada penelitian kali ini menggunakan data sekunder yang diambil di websitenya Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika dengan alamat web <http://bmkg.go.id>. Pada penelitian ini diambil data gempa bumi selama satu bulan mulai dari tanggal 24 Desember 2014 sampai tanggal 24 Januari 2015. Variabel yang digunakan dalam menunjang analisis *cluster* gempa bumi ada 4 variabel diantaranya yaitu variabel kekuatan gempa bumi, Kedalaman pusat gempa bumi, latitude dan longitude. Analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis *cluster* [4] [5] [6] [7], dengan menggunakan metode *Self-Organizing Map (SOMs)* dengan algoritma Kohonen untuk melihat hasil *cluster* gempa bumi. Algoritma SOM merupakan salah satu teknik *soft computing* yang digunakan untuk keperluan pada metode *Artificial Neural Network* (Pujiadi, 2014). Selain itu dalam proses pelatihannya SOM tidak memerlukan pengawasan (*target output*). SOM digunakan untuk mengelompokkan (*clustering*) data berdasarkan karakteristik atau fitur-fitur data. Arsitektur dari SOM dapat dilihat pada Gambar 2 berikut ini:



**Gambar 2.** Arsitektur SOM

Berikut adalah algoritma SOM [3].

1. Inisialisasi neuron input :  $x_1, x_2, \dots, x_i$ .
2. Inisialisasi neuron output (lapisan output) sebanyak  $j \times 1 : y_{11}, y_{12}, \dots, y_{jl}$ .
3. Mengisibobot antar neuron input dan output  $ij$  dengan bilangan random 0 sampai 1.
4. Mengulang langkah 5 sampai dengan langkah 8 hingga tidak ada perubahan pada bobot  $map$  atau iterasi telah mencapai iterasi maksimal.
5. Pemilihan salah satu input dari vektor input yang ada.
6. Penghitungan jarak antar vektor input terhadap bobot ( $d_{ji}$ ) dengan masing-masing neuron output dengan rumus pada persamaan 1.
7.  $d_{ji} = \sum_{i=1}^n (\mu_{ij} - x_i)^2 \dots \dots \dots (1)$

8. Dari seluruh bobot(  $d_{jl}$  ) dicari yang paling kecil. Index dari bobot(  $d_{jl}$  ) yang paling mirip disebut winning neuron.
9. Untuk setiap bobot  $ijl_{\mu}$  diperbaharui bobot koneksi dengan menggunakan rumus yang dapat dilihat pada persamaan 2
10. 
$$\mu_{ijl}(t+1) = \mu_{ijl}(t) + \gamma(t) * h_{ijbc}(t) * (x_i(t) - \mu_{ijl}(t)) \dots \dots \dots (2)$$
11. Simpan bobot yang telah konvergen.

