

STUDI MEKANISME SUMBER GEMPABUMI DI WILAYAH KALIMANTAN BERDASARKAN GERAK AWAL GELOMBANG P

¹Depi Rusmilawati, ²Djayus, ³Piter Lepong, ⁴Benny Hendrawanto

¹Program Studi Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Mulawarman

²Laboratorium Fisika Dasar, Fakultas MIPA, Universitas Mulawarman

³Laboratorium Geofisika, Fakultas MIPA, Universitas Mulawarman

⁴BMKG Balikpapan Kelas III Kalimantan Timur

Email: geo.devirusmilawati@gmail.com

ABSTRAK

Pulau Kalimantan selama ini dikenal sebagai pulau yang relatif aman dari gempa bumi. Tujuan penelitian ini adalah Mengetahui mekanisme sumber gempabumi dengan menggunakan data gerak awal dari gelombang P dan mencari penyebab dari kejadian gempabumi di wilayah Kalimantan tahun 2015-2018. Dilakukan pengolahan data menggunakan program fokal mekanisme dengan memilih data gempa bumi yang mempunyai magnitude ≥ 4 Skala Richter (SR). Penelitian ini menggunakan metode gerak awal gelombang P dengan penentuan polaritas gelombang yang berupa gelombang naik (kompresi) dan gelombang turun (dilatasi). Dari hasil analisis fokal mekanisme gempabumi Kalimantan 2015-2018 diperoleh nilai parameter orientasi bidang sesar berupa *strike*, *dip* dan *rake*. Untuk *strike* di Kalimantan bagian Utara 114- 170, *Dip* 80-90 dan *Rake* -2 – (-136). Sedangkan di Kalimantan Timur, *Strike* 158- 174, *Dip* 85-89 dan *Rake* 2-179. Kalimantan Selatan dengan *Strike* 127- 159, *Dip* 40-47 dan *Rake* 88-97. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penyebab gempa Kalimantan bagian Utara secara umum berupa sesar oblique dan Sesar geser (*strike slip*). Sedangkan Kalimantan bagian Timur merupakan sesar geser (*strike slip*) serta Kalimantan bagian Selatan berupa sesar naik (*reverse fault*) dan Sesar oblique (*oblique reverse fault*).

Kata kunci: Sesar, Gempa Kalimantan, Mekanisme Fokal, *strike*, *dip*, *rake*

1. PENDAHULUAN

Wilayah Indonesia merupakan jalur pertemuan lima lempeng tektonik utama dunia yang senantiasa bergerak dan sering disebut *ring of fire*, yaitu lempeng Eurasia yang bergerak ke arah tenggara, lempeng Indo-Australia ke arah Utara, lempeng pasifik ke arah barat daya saling bertumbukan satu dengan yang lainnya (Plummer ddk, 2003). Sedangkan lempeng pasifik bertumbukan dengan lempeng Indo-Australia dan Philipina. Pada pertemuan

tersebut menyebabkan sebagian wilayah yang berada di dekat zona pertemuan lempeng-lempeng merasakan aktivitas gempa bumi tektonik. Kepulauan Indonesia berada pada daerah yang mempunyai aktivitas gempa bumi cukup tinggi di dunia (karyadi, 2008).

Pulau Kalimantan merupakan pulau yang berada di tengah zona subduksi dan sesar, yang mana pulau Kalimantan ini berada diantara 5 lempeng tektonik yang aktif di dunia. Sehingga diduga pemicu

gempa di Kalimantan adalah dari proses pergerakan lempeng-lempeng yang berada dekat dengan pulau Kalimantan. Di Kalimantan juga terdapat beberapa sesar, antara lain Sesar Lupar-Adang dan Sesar Mangkalihat dimana sesar ini termasuk jenis dekstral yang berhubungan dengan ekstrusi tektonik akibat benturan Lempeng India dengan Lempeng Eurasia serta proses di Laut Cina Selatan. Sesar Adang kadang-kadang masih aktif, hanya beberapa gempa yang pernah tercatat pada sesar ini (soeria dkk, 1999).

