

IDENTIFIKASI BIDANG PATAHAN MENYEBABKAN AKTIVITAS GEMPA DI JAWA SELATAN MENGGUNAKAN METODE H-C

Nur Rokhmawati Anjelina¹⁾, Asnawi²⁾

¹⁾ Mahasiswa Prodi S1-Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya, email : nuranjelina.an@gmail.com

²⁾ Dosen Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya, email : asnawi@unesa.ac.id

Abstrak

Jawa merupakan pulau yang terletak di utara lokasi pusat terjadinya zona pertemuan lempeng indo-australia dan lempeng eurasia, hal ini mengakibatkan seringnya terjadi gempa bumi tektonik dengan kedalaman dangkal di daerah yang saling berlawanan sehingga timbulah retakan yang terjadi di kulit bumi atau lebih dikenal dengan sesar. Dimana gerakan batuan ini bisa begitu cepat. Hal ini menyebabkan perlunya Identifikasi bidang patahan dengan cepat dengan cara menentukan bidang mana yang merupakan bidang patahan dengan menggunakan software HC plot untuk dapat mengetahui jenis patahan apa yang menyebabkan gempa bumi dengan kekuatan besar diatas skala 5.5 M_w . Software HC plot membutuhkan data hiposenter dari beberapa agen gempa yaitu stasiun USGS IRIS, dan Geofon terutama menggunakan data centroid yaitu data Global CMT pada tahun 2006-2016 dengan 15 kejadian dan 15 lokasi gempa bumi. Setelah Penggunaan software HC plot ini dijalankan diperolehlah pernyataan bahwa, gempa yang terjadi di Jawa selatan terjadi akibat Patahan aktif. Sebagai penyebab gempa di Jawa selatan dominan terjadi disebabkan oleh adanya patahan normal fault, dan Patahan reverse atau sesar naik. Hal ini sesuai dengan pernyataan bahwa bidang subduksi di pulau Jawa terjadi akibat adanya pertemuan lempeng Indo Australia dan lempeng Eurasia saling menekan antara satu dengan lain.

Kata Kunci: HC plot, Bidang patahan, Patahan di Jawa selatan.

Abstract

Java is an island located north of the central location of the encounter zone of indo-australian plate and eurAsian plate, this resulted in frequent tectonic earthquakes with shallow depths in the opposite area resulting in cracks occurring in the earth's crust or better known as cesarean. Where this rock movement can be so fast. This causes the rapid identification of fault fields by determining which field is a fault field by using HC plot software to be able to find out what kind of fault is causing an earthquake with great strength over a 5.5 M_w scale. HC plot software needs hypocenter data from several earthquake agents, namely USGS IRIS station, and Geofon mainly uses Centroid data which is Global CMT data in 2006-2016 with 15 events and 15 earthquake locations. After the use of HC software this plot is executed obtained a statement that, the earthquake that occurred in Jawa south occurred due to active Fault. As the cause of the earthquake in the south dominant occurs due to a normal fault, and the fault reverse or cesarean rises. This is in line with the statement that the field of subduction on the island of Java occurs due to the encounter of the Indo Australian plate and the Eurasian plate pressing against each other

Keywords: HC plot, fault plane, fault in south java.

PENDAHULUAN

Jawa merupakan pulau yang terletak di utara lokasi pusat terjadinya zona pertemuan lempeng indo-australia dan lempeng eurasia, hal ini mengakibatkan seringnya terjadi gempa bumi tektonik di daerah yang saling berlawanan sehingga timbulah retakan yang terjadi di kulit bumi atau lebih dikenal dengan sesar. Dimana gerakan batuan ini bisa begitu cepat, yaitu dalam bentuk gempa dan dalam pergerakannya juga bisa sangat lambat yang disebut gerakan rangkak (*creep*). Panjang patahan-patahan ini, bisa terjadi dalam rentang milimeter hingga ribuan kilometer. Dalam waktu geologis banyak patahan yang menghasilkan gerakan perpindahan yang berulang-ulang (Damon, 2013). Sehingga, dalam hal ini daerah yang dikatakan sebagai patahan menjadi pusat konsentrasi pergerakan, tekanan pada batuan. Sesar atau

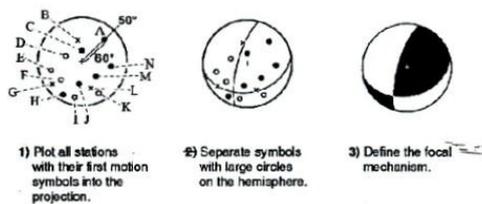
patahan itulah yang telah menyebabkan adanya pulau-pulau Sumatra, Jawa, dan pulau-pulau yang berada di sepanjang jalur pertemuan lempeng benua menjadi daerah yang berlangganan mendapatkan gempa bumi tektonik dengan skala kekuatan gempa tinggi, dengan kedalaman yang dangkal.

