

JURNAL GEOSAINS TERAPAN

Volume 2, No. 3, Februari 2016

NURRUL AHMAD HIDAYAT, ABDUL HARIS

1 – 5 Analisis Petrofisika dan Evaluasi Formasi Reservoar Berdasarkan Data Log Sumuran pada Lapangan “D”

DINO EKA PUTRA, SUPRIATNA, FRANS SITANALA

6 – 12 Risiko erupsi Gunung Marapi, Kabupaten Tanah Datar

ANIKA, ROKHMATULOH, SUPRIATNA

13 – 21 Wilayah prospek panasbumi berdasarkan karakteristik fisik di Sesar Cimandiri, Jawa Barat

HERMANSYAH, SUPRIATNA, ADI WIBOWO

22 - 28 Wilayah bahaya longsor menggunakan Metode SINMAP (Studi kasus: Kecamatan Simpenan, Kabupaten Sukabumi, Provinsi Jawa Barat)

SEPTRIANDI, ILDREM SYAFRI, YOGA ADRIANA S., FARID FERDIAN

29 - 39 *Jurassic Sandstone Characteristic Of Bobong Formation In Taliabu Island, Eastern Indonesia: Outcrop And Petrography Observations*

40 - 41 Lampiran 1: Contoh Format Penulisan

**DITERBITKAN OLEH PUSAT STUDI GEOSAINS
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS INDONESIA**

Jurnal Geosains Terapan	Vol. 2	No. 3	Page 1- 41	Depok Februari 2016	ISSN 977-2502468008
-------------------------	--------	-------	------------	------------------------	------------------------

JURNAL GEOSAINS TERAPAN

Volume 2, No. 3, Februari 2016

Jurnal Geosains Terapan (J. Geos T.) adalah jurnal nasional yang dipublikasikan tiga kali dalam setahun, diterbitkan tiap bulan April, Agustus dan Desember oleh Pusat Studi Geosains, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA), Universitas Indonesia.

Jurnal Geosains Terapan memberikan kesempatan bagi kontributor untuk menuliskan paparan ilmiah untuk mendukung atau berhubungan dengan ilmu kebumihan, meliputi: Geologi, Geofisika, Geokimia, Geodesi, Geomorfologi, Geografi Fisik, dan terapannya. Jurnal Geosains Terapan akan dipublikasikan dalam bentuk buku jurnal dan jurnal *on-line*.

DEWAN REDAKSI JURNAL GEOSAINS TERAPAN

Penasehat : Dekan FMIPA UI
Pengarah : Manajer Riset dan Pengabdian Masyarakat FMIPA UI

**Penanggungjawab
Pimpinan Redaksi** : Dr. Supriatna, MT
**Wakil Pimpinan
Redaksi** : Eko Waludi, ST, M. Si.

Dewan Editor
Ketua : Dr. *Eng.* Supriyanto, M. Sc.
Anggota : Prof. Dr. Jan Sopaheluwakan, LIPI
Dr. Idwan Suhardi, Kemenristek RI
Dr. Agus Guntoro, Universitas Trisakti
Dr. Ildrem Safri, Unpad
Dede Djuhana, M. Si., Ph. D., FMIPA UI
Dr. Supriyanto, FMIPA UI
Dr. Suryantini, ITB
Dr. *rer. nat.* Abdul Haris, FMIPA UI
Dr. Khasani, ST, M.Eng., UGM
Dr. Yuni Krisyuningsih Krisnandi, FMIPA UI

Redaktur Pelaksana : Reza Syahputra, M. Si
: Octria Adi Prasojo, B.Sc., M.Sc.
: Faris Zulkarnain, S.Si
: Oscar Riansyah Tilman, S. Si

**Keuangan
Staf Administrasi** : Agus Riyanto, S.Si

JURNAL GEOSAINS TERAPAN

SK ISSN: 0005.2502468X/JL.3.1?SK.ISSN/2016.2 (15 Februari 2016)

Kantor: Pusat Studi Geosains Gedung A, Lantai Dasar, FMIPA UI

Kampus UI Depok 16424

<http://www.sci.ui.ac.id/jgt>; <http://journal.ui.ac.id/jgt>

Telp. (021) 7866732; e-mail: jgt@sci.ui.ac.id

DAFTAR ISI

Analisis Petrofisika dan Evaluasi formasi Reservoir Berdasarkan Data Log Sumuran pada Lapangan “D” Nurrul Ahmad Hidayat, Abdul Haris	1 - 5
Risiko erupsi Gunung Marapi, Kabupaten Tanah Datar Dino Eka Putra, Supriatna, Frans Sitanala	6 - 12
Wilayah prospek panasbumi berdasarkan karakteristik fisik di Sesar Cimandiri, Jawa Barat Anika, Rokhmatuloh, Supriatna	13 - 21
Zonasi Estuaria Muaragembong berdasarkan Salinitas Permukaan Perairan menggunakan Penginderaan Jauh Hermansyah, Supriatna, Adi Wibowo	22 - 28
<i>Jurassic Sandstone Characteristic Of Bobong Formation In Taliabu Island, Eastern Indonesia: Outcrop And Petrography Observations</i> Septriandi, Ildrem Syafri, Yoga Adriana S., Farid Ferdian	29 - 39

Analisis Petrofisika dan Evaluasi formasi Reservoir Berdasarkan Data Log Sumuran pada Lapangan “D”

Nurrul Ahmad Hidayat¹, Abdul Haris¹

¹Departemen Fisika, FMIPA UI, Kampus UI Depok 16424

nurrul.ahmad@yahoo.com

Abstrak

Penelitian ini membahas karakterisasi zona reservoir hidrokarbon berdasarkan analisis petrofisika. Penelitian dilakukan dengan melakukan evaluasi formasi dan analisis petrofisika. Dalam evaluasi formasi dibutuhkan parameter-parameter fisika untuk mengevaluasi dan memprediksi kandungan minyak dan gas bumi dalam batuan reservoir. Parameter-parameter fisika tersebut adalah kandungan lempung, porositas, kejenuhan air dan permeabilitas yang didapatkan dari analisis petrofisika. Dalam penelitian ini dilakukan analisis petrofisika dari 7 data sumur. Berdasarkan hasil akhir analisis petrofisika, reservoir zona target pada lapangan penelitian adalah reservoir pada sumur Lisburne 1 dengan kandungan lempung sebesar 9%, porositas efektif 24% dan saturasi air 10%. Litologi pada reservoir ini merupakan batupasir dengan ketebalan reservoir sebesar 53,64 meter. Reservoir ini terletak pada kedalaman 1978 – 2154 ft.

Kata Kunci : Analisis Petrofisika, kandungan lempung, porositas, saturasi air, permeabilitas.

Abstract

This study discusses the characterization of hydrocarbon reservoir zones based on petrophysical analysis. The study was conducted by formation evaluation and petrophysical analysis. In formation evaluation physics parameters needed to evaluate and predict the content of oil and gas in the reservoir rocks. The physical parameters are the clay content, porosity, water saturation and permeability obtained from petrophysical analysis. In this study carried out petrophysical analysis of 7 well data. Based on the final results of petrophysical analysis, reservoir target zone on the research field is reservoir at Lisburne 1 well with the clay content is 9%, effective porosity is 24% and water saturation is 10%. Lithology in this reservoir is sandstone with a reservoir thickness is 53,64 meters. The reservoir lies at a depth 1978 - 2154 ft.