Kejadian gempa tercatat di BMKG di wilayah Kalimantan yaitu pada 21 Desember 2015 pukul 01:47:37 WIB, gempa bumi kekuatan M 6.1 SR, dengan kedalaman 33 km telah mengguncang wilayah Tarakan hingga terasa dengan skala intensitas MMI V-VI dan 26 kali gempa susulan dan pada tahun 2016 Gempa kembali terjadi pukul 08:41:36 WIB. Pada tanggal 24 juni 2016, dengan kekuatan M 5.1 SR dengan episenter terletak pada koordinat 2.77 LS dan 110.09 BT. Tepanya di darat pada jarak 10 Km arah baratdaya kota kandawangan, ketapang pada kedalaman hiposenter 10 Km dengan intensitas V-VI MMI. Berdasarkan uraian diatas maka menarik untuk dilakukan penelitian tentang gempabumi di wilayah Kalimantan, memang frekuensi kejadian bencana alam kebumihan khususnya gempa bumi cukup minim di daerah ini.

Mengetahui mekanisme sumber gempabumi dengan menggunakan data gerak awal dari gelombang P. Mengetahui penyebab dari kejadian gempabumi di wilayah Kalimantan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Mekanisme sumber gempabumi

Mekanisme gempabumi atau *focal mechanism* merupakan studi tentang penentuan parameter orientasi bidang sesar yang berupa *strike*, *dip* dan *Rake* (prasetyawati, 2016). Sesar adalah retakan

yang terjadi di kerak bumi karena adanya pergerakan dua sisi daerah yang berlawanan. Ukuran sesar bisa hanya beberapa millimeter hingga ribuan kilometer. Penyebab sesar adalah tenaga endogen yang bekerja lebih cepat, sehingga lapisan kerak bumi yang kaku tidak dapat membentuk lipatan melainkan patah dan retakan membentuk sesar (Erviwan, 2011)

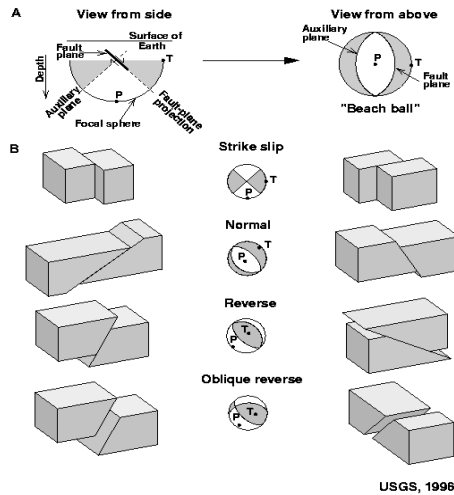
2.2 Parameter sesar

Parameter sesar terdiri dari *strike* (ϕ), *dip* (kemiringan) (δ), *rake* (*slip*) (λ) yang dijelaskan seperti pada gambar 2.29 Dan 2.30. *Strike* adalah jurus bidang sesar yang diukur dari arah utara ke timur ($0^\circ - 360^\circ$). *Dip* adalah sudut yang dibentuk oleh bidang sesar dengan bidang sesar dengan bidang horizontal, dan diukur pada bidang vertikal yang arahnya tegak lurus jurus patahan ($0^\circ \leq \delta \leq 90^\circ$). *Rake* atau *slip*, adalah sudut pergerakan *hanging-wall* terhadap *strike* ($-180^\circ \leq \lambda \leq 180^\circ$), *rake* berharga positif untuk sesar naik dan negative untuk sesar turun.

Dalam hal ini jenis sesar dapat ditentukan berdasarkan parameter *strike*, *dip* dan *rake* sebagai berikut:

- Sesar geser, jika $\delta=90^\circ$ dan $\lambda=0^\circ$ (geser kiri) atau $\lambda=180^\circ$ (geser kanan).
 - Sesar turun, jika $\delta \neq 0^\circ$ dan $\delta \neq 90^\circ$ dan $-180^\circ \leq \lambda \leq 0^\circ$
 - Sesar naik, jika $\delta \neq 0^\circ$ dan $\delta=90^\circ$ dan $0^\circ \leq \lambda \leq +180^\circ$
- (Aki dan Richard, 1980).