Mekanisme pensesaran akibat gempa bumi yang terjadi pada sumber gempa bumi tersebut, apakah itu patahan normal, patahan naik, patahan geser, ataupun kombinasi dari ketiganya. Dalam hal itu pergerakan blok batuan yang menyebabkan gempa sesar bergerak, ataupun sesar bisa relatif turun, naik hingga menyebabkan zona subduksi, bisa bergerak geser secara relatif, akibat mengalami tekanan, tarikan dan geseran pada batas lempeng yang mengakibatkan terjadinya gempa bumi dengan kekuatan gempa yang besar. Gempa bumi inilah yang akan terus terjadi hingga menimbulkan sesar aktif.

Hingga selanjutnya, menjadi daerah yang selalu mengalami kejadian gempa bumi dengan kedalaman dangkal dan skala kekuatan yang besar menghasilkan kerusakan infrastruktur tingkat tinggi hingga berdampak banyaknya korban jiwa akibat gempa tektonik. Berdasarkan hal tersebut, penentuan sesar penyebab gempa besar diperlukan, sebagai sarana untuk dapat mengetahui karakter pergerakan sesar atau bidang patahan (*fault plane*) berdasarkan penerapan metode H-C.

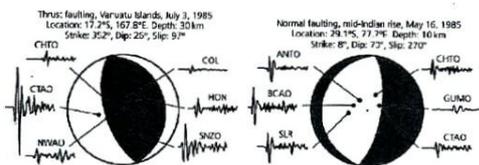
Menurut cronin 2004 mekanisme kejadian gempa bumi dapat diketahui melalui analisis beberapa gelombang gempa yang direkam oleh beberapa seismograp. Menurutnya, dapat melakukan analisis maka paling tidak diperlukan rekaman gelombang > 10 buah, Analisis tentang mekanisme gempa yang lengkap akan menghasilkan bebrapa karakteristik gempa seperti saat kejadian, letak epicentre, magnitudo gempa dan otientasi spasial moment tensor. Berdasarkan moment tensor tersebut maka analisis dapat dilanjutkan pada banyak hal salah satunya adalah pada orientasi *fault plane*. (Pawirodikromo,2012)

Stn	P.WAVE	symbol	Stn	P.WAVE	symbol	Stn	P.WAVE	symbol
A	—	•	F	—	•	K	—	•
D	—	•	G	—	•	L	—	•
C	—	•	H	—	•	M	—	•
D	—	•	I	—	•	N	—	•
E	—	•	J	—	•			



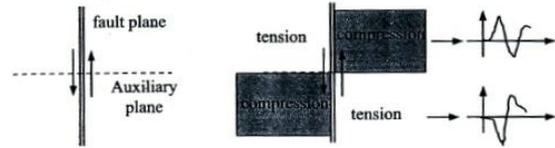
Gambar 2.11 Plotting focal mecanism dari kedatangan gelombang (Pawirodikromo,2012).

Orientasi fault plane seterusnya dapat dimanfaatkan untuk menentukan arah hingging wall serta macam-macam mekanisme gempa seperti *reverse*, *strike*, *slip*, *normal* maupun *oblique*. Semua hal itu oleh *geologist* kemudian dapat diilustrasikan secara visual menjadi apa yang disebut dengan streonet atau “beachball”.



Gambar 2.12 Kedatangan geklombang gempa (Pawirodikromo,2012).

Gambar diatas adalah contoh pemakaian beberapa rekaman gelombang gempa untuk menentukan jenis focal mecanism. Pada gambar tersebut tampak bahwa ada rekaman rekaman yang gelombang pertama terekam ke bawah dan ada yang gelombang pertama terekam keatas. Para ahli sudah membuat alat dan membuat hukum bahwa apabila rekaman gelombang yang pertama arahnya kebawah maka pada tempat alat perekam tersebut mengalami tegangan tarik (tension), sedangkan apabila terekam keatas maka tempat tersebut telah mengalami tegangan desak (compression).



Gambar 2.13 Hubungan antara tegangan dengan tipe rekaman (Pawirodikromo,2012)

Seperti yang ilustasikan pada gambar 3.41. Dengan rule tersebut maka dapat diketahui bahwa tipe kedatangan gelombang yang pertama akan berhubungan dengan jenis jenis tegangan yang terjadi. (Pawirodikromo,2012).