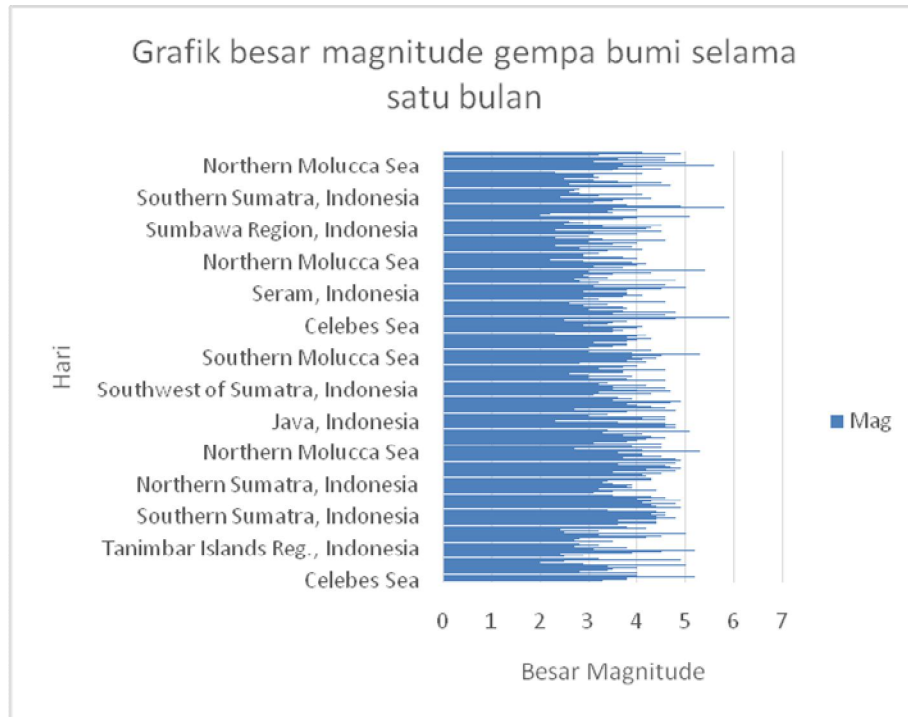
Dimana pada penelitian ini, ingin mengelompokkan kejadian gempa bumi selama satu bulan terakhir menjadi tiga *cluster*. Selama satu bulan mulai dari tanggal 24 Desember 2014 sampai tanggal 24 Januari 2015 terjadi 310 kejadian gempa bumi.

### 3. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Date	Time	Latitude	Longitude	Depth	Mag
12/24/2014: 26	00:34.6: 1	Min. :-10.700	Min. : 94.42	Min. : 10.00	Min. : 2.000
1/15/2015 : 21	00:42.8: 1	1st Qu. : -7.135	1st Qu. :114.70	1st Qu. : 10.00	1st Qu. :3.200
1/16/2015 : 20	00:51.2: 1	Median : -2.555	Median :122.33	Median : 24.50	Median :3.800
1/17/2015 : 18	01:02.2: 1	Mean : -2.871	Mean :119.60	Mean : 56.38	Mean : 3.777
1/12/2015 : 17	01:09.4: 1	3rd Qu. : 0.675	3rd Qu. :126.54	3rd Qu. : 76.75	3rd Qu. :4.300
1/19/2015 : 16	01:12.6: 1	Max. : 5.830	Max. :141.39	Max. : 568.00	Max. : 5.900
(Other) :192	(Other):304				
TypeMag	smaj	smin	az	rms	cPhase
M : 14	Min. : 0.650	Min. :0.0400	Min. : 24.0	Min. :0.0000	Min. : 4.00
mb : 31	1st Qu. : 3.143	1st Qu. :0.5100	1st Qu. :101.0	1st Qu. :0.4153	1st Qu. : 9.00
MLV :261	Median : 5.040	Median :0.8000	Median :134.5	Median :0.6875	Median : 13.50
Mw(mB): 4	Mean :11.343	Mean :0.8817	Mean :144.6	Mean :0.7300	Mean : 19.99
	3rd Qu. : 8.625	3rd Qu. :1.2200	3rd Qu. :184.8	3rd Qu. :1.0040	3rd Qu. : 20.00
	Max. :97.860	Max. :3.1900	Max. :326.0	Max. :2.1500	Max. :166.00
Region					
Minahassa Peninsula, Sulawesi	: 40				
Northern Molucca Sea	: 27				
Southern Sumatra, Indonesia	: 21				
Sumbawa Region, Indonesia	: 21				
Northern Sumatra, Indonesia	: 20				
Seram, Indonesia	: 18				
(Other)	:163				