Berikut ini adalah gambar model sesar pada bola focus gempa.



Gambar 1. Skema diagram dari mekanisme fokus gempa pada bidang sesar (Pratama, 2018)

Pulau Kalimantan tersusun atas berbagai batuan dasar yang merupakan tipe asal benua, samudera, dan transisi. Cekungan barito yang berada di bagian selatan Kalimantan terletak di atas batuan dasar swaner asal benua di bagian barat dan di bagian timurnya dilandasi oleh *accreted crust* dari pegunungan Meratus. Ke arah utara, cekungan kutai dibatasi oleh *accreted crust* dari tinggian kucing (bagian dari *central range*) dan batuan dasar asal benua mangkalihat di bagian barat dan utaranya. Cekungan tarakan, yang berada lebih utara dari kutai, dibatasi oleh *accreted crust* Dent-Semporna, tinggian sakatak-berau, *basement* asal benua mangkalihat. Hubungan antara terrane-terrane *basement* ini tidak sepenuhnya dipahami. Beberapa batas ini mungkin merupakan *suture* yang mrngindikasikan jejak zona *collision* atau pun zona sesar-sesar utama (van de weerd and armir, 1992; Metcalfe, 1996).

Tiga zona sesar utama yang telah diidentifikasi di pulau Kalimantan yaitu sesar tarakan, sesar mangkalihat, dan sesar maratus. Sesar-sesar tersebut memiliki panjang lebih dari 100 km yang dapat berpotensi menimbulkan gempa dengan magnitudo 7. Sesar mendatar tarakan dapat

dikenali di bagian utara pulau ini yang terbentang mulai dari daratan sampai meratus ke lepas pantai. Sesar mangkalihat yang berupa sesar mendatar, diidentifikasi di pantai timur pulau Kalimantan. Zona sesar anjang dikenali di bagian selatan pulau Kalimantan, yaitu sesar meratus arah NE-SW (Soeria-Atmadja dkk, 1999).

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini data gempa yang digunakan data sekunder berupa data parameter gempa yaitu *latitude*, *longitude*, *depth* dan polaritas gerak awal gelombang P (yang berupa kompresi dan dilatasi), dari stasiun yang mencatat gempabumi, yang diperoleh dari pusat gempa nasional BMKG dan data yang dipilih mempunyai magnitudo ≥ 4 Skala Richter (SR). Dari jaringan pengamatan BMG Kelas III Balikpapan Kalimantan Timur. Dilakukan yaitu Download data gempa pada website BMKG (202.90.198.100/Webdc3).

3.1 Pengolahan Data

1. Data yang diunduh berupa *event* gempabumi dan dibuka dengan program dimas yang keluarannya seed.
2. Menentukan arah gerak awal gelombang P
3. Membuka notepad untuk nilai *episenter*, kedalaman dan jumlah stasiun yang digunakan selanjutnya disimpan dalam format DAT, kemudian data ini akan menjadi input dalam program AZMTAK.
4. Membuka program AZMTAK pada Dosbox untuk menjalankan Program AZMTAK.
5. Untuk menejalankan program azmtak pada dosbox yaitu tulis mount c c:\focal enter lanjutkan tulis c:, enter lanjutkan tulis AZMTAK, enter akan muncul input data name masukkan nama file.DA, enter kemudian muncul station file name disini kita masukan nama

file.STA lanjut enter akan muncul *Output* file name, masukkan nama file.*OUT*.

6. Masukkan nama *Output* pada program AZMTAK untuk inputan program PINV.
7. Menentukan Bidang Nodal Setelah Program PINV selesai di jalan kan, makan akan muntcul bola focal.
8. Menganalisis bidang sesar Setelah di dapatkan bola focal maka dilakukan analisa untuk mengetahui jenis-jeni sesar yang ada di Kalimantan.

