

21971-paper-
Penentuan+zona+prospek+pan
asbumi+menggunakan+metod
e+FFD+(Paramudito+dkk)_.pdf
by Fajar Hendrasto

Submission date: 14-Feb-2025 09:08AM (UTC+0700)

Submission ID: 2588112905

File name: 21971-paper-
Penentuan_zona_prospek_panasbumi_menggunakan_metode_FFD_Paramudito_dkk_.pdf (924.91K)

Word count: 2453

Character count: 14933



PENENTUAN ZONA PROSPEK PANAS BUMI "AR" MENGGUNAKAN METODE DENSITAS SESAR DAN REKAHAN DETERMINATION OF GEOTHERMAL PROSPECT ZONE "AR" USING FAULT AND FRACTURE DENSITY (FFD) METHOD

Andaru Pramudito¹, Fajar Hendrasto^{1*}, Dyah Ayu Setyorini¹, dan Nurkholis Hariyadi²

¹Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknologi Kebumihan dan Energi, Universitas Trisakti, Jakarta Barat, 11440, Indonesia
²PT PLN (Persero), Jakarta Indonesia

*Penulis koresponden: f_hendrasto@trisakti.ac.id

ABSTRAK

Eksplorasi panas bumi membutuhkan metode yang efisien dan andal untuk penilaian kondisi permukaan. Salah satu metode tersebut adalah metode Densitas Sesar dan Rekahan (*Fault and Fracture Density/FFD*), yang mencakup analisis sesar dan intensitas rekahan pada lapangan panasbumi. Metode *FFD* banyak digunakan dalam eksplorasi panas bumi karena memberikan informasi penting tentang sifat struktur lapangan panas bumi. Metode ini memungkinkan untuk penggambaran zona sesar, yang merupakan komponen penting dari sistem panas bumi. Zona sesar dan rekahan berkaitan dengan reservoir sistem panas bumi, karena menyediakan jalur untuk aliran fluida dan perpindahan panas. Metode *FFD* sangat berguna dalam eksplorasi tahap awal sumber daya panas bumi karena memberikan estimasi distribusi area prospek panasbumi. Metode ini menghitung intensitas sesar dan rekahan dalam area tertentu.

Deliniasi kontur *FFD* sebagai zona prospek panasbumi terdapat pada kisaran kontur 2-4 km/km², yang terletak di sebelah tenggara dan bagian tengah lapangan panasbumi "AR". Daerah tersebut merupakan daerah dengan intensitas densitas kelurusan yang paling tinggi. Sesar Wai Wejak, Sesar Watuwat dan Sesar Atalojo terdapat pada kontur *FFD* 2-4 km/km², hal ini mengkonfirmasi bahwa ketiga sesar tersebut berperan sebagai zona permeabel tempat keluarnya fluida panasbumi dari bawah permukaan yang berkaitan oleh kehadiran manifestasi panasbumi di sepanjang sesar yang menunjukkan bahwa ketiga sesar tersebut terhubung langsung ke zona reservoir.

ABSTRACT

Geothermal exploration requires efficient and reliable methods for the assessment of surface conditions. One such method is the Fault and Fracture Density (FFD) method, which involves the analysis of faults and fractures intensity within a geothermal area. The FFD method is widely used in geothermal exploration as it provides important information about the structural properties of a geothermal field. This method allows

SEJARAH ARTIKEL

Diterima
Desember 2024
Revisi
Desember 2024
Disetujui
Januari 2025
Terbit online
Januari 2025

KATA KUNCI

- panasbumi,
- *FFD*,
- sesar,
- rekahan
- densitas

for the delineation of fault and fracture zones, which are crucial components of a geothermal system. These fault and fracture zones correspond to the reservoir of geothermal systems, as they provide pathways for fluid flow and heat transfer. The FFD method is particularly useful in the early-stage exploration of geothermal resources as it provides an estimation of the geothermal prospect area distribution. The method calculates the intensity of faults and fractures within a given area.

The FFD contour delineation as a geothermal prospect zone is in the contour range of 2-4 km/km², which is located in the southeast and center of the "AR" geothermal field. This area has the highest lineament density intensity. The Wai Wejak Fault, Watuwater Fault and Atalojo Fault are found on an FFD contour of 2-4 km/km², this confirms that these three faults act as permeable zones where geothermal fluids come out from below to the surface which is related to the presence of geothermal manifestations along the faults which shows that these three faults are directly connected to the reservoir zone.