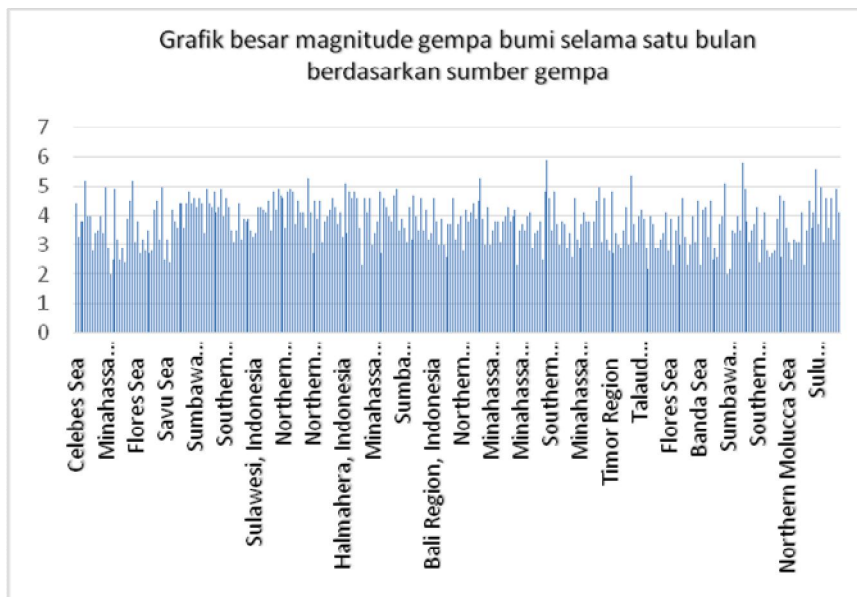
**Gambar 3.** Summary data gempa bumi selama satu bulan

Berdasarkan gambar 3 diatas dapat dilihat bahwa pada tanggal 24 Desember 2014 frekuensi terjadi gempa sebanyak 26 gempa, dilanjutkan pada tanggal 15 Desember 2014 sebanyak 21 kali terjadi gempa bumi dan seterusnya dapat dilihat pada gambar 2 diatas. Semnetara kedalaman terjadinya gempa selama satu bulan terakhir paling kecil dengan kedalaman 10 km dan paling besar dengan kedalaman 568 km. Sementara untuk kekuatan gempa (*magnitude*) dalam satu bulan terakhir gempa bumi dengan mangnitude paling kecil yang terjadi adalah sebesar 2 SR dan gempa bumi dengan *magnitude* paling besar yang terjadi dalam satu tahun terakhir adalah 5,9 SR. Dimana daerah sumber gempa yang paling sering menjadi sumber gempa selama satu rahun terakhir adalah Minahassa Peninsula di Sulawesi, hal ini terjadi karena wilayah Sulawesi terbentuk dari pertemuan lempeng lempeng sehingga di Sulawesi kerap terjadi gempa bumi dibanding daerah lainnya di Indonesia.



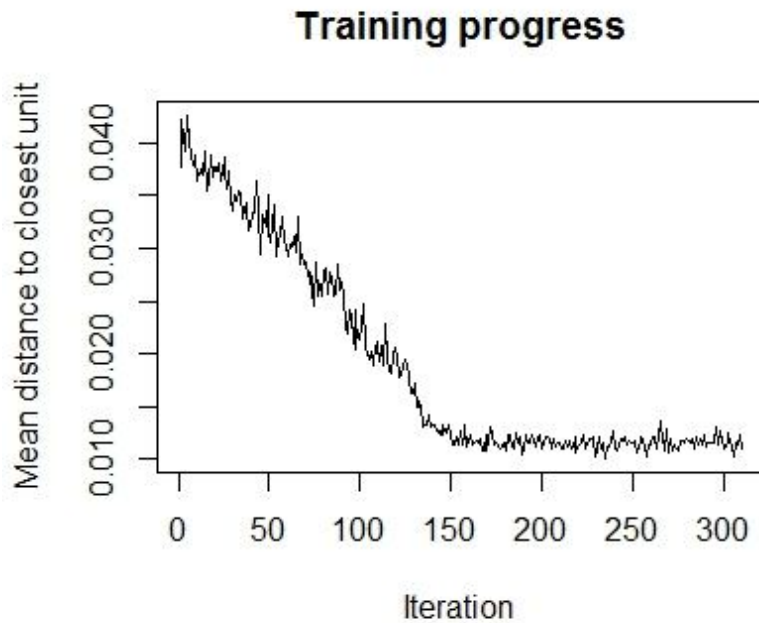
**Gambar 4.** Grafik besar magnitudo setiap harinya

Berdasarkan gambar 4 diatas dapat dilihat bahwa pada tanggal 12 Januari 2015 terjadi gempa bumi dengan *magnitudo* yang paling besar di antara *magnitudo* pada hari yang lainnya yaitu sebesar 5,9 SR.