4. HASIL PENELITIAN

4.1 Peta seismisitas gempabumi Kalimantan 2015-2018

Data magnitudo dan kedalaman (*depth*) gempabumi untuk wilayah Kalimantan pada tahun 2015-2018 diperoleh hasil plot data gempabumi berupa data gempabumi dalam kurung waktu 4 tahun dengan menggunakan *software* GMT 5.5. magnitudo yang di gunakan pada peta seismisitas merupakan gempabumi dengan magnitudo 3-6 SR. Gempa yang sering terjadi tergolong gempa bumi kecil. Sebaran seismisitas dapat di lihat pada gambar 1.



Gambar 2. Peta seismisitas kegempaan di Kalimantan berdasarkan magnitudo dan kedalaman gempa

Hasil dari pengolahan data gempa Tarakan kalimanyan Utara dengang menggunakan program focal mekanisme dengan parameter gempa sebagai berikut:

Tanggal: 20-12-2015

Waktu kejadian: 18:47:37 UTC

Lokasi: 3.65 lintang, 117.86 bujur

Kekuatan: 6.1 SR

Kedalama: 33 Kilometer

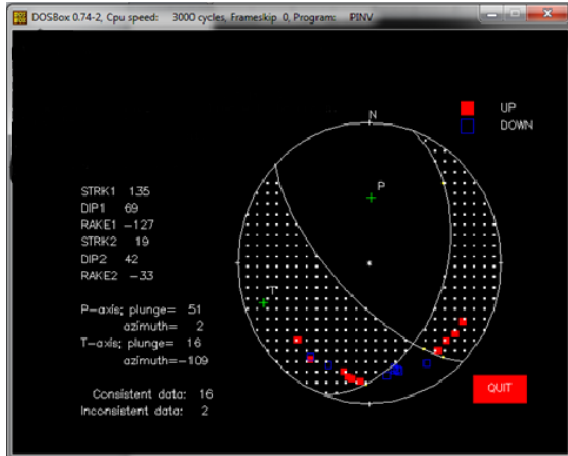
Mekanisme sumber gempa berdasarkan gerak awal gelombang P menggunakan program Dimas.

Tabel 1. Hasil dari picking gerak awal gelombang P, pada gempa Tarakan Kalimantan utara

No	Kodestasiu n	Polaritas P
1	APSI	1
2	BBKI	-1
3	BKB	1
4	BKSI	-1
5	BNSI	-1
6	KBKI	1
7	LUWI	1
8	MMSI	-1
9	MPSI	-1
10	MRSI	1
11	MTKI	1
12	PBKI	1
13	PKKI	-1
14	SGKI	1
15	SMKI	1
16	SMSI	1
17	SPSI	-1
18	TTSI	-1

Sumber: BMKG Balikpapan

Dari data hasil picking gelombang P pada tabel 1 dan diolah dengan menggunakan program focal mekanisme maka didapatkan hasil bola focal sebagai berikut:



Gambar 2. Diagram mekanisme sumber hasil penyelesaian bidang sesar gempa Tarakan, Kalimantan Utara.

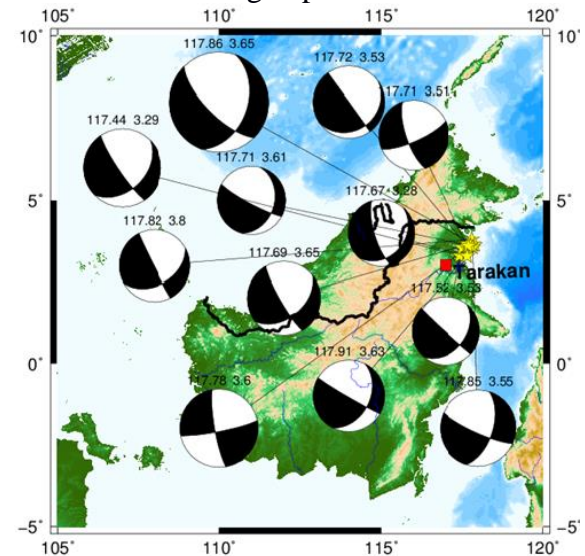
Tabel 2. Hasil orientasi bidang sesar sumber gempa Kalimantan Utara