Keywords : Petrophysical analysis, clay content, porosity, water saturation, permeability

1. PENDAHULUAN

Untuk memprediksi cadangan fluida migas dan jumlah fluida yang diproduksi perlu dilakukan evaluasi terhadap kondisi suatu reservoir. Penelitian geologi dan seismik permukaan mungkin mampu memberikan dugaan potensi hidrokarbon di bawah tanah, akan tetapi sampai saat ini belum ada satu solusi nyata selain melakukan penggalan lubang sumur serta mengadakan serangkaian pengukuran di dalam sumur dan evaluasi data hasil rekaman untuk memastikan ada tidaknya kandungan hidrokarbon di bawah tanah [5].

Sebelum melakukan proses logging diperlukan pengetahuan tentang dasar-dasar well logging, agar dapat melakukan interpretasi dan analisa hasil rekaman log. Interpretasi dan analisa data log sumur dapat dipakai sebagai pendukung untuk evaluasi terhadap kondisi suatu reservoir, agar dapat memprediksi cadangan fluida migas dan jumlah fluida migas. Parameter untuk mengevaluasi dan memprediksi kandungan minyak dan gas bumi dalam batuan reservoir adalah porositas, saturasi

air, kandungan lempung dan permeabilitas. Parameter-parameter tersebut didapatkan dari analisis petrofisika menggunakan data log sumur.

Analisis petrofisika sangat penting untuk mengetahui kualitas dan karakteristik batuan reservoir berdasarkan sifat fisiknya yang meliputi porositas, saturasi air, kandungan serpih dan permeabilitas. Sifat fisik batuan sangat penting dipelajari untuk mengetahui karakter reservoir atau batuan tempat menyimpan hidrokarbon sebagai batuan yang layak untuk dilakukan pengeboran ataupun produksi lebih lanjut. Dengan dilakukannya analisa petrofisika dan evaluasi formasi, kita bisa dengan mudah menentukan suatu zona reservoir dan penyebaran hidrokarbon di dalam suatu formasi batuan.

Penelitian ini bertujuan untuk memberikan cara yang efektif dalam menentukan zona prospek hidrokarbon berdasarkan nilai parameter petrofisika pada lapangan penelitian. Metode yang digunakan adalah melakukan analisis petrofisika pada data log sumur untuk mendapatkan nilai parameter petrofisika berupa kandungan lempung, porositas

dan saturasi air dari lapisan bawah tanah lapangan Penelitian. Kandungan lempung merupakan jumlah kandungan lempung yang ada didalam formasi batuan. Kandungan lempung ini bisa didapatkan dari log gamma ray, log SP, log neutron atau log resistivitas. Yang lebih sering digunakan adalah indikator dari log gamma ray karena dapat langsung mendeskripsikan litologi target reservoir.

Setelah didapatkan kandungan lempung, langkah selanjutnya adalah menghitung porositas dan saturasi air. Porositas merupakan ruang kosong yang ada diantara matriks batuan. Nilai porositas bisa didapatkan dengan menggunakan gabungan log neutron-densitas. Saturasi air merupakan rasio dari volume pori yang terisi oleh air [5]. Tujuan menghitung saturasi air adalah untuk menentukan zona yang mengandung hidrokarbon. Dengan diketahuinya nilai parameter petrofisika yang ada, maka zona prospek hidrokarbon pada lapangan penelitian dapat ditentukan.

2. DATA DAN METODE

Pada penelitian ini menggunakan 7 data sumur yang terletak di daerah National Petroleum Reserve Alaska (NPRA). Data terdiri dari 7 data sumur, antara lain: Awuna 1, Kugrua 1, Lisburne 1, Seabee 1, Tunalik 1, Walakpa 1 dan Walakpa 2. Data log yang digunakan dalam pengolahan data adalah data log gamma ray, densitas, neutron dan resistivitas. Data log yang lain seperti data log SP, Caliper dan sonik dijadikan sebagai data pendukung dalam melakukan pengolahan data.

Pengolahan data yang dilakukan pada penelitian yaitu dengan melakukan analisis petrofisika, diteruskan dengan pembuatan lumping untuk menentukan zona reservoir (*net reservoir*) dan zona produktif (*net pay*). Software yang digunakan dalam pengolahan data disini adalah *Techlog*. Analisis petrofisika membutuhkan setidaknya 3 parameter *output* berupa kandungan lempung, porositas, dan saturasi air. Ketiga parameter tersebut dapat diperoleh dengan menggunakan data log yang tersedia, seperti log gamma ray, porositas neutron-densitas, dan resistivitas.

Sebelum melakukan analisis petrofisika, terlebih dahulu dilakukan zonasi reservoir. Data log yang sudah sesuai dengan kedalamannya dipilih zona yang diinginkan, tentunya yang dapat menggambarkan zona reservoir. Hal pertama yang dilihat adalah kesamaan litologi batuan dari log Gamma Ray dan log SP. Nilai gamma ray rendah mengindikasikan bahwa formasi tersebut adalah *sand*, sedangkan gamma ray rendah mengindikasikan formasi *shale*.

Data log lain yang berguna dalam menentukan zona reservoir adalah log Resistivitas. Pada log Resistivitas kita bisa mengetahui keberadaan

hidrokarbon, yaitu dengan nilai resistivitas yang tinggi. nilai resistivitas yang relatif rendah menunjukkan bahwa lapisan tersebut mengandung air atau lempung. Resistivitas minyak dan gas yang lebih tinggi dari air akan membuat kurva ILD defleksi ke kanan.

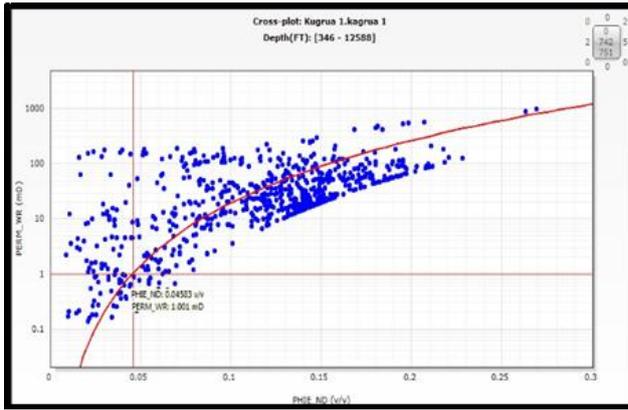
Setelah melakukan zonasi reservoir, langkah selanjutnya dalam pengolahan data adalah menghitung kandungan lempung. Keberadaan lempung dalam formasi akan mempengaruhi perhitungan porositas pada formasi, sehingga semakin kecil kandungan lempung maka porositas batumannya akan semakin besar. Reservoir yang bagus adalah reservoir yang memiliki porositas besar dan kandungan lempung yang relatif kecil.

Setelah melakukan evaluasi kandungan lempung, langkah selanjutnya adalah menghitung porositas dan saturasi air. Untuk menghitung nilai porositas disini menggunakan model porositas densitas-neutron karena kedua indikator ini dapat menggambarkan kondisi batuan sebenarnya. Setelah menghitung porositas, langkah selanjutnya adalah menghitung saturasi air. formasi batuan reservoir pada penelitian merupakan batuan pasir dengan perselingan lempung (*shaly-sand*).