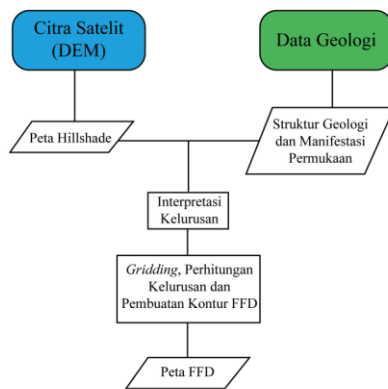
1. PENDAHULUAN

Densitas Sesar dan Rekahan atau *Fault and Fracture Density* (FFD) adalah metode sederhana yang digunakan untuk menilai kepadatan struktur yang tinggi daerah yang dibentuk oleh interkoneksi sesar dan rekahan yang ini mungkin terbentuk akibat tektonik, dan berkembang karena deformasi batuan selama aktivitas tektonik, seperti lipatan dan sesar. Di sisi lain, rekahan dan sesar mungkin telah terbentuk di sekitar tubuh intrusif, yang berkembang selama intrusi batuan beku terhadap batuan di sekitarnya. Struktur struktur pada daerah panas bumi berpotensi sebagai zona permeabel yang dapat bertindak sebagai jalur untuk fluida termal mengalir dari reservoir pada kedalaman ke tingkat yang lebih dangkal sampai ke permukaan. Telah terbukti dalam eksplorasi panas bumi dan eksploitasi bahwa zona permeabel ini adalah target pemboran yang signifikan untuk menemukan sumur produktif (Soengkono, 2000, 1999). Dengan demikian deliniasi dan deteksi area dengan tingkat kepadatan sesar dan rekahan yang tinggi sangat penting dan merupakan salah satu tahap awal untuk eksplorasi panas bumi.

Metode FFD menggunakan data topografi digital dan *shaded relief tool*, yang tersedia di beberapa perangkat lunak atau GIS untuk menggambarkan kelurusan yang muncul sebagai hasil pancaran sinar dari matahari pada sudut yang berbeda. Kepadatan dari kelurusan ini di atas area studi seperti daerah anomali panas bumi, ditunjukkan oleh kerapatan kelurusan ini di setiap bagian *grid* yang membagi wilayah studi. Besar dimensi grid biasanya 1 km x 1 km. Densitas didefinisikan sebagai panjang total kelurusan dalam setiap blok *grid*. Dengan demikian, satuan densitas adalah km/km². Kepadatan nilai di setiap *grid* dapat dikontur untuk ditampilkan daerah dengan nilai kerapatan yang sama.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Analisis FFD diawali dengan pembuatan peta *hillshade* yang merupakan hasil olahan dari data model elevasi digital (DEM). Peta *hillshade* yang digunakan sebagai peta dasar dilengkapi dengan *plot* distribusi manifestasi panas bumi yang merupakan data sekunder yang diperoleh dari PT PLN Persero, 2020, dimana setiap jenis manifestasi panas bumi *diplot* dengan warna yang berbeda dan sebaran struktur geologi sebagai peta dasar. Kemudian untuk penarikan kelurusan pada tahap metode FFD digunakan data citra satelit berupa *digital elevation map* (DEM) yang diperoleh melalui DEMNAS yang kemudian diolah menjadi peta *hillshade* dengan sudut penyinaran sebesar 0°, 45°, 90°, dan 135° guna memperlihatkan kelurusan pada daerah penelitian secara lebih detail menggunakan *software* QGIS 3.20. Kemudian dilakukan penarikan kelurusan pada setiap peta *hillshade* yang telah diperoleh, hasil penarikan kelurusan pada masing masing peta *hillshade* kemudian digabungkan ke dalam satu peta. Kemudian peta tersebut diolah kembali untuk memperoleh peta *fault and fracture density* (FFD) dengan cara membagi peta ke dalam *grid* sebesar 1x1 km². Selanjutnya garis yang merepresentasikan kelurusan dihitung pada masing masing *grid* dalam kilometer yang menghasilkan panjang garis per setiap kilometer persegi (km/km²) (Soengkono, 2000, 1999, Hendrasto dkk., 2012, 2011), nilai nilai tersebut akan menghasilkan pola kontur FFD (Gambar 1).