Gempa bumi yang disebabkan adanya gerakan suatu sesar dengan karakter arah gerak tertentu. Model gerak sesar yang dan karakter sesar penyebab gempa bumi dapat diketahui dengan berdasarkan moment tensor gempa bumi. Moment tensor ini digunakan untuk menggambarkan arah gaya penyebab terjadinya gempa bumi. Berdasarkan persamaan dari suku fungsi Green.

$$u(x) = \int_{-\infty}^{\infty} G(x, x') f(x') dx' \quad (1)$$

Maka komponen rekaman seismik dari sebuah titik sumber dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$U_k(x, t) = \sum_{k=0}^n G_{ki}(x, x_s, t) * f_i(t) \quad (2)$$

Keterangan:

U_k = rekaman pergeseran pada komponen ke- k .

x = posisi receiver.

G_{ki} = fungsi Green bergantung sifat elastik dari bumi dan tanda bintang yang menunjukkan konvolusi.

f_i = menyatakan 6 komponen moment tensor dasar independen.

Dalam koordinat bola, keenam moment tensor tersebut adalah:

$$f_1 = M_{rr}, f_2 = M_{\theta\theta}, f_3 = M_{\phi\phi}, f_4 = M_{r\theta} = M_{\theta r}, f_5 = M_{r\phi} = M_{\phi r}, f_6 = M_{\theta\phi} = M_{\phi\theta} \quad (3)$$

Moment tensor-moment tensor ini menggambarkan kekeatan dari kopel gaya dari gempa.

Konsep moment tensor dapat memberi deskripsi yang lengkap tentang gaya dari sumber titik seismik. Pada umum nya moment tensor $[M_{ij}]$ memiliki 6 komponen moment tensor dasar independen. Jika $G_{ki}(x, x_s, t)$ adalah fungsi Green yang juga melambangkan seismogram sintetik pada stasiun ke- k dan tensor dasar ke- i, M_i . Seismogram yang teramati dilambangkan $U_k(x, t)$, maka estimasi dari koefisien a_i untuk M_i dapat dicari:

$$\begin{aligned} \Delta &= \sum_{k=1}^{Nr} \int \left[U_k(x, t) = \sum_{k=1}^6 a_1 G(x, x_s, t) \right]^2 dt \\ &= R_x - 2 \sum_{k=1}^6 a_1 G_1 + \sum_{k=1}^6 \sum_{k=1}^6 R_{NM} a_n a_m \\ &= \text{minimum} \end{aligned} \quad (3)$$

Dimana N_r adalah jumlah stasiun yang digunakan.

$$R_x = \sum_k \int [U_k(x, t)]^2 dt$$

$$R_{nm}(x) = \sum_k \int [G_{ki}(x, x_s t) G_{km}(x, x_s t)] dt$$

$$G_i(x, x_s) = \sum_k \int [G_{ki}(x, x_s, t) U_k(t)] dt$$

(4)

Kesalahan minimum dicari dengan cara menghitung derivatif pertama dari fungsi Δ terhadap parameter sebagai nol.

$\frac{\partial \Delta}{\partial a_n} = 0$, untuk $k=1$ sampai dengan 6 dan δ_{nm} adalah delta Kronecker

Maka diperoleh solusi:

$$a_i = a_i^0 \sum_m R_{nm}^1 G_m$$

(5)

Sehingga memperoleh residu:

$$\Delta = R_x - \sum_1 G_1 a_1^0$$

Pada tingkatan ini a_i^0 dan juga Δ merupakan fungsi dari parameter x dan x_s . Nilai x dan x_s optimum ditentukan dari Δ minimum atau

$$\psi_M(x, x_s) = \frac{\sum_1 G_1 a_1^0}{R_x} = \frac{\sum_m R_{nm}^1 G_m G_i}{R_x}$$

(6)

ψ_M adalah korelasi antara bentuk gelombang sintetis dan hasil observasi. Faktor normalisasi R_x dimunculkan sedemikian sehingga $\psi_M = 1$, pada saat bentuk gelombang sintetis dan hasil observasi identik. Begitu nilai x, x_s telah ditentukan, maka nilai dari $\{a_1^0\}$ diberikan oleh persamaan. Dengan menggunakan koefisien $\{a_n\}$, diperoleh hasil moment tensor sumber gempa sebagai berikut:

$$[M_{ij}] = \begin{bmatrix} a_2 - a_5 + a_6 & a_1 & a_4 \\ a_1 & -a_2 + a_6 & a_3 \\ a_4 & a_3 & a_5 + a_6 \end{bmatrix}$$

(7)

Atau ditulis dalam bentuk lain, yaitu:

$$M_{ij} = \begin{bmatrix} M_{11} & M_{12} & M_{13} \\ M_{21} & M_{22} & M_{23} \\ M_{31} & M_{32} & M_{33} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} M_{xx} & M_{xy} & M_{xz} \\ M_{xy} & M_{yy} & M_{yz} \\ M_{xz} & M_{yz} & M_{zz} \end{bmatrix}$$