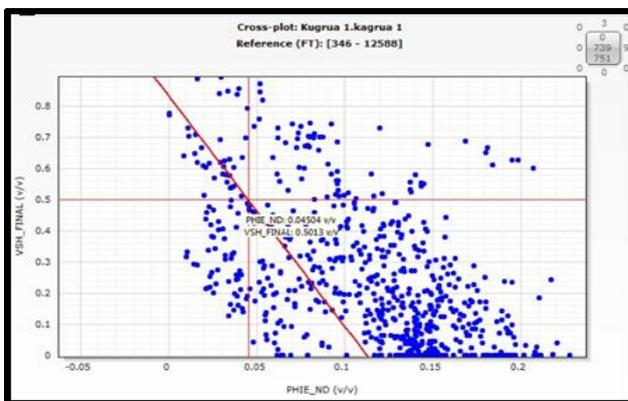
Parameter lain yang dibutuhkan dalam analisis petrofisika disini adalah permeabilitas. Evaluasi Permeabilitas digunakan untuk membantu menentukan nilai penggal (*cutoff*). Nilai permeabilitas dapat diketahui dengan fungsi porositas dan saturasi air. Nilai permeabilitas ini nantinya akan menentukan nilai *cutoff* kandungan lempung dan porositas sebagai batas untuk pembungkalan atau *lumping* untuk mendapatkan zona net reservoir dan net pay.

Setelah semua nilai parameter petrofisika didapatkan (kandungan lempung, porositas, saturasi air dan permeabilitas) langkah selanjutnya adalah menentukan zona reservoir, dan zona produktif yang dilakukan secara manual. Kedua zona tersebut memerlukan suatu batasan dari parameter fisika untuk menentukan suatu batuan reservoir yang berpotensi sebagai hidrokarbon. Batasan-batasan tersebut dinamai dengan istilah nilai penggal atau *cutoff*. Nilai penggal porositas didapat dari hubungan empiris dengan permeabilitas menggunakan *crossplot*.

Nilai permeabilitas menggunakan nilai penggal minimum sebesar 1 mD. Untuk nilai penggal kandungan lempung menggunakan nilai penggal porositas yang telah didapat kemudian dihubungkan secara empiris. Bila sudah didapatkan nilai penggal porositas dan kandungan lempung, maka nilai tersebut digunakan sebagai input pembuatan lumping untuk mendapatkan *net reservoir* dan ditambahkan nilai penggal saturasi air untuk mendapatkan *net pay*. Nilai penggal saturasi air yang digunakan adalah 60%. **Gbr 1** merupakan *crossplot* porositas vs permeabilitas dan **Gbr 2** merupakan porositas vs kandungan lempung.



Gbr 1. Crossplot antara porositas efektif vs permeabilitas sumur kugrua 1



Gbr 2. Crossplot antara porositas efektif vs kandungan lempung sumur kugrua 1

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Zonasi reservoir

Berdasarkan pada data geologi, sumur-sumur eksplorasi yang digunakan dalam tugas akhir ini terletak di daerah National Petroleum Reserve Alaska (NPR) yang berada pada periode pre-Mississippian hingga periode cretaceous. Berdasarkan pada kedalamannya, formasi pada daerah penelitian terdiri dari formasi nanushuk, torok, kingkak shale hingga formasi group lisburne yang tersusun atas batupasir dan batulempung dengan sisipan lanau, Shale dan batugamping.

Zonasi pada data log bertujuan untuk korelasi antar sumur. Zonasi ini mengacu pada kesamaan pembacaan rekaman data sumur. Dari log litologi seperti log gamma ray, log densitas-neutron, menunjukkan bahwa terdapat perselingan batu pasir bercampur dengan lempung di sepanjang kedalaman sumur dan litologi pada reservoirnya merupakan *shaly sand*, dimana terdapat perselingan antara batu pasir dan shale pada 7 sumur daerah penelitian. Untuk litologi sand, ini ditunjukkan dengan pembacaan log gamma ray yang bernilai

rendah (20 – 75 API), nilai shaly sandnya kita tentukan maksimal 85 API dan adanya separasi positif yang tidak terlalu besar pada kurva log neutron-densitas.

Setelah dilakukan evaluasi litologi, dapat ditentukan interval zona mana saja yang potensial menjadi reservoir dengan melihat kandungan fluida di dalamnya. Fluida yang mengisi pori batuan yaitu air dan hidrokarbon. Air dan hidrokarbon dapat dibedakan dari nilai resistivitasnya. Air memiliki nilai resistivitas rendah, sedangkan hidrokarbon memiliki nilai resistivitas tinggi. Sehingga dengan kombinasi evaluasi litologi dan evaluasi jenis fluida, maka dapat ditentukan zona potensial reservoir.

Analisis Kandungan lempung

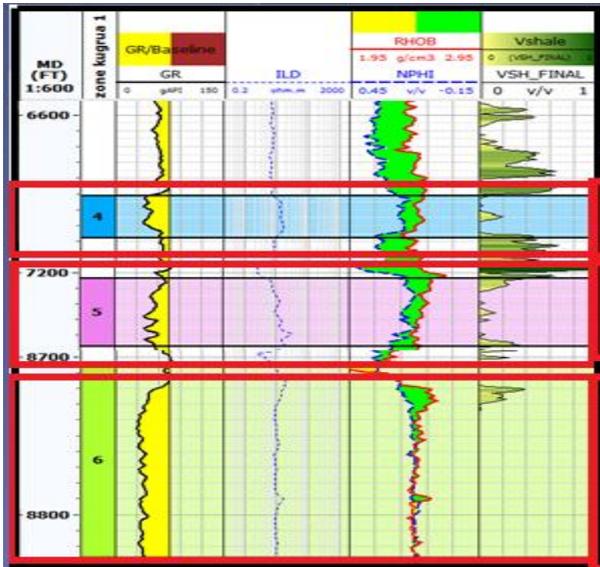
Pada daerah penelitian, nilai kandungan lempung yang didapat bervariasi dengan nilai kandungan lempung rata-rata untuk Sumur Kugrua 1 sebesar 18%, sumur Lisburne 1 sebesar 8%. Nilai kandungan lempung ini dapat melalui evaluasi dari pembacaan log GR, dan gabungan densitas-neutron. Nilai kandungan lempung pada masing-masing sumur di setiap zonanya bervariasi antara 0 hingga 0,28.

Sumur kugrua 1 terletak di bagian barat laut daerah penelitian. Kandungan lempung paling sedikit pada sumur Kugrua 1 adalah pada zona 6 dengan kandungan lempung sebesar 7%. Zona ini berpotensi sebagai reservoir yang baik dengan didukung oleh adanya penyimpangan log Resistivitas yang tinggi ditunjukkan oleh log ILD. Zona 6 ini merupakan lapisan *sandstone* paling tebal yang terletak pada formasi pebble shale unit dengan ketebalan reservoir sebesar 37,18 meter dari kedalaman 8704 – 8826 ft. **Gbr 3** menunjukkan hasil perhitungan kandungan lempung sumur kugrua 1.