Gambar 1. Diagram alir penelitian

3. HASIL DAN DISKUSI

3.1. Struktur Geologi Regional

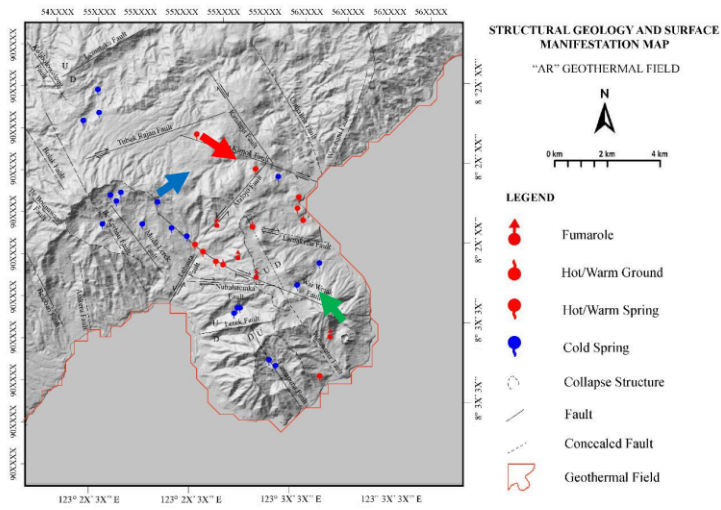
Lapangan Panas Bumi "AR" berada di busur Sunda Kecil Dalam. Secara tektonik, daerah tersebut merupakan pertemuan tiga lempeng utama dengan sejumlah lempeng mikro, yang menjadikannya salah satu wilayah tektonik paling rumit di dunia. Lempeng India-Australia bergerak ke arah utara dan Lempeng Pasifik bergerak ke arah barat laut terhadap Lempeng Eurasia, sehingga blok internal memainkan peran penyerap regangan ketiga lempeng utama di sekitarnya. Akibatnya, busur Banda masih mengalami perlipatan dan Pulau Flores mengalami gaya geser *left-lateral shear stress* berarah utara barat laut – selatan tenggara (NNW-SSE) *stress*. (Socquet dkk, 2006).

3.2 Analisis Fault and Fracture Density (FFD)

Penelitian ini menggunakan peta *hillshade* sebagai peta dasar yang telah diplot dengan distribusi manifestasi permukaan dan struktur geologi. Bagian tengah daerah penelitian dipenuhi oleh tiga sesar besar yang diduga berperan sebagai zona permeabel, diantaranya adalah Sesar Wai Wejak, Sesar Watuwater dan Sesar Atalojo yang masing-masing ditunjukkan oleh panah hijau, biru dan merah (PT PLN Persero, 2020) (Gambar 2). Analisis FFD dimulai dengan penarikan kelurusan yang ditarik pada empat peta *hillshade* dengan sudut penyinaran sebesar 0°, 45°, 90°, dan 135°, dimana masing-masing ditandai dengan notasi warna secara berurutan yaitu biru, kuning, hijau dan ungu (Gambar 3). Kemudian kelurusan yang telah ditarik pada peta dipindahkan pada diagram *rosette* yang menunjukkan *trend* kelurusan. Pada Lapangan Panasbumi AR memiliki *trend* dominan berarah barat laut – tenggara dan timur laut – barat daya yang mengkonfirmasi struktur geologi daerah penelitian yang berarah barat laut – tenggara dan timur laut – barat daya, seperti struktur sesar yang berada dekat dengan kemunculan manifestasi panasbumi (Gambar 4).