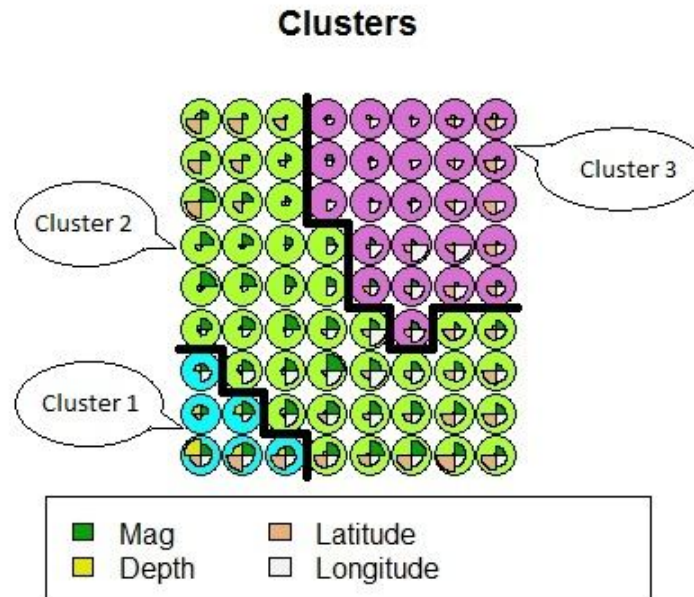
**Gambar 5.** Grafik besar magnitudo berdasarkan sumbernya

Pada gambar 5 diatas dapat dilihat bahwa perbedaan *magnitude* yang terjadi walaupun pada satu sumber daerah gempa, atau dapat dikatakan besar *magnitude* tidak selalu sama untuk setiap sumber gempa.



**Gambar 6.** Grafik training progress

Berdasarkan gambar 6 diatas dapat diketahui bahwa dalam training progress telah dilakukan 300 iterasi dan dihasilkan *mean of distance to cluster* unit (rata-rata jarak setiap unit *Cluster*) berada dibawah 0,02. Ketika iterasi dilakukan semakin banyak maka rata-rata jarak setiap *Cluster* akan semakin kecil.



**Gambar 7.** PembagiandanKarakteristikTiap Cluster

Berdasarkan gambar 7 diatas dapat diketahui bahwa model yang terbentuk dengan algoritma kohonen dan kemudian dibagi menjadi tiga Cluster dengan metode hirarki. Tiap tiap cluster terbentuk mempunyai ciri-ciri masing masing atau karakteristik masing masing. Dimana Cluster 1 yaitu *magnitude* dan kedalaman sama besar (*magnitude*>5 SR, Depth>200 km), Cluster ke-2 yaitu *magnitude* dan kedalaman sedang (*magnitude*: 4 SR - 5 SR, Depth: 66 km – 200 km), dan Cluster ke-3 yaitu *magnitude* dan kedalaman rendah (mag<3 SR, kedalaman<66 km). Berdasarkan hasil Cluster tersebut diperoleh hasil Cluster sumber gempa bumi pada table 1 berikut ini.