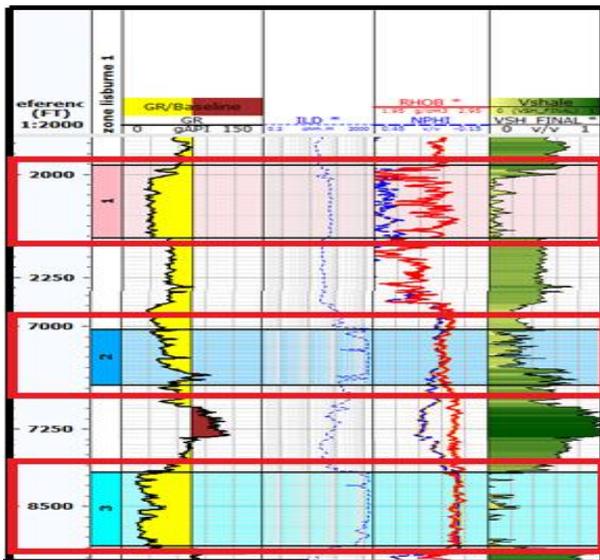
Sumur Lisburne 1 terletak di bagian selatan daerah penelitian. Kandungan lempung paling sedikit pada sumur Lisburne 1 adalah zona 1 dengan kandungan lempung sebesar 9%. Zona ini berpotensi sebagai reservoir yang baik dengan didukung oleh adanya penyimpangan log Resistivitas yang tinggi ditunjukkan oleh log ILD. Zona 1 ini merupakan lapisan batu pasir yang paling tebal, berada pada kedalaman 1978-2154 ft dan terletak pada formasi torok hingga formasi fortress mountain dengan ketebalan reservoir sebesar 53,64 meter. **Gbr 4** menunjukkan hasil perhitungan kandungan lempung sumur lisburne 1.

Sumur dengan kandungan lempung paling sedikit berada pada zona 4 sumur Lisburne 1 dengan kandungan lempung hanya 1%. Zona 4 sumur Lisburne 1 memiliki ketebalan reservoir sebesar meter dari kedalaman 11841 - 12146 ft. Secara umum, zona reservoir pada daerah

penelitian memiliki kandungan lempung yang sedikit dimana adanya sedikit perselingan batu pasir dan *shale* untuk semua sumur pada daerah penelitian.



Gbr 3. Hasil perhitungan kandungan lempung pada sumur Kugrua 1 zona 4, 5 dan 6



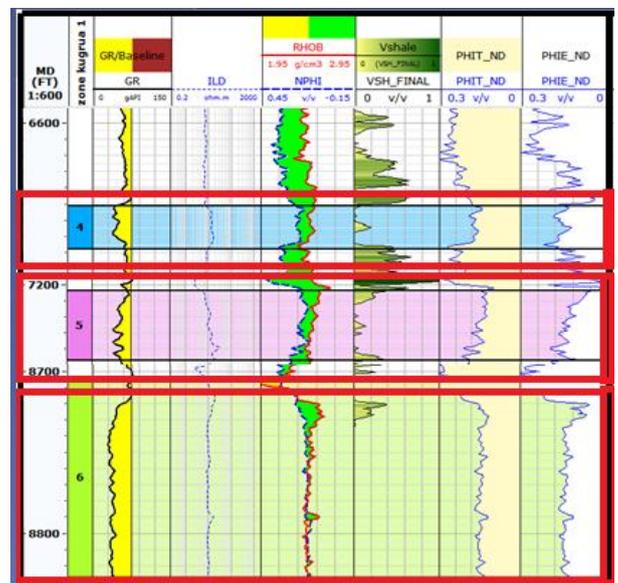
Gbr 4. Hasil perhitungan kandungan lempung pada sumur Lisburne 1 zona 1, 2 dan 3.

Analisis Porositas

Dengan menggunakan model porositas densitas-neutron akan didapat nilai porositas yaitu PHIT dan PHIE. Nilai PHIE akan digunakan untuk menentukan zona Reservoir yang potensial. Pada

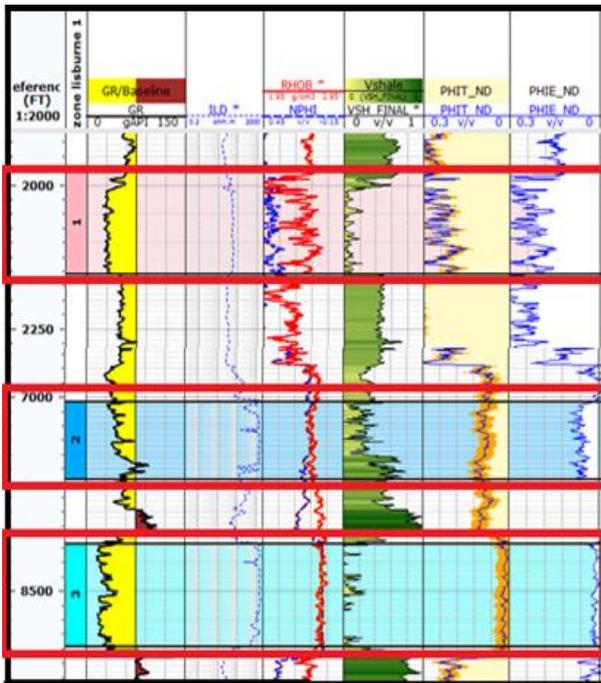
sumur Kugrua 1 zona potensial yang memiliki porositas yang cukup besar adalah zona 6 dengan kedalaman antara 8.704 sampai 8.826 ft yang memiliki porositas sekitar 14% dan kandungan lempung sebesar 7%. Sumur Kugrua 1 pada zona 6 memiliki porositas cukup besar dan kandungan lempung yang tidak terlalu besar sehingga diperkirakan menjadi zona target reservoir yang mengandung hidrokarbon.

Pada sumur Lisburne 1 zona potensial dengan porositas besar adalah zona 1 dengan kedalaman antara 1.978 sampai 2.154 ft yang memiliki porositas 24% dan kandungan lempung 9%. Sumur Lisburne 1 zona 1 memiliki porositas besar dan kandungan lempung yang kecil sehingga diperkirakan menjadi zona target reservoir yang mengandung hidrokarbon. . **Gbr 5** dan **Gbr 6** menunjukkan hasil perhitungan porositas sumur Kugrua 1 dan sumur lisburne 1.