Penentuan Zona Prospek Panasbumi "AR" Menggunakan Metode Fault And Fracture Density (FFD)

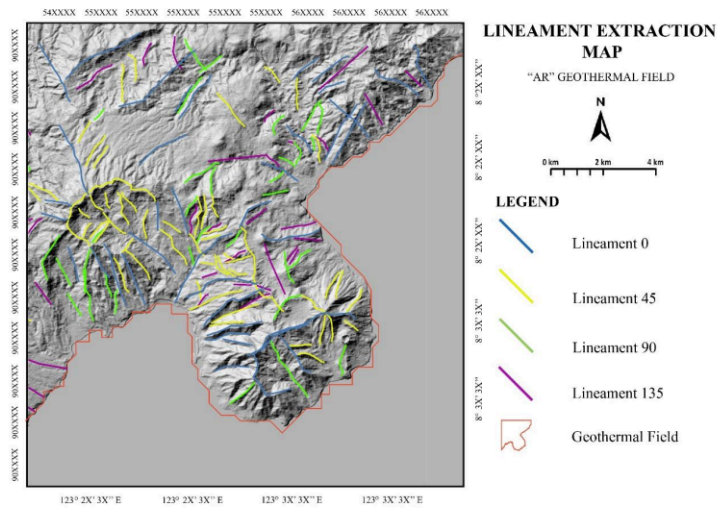
Pramudito, Hendrasto, Setyorini, Hariyadi
p-ISSN 0853-7720; e-ISSN 2541-4275, Volume 10, Nomor 1, halaman 62 – 71, Januari 2025
DOI: <https://doi.org/10.25105/pdk.v10i1.21971>



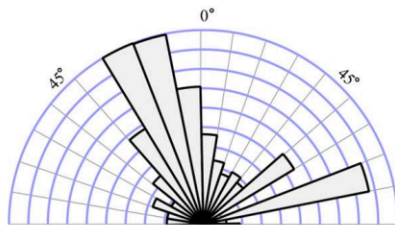
Gambar 2. Overlay peta *hillshade* dengan sebaran manifestasi panas bumi dan struktur geologi pada lapangan panasbumi "AR".

Penentuan Zona Prospek Panasbumi "AR" Menggunakan Metode Fault And Fracture Density (FFD)

Pramudito, Hendrasto, Setyorini, Hariyadi
p-ISSN 0853-7720; e-ISSN 2541-4275, Volume 10, Nomor 1, halaman 62 – 71, Januari 2025
DOI: <https://doi.org/10.25105/pdk.v10i1.21971>



Gambar 3. Peta penarikan kelurusan lapangan panasbumi "AR"



Gambar 4. Diagram *Rose* hasil ekstraksi kelurusan gabungan dari empat peta *hillshade*

Kombinasi kelurusan yang telah ditarik, dihitung besaran nilainya pada setiap *grid* berukuran 1 x 1 km yang menghasilkan nilai kontur FFD. Peta FFD dapat digunakan sebagai representasi tingkat kerapatan sesar dan rekahan yang berpengaruh kepada luasan sistem panasbumi (Soengkono, 2000, 1999). Penarikan kelurusan dari punggung-lembah dengan alasan karena *fault* dan *fracture* yang banyak terdapat pada lembah diasumsikan sebagai zona lemah yang menjadi jalur pergerakan dari fluida panas bumi, sehingga dapat menjadi petunjuk lokasi zona permeabel (Suryantini dan Wibowo,

2010, Hendrasto dkk, 2012). Nilai densitas 0 pada peta FFD dapat diartikan sebagai ketidakhadiran sesar. Sebaliknya, nilai densitas 4 dapat diartikan sebagai daerah dengan kerapatan sesar yang sangat tinggi (Gambar 5)