No	Kejadian gempa Mag SR	Nodal Plane	Strike	Dip	Rake
1	Gempa Utama 6.1 SR	1	135	69	-127
		2	9	42	-33
2	Gempa Susulan 4.8 SR	1	46	42	-13
		2	146	82	-131
3	Gempa Susulan 4.4 SR	1	55	22	1
		2	324	90	112
4	Gempa Susulan 4.2 SR	1	132	88	-131
		2	39	41	-3
5	Gempa Susulan 4.3 SR	1	161	72	-165
		2	66	75	-19
6	Gempa Susulan 4.4 SR	1	153	88	-135
		2	62	45	-2
7	Gempa Susulan 4.4 SR	1	120	87	-131
		2	27	41	-5
8	Gempa Susulan 4.5 SR	1	150	81	-136
		2	51	46	-13
9	Gempa Susulan 4.7 SR	1	114	80	-147
		2	18	58	-12

10	Gempa Susulan 4.8 SR	1	170	83	-173
		2	78	81	-9
11	Gempa Susulan 4.2 SR	1	118	82	-122
		2	15	33	-15
12	Gempa Susulan 4.1 SR	1	163	73	-115
		2	50	27	-16

4.2 Sebaran Jenis sesar di wilayah Kalimantan Utara tahun 2015-2018

Fokus Mekanisme digunakan untuk mengetahui jenis dan arah sesar di wilayah Kalimantan Utara tahun 2015-2018 dengan data yang di gunakan terdiri dari waktu kejadian, koordinat, kedalaman, dan magnitudo gempa. Kriteria magnitudo yang di gunakan ≥ 4 SR dengan kedalaman 0-60 km. Berdasarkan gambar 3 dapat dilihat terdapat 12 bola focal pada sebaran mekanisme fokus gempabumi.



Gambar 3. Peta focal mekanisme sumber gempa Tarakan Kalimantan Utara tahun 2015-2018

Berdasarkan hasil analisa yang telah dilakukan maka diperoleh parameter orientasi sesar berupa nilai *strike*, *dip* dan *Rake* dari dua bidang nodal yang di dihasilkan dari program Focal mekanisme. Pada gambar 3 menunjukkan sesar yang terjadi di wilayah Kalimantan Utara, tahun 2015-

2018 yang secara umum berupa sesar *oblique* yang didominasi sesar mendatar dan sedikit turun kearah kiri (*normal left-lateral oblique*) dan sesar geser (*strike slip*). Jika terdapat 4 bagian dengan warna gelap dan terang selang seling maka itu dinamakan sesar geser dan jika terdapat 3 bagian, apabila ditengah warna gelap maka itu dinamakan sesar naik dan begitu sebaliknya, apabila ditengah berwarna terang maka itu dinamakan sesar turun serta sesar kombinasi sering disebut *oblique* atau sesar geser, naik/turun.

Hasil dari pengolahan data gempa Kalimantan Timur dengan menggunakan program focal mekanisme dengan parameter gempa sebagai berikut:

Tanggal : 02-09-2015

Waktu kejadian : 02:19:59 UTC

Lokasi : 1.29 lintang, 118.78 bujur

Kekuatan : 4.5 SR

Kedalaman : 10 Kilometer

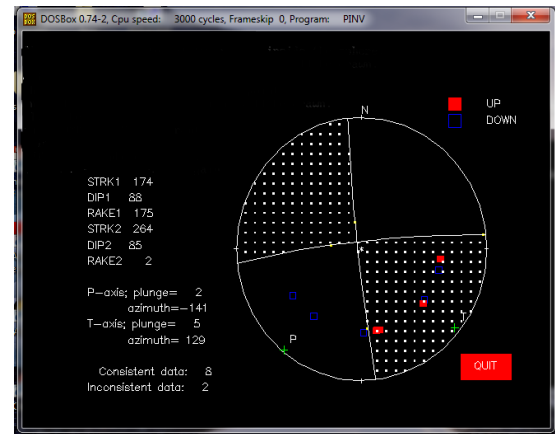
Mekanisme sumber gempa berdasarkan gerak awal gelombang P menggunakan program Dimas.

