



## Penggunaan *Automated Phase Picking* pada Estimasi Hiposenter Gempa Lokal: Studi Kasus Lengan Atas Sulawesi

A.M.Miftahul Huda<sup>1,\*</sup>), Ain Sahara<sup>1</sup>, Yekti Wldyaningrum<sup>2</sup>,

<sup>1</sup>*Sekolah Tinggi Teknologi Migas*

*Jl. Transad KM 09 No 76 RT 08 Karangjoang, Balikpapan, Kalimantan Timur, 76125, Indonesia*

<sup>2</sup>*Universitas Bangka Belitung*

*Kampus terpadu Balunijuk, Merawang, Bangka Belitung, 33172, Indonesia*

\*E-mail korespondensi: [mustafid13@gmail.com](mailto:mustafid13@gmail.com)

### Info Artikel:      Abstract

Dikirim:  
[06 April 2021](#)

Revisi:  
[04 Mei 2021](#)

Diterima:  
[27 Juni 2021](#)

Hypocenter estimation was carried out in several local earthquake events in the upper arm of Sulawesi Island. The process is carried out by utilizing P and S wave arrival time data obtained through automated phase picking. The Wadati diagram was used to test the feasibility of the data and HYPOINVERSE was used to estimate the hypocenter.  $V_p/V_s$  ratio shows varied results and RMS shows poor data picking. These results have an impact on RMS values which are quite high in the estimation of the hypocenter. There was an inverse comparison of the results when viewed through the RMS value between Wadati and HYPOINVERSE. Picking data improvements need to be done in order to get a better estimate.

### Kata Kunci:

[hypocenter](#);  
[Automated Phase Picking](#);      [local earthquake](#);  
[Wadati diagram](#);  
[HYPOINVERSE](#)

## PENDAHULUAN

Penentuan hiposenter merupakan pekerjaan rutin dari setiap kejadian gempa. Informasi yang diberikan oleh hiposenter penting untuk salah satu bagian dari mitigasi bencana kegempaan. Metode penentuan hiposenter banyak dikemukakan oleh ahli, diantaranya yang paling populer adalah metode penentuan menggunakan Geiger yang diadopsi dalam HYPO71PC [1]. Berkembang pula berbagai metode, seperti metode *double difference* [2] maupun metode *grid search* [3]. Penentuan hiposenter yang dilakukan pada HYPO71 maupun HYPOINVERSE bergantung pada berbagai variabel pengukuran dan data. Adapun variabel yang berpengaruh pada estimasi penentuan hiposenter diantaranya adalah data waktu tiba gelombang P dan S, data struktur kecepatan gelombang (model bumi), data kedalaman uji, dan data posisi stasiun pengamat[4].

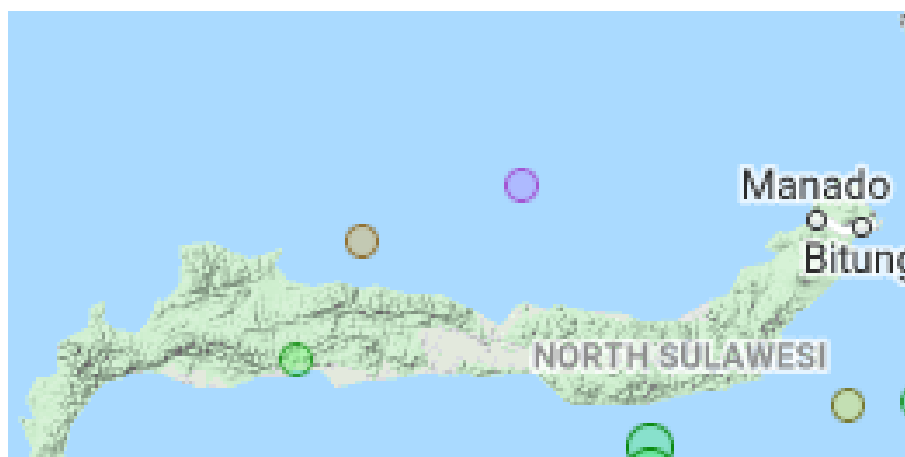
Waktu tempuh gelombang P dan S terkadang menjadi kendala utama dalam penentuan hiposenter, dan terkadang berbagai pengamat dapat berbeda dalam penentuannya. Banyak