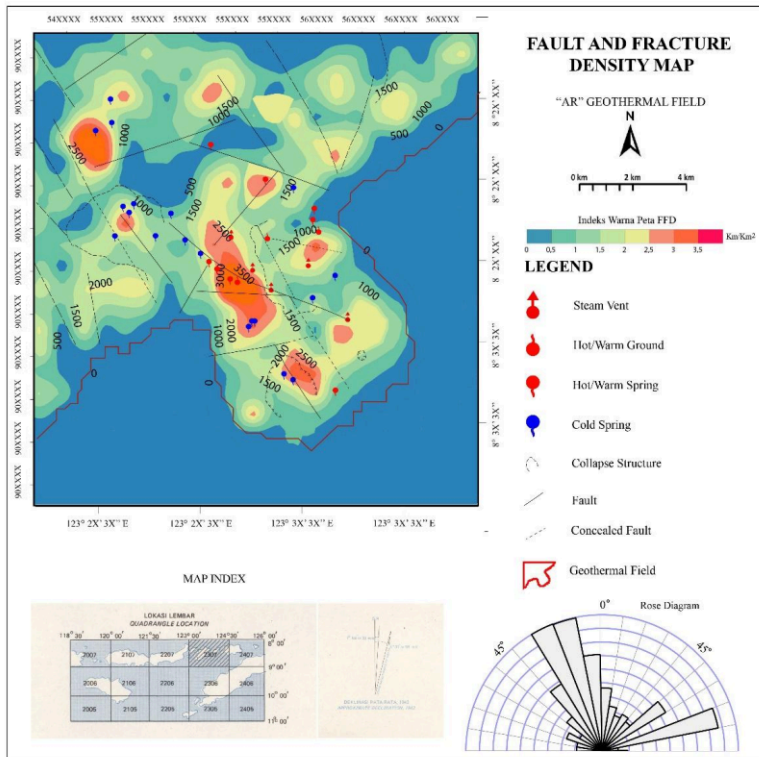
Berdasarkan atas peta FFD tersebut, maka dapat diinterpretasikan bahwa daerah penelitian digolongkan menjadi tiga kategori, yaitu :

- 1) Daerah dengan kisaran nilai FFD tinggi dengan nilai 2-4 km/km² yang ditandai dengan warna jingga hingga warna merah, dengan *trend* kontur FFD berarah barat laut - tenggara yang menandakan banyaknya kehadiran struktur geologi pada daerah tersebut dengan *trend* kontur FFD berarah baratlaut - tenggara. Pada daerah ini juga ditemukan manifestasi permukaan berupa mataair panas (*hot spring*), fumarol, tanah hangat (*hot ground*) dan mataair dingin (*cold spring*).
- 2) Daerah dengan kisaran FFD menengah dengan nilai 1–2 km/km² yang ditandai dengan warna hijau muda hingga kuning tersebar pada bagian utara, timur, barat daerah penelitian. Pada daerah ini tersebar secara dominan manifestasi permukaan berupa mataair dingin, pada beberapa titik juga ditemukan mataair panas dan tanah hangat.
- 3) Daerah dengan kisaran FFD rendah bernilai kurang dari 1 km/km², diwakili dengan warna biru hingga hijau muda tersebar di sebelah utara daerah penelitian. Pada daerah ini ditemukan manifestasi permukaan dengan jumlah sedikit dengan jenis matair panas.

Anomali yang ditemukan pada Peta FFD yaitu terdapat beberapa lokasi pada daerah penelitian dimana pada daerah tersebut ditemukan beberapa titik manifestasi permukaan, namun terletak pada daerah dengan nilai kontur FFD dibawah 2 km/km². Diinterpretasikan bahwa pada daerah tersebut ditemukan sesar meskipun tidak dengan tingkat kerapatan yang tinggi, tetapi terhubung langsung ke reservoir sehingga mempengaruhi munculnya manifestasi tersebut. Anomali lainnya yang ditemukan adalah adanya daerah dengan nilai FFD tinggi (2-4 km/km²), namun pada daerah tersebut tidak ditemukan adanya manifestasi permukaan. Hal ini disebabkan karena struktur geologi pada daerah tersebut tidak terhubung ke reservoir atau tidak berperan sebagai jalur permeabel.

Penentuan Zona Prospek Panasbumi "AR" Menggunakan Metode Fault And Fracture Density (FFD)

Pramudito, Hendrasto, Setyorini, Hariyadi
p-ISSN 0853-7720; e-ISSN 2541-4275, Volume 10, Nomor 1, halaman 62 – 71, Januari 2025
DOI: <https://doi.org/10.25105/pdk.v10i1.21971>



Gambar 5. Peta *fault and fracture density* (FFD) lapangan panasbumi "AR"