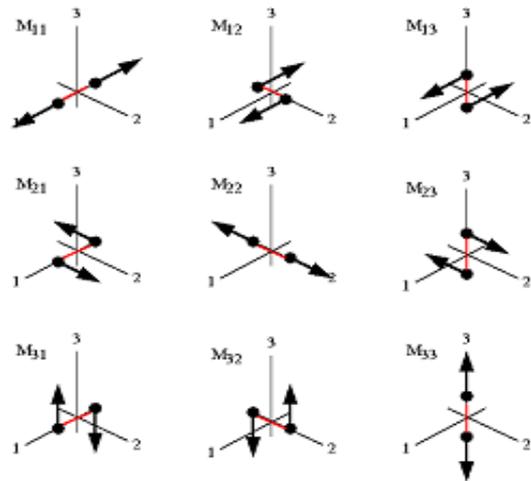
(8)

Komponen M_i dalam koordinat bola menjadi berikut:

$$\begin{bmatrix} M_{rr} = M_{zz} \\ M_{\theta\theta} = M_{xx} \\ M_{\phi\phi} = M_{yy} \\ M_{r\theta} = M_{zx} \\ M_{r\phi} = -M_{zy} \\ M_{\theta\phi} = -M_{xy} \end{bmatrix}$$

(9)

Kesembilan komponen tersebut dinyatakan dalam gambar sebagai berikut :



Gambar pasanagan gaya dari komponen Moment tensor (Shearer, 2009)

Gaya yang bergerak ke arah i terhadap j disimbolkan dalam M_{ij} yang merupakan komponen moment tensor. Sifat moment tensor ini simetris, karena M_{ij} sama dengan M_{ji} . Nilai komponen M_{ij} tersebut dapat digunakan untuk mengetahui parameter *strike* (φ), *dip* (δ) dan *rake* (λ) penyebab gempa bumi. Karena $M_{ji} = M_{ij}$, maka dari 9 moment tensor hanya tinggal 6 moment tensor independen. Hubungan moment tensor dengan *strike* (φ), *dip* (δ) dan *rake* (λ) dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut:

$$M_{11} = M_{xx} = -M_0 (\sin\delta \cos\lambda \sin 2\phi + \sin 2\delta \cos\lambda \sin 2\phi)$$

$$M_{12} = M_{xy} = -M_0 (\sin\delta \cos\lambda \cos 2\phi + 0,5 \sin 2\delta \cos\lambda \sin 2\phi) = M_{21} = M_{yx}$$

$$M_{13} = M_{xz} = -M_0 (\cos\delta \cos\lambda \cos\phi + \cos 2\delta \sin\lambda \sin\phi) = M_{31} = M_{zx}$$

$$M_{22} = M_{yy} = M_0 (\sin\delta \cos\lambda \sin\phi + \sin 2\delta \sin\lambda \cos\phi)$$

$$M_{23} = M_{yz} = -M_0 (\cos\delta \cos\lambda \sin\phi + \cos 2\delta \sin\lambda \cos\phi) = M_{32} = M_{zy}$$

$$M_{33} = M_{zz} = -M_0 (\sin 2\delta \sin\lambda)$$

(10)

Selanjutnya moment tensor ini dapat digunakan untuk mengukur kekuatan gempa bumi dengan menggunakan parameter moment seismik (M_0).

$$M_0 = \frac{1}{\sqrt{2}} [\sum_{ij} M_{ij}^2]^{1/2}$$

(11)

Parameter sumber gempa bumi ini digunakan untuk zonasi mikro dan perlakuan resiko seismik. *Focal sphere* juga digunakan untuk menampilkan mekanism fokus, dimana belahan bumi rendah diplot dan kuadran kompresi dibuat berbayang untuk menghasilkan gambar "beach ball".

Selanjutnya *variance reduction* (V_2) dan *correlation* (C) dihitung dengan persamaan berikut:

$$V_r = \frac{|d - s|^2}{|d|^2} \tag{12}$$

$$C = \sqrt{V_r} \tag{13}$$

variance reduction (V_2) dan *correlation* (C) ini lah yang dapat membuktikan gambaran tentang focal *mecanism* menurut (Sharer,2009)

METODE

Penelitian ini adalah penelitian yang berbasis penerapan, yakni dengan menerapkan sebuah penelitian berdasarkan metode H-C, yaitu pengolahan data gempa utama menggunakan software *hplot*, dalam bentuk pemodelan mekanisme