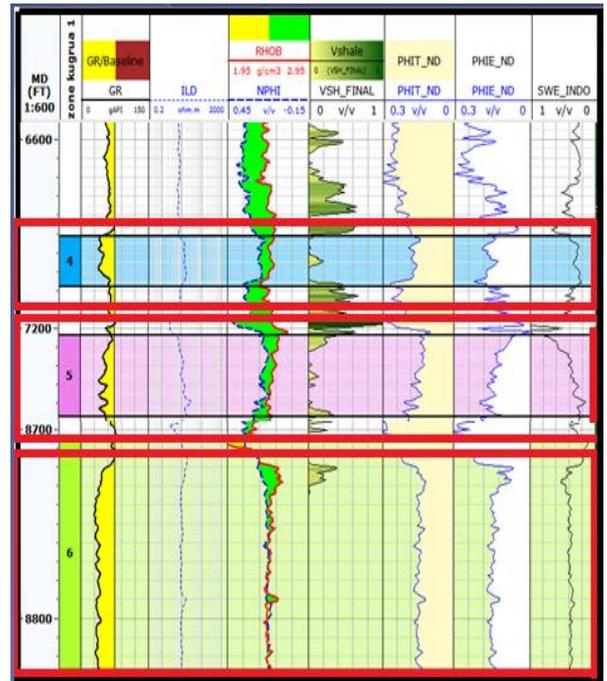


Gbr 5. Hasil perhitungan porositas pada sumur Kugrua 1 zona 4, 5 dan 6

Dengan porositas yang besar pada sumur Lisburne 1, bisa disimpulkan bahwa zona ini merupakan zona reservoir yang potensial untuk menyimpan fluida hidrokarbon. Berdasarkan nilai porositas efektif pada daerah penelitian dengan nilai porositas dominan pada zona reservoirnya diatas 10% - 20% pada masing-masing sumur, dapat disimpulkan bahwa reservoir pada lapangan penelitian memiliki ruang pori batuan yang cukup untuk menyimpan fluida.



Gbr 6. Hasil perhitungan porositas pada sumur Lisburne 1 zona 1, 2 dan 3

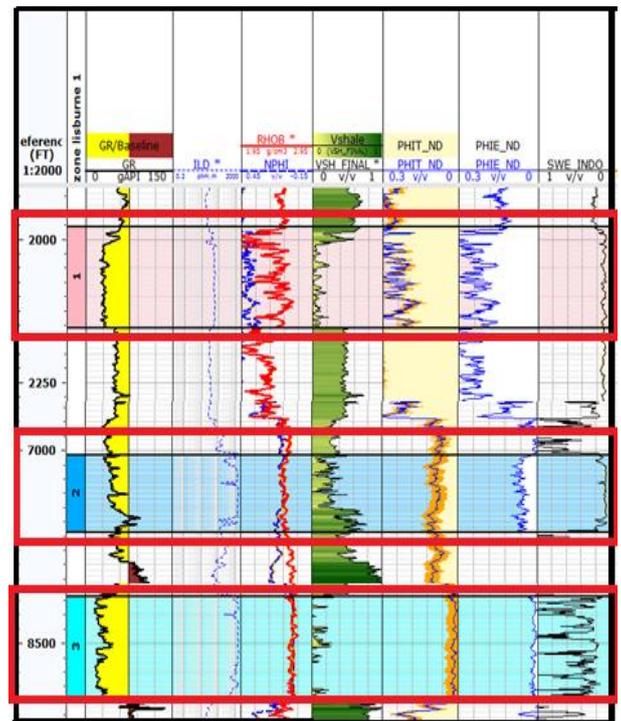


Gbr 7. Hasil perhitungan saturasi air pada sumur Kugrua 1 zona 4, 5 dan 6

Analisis Saturasi Air

Perhitungan nilai saturasi air pada penelitian ini menggunakan persamaan Archie yang lingkungan pengendapannya berupa delta dengan formasi batuan merupakan perselingan batuan basir dan lempung (*Shaly-sand*). Nilai saturasi air pada zona reservoir bervariasi dari 7% hingga 38%. pada kasus ini, nilai saturasi di atas 60% dianggap bukan daerah prospek sebagai reservoir, jadi dianggap tidak ekonomis jika dilakukan pengeboran di daerah yang memiliki nilai saturasi di atas 60% sehingga akan diabaikan. Semakin rendahnya nilai saturasi air mengindikasikan adanya gas pada suatu zona reservoir.

Dari hasil pengukuran kandungan lempung, poroitas efektif dan kejenuhan air, pada masing-masing sumur didapat zona reservoir paling potensial, yang terletak di sumur Lisburne 1 zona 1 dengan kandungan lempung 9%, porositas efektif 24% dan saturasi air 10% yang terletak pada formasi torok hingga formasi fortress mountain. Zona 1 sumur Lisburne 1 terletak pada kedalaman 1978 - 2154 ft dengan ketebalan reservoir 53,64 meter. Hasil perhitungan saturasi air sumur Kugrua 1 dan Lisburne 1 dapat dilihat pada Gbr 7 dan Gbr 8.



Gbr 8. Hasil perhitungan saturasi air pada sumur Lisburne 1 zona 1, 2 dan 3

Analisis Lumping

Dari nilai *cut off* yang telah diperoleh sebelumnya, didapatkan kandungan lempung maksimum sebesar 54% dan porositas minimum

sebesar 6% pada semua sumur di daerah penelitian yang akan digunakan untuk penentuan zona *net reservoir*. Untuk lapisan atau zona yang produktif (*net pay*) diasumsikan memiliki nilai kejenuhan air kurang dari atau sama dengan 60%. Sehingga dengan adanya kandungan lempung maksimum sebesar 54%, porositas minimum 6% dan ditambah nilai pengal saturasi air 60% pada semua sumur di daerah penelitian yang kemudian akan didapatkan zona *net pay* pada tiap-tiap sumur.

Hasil lumping yang menunjukkan zona reservoir yang potensial atau produktif adalah zona 6 pada sumur Kugrua 1 dan zona 1 pada sumur Lisburne 1. Zona 6 pada sumur Kugrua 1 terletak pada formasi Kingak shale hingga formasi sag river sandstone yang memiliki Net To Gross 0,90, kandungan lempung sebesar 7%, porositas 14%, saturasi air 38%, kedalaman antara 8704 – 8826 ft dan ketebalan reservoir sebesar 37,18 meter. Zona 1 pada sumur Lisburne 1 berada pada formasi torok hingga formasi fortress mountain yang memiliki Net To Gross 0,93, kandungan lempung sebesar 9%, porositas 24%, saturasi air 10%, kedalaman antara 1978 – 2154 ft dan ketebalan reservoir sebesar 53,64 meter.

Reservoir yang potensial dengan produksi banyak, sebaiknya memiliki nilai *net to gross* (NTG) yang besar sebagai representasi rasio reservoir yang dapat menampung hidrokarbon. NTG yang baik adalah NTG dengan rasio mendekati 1. Nilai tersebut sangat dipengaruhi oleh nilai porositas, kandungan lempung, dan saturasi air pada reservoir.

Berdasarkan hasil akhir analisis petrofisika di dalam penelitian ini, didapatkan reservoir paling potensial pada lapangan penelitian yaitu reservoir pada sumur Lisburne 1 yang berada pada formasi torok hingga formasi fortress mountain dengan *Net to Gross* sebesar 93%, kandungan lempung sebesar 9%, porositas efektif 24% dan saturasi air 10%. Reservoir ini merupakan batu pasir. Hal ini dibuktikan dari identifikasi litologi berdasarkan nilai log gamma ray yang rangenya berkisar antara 20-75 API dan nilai log densitas yang berkisar antara 2,5 sampai 2,65 gr/cc yang menunjukkan litologi batu pasir. Reservoir ini memiliki ketebalan 53,64 meter. Reservoir ini terletak pada kedalaman 5046 – 5116 ft.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis petrofisika, didapatkan zona reservoir yang produktif (*net pay*) untuk masing-masing sumur di daerah penelitian. Zona reservoir yang produktif atau potensial ini didefinisikan dengan menggunakan nilai *cut-off* kandungan lempung sebesar 54%, porositas sebesar 6% dan saturasi air sebesar 60%.