Tabel 3. Hasil dari picking gerak awal gelombang P, pada gempa Kalimantan Timur

No	Kode stasiun	Polaritas P
1	APSI	-1
2	BKB	-1
3	BKSI	1
4	BNSI	1
5	GTOI	1
6	MPSI	1
7	MRSI	-1
8	PMSI	-1
9	SGKI	-1
10	SPSI	1

Sumber: BMKG Balikpapan

Dari data hasil picking gelombang P pada tabel 3 dan diolah dengan menggunakan program focal mekanisme maka didapatkan hasil bola focal sebagai berikut:



Gambar 4 Salah Satu Diagram mekanisme sumber hasil penyelesaian bidang sesar gempa mangkalihat, Kalimantan Timur

Hasil orientasi bidang sesar sumber gempa Kalimantan Timur

Berdasarkan hasil analisis dari program focal mekanisme, maka di peroleh nilai parameter orientasi bidang sesar berupa nilai strike, dip dan rake yang dapat dilihat pada tabel 4.4 berikut :

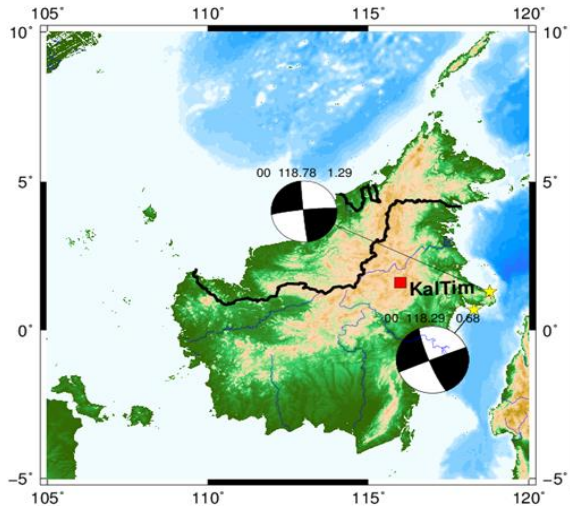
Tabel 4 Hasil orientasi bidang sesar sumber gempa Kalimantan Timur

Kejadian gempa Mag SR	Nodal Plane	Strike	Dip	Rake
4.5 SR	1	174	88	175
	2	264	85	2
4.1 SR	1	158	82	179
	2	248	89	8

Sebaran Jenis sesar di wilayah Kalimantan Timur tahun 2015-2018

Fokus Mekanisme digunakan untuk mengetahui jenis dan arah sesar di wilayah Kalimantan Timur Tahun 2015-2018 dengan data yang di gunakan terdiri dari waktu kejadian, koordinat, kedalaman, dan magnitude gempa. Kriteria magnitude yang di gunakan ≥ 4 SR dengan kealaman 0-60 km. Berdasarkan gambar 5 dapat dilihat

bahwa terdapat 2 bola focal pada sebaran mekanisme fokus gempabumi.



Gambar 5 Peta Mekanisme sumber gempa Kalimantan Timur Tahun 2015-2018

Berdasarkan pada gambar 5 hasil analisa yang telah dilakukan maka diperoleh parameter orientasi sesar berupa nilai *strike*, *dip* dan *Rake* dari dua bidang nodal yang di hasilkan dari program Focal mekanisme. Pada gambar 4.9 menunjukkan sesar yang terjadi diwilayah Kalimantan Timur, tahun 2015-2018 yang secara umum sesar geser (*strike slip*). Jika terdapat 4 bagian dengan warna gelap dan terang selang seling maka itu dinamakan sesar geser.