Dalam penelitian ini data yang digunakan untuk penerapan metode HC yaitu berupa data sekunder dalam bentuk mekanisme fokal sesar yang diambil dari *centroid moment tensor* (CMT), berupa data bidang penyebab gempa berupa parameter *strike*, *dip* dan data *centroid*, yang kemudian melakukan pemilihan bidang yang mengalami tekanan menggunakan data hiposenter yang telah di plotting. Data hiposenter adalah data sekunder dari masing masing stasiun gempa dari masing masing agen yaitu Global CMT , USGS, GFZ dan Wilber III yang bisa diakses dengan mudah dari website. Kemudian data yang utama data mekanisme fokal esar berupa centroid yang di dapat kan dari website www.GlobalCMT/searchEarthquake. Untuk mendapatkan data hiposenter gempa stasiun USGS dapat diperoleh melalui [website](http://www.earthquake.usgs.gov/earthquakes/search/) resmi USGS yaitu www.earthquake.usgs.gov/earthquakes/search/, selanjutnya pada stasiun gempa Wilber III bisa diakses melalui [website](http://ds.iris.edu/wilber3/find_event) http://ds.iris.edu/wilber3/find_event, sementara pada stasiun gempa Geofon diperoleh dari website <http://geofon.gfz-potsdam.de/eqinfo/form.php>. Data-data tersebut bisa di dapatkan secara gratis. kemudian di analisis di laboratorium komputasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

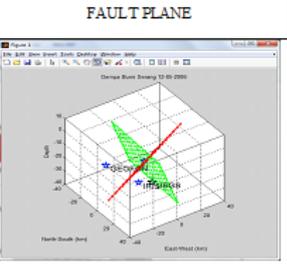
Di dapatkan hasil data penelitian berupa data centroid yang diperoleh Dari website data centroid yaitu www.GlobalCMT/searchEarthquake. yaitu merupakan data gempa yang berupa parameter *strike*, *dip*, dan data centroid agar dapat mengetahui sudut bidang yang mengalami pergerakan patahan akibat tekanan panas bumi. Data centroid yang saya peroleh melalui website tersebut.

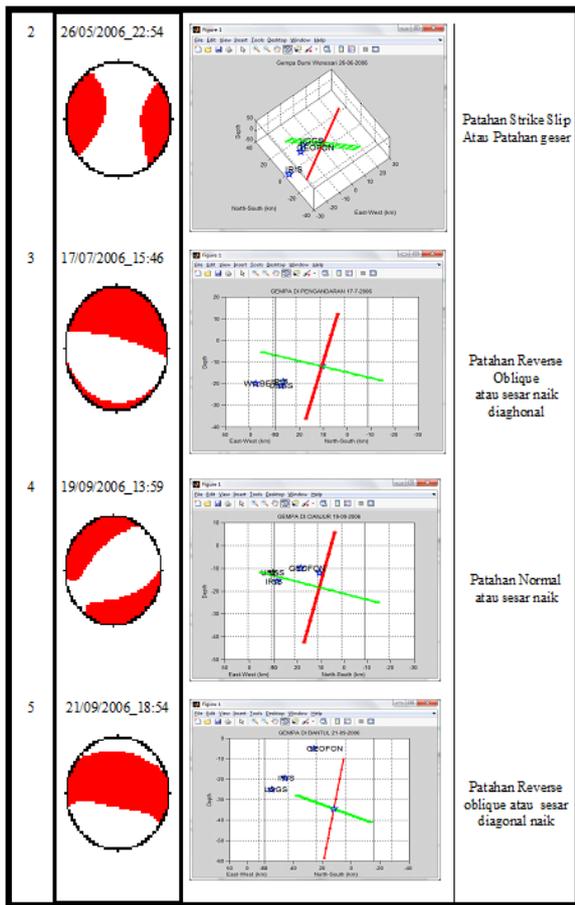
NO	EVENT	GLOBAL CMT (CENTROID)						
		BIDANG 1		BIDANG 2		LAT	LONG	DEPTH (KM)
		STRIKE	DIP	STRIKE	DIP			
1	12/05/2006_08:17	340	47	117	53	-5.78	105.48	16.1
2	26/05/2006_22:54	323	77	282	86	-8.03	110.54	21.7
3	17/07/2006_15:46	100	15	283	75	-9.57	108.29	12.0
4	19/09/2006_13:59	98	47	320	52	-10.10	107.43	18.3
5	21/09/2006_18:54	276	24	101	66	-9.49	110.57	34.6
6	19/01/2007_02:44	50	69	142	86	-10.18	109.78	38.3
7	26/06/2007_22:23	128	42	262	58	-10.65	108.12	17.2
8	26/04/2011_20:07	26	32	163	66	-8.38	108.40	48.5
9	14/04/2012_19:26	328	19	136	72	-7.16	105.52	41.1
10	03/09/2012_18:23	119	38	275	54	-10.96	113.91	17.2
11	13/06/2013_16:47	118	37	293	53	-10.15	107.37	12.6
12	08/07/2013_02:13	274	27	116	65	-9.13	113.06	70.6
13	14/07/2014_05:05	273	33	96	57	-9.09	111.31	60.8
14	26/07/2015_07:05	15	53	138	55	-9.45	112.82	43.7
15	06/04/2016_14:45	293	28	101	63	-8.41	107.42	41.9