Berdasarkan hasil Cluster di peroleh bahwa sebagian besar selama satu bulan terakhir sering terjadi gempa sedang karena kebanyakan dari *magnitude* dan kedalaman diantara (*magnitude*: 4 SR - 5 SR, Depth: 66 km – 200 km). Sementara daerah yang perlu diawasi karena termasuk cluster pertama adalah *Celebes Sea, Flores Region, Talaud Island, dan Southern Sumatera*. Didalam satu bulan tersebut kerap sekali terjadi gempa dengan sumber gempa yang disebutkan tersebut.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian ini dapat diambil kesimpulan bahwa Algoritma kohonen dapat digunakan dalam berbagai bidang, salah satunya dalam hal pengelompokan sumber gempa bumi di Indonesia selama satu bulan terakhir. Hasil yang didapatkan dari proses segmentasi adalah analisis *cluster* atau pengelompokan daerah menggunakan algoritma kohonen berdasarkan karakteristik tiap-tiap daerah sumber gempa dengan memperhatikan beberapa variabel dalam pengelompokannya. Dimana dalam hal ini, visualisasi (rekayasa pembuatan

gambar) hasil *cluster* dapat ditampilkan dengan baik dan tetap mempertahankan hubungan topologi aslinya, oleh karena itu maka pembaca akan dengan mudah memahami dan mampu memanfaatkan kemampuan pengenalan pola dari hasil visualisasi. Hasil *cluster* yang dilakukan menggunakan algoritma kohonen dengan metode hierarki membagi daerah sumber gempa menjadi tiga *cluster* (kelompok). Setiap *cluster* tersebut dapat dijadikan referensi dalam melakukan mitigasi bencana, dimana disini kita dapat menentukan daerah mana saja yang rawan terkena bencana banjir dan apa saja yang harus dilakukan untuk mengantisipasi agar tidak menimbulkan korban jiwa. Berdasarkan penelitian ini dapat dilihat pola pola sumber gempa dengan magnitude dan kedalaman masing masing, dimana berdasarkan hasil cluster daerah yang perlu diawasi adalah daerah disekitar Sulawesi karena frekuensi terjadinya gempa selama satu bulan terakhir paling banyak terjadi gempa dengan sumber gempa di Minahasa Penunsula.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. 2014. *Situasi Sumber Daya Kesehatan*. <http://www.repogempa.bmkg.go.id>. Diunduh pada tanggal 24 januari 2015 pada pukul 22.12 WIB.
- [2] Bock, Y., L. Prawirodirdjo, J. F. Genrich, C. W. Stevens, R. McCaffrey, C. Subarya, S. S. O. Puntodewo., dan E. Calais. 2003. *Crustal motion in Indonesia from Global Positioning System measurements*. *Journal of Geophysical Research* **108** No. B82367.
- [3] Budhi, Gregorius Satia. dkk. 2008. *Cluster Analysis untuk Memprediksi Talenta pemain Basket Menggunakan Jaringan saraf Tiruan Self Organizing Maps (SOM)*. Fakultas Teknik Industri Universitas Kristen Petra.
- [4] J. Bacher, A. Poge and K. Wenzig. 2010. “*Clusteranalyse Anwendungsorientierte Einfuhrung in Klassifikations verfahren*”. Munchen: Oldenbourg.
- [5] J. Han and M. Kamber. 2006. “*Data Mining Concepts and Techniques*”. San Francisco: MK Publisher.
- [6] P. Trebuna and J. Halcinova. “*Experimental Modeling of The Cluster Analysis Processes*”. *Procedia Engineering*. Vol 48. 2012, pp.673-678.
- [7] Palumbo M, C. N. Lauro and M. J. Greenacre. 2010. “*Data Analysis and Classification*”. Berlin: Springer.
- [8] Pasau. G dan Tanauma A. 2011. *Pemodelan Sumber di Wilayah Sulawesi Utara sebagai Upaya Mitigasi Bencana Gempa Bumi*. FMIPA Universitas San Ratulangi Manado.
- [9] Wilson, P., Rais, J., Reigber, Ch., Reinhart, E., Ambrosius, BAC., Le Pichon, X., Kasser, M., Su- harto, P., Dato' AbdulMajid, Dato' PadukaAwang Haji Othman BHY, Almeda, R., dan Boonphak- dee, C. 1998. *Study provides data on active plate tectonics in Southeast Asia region*. *EOS Transactions. AGU*. 79, 545.