Hasil dari pengolahan data gempa Kalimantan Selatan dengan menggunakan program focal mekanisme dengan parameter gempa sebagai berikut:

- Tanggal: 29-08-2015
- Waktu kejadian: 10:07:23 UTC
- Lokasi: -1.57 lintang, 116.08 bujur
- Kekuatan: 4.5 SR
- Kedalaman: 10 Kilometer

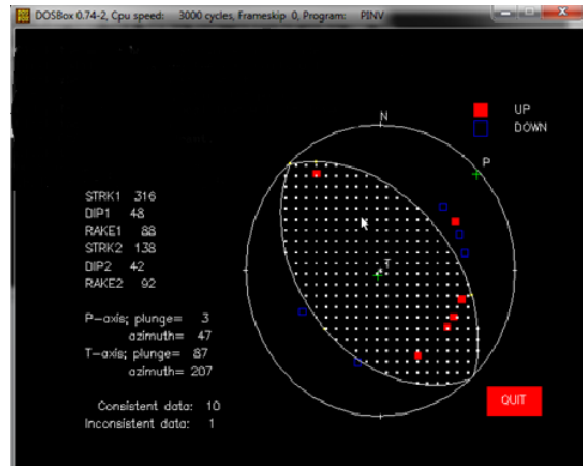
Mekanisme sumber gempa berdasarkan gerak awal gelombang P menggunakan program Dimas.

Tabel 5. Hasil dari picking gerak awal gelombang P, pada gempa Kalimantan Selatan

No	Kode stasiun	Polaritas P
1	BBKI	-1
2	BKB	-1
3	BNSI	1
4	BKSI	1
5	KBKI	1
6	MPSI	-1
7	MTKI	1
8	PKKI	-1
9	SGKI	-1
10	TTSI	1
11	SMKI	1

Sumber: BMKG

Dari data hasil picking gelombang P pada tabel 5 dan diolah dengan menggunakan program focal mekanisme maka didapatkan hasil bola focal sebagai berikut:



Gambar 6 Diagram mekanisme sumber hasil penyelesaian bidang sesar gempa Meratus, Kalimantan Selatan

Hasil orientasi bidang sesar sumber gempa Kalimantan Selatan

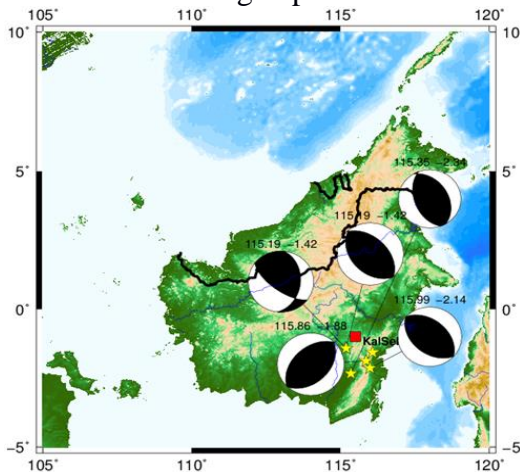
Berdasarkan hasil analisis dari program focal mekanisme, maka di peroleh nilai parameter orientasi bidang sesar berupa nilai *strike*, *dip* dan *rake* yang dapat dilihat pada tabel 6 berikut:

Tabel 6 Hasil orientasi bidang sesar sumber gempa Kalimantan Selatan

Kejadian Gempa Mag SR	Nodal Plane	Strike	Dip	Rake
4.5 SR	1	316	48	88
	2	138	42	92
4.2 SR	1	329	41	82
	2	159	49	97
4.4 SR	1	6	40	142
	2	127	67	57
4.6 SR	1	131	45	89
	2	313	45	91
4.5 SR	1	43	43	88
	2	225	47	92

Sebaran Jenis sesar di wilayah Kalimantan Selatan tahun 2015-2018

Fokus Mekanisme digunakan untuk mengetahui jenis dan arah sesar di wilayah Kalimantan Selatan Tahun 2015-2018 dengan data yang di gunakan terdiri dari waktu kejadian, koordinat, kedalaman, dan magnitude gempa. Kriteria magnitude yang di gunakan ≥ 4 SR dengan kealaman 0-60 km. Berdasarkan gambar 7 dapat dilihat bahwa terdapat 5 bola focal pada sebaran mekanisme fokus gempabumi.