Dengan menambahkan lokasi hiposenter dari beberapa stasiun gempa maka akan di dapat bidang mana yang mengalami perpindahan patahan tersebut. Nama agen nama stasiun gempa yang saya pilih yaitu stasiun gempa USGS www.earthquake.usgs.gov/earthquakes/search/, dan stasiun gempa IRIS dapat diperoleh pada [website](http://ds.iris.edu/wilber3/find_event) http://ds.iris.edu/wilber3/find_event, serta stasiun gempa Geofon dapat diakses di <http://geofon.gfz-potsdam.de/eqinfo/form.php>. Berikut data hiposenter :

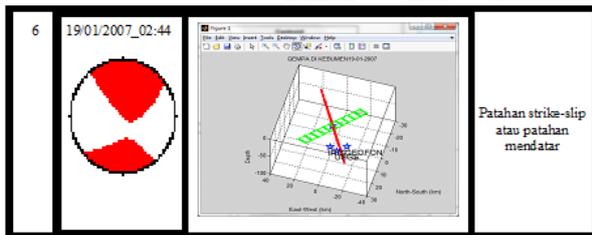
NO	EVENT	NAMA AGEN GEMPA									NAMA KOTA LOKASI GEMPA
		USGS			WILBER/IRIS			GEOFON			
		LAT	LONG	DEPTH (KM)	LATITUDE	LONGITUDE	DEPTH (KM)	LATITUDE	LONGITUDE	DEPTH (KM)	
1	12/05/2006_08:17	-5.575	105.39	17.2	-5.64	105.34	19.5	-5.80	105.20	10	Serang
2	26/05/2006_22:54	-7.96	110.44	12.5	-8.08	110.27	19.9	-8.00	110.40	10	Wonosari
3	17/07/2006_15:46	-9.42	108.31	21.0	-9.43	108.32	19.1	-9.30	108.20	20	Pengandaran
4	19/09/2006_13:59	-9.09	107.34	12	-9.93	107.40	15.9	-10.00	107.30	10	Cianjur
5	21/09/2006_18:54	-9.05	110.36	25	-9.13	110.34	19.4	-9.30	110.30	5	Bantul
6	19/01/2007_02:44	-9.99	109.67	25	-10.01	109.73	26.0	-10.00	109.60	10	Kebumen
7	26/06/2007_22:23	-10.49	108.14	10	-10.49	108.21	18.2	-10.40	108.00	20	Tasikmalaya
8	26/04/2011_20:07	-8.08	108.47	47	-8.05	108.48	44.6	-8.21	108.41	40	Cilacap
9	14/04/2012_19:26	-6.81	105.34	58.1	-6.85	105.34	58.1	-7.00	105.21	53	Pandeglang
10	03/09/2012_18:23	-10.70	113.93	14	-10.67	113.96	34.8	-10.86	113.73	20	Banyuwangi
11	13/06/2013_16:47	-10.00	107.23	9	-9.95	107.30	20.6	-9.99	107.26	17	sukabumi
12	08/07/2013_02:13	-8.80	113.00	60	-8.73	113.01	78.9	-8.83	113.03	70	Lumajang
13	14/07/2014_05:05	-8.81	111.25	52.5	-8.82	111.25	52.51	-8.80	111.23	75	Pacitan
14	26/07/2015_07:05	-9.25	112.66	52	-9.26	112.67	52.0	-9.23	112.70	62	Malang
15	06/04/2016_14:45	-8.20	107.38	29	-8.20	107.39	29.0	-8.07	107.41	45	Garut

Kemudian data tersebut dimasukkan ke dalam H-C plot hingga di peroleh data seperti di bawah ini