sekali aplikasi yang dapat digunakan untuk melakukan proses *picking* data waktu tiba gelombang. Namun, kebanyakan sering kali kesulitan dalam menentukan waktu tiba gelombang S. Sehingga banyak penentuan hiposenter dilakukan dengan menggunakan waktu tempuh gelombang P saja. Namun beberapa penelitian menyatakan bahwa penggunaan gelombang S juga dapat meningkatkan akurasi dari proses estimasi tersebut [5]. Pada penelitian ini kami mencoba menggunakan *automatic picking* yang tersedia dalam SEISAN untuk proses *picking* data [6]. Keuntungan dari proses ini adalah efisiensi waktu jika data sangat banyak. *Autopicker* pada SEISAN didasarkan pada algoritma filter picker yang telah dikembangkan oleh Lomax [7].

Kami ingin melihat sejauh mana proses *picking* tersebut dapat digunakan dalam proses penentuan waktu tiba gelombang P maupun S. Karena data P dan S akan digunakan dalam proses estimasi penentuan hiposenter selanjutnya. Proses penentuan hiposenter akan dilakukan menggunakan HYPOINVERSE dengan memanfaatkan minimum 4 stasiun perekam [8].

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan memanfaatkan data kegempaan pada Sulawesi Bagian lengan utara (atas) pada tahun 2020. Data diakuisisi dari sistem IRIS-WILBER3 (<https://ds.iris.edu/wilber3/>) dengan stasiun pengamat yang disediakan oleh jaringan FDSN-ALL, GSN, dan GFZ. Adapun lokasi data adalah sebagaimana gambar 1. Stasiun perekam dibatasi dengan jarak terhadap sumber sebesar  $10^\circ$ . Hal ini dikarenakan pada jarak tersebut kegempaan dikategorikan sebagai gempa lokal dan diharapkan respon gelombangnya akan terbaca dengan jelas.



**Gambar 1.** Lokasi zona pengambilan data (IRIS-WILBER3)

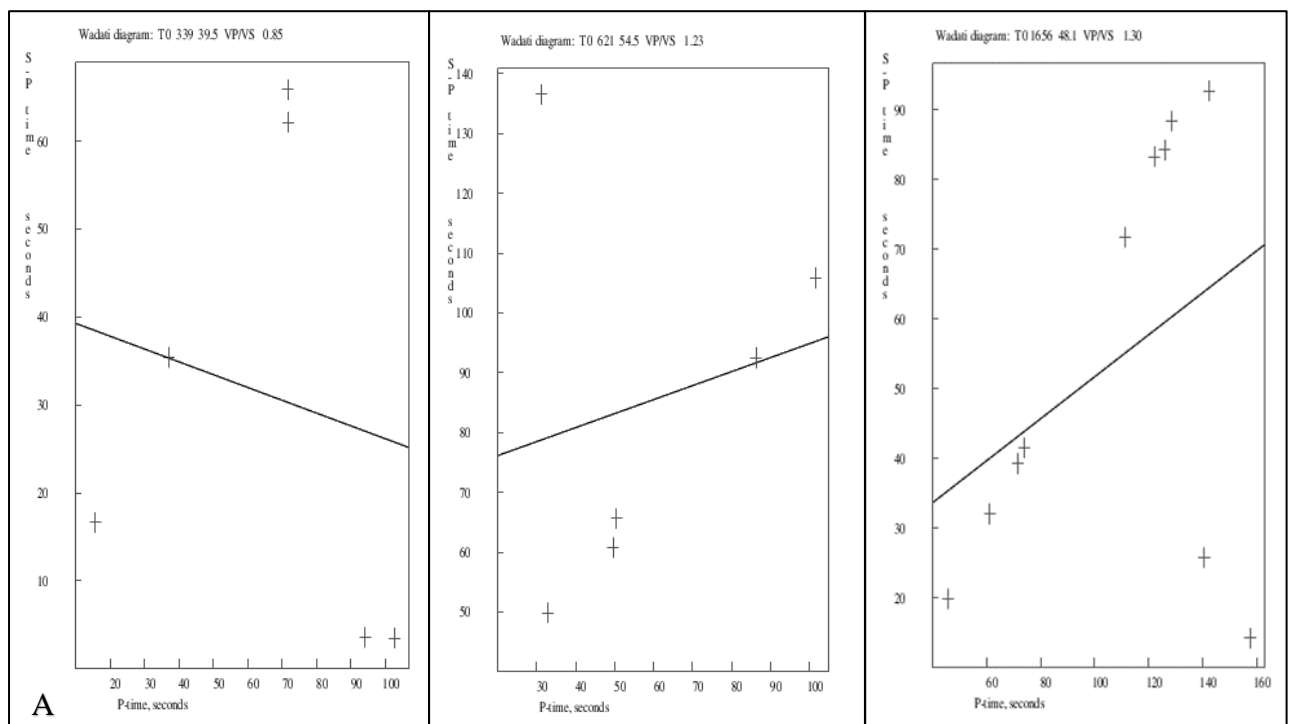
Pemrosesan data menggunakan SEISAN dilakukan dengan melakukan registrasi data pada database terlebih dahulu, kemudian dilakukan proses *picking* data menggunakan *automated picking phase* yang diberikan oleh SEISAN. Pada *automated picking phase* yang diberikan oleh SEISAN seluruh data pengamatan pada masing-masing stasiun ditentukan waktu tiba gelombang P dan S secara automatic. Namun tidak semua data dari tiga komponen gelombang (vertikal dan horizontal) mengeluarkan hasil. Proses selanjutnya adalah dilakukan uji data yang telah dilakukan *picking* tersebut menggunakan Wadati diagram. Berdasarkan berbagai referensi, data *picking* dapat dikoreksi atau dilihat ketepatan *pickingnya* menggunakan diagram Wadati [9]. Pada proses *picking*, murni dilakukan dengan menggunakan *Automated Phase Picking* tanpa melakukan perubahan secara manual. Kemudian hasil *picking* diproses dalam HYPOINVERSE yang juga telah diadopsi oleh seisan pada penentuan hiposenter. Namun sebelumnya kita harus memasukkan stasiun pengamat pada input data stasiun pengamatnya.