Gambar 7 Peta Mekanisme sumber gempa Kalimantan Selatan Tahun 2015-2018

Berdasarkan hasil analisa yang telah dilakukan maka diperoleh parameter orientasi sesar berupa nilai *strike*, *dip* dan

Rake dari dua bidang nodal yang di hasilkan dari program Focal mekanisme. Pada gambar 7 menunjukkan sesar yang terjadi di wilayah Kalimantan Selatan, tahun 2015-2018 yang secara umum didominasi sesar naik (*thrust fault*) dan sesar oblique. Jika terdapat jika terdapat 3 bagian, apabila ditengah warna gelap maka itu dinamakan sesar naik dan begitu sebaliknya, apabila ditengah berwarna terang maka itu dinamakan sesar turun serta sesar kombinasi sering disebut oblique atau sesar geser, naik/turun.

5. KESIMPULAN

Mekanisme sumber gempa Kalimantan Utara dengan menggunakan gerak awal gelombang P. didapat Orientasi bidang sesar yang di peroleh pada gempa Kalimantan Utara, pada bidang Nodal adalah *Strike* 114- 170, *Dip* 80-90 dan *Rake* -2 – (-136). Solusi mekenisme dari gempa Kalimantan Utara adalah sesar *oblique* dengan dominasi sesar mendatar dan sedikit turun. Sedangkan Pada gempa Kalimantan Timur di dapat kan orientasi bidang sesar yaitu pada bidang nodal adalah *Strike* 158-174, *Dip* 85-89 dan *Rake* 2-179. Solusi mekenisme dari gempa Kalimantan Timur adalah sesar geser (*strike-slip*) dan Pada gempa Kalimantan Selatan di dapat kan orientasi bidang sesar yaitu pada bidang nodal adalah *Strike* 127- 159, *Dip* 40-47 dan *Rake* 88-97. Solusi mekenisme dari gempa Kalimantan Selatan adalah sesar naik (*thrust fault*) dan sesar oblique yang dominan sesar naik.

Penyebab Gempa Kalimantan Utara, pada tahun 2015-2018, yang secara umum berupa sesar oblique dan Sesar geser (*strike slip*). Berdasarkan data kejadian gempabumi Kalimantan Bagian utara didominasi sesar mendatar dengan sedikit turun. Sedangkan mengakibatkan tergadinya gempabumi Kalimantan bagian timur, merupakan jenis sesar geser (*strike slip*) dan secara umum

penyebab gempabumi Kalimantan Selatan yaitu sesar naik (*reverse fault*) dan Sesar oblique (*oblique reverse fault*). Berdasarkan data terjadinya gempabumi Kalimantan selatan di didominasi sesar naik

DAFTAR PUSKATA

- Aki, K. dan P.G Richard. 1980. *Quantitative seismology and methods*. San Fransisco: W. H. Freeman and company.
- BMKG. 2019. *Inatews.bmkg.id*
- Erviawan. 2010. *Lipatan*. Makassar. UIN Makassar
- Prasetyawati Emi dkk, 2016. *Mekanisme Sumber Gempabumi (Focal Mechanism) Manokwari*. Jurnal geometri, Universitas Muslim Indonesia
- Karyadi, D. 2008. *Penentuan Pola Mekanisme Sumber Gempa Bumi Berdasarkan Polarisasi Pertama Gelombang P (Gempa Bumi Bengkulu 12 September 20107)*. Jakarta: Akademi Meteorology dan Geofisika.
- Soeria-Atmadja, R. Maury, R.C., Bellon, H., Pringgoprawiro, H., Polve, M., Priadi B., (1994). *Tertiary Magmatic Belts in Java, Journal of Southeast Asian Earth Sciences*, Vol. 9, No. 1/2, pp. 13-27, Great Britain Pergamon Press Ltd.
- Van de Weerd, A.A., dan Armin, Richard A. 1992, *Origin and Evolution of the Tertiary Hydrocarbon-Bearing Basins in Kalimantan (Borneo), Indonesia*, The American Association of Petroleum Geologists Bulletin v. 76, No. 11, p. 1778-1803.