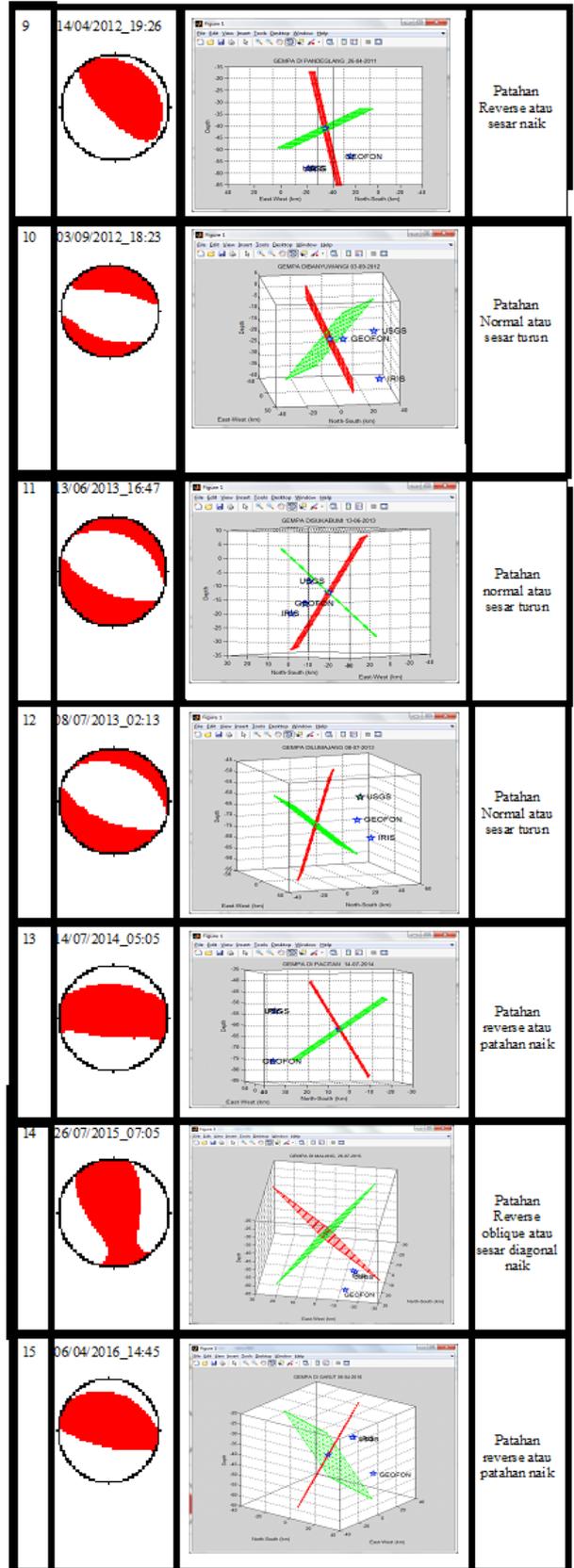
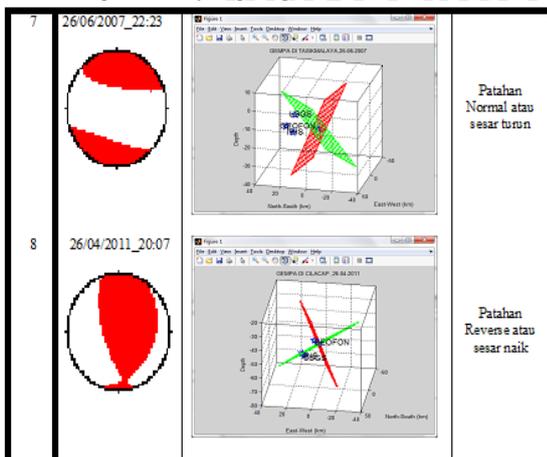
NO	BEACHBALL	FAULT PLANE	PEMBAHASAN DAN JENIS PATAHAN
1			Patahan Normal atau sesar turun.



Merupakan patahan dengan data yang terbaik dimana data sesuai dengan yang diinginkan yaitu data tanpa harus di relokasi



Merupakan data akrobat patahan normal dan patahan reverse dengan data yang bagus.



Didapatkan bahwa Patahan aktif sebagai penyebab gempa di Jawa selatan ini terdapat 7 kejadian gempa bumi akibat patahan normal atau patahan turun, 6 gempa kejadian gempa bumi akibat patahan reverse atau patahan naik dan

1 kejadian gempa bumi akibat patahan oblique serta 1 kejadian gempa bumi akibat patahan strike slip.

Gempa bumi yang dominan disebabkan oleh patahan turun (normal fault) dan patahan naik (reverse fault) ini disebabkan oleh adanya subduksi saling menekan antar lempeng. Dimana lokasi gempa ini terjadi pada zona pertemuan lempeng Indo Australia dan lempeng Eurasia.

PENUTUP

Simpulan

Setelah melakukan Identifikasi atas 15 kejadian gempa bumi di Jawa Selatan ini telah di plot menggunakan HC plot. ini mendapatkan pernyataan bahwa 7 kejadian gempa bumi dikibatkan oleh adanya patahan normal dan 6 kejadian gempa bumi diakibatkan patahan reverse atau sesar naik dan 1 kejadian gempa bumi akibat gempa yang disebabkan oleh patahan strike slip atau sesar mendatar dan 1 kejadian gempa bumi diakibatkan patahan oblique atau patahan diagonal Hal ini sesuai dengan pernyataan bahwa bidang subduksi di pulau Jawa terjadi akibat adanya pertemuan lempeng Indo Australia dan lempeng Eurasia saling menekan antara satu dengan lain.