Zona reservoir paling potensial yang merupakan zona target pada lapangan penelitian

adalah reservoir pada sumur Lisburne 1 yang berada pada formasi torok hingga formasi fortress mountain dengan kandungan lempung sebesar 9%, porositas efektif 24% dan saturasi air 10%. reservoir ini merupakan batu pasir dengan ketebalan reservoir sebesar 53,64 meter. Reservoir ini terletak pada kedalaman 5046 – 5116 ft.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih penulis tujukan kepada saudara Riki Pahlevi Zain yang telah memberikan banyak ilmu dalam mendiskusikan penelitian ini, serta Bapak Kris Hendarjo dan Bapak Yunus Daud atas semua saran – sarannya.

DAFTAR ACUAN

- [1] Dewan, T. J. 1983. “*Essential of modern Open-Hole Log Interpretation*”. Pennwell Publishing Company, Tulsa-Oklahoma, USA.
- [2] Dewanto, Ordas. 2008. *Estimasi Cadangan Hidrokarbon Pada Batuan Reservoir Bersih Menggunakan Metode Interpretasi Analisa Log*. Bandar Lampung.
- [3] Glover, Paul. 2007. *Formation Evaluation MSc course notes*.
- [4] Glover, Paul. 2007. *Petrophysics MSc course notes*.
- [5] Harsono, Adi. 1997. *Evaluasi Formasi dan Aplikasi log*. Schlumberger Oilfield Services.

Risiko erupsi Gunung Marapi di Kabupaten Tanah Datar

Dino Eka Putra¹, Supriatna¹ dan F.TH.R. Sitanala¹

¹Departemen Geografi, FMIPA UI, Kampus UI Depok 16424
dino.eka@sci.ui.ac.id

Abstrak

Bencana geologi seperti erupsi gunung api yang masih belum bisa diprediksi menjadikan wilayah sekitar gunung api rawan akan ancaman tersebut. Gunung Marapi merupakan salah satu gunung api aktif di Indonesia, yang terletak di Kabupaten Tanah Datar sehingga wilayah tersebut rawan terhadap bencana erupsi Gunung Marapi. Kerentanan wilayah Tanah Datar dapat ditentukan dengan menggunakan metode skoring berdasarkan Peraturan BNPB Nomor 2 Tahun 2012 dengan variabel kondisi sosial berupa kepadatan penduduk dan kelompok usia rentan, kondisi ekonomi berupa lahan produktif dan penduduk petani, dan kondisi fisik berupa wilayah terbangun, fasilitas umum dan fasilitas kritis. Penelitian ini menghasilkan risiko erupsi Marapi berdasarkan kawasan rawan bahaya, kerentanan wilayah dan kapasitas yang dilihat dari sumber daya dan kemampuan mobilisasi menggunakan metode pembobotan yang menghasilkan tiga wilayah risiko. Wilayah risiko tertinggi berada di Desa Guguk di Kecamatan Pariangan dan wilayah risiko terendah berada di Desa Tigo Niniak di Kecamatan Limo Kaum, dimana kapasitas sangat berpengaruh dalam mengurangi tingkat risiko erupsi.

Kata Kunci: *Erupsi, gunung api, kapasitas, rawan bahaya, rentan, risiko*

Abstract

Geological disasters such as volcanic eruptions that still cannot be predicted to make the area around the volcano vulnerable to the threat. Mount Marapi is one of the active volcanoes in Indonesia. Mount Marapi is located in Tanah Datar so that region is vulnerable to the eruption of Mount Marapi. Tanah Datar vulnerability can be determined using a scoring method based BNPB Regulation No. 2 of 2012 with variable social conditions such as overcrowding and vulnerable age groups and economic conditions in the form of productive land and the farming population, the physical conditions in the form of region awakened, public facilities and critical facilities. This research resulted in the risk of eruption of Marapi based on Marapi eruption hazard, the vulnerability of the area and capacity as seen from the resources and the ability to mobilize using weighting method produces three regions of risk. The highest risk region is in the village Guguk in the district Pariangan and the lowest risk region is in the village Tigo Niniak in the district Limo Kaum where capacity is very influential in reducing the level of risk of eruption.

Keywords: *capacity, eruption, hazard, risk, volcano, vulnerable*

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang dilalui deretan gunung api. Terdapat 129 gunung api aktif di seluruh Indonesia (Kementerian ESDM, 2013). Hal ini menjadikan Indonesia rawan bahaya geologi. Salah satu bahaya yang mengancam yaitu bahaya erupsi gunung api. Gunung Marapi yang secara administrasi terletak di Kabupaten Tanah Datar dan sebagian Kabupaten Agam, Sumatera Barat, merupakan salah satu dari 129 gunung api tersebut.

Kejadian erupsi gunung api untuk beberapa tahun terakhir menjadi fokus masyarakat karena bencana ini sangat sulit untuk diprediksi. Literatur yang memaparkan tentang kebencanaan Gunung Marapi masih sangat terbatas. Keterbatasan informasi untuk masyarakat sekitar ini juga menjadi salah satu alasan dalam kajian tentang Gunung

Marapi. Keterbatasan informasi tersebut akan mengakibatkan peningkatan risiko jatuhnya korban dan meningkatkan kerugian material ketika terjadi erupsi Gunung Marapi. Penambahan jumlah informasi tentu akan membuat masyarakat waspada terhadap kemampuan daerah mereka dalam menghadapi bencana, terutama bencana erupsi gunung api.

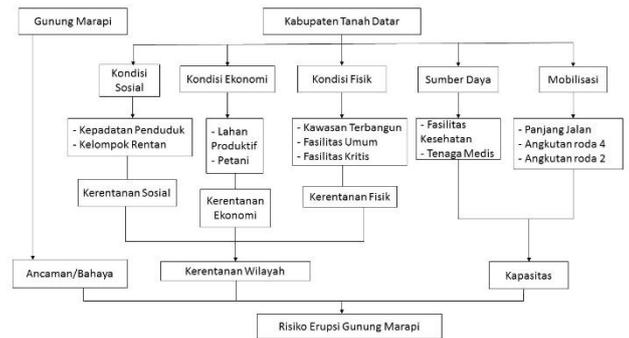
Berdasarkan data dari Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi tahun 2011 dan tahun 2012 dalam BPBD (2013), aktivitas vulkanis Gunung Marapi sangat fluktuatif. Aktivitas vulkanis yang terjadi yaitu, gempa vulkanik dalam, gempa vulkanik dangkal dan semburan abu vulkanik. Hal ini mengakibatkan sangat sulitnya memperkirakan variasi aktivitas vulkanis dari gunung ini. Walaupun demikian, status Gunung Marapi masih tergolong waspada (level 2). Aktivitas vulkanik yang masih sering terjadi tentunya sangat mengancam wilayah sekitar gunung, tidak hanya persawahan maupun

perkebunan tetapi juga permukiman yang ada di sekitar gunung. Untuk itu perlu diteliti bagaimana tingkat risiko wilayah sekitar Gunung Marapi jika terjadi erupsi.