4. KESIMPULAN

Deliniasi kontur FFD sebagai zona prospek panasbumi terdapat pada kisaran kontur 2-4 km/km², yang terletak di sebelah tenggara dan tengah lapangan panasbumi "AR". Daerah tersebut merupakan daerah dengan intensitas densitas kelurusan yang paling tinggi pada lapangan panasbumi "AR". Sesar Wai Wejak, Sesar Watuwater dan Sesar Atalojo terdapat pada kontur FFD 2-4 km/km², hal ini mengkonfirmasi bahwa ketiga sesar tersebut berperan sebagai zona permeabel tempat keluarnya fluida panasbumi dari bawah permukaan yang berkaitan oleh kehadiran manifestasi panasbumi di sepanjang sesar yang menunjukkan bahwa ketiga sesar tersebut terhubung langsung ke zona reservoir.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis berterima kasih kepada pihak-pihak yang membantu dalam menyelesaikan penelitian ini pada periode tahun akademik 2021-2022. Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada pihak Manajemen PT PLN Persero yang telah menyediakan data sekunder, kepada Bapak Harry Nurkholis yang sangat mendukung penulis untuk menyelesaikan penelitian ini dengan baik.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Hendrasto, F., Agustan, Hutasoit L., dan Sapiie B. 2012. *The Application of Interferometry Radar Technique to Determine Recharge Area of Wayang Windu Geothermal Field, Pangalengan, West Java*. Proc. of 1st ITB Geothermal Workshop. Institut Teknologi Bandung.
- Hendrasto, F., Agustan, Hutasoit, L.M. 2011. Penginderaan Jauh untuk Penentuan Daerah Resapan pada Lapangan Panas Bumi, Prosiding PIT XVIII Masyarakat Penginderaan Jauh Indonesia, Semarang, hal. V.27-V.48.
- Hendrasto, F., Agustan, Hutasoit, L.M., dan Sapiie, B. 2011. Aplikasi Teknik Radar Interferometri Menggunakan Data Satelit ALOS PALSAR untuk Penentuan Daerah Resapan pada Lapangan Panas bumi Wayang Windu, Jawa Barat, Jurnal IJ-Geotech, vol. 2, no. 2, edisi Agustus 2011, PTISDA BPPT, hal. 82-102.
- PT. PLN Persero. 2020. *Consultancy Services for Pre-Feasibility Study of Atadei Geothermal Working Area Financed by PLN Budget* (tidak dipublikasikan).
- Socquet A., Simons, W., Vigny, C., McCaffrey, R., Subarya, C., Sarsito., Spakman W. 2006. *Microblock rotations and fault coupling in SE Asia triple junction from GPS and earthquake slip vector data*. Journal of Geophysical Research. Hal 111.
- Soengkono, S. 2000. *Assessment of Faults and Fractures at the Mokai Geothermal Field, Taupo Volcanic Zone, New Zealand*, Proc. of World Geothermal Congress 2000, Kyushu-Tohoku, Japan, hal. 1771-1776.

Penentuan Zona Prospek Panasbumi “AR” Menggunakan Metode Fault And Fracture Density (FFD)

Pramudito, Hendrasto, Setyorini, Hariyadi

p-ISSN 0853-7720; e-ISSN 2541-4275, Volume 10, Nomor 1, halaman 62 – 71, Januari 2025

DOI: <https://doi.org/10.25105/pdk.v10i1.21971>

Soengkono, S. 1999. *Analysis of Digital Topographic Data for Exploration and Assesment of Geothermal Systems*. 21st New Zealand Geothermal Workshop. University of Auckland.

Suryantini., dan Wibowo, H. 2010. *Application of Fault and Fracture Density (FFD) method for geothermal exploration in non-volcanic geothermal system a case study in Sulawesi-Indonesia* Jurnal Geoaplika. 5(1). 027–037.

21971-paper-
Penentuan+zona+prospek+panasbumi+menggunakan+met...
(Paramudito+dkk)_.pdf

ORIGINALITY REPORT

16%

SIMILARITY INDEX

11%

INTERNET SOURCES

6%

PUBLICATIONS

9%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	Submitted to School of Business and Management ITB Student Paper	8%
2	digilib.unila.ac.id Internet Source	2%
3	buletinsdg.geologi.esdm.go.id Internet Source	2%
4	Submitted to Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Trisakti Student Paper	1%
5	vdocuments.site Internet Source	1%
6	Hasrul Hasrul, Hasria Hasria, Suryawan Asfar. "Studi geomorfologi Daerah Samaturu, Kabupaten Kolaka, Provinsi Sulawesi Tenggara", OPHIOLITE : Jurnal Geologi Terapan, 2021 Publication	1%
7	journal.untar.ac.id Internet Source	1%

Exclude quotes On

Exclude matches < 15 words

Exclude bibliography On