Proses berikutnya adalah membandingkan hasil proses estimasi penentuan hiposenter tersebut dengan yang telah terlapor pada basis data IRIS-WILBER3.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

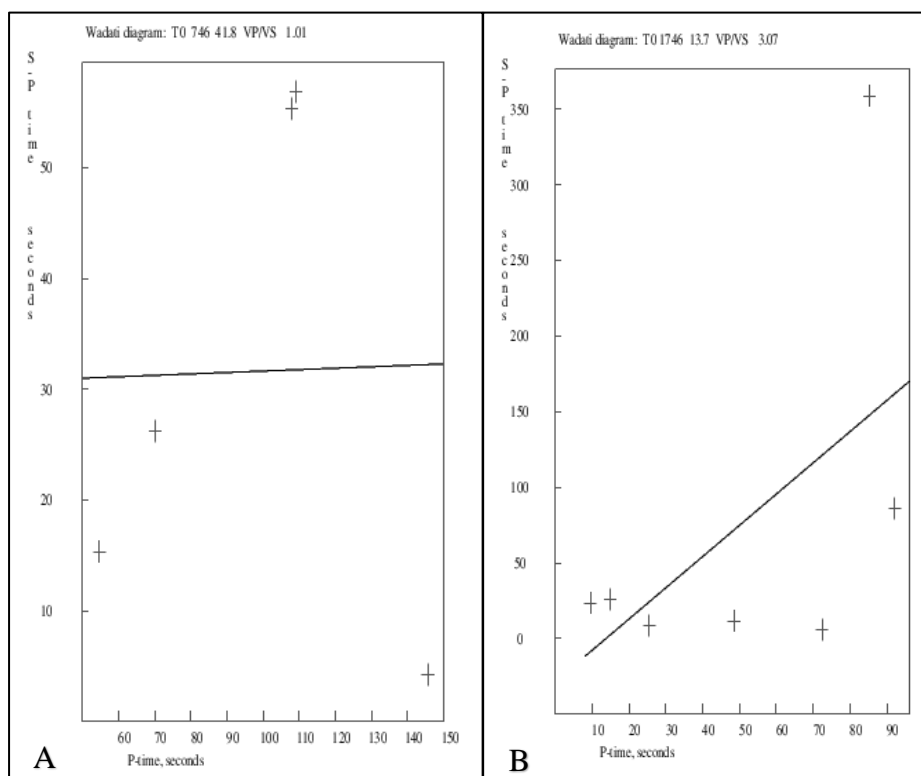
Berdasarkan *picking* gelombang P dan S secara otomatis, dapat disajikan dalam grafik diagram Wadati untuk masing-masing data. Gambar 2 merupakan hasil plot diagram Wadati terhadap hasil *picking* secara otomatis pada SEISAN. Dapat dilihat bahwa dari 5 data tersebut, sangat bervariasi dan dapat dikatakan kurang baik hasilnya. Karena dapat dilihat hampir seluruh datanya tidak segaris dengan *slopenya*, akan tetapi tersebar. Ini menunjukkan bahwasanya kondisi hasil *picking* kurang baik untuk data yang diolah.