Tingkat risiko wilayah sekitar Gunung Marapi apabila diketahui, maka mitigasi bencana yaitu proses pencegahan bencana letusan atau pengurangan dampak bahaya letusan dapat dilakukan. Proses mitigasi yang tepat dapat mengurangi jatuhnya korban jiwa, kerugian harta benda, dan kerusakan lingkungan, serta meminimalkan terganggunya roda perekonomian masyarakat. Oleh karena itu masalah penelitian ini adalah Bagaimana tingkat risiko erupsi Gunung Marapi di Kabupaten Tanah Datar?

2. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini diperlukan data dasar mengenai kawasan rawan bencana erupsi Gunung Marapi yang kemudian dijadikan sebagai acuan dalam menentukan wilayah yang masuk dalam jangkauan bahaya erupsi Gunung Marapi. Dari wilayah penelitian yang dilihat adalah kondisi sosial penduduk, kondisi ekonomi, dan kondisi fisik yang nantinya akan menghasilkan kerentanan wilayah. Selanjutnya bahaya erupsi, kerentanan wilayah dan kapasitas wilayah akan menghasilkan tingkat risiko wilayah terhadap erupsi Gunung Marapi. Alur pikir penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gbr 1. Diagram Alur Penelitian

Dalam penelitian ini diperlukan data sekunder yang didapat dari beberapa instansi dapat dilihat pada Tabel 1.

Dalam penelitian ini variabel yang digunakan antara lain :

- Bahaya erupsi Gunung Marapi
- Kepadatan penduduk
- Kelompok rentan
- Lahan produktif
- Kawasan terbangun
- Fasilitas umum
- Fasilitas kritis
- Sumber daya
- Kemampuan mobilisasi

Tabel 1. Data Sekunder Penelitian

No.	Data	Bentuk Data	Sumber data
1.	Peta Administrasi dan Peta Penggunaan Tanah Kabupaten Tanah Datar	Spasial	Diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Tanah Datar
2.	Peta Kawasan Rawan Erupsi Gunung Marapi	Spasial	Diperoleh dari Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kabupaten Tanah Datar
3.	Data kepadatan penduduk, penduduk rentan, lahan produktif, penduduk petani, fasilitas umum, fasilitas kritis, tenaga medis, dan angkutan bermotor	Tabuler	Diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Tanah Datar

Pengolahan data dalam penelitian ini terdiri dari:

1. Pembuatan peta bahaya erupsi Gunung Marapi didapatkan dari pengolahan data sekunder yang didapat dari instansi terkait yaitu BPBD. Peta Bahaya Erupsi Gunung Marapi digunakan untuk mengetahui wilayah-wilayah yang masuk dalam zona bahaya aliran lava dan awan panas, selanjutnya dioverlaykan dengan peta administrasi Kabupaten Tanah Datar, dan diberi skor sesuai dengan tingkat bahayanya.

Tabel 3.1 Pembobotan Kawasan Rawan Bahaya

KRB	Kelas	Nilai	Bobot
I	Rendah	1	100%
II	Sedang	2	
III	Tinggi	3	

Sumber: BNPB, 2012

2. Pembuatan peta kerentanan wilayah berdasarkan pengolahan data tabular dari variable yang telah ditentukan. Pengolahan data

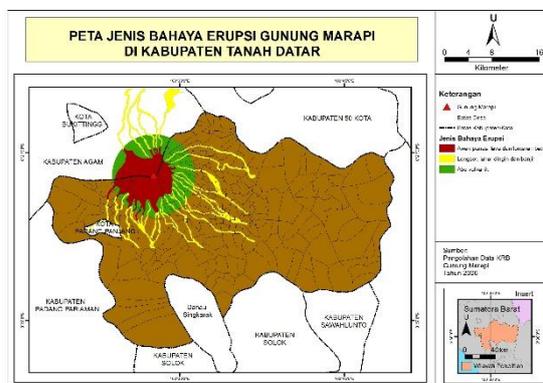
yang dilakukan menggunakan metode skoring yang disesuaikan dengan Peraturan BNPB Nomor 2 Tahun 2012 tentang Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana yang telah dimodifikasi.

3. Pembuatan peta kapasitas wilayah berdasarkan pengolahan data sekunder dari variabel yang telah ditentukan. Pengolahan tersebut menggunakan metode skoring yang telah ditentukan.
4. Pembuatan peta risiko erupsi Gunung Marapi berdasarkan rumus perhitungan risiko bencana dalam Peraturan BNPB Nomor 2 Tahun 2012 tentang Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana. Pembagian tingkatan kelasnya diklasifikasikan menjadi 3 kelas yaitu kelas risiko rendah dengan nilai $0,0-0,333$; kelas risiko sedang dengan nilai $>0,333-0,666$; dan kelas risiko tinggi dengan nilai $>0,666-1,0$.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bahaya Erupsi Gunung Marapi

Dari overlay peta Bahaya Erupsi Gunung Marapi dengan peta administrasi Kabupaten Tanah Datar ditemukan wilayah-wilayah yang termasuk dalam zona bahaya erupsi Gunung Marapi. Berdasarkan overlay peta diatas, maka terdapat 9 kecamatan yang terdiri dari 88 desa atau jorong di Kabupaten Tanah Datar yang masuk ke dalam zona bahaya erupsi Gunung Marapi (Lihat Gambar 2).

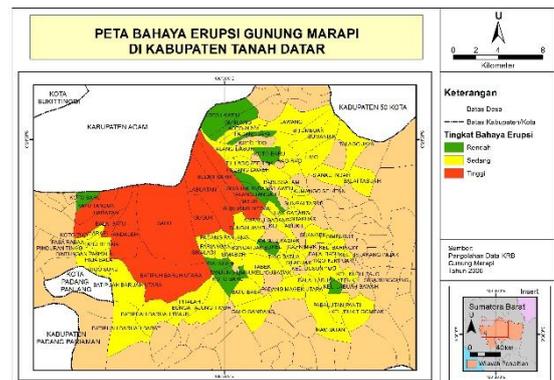


Gambar 2. Peta Jenis Bahaya Erupsi Gunung Marapi

Berdasarkan tingkat keterpaparan wilayah terhadap zona bahaya erupsi Gunung Marapi yang telah diberi bobot dan nilai yang telah ditentukan maka Kecamatan Pariangan menjadi kecamatan dengan nilai rata-rata tertinggi yakni 0,556 dengan total 1/3 wilayahnya masuk dalam wilayah bahaya tinggi. Terdapat 4 desa di kecamatan ini yang masuk dalam wilayah bahaya tinggi, yaitu Guguk, Labuan, Batur, dan Bulan Sarik. Kecamatan X Koto dan Kecamatan Batipuah masing-masing terdapat 3 desa yang masuk dalam wilayah bahaya tinggi. Sedangkan untuk desa-desa di kecamatan

lainnya masuk ke dalam wilayah bahaya sedang dan rendah.

Dari hasil overlay petanya, sebagian besar desa yang masuk dalam wilayah bahaya berada di wilayah bahaya sedang, yaitu wilayah yang terancam oleh bahaya longsor, lahar dingin, dan banjir. Hal ini disebabkan oleh banyaknya sungai yang memiliki hulu di kaki Gunung Marapi ini. Sungai-sungai tersebut melewati hampir seluruh kecamatan yang ada di Kabupaten Tanah Datar.