Saran

Saran yang diberikan dalam penelitian ini yakni banyaknya ketidakcocokan titik hiposenter dan lokasi bidang tidak sesuai dengan yang diharapkan hal ini dikarenakan data tidak memerlukan relokasi hiposenter dan dalam menggunakan metode ini masih kurangnya informasi mengenai macam macam patahan yang disebutkan pada bab Kajian teori hal ini dikarenakan kurang tepatnya lokasi hiposenter.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terimakasih kepada pembimbing skripsi dan penyedia data centroid yang di dapat kan dari website data centroid yaitu www.GlobalCMT/searchEarthquake. Untuk mendapatkan data hiposenter gempa stasiun USGS dapat diperoleh melalui [website resmi USGS](http://www.earthquake.usgs.gov/earthquakes/search/) yaitu www.earthquake.usgs.gov/earthquakes/search/,

selanjutnya pada stasiun gempa Wilber III bisa diakses melalui [website stasiun gempa](http://ds.iris.edu/wilber3/find_event) yaitu http://ds.iris.edu/wilber3/find_event, sementara pada stasiun gempa Geofon diperoleh dari website <http://geofon.gfz-potsdam.de/eqinfo/form.php>. Data-data tersebut bisa di dapatkan secara gratis. kemudian di analisis di laboratorium komputasi

DAFTAR PUSTAKA

Demon Sili Petrus.,2013 , *Penentuan seismisitas dan tingkat resiko gempa bumi*, UB press, Malang

Karyadi,D. 2008 . *Pendahuluan Seismologi*, Jakarta : Akademi meteorology dan Geofisika

Kramer, Steven L., (1996), "Geotechnical Earthquake Engineering", Prentice Hal,Inc., United state of America .

Makrup Lalu.,2013, *Seismic Hazard untuk Indonesia*, Graha Ilmu, Djogjakarta

Madlazim., Santosa BJ., 2010, *Four earthquakes of sumatram fault zone (mw 6.0-6.4) : source parameters and identification of the activated fault plane*, ITS, Surabaya

Muhlis., Sentosa BJ., 2012, *Analisis seismogram tiga komponen terhadap parameter sumber gempa di Sumbawa, Nusa Tenggara Barat*, ITS,Surabaya

Supriyono Primus., 2014, *Bencana gempa bumi*, Penerbit Andi , Djogjakarta

Susilowati., 2008 *Penerapan Penjalaran Gelombang Seismik Gempa Pada Penelaah Struktur Bagiann Dalam Bumi*, Karya Ilmiah,' Jurusan FMIPA , Universitas Sumatra Utara, Sumatra Utara.

Setyawan Imam Nugroho., 2008 *Penyebaran gempa bumi*, UGM Press, Djogjakarta

Setyo widodo Irwan., Sentosa BJ., 2012, *Analisis seismogram tiga komponen terhadap moment tensor gempa bumi di Manokwari Papua 18 januari 2009*, ITS, Surabaya

Shearer, PM., 2009. *Introduction To Seismology Second Edition*. Cambridge university Press

Sieh K, Natawidjaja D. 2000. Neotectonics of the Sumatran fault, Indonesia. *J. Geophys. Res.* 105:28295–326

Sokos, E.. and Zahradník, J.2008.ISOLA a Fortran code and a Matlab GUI to perform multiple-point source inversion of seismic data.Computers & Geosciences 34,967– 977

Utami Mega., 2014, *Analisis Mekanisme pusat gempa bumi di soroako 15 Februari 2011*, UINSH, Jakarta

Pattinama, Jandri Welson. 2009. *Estimasi magnitude gempa lokal menggunakan durasi signal (Stasiun Geofisika Kendari)*. Tangerang: AKADEMI METEOROLOGI DAN GEOFISIKA

Pawirodikromo Widodo., 2012, *Edition cetak 1: Seismologi teknik dan rekayasa kegempaan*, Pustaka Pelajar , Djogjakarta

Plane Identification by a Geometrical Method: Application to the Mw 6.2 Leonidio Earthquake, 6 January 2008, Greece. Seismological Research

Letters Volume 79, Number 5,
September/October 2008, 653-662.

Press Sieh K, Natawidjaja D., 2000, Neotectonics of the Sumatran fault, Indonesia, *J. Geophys. Res.*

Wahyuni, L.I., 2008, *Geology Irian Jaya*, Jurusan Geografi, Universitas Negeri Malang.
Zahradnik, J., Galovic F., E. Sokos, A. Serpetsidaki and G-A. Tselentis., 2008, *Quick Fault-*

Zahradnik J., Serpetsidaki A., Sokos, E. and Tselentis G.A, 2006, Iterative deconvolution of regional waveforms and a double-event interpretation of the lefkada earthquake, Greece (<http://seismo.geology.upatras.gr/isola/>).