Gambar 2. A menunjukkan nilai  $V_p/V_s$  0.8, Gambar 2. B dengan nilai  $V_p/V_s$  hanya 1.25, Gambar 2.C menunjukkan nilai  $V_p/V_s$  sebesar 1.30, Gambar 3.A dengan nilai  $V_p/V_s$  1.01, dan Gambar 3.B dengan  $V_p/V_s$  sebesar 3.07. Berdasarkan rasio  $V_p/V_s$ , diasumsikan data yang dianalisa kurang baik, karena beberapa peneliti menyatakan bahwa range  $V_p/V_s$  idealnya adalah antara 1.53 sampai 1.93 [10].



**Gambar 2.** Diagram Wadati untuk data pada setiap kejadian (a)  $V_p/V_s$  0.8, (b)  $V_p/V_s$  1.25 (c)  $V_p/V_s$  1.30

Beragamnya  $V_p/V_s$  ini sejalan dengan nilai RMS dari masing-masing data sebagaimana dapat dilihat pada Tabel 1. Kondisi tersebut diasumsikan adanya *error picking* yang dilakukan oleh *Automated Phase Picking* pada SEISAN. Karena untuk data yang baik, harusnya berimpitan dengan *slope* yang terbentuk pada diagram Wadati. Karena salah satu manfaat kita menggunakan diagram Wadati adalah untuk mengecek waktu tiba gelombang P dan S apakah layak atau tidak dengan melihat persebarannya, selain untuk menentukan rasio  $V_p/V_s$ . Karena dengan diagram Wadati,  $V_p/V_s$  rasio dapat dicari dengan mudah [9].



**Gambar 3.** Diagram Wadati untuk data pada setiap kejadian (a) Vp/Vs 1.01, (b) Vp/Vs 3.07

**Tabel 1.** Nilai *RMS Automated Phase Picking* berdasarkan diagram Wadati dan RMS Estimasi HYPOINVERSE

Kejadian	RMS diagram Wadati	RMS Estimasi HIPOINVERSE
A (2020-03-22 03:34:53)	20.56	_*
B (2020-08-16 06:26:30)	26.28	100.12
C (2020-01-19 16:58:20)	24.57	17.14
D (2020-10-26 08:26:35)	18.22	_*
E (2020-04-18 17:45:38)	40.01	4.30

Catatan= \* data stasiun tidak mencukupi untuk dilakukan estimasi menggunakan HYPOINVERSE, stasiun perekam minimal 4.

Sebagaimana pada tabel 1. hasil estimasi menunjukkan RMS yang cukup besar, sehingga dapat dikatakan perlu adanya perbaikan data *picking*. Meskipun variabel yang berkontribusi untuk keakuratan estimasi hiposenter gempa bukan hanya terletak pada data *picking* waktu tiba gelombang P dan S, karena model bumi juga turut andil dalam proses estimasi tersebut [11]. Jika dilihat lebih seksama, ada hal menarik dari data RMS tabel 1, yaitu terjadinya data yang berbanding terbalik antara Wadati dan HYPOINVERSE. Pada dasarnya Wadati juga dapat digunakan sebagai metode untuk estimasi hiposenter kejadian gempa berdasar pada selisih waktu tiba gelombang S-P dan waktu tiba gelombang P.