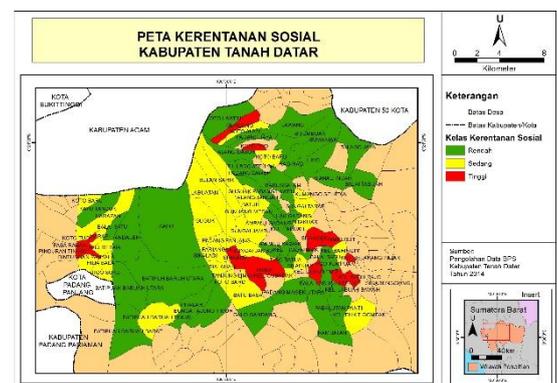


Gambar 3. Peta Bahaya Erupsi Gunung Marapi di Kabupaten Tanah Datar

Kerentanan Sosial

Kecamatan Sungayang menjadi kecamatan dengan nilai rerata kerentanan sosial terendah di antara kecamatan lain. Desa yang ada kecamatan ini memiliki nilai kerentanan sosial kategori rendah atau nilai kerentanannya tidak lebih dari 0,333. Hal ini menjadikan Kecamatan Limo Kaum menjadi kecamatan paling tidak rentan secara sosial dibanding kecamatan lain dalam kawasan rawan bahaya erupsi.

Desa-desa lainnya masuk ke kelas rendah untuk tingkat kerentanan sosial terhadap erupsi Gunung Marapi. Hal ini disebabkan oleh rata-rata kepadatan penduduk dan persentase penduduk rentan di desa tersebut masih tergolong rendah berdasarkan pembobotan dan nilai yang telah ditentukan. Desa Batipuah Baruah Selatan memiliki nilai kerentanan sosial terendah dengan kepadatan penduduk hanya 51 jiwa/km² (lihat Gambar 4).

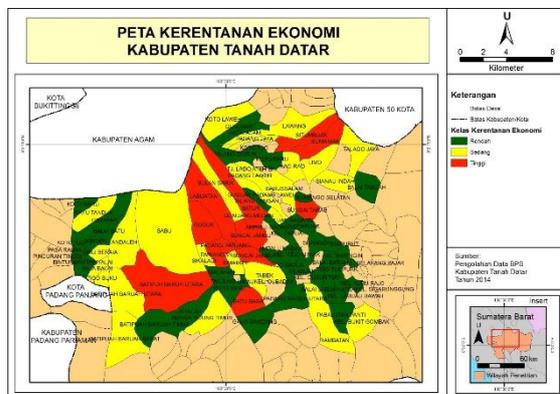


Gambar 4. Peta Kerentanan Sosial Kabupaten Tanah Datar.

Kerentanan Ekonomi

Berdasarkan kondisi ekonomi yang telah dilihat dari beberapa indikator di atas, sebagian besar desa yang ada di wilayah penelitian memiliki tingkat kerentanan ekonomi yang sedang. Namun ada beberapa desa yang berada di kelas tinggi. Desa yang paling rentan dari segi ekonomi yaitu Sungai Jambu di Kecamatan Pariangan dengan nilai kerentanan 0,733. Desa Sungai Jambu memiliki lahan produktif yang cukup luas yakni 421,54 km² sehingga mendapatkan bobot nilai yang tinggi dalam perhitungan tingkat kerentanan ekonomi. Desa lain yang memiliki nilai kerentanan ekonomi yang tinggi yaitu Labuatan di Kecamatan Pariangan dengan luas lahan produktif mencapai 448,51 km². Desa Batu Basa yang terletak di kecamatan yang sama juga memiliki lahan produktif yang cukup luas yakni 370,44 km².

Akan tetapi, masih ada beberapa desa yang memiliki tingkat kerentanan ekonomi yang rendah. Desa Belakang Pajak yang terletak di Kecamatan Limo Kaum menjadi nagari yang paling tidak rentan secara ekonomi. Desa ini hanya memiliki lahan produktif seluas 2,81 km². Luasan tersebut menjadikan Desa Belakang Pajak sebagai desa yang memiliki lahan produktif tersempit dibanding desa lainnya (Lihat Gambar 5).

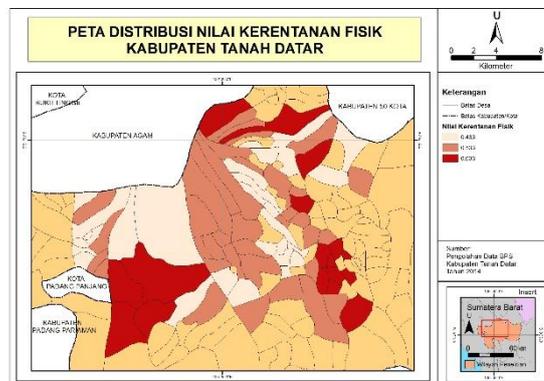


Gambar 5. Peta Kerentanan Ekonomi Kabupaten Tanah Datar

Kerentanan Fisik

Secara umum tingkat kerentanan fisik desa-desa di kawasan bahaya erupsi berada pada kelas sedang. Tidak ada desa yang memiliki tingkat kerentanan fisik tinggi. Desa yang memiliki nilai kerentanan fisik paling tinggi yaitu desa-desa di Kecamatan Limo Kaum dimana sebagian besar desa di kecamatan ini memiliki nilai kerentanan fisik 0,6333 dan tergolong kelas sedang. Desa Bukik Gombak merupakan salah satu desa dengan nilai kerentanan fisik tinggi, memiliki 5 unit sekolah negeri dan swasta, 1 unit puskesmas pembantu. Desa Andaleh di Kecamatan Batipuah merupakan salah satu desa

dengan nilai kerentanan fisik terendah yaitu 0,4333 hanya mempunyai 1 unit sekolah dan 1 unit puskesmas pembantu. Persentase wilayah terbangun kedua desa tersebut berada di kelas rendah atau kurang dari 20% luas wilayahnya.

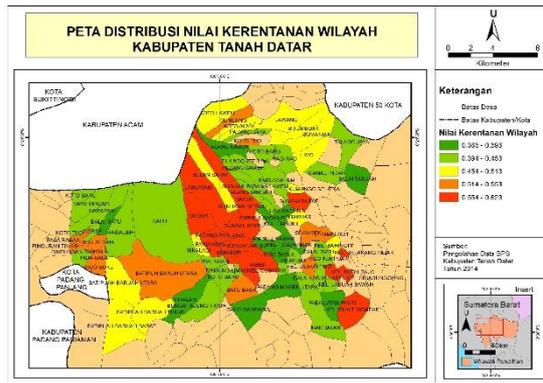


Gbr 6. Peta Distribusi Nilai Kerentanan Fisik Kabupaten Tanah Datar

Kerentanan Wilayah terhadap Erupsi Gunung Marapi

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan desa-desa yang ada di kawasan rawan bahaya, desa-desa tersebut memiliki tingkat kerentanan wilayah di kelas sedang dengan nilai kerentanan wilayah berkisar 0,3633 – 0,6233. Desa yang memiliki nilai kerentanan wilayah tertinggi adalah Desa Sungai Tarab. Desa dengan kepadatan penduduk 780 jiwa/km² ini punya persentase penduduk rentan lebih dari 17%, 802 orang penduduk yang bermatapencaharian sebagai petani, 5