**Tabel 2.** Lokasi Hiposenter terlapor dan hasil estimasi menggunakan HYPOINVERSE

Kejadian	Terlapor IRIS-WILBER3		Estimasi HYPOINVERSE	
	Latitude	Longitude	Latitude	Longitude
A (2020-03-22 03:34:53)	1.34°	121.97°	-*	-*
B (2020-08-16 06:26:30)	1.69°	122.98°	-5.009°	119.747°
C (2020-01-19 16:58:20)	-0.10°	123.80°	0.629°	123.068°
D (2020-10-26 08:26:35)	0.58°	121.54°	-*	-*
E(2020-04-18 17:45:38)	0.34°	125.49°	0.106°	125.333°

Catatan= \* data stasiun tidak mencukupi untuk dilakukan estimasi menggunakan HYPOINVERSE, stasiun perekam minimal 4.

Kemudian jika data hasil *picking* tersebut digunakan dalam proses estimasi penentuan hiposenter menggunakan HYPOINVERSE. Kita dapat melihat perbedaan yang cukup signifikan dengan hasil terlapor pada IRIS-WILBER3 sebagaimana pada tabel 2. Estimasi ini diasumsikan tidak valid, karena data waktu tiba gelombang P dan S terhadap laporan pada basis data IRIS-WILBER3. Penggunaan *automated phase picking* di SEISAN memang sangat membantu dalam pelaksanaan proses data yang sangat banyak, namun perlu dicermati lebih lanjut kualitasnya.

## KESIMPULAN

Penggunaan *automated phase picking* pada kasus ini menghasilkan nilai yang kurang baik berdasarkan diagram Wadati dan berimplikasi pada proses estimasi penentuan hiposenter menggunakan HYPOINVERSE menghasilkan data yang kurang baik pula, sehingga perlu adanya pengolahan lebih lanjut terhadap data untuk dapat menghasilkan data yang lebih baik.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terimakasih kepada IRIS-WILBER3 atas data yang diberikan pada <https://ds.iris.edu/wilber3/>.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] W. H. K. Lee and C. M. Valdes, *HYPO71PC: A personal computer version of the HYPO71 earthquake location program*, vol. 85. US Geological Survey, 1985.
- [2] F. Waldhauser, "hypoDD-A Program to Compute Double-Difference Hypocenter Locations (hypoDD version 1.0-03/2001)," 2001.
- [3] S. Widiyantoro and A. D. Nugraha, "Hypocenter relocation using a fast grid search method and a 3-D seismic velocity model for the Sumatra region," *aip.scitation.org*, vol. 1554, pp. 293–296, 2013.
- [4] H. Mohamed and K. Miyashita, "One-dimensional P-wave velocity structure in the northern Red Sea area, deduced from travel time data," *Earth Planets Sp.*, vol. 53, pp. 695–702, 2001.

- [5] J. S. Gombert, K. M. Shedlock, and S. W. Roecker, "The effect of S-wave arrival times on the accuracy of hypocenter estimation," *Bull. Seismol. Soc. Am.*, vol. 80, no. 6A, pp. 1605–1628, May 1990.
- [6] J. Havskov and L. Ottemoller, "SEISAN earthquake analysis software," *Seismol. Res. Lett.*, vol. 70, no. 5, pp. 532–534, 1999.
- [7] A. Lomax, C. Satriano, and V. Vassallo, "Automatic picker developments and optimization: FilterPicker—A robust, broadband picker for real-time seismic monitoring and earthquake early warning," *Seismol. Res. Lett.*, vol. 83, no. 3, pp. 531–540., 2012.
- [8] F. W. Klein, *Hypocenter location program HYPOINVERSE*. US Geological Survey, 1978.
- [9] N. Hurukawa, *Practical Analyses of Local Earthquake*. Tsukuba, Japan: IISEE, 2012.
- [10] A. Atatri, "Vp/Vs Ratio Determined from Local Seismicity along the Dead Sea Transform for the Period 2010-2016," An-Najah National University, Nablus, Palestine, 2018.
- [11] S. D. Billings, M. S. Sambridge, and B. L. N. Kennett, "Errors in hypocenter location: picking, model, and magnitude dependence," *Bull. Seismol. Soc. Am.*, vol. 84, no. 6, pp. 1978–1990, May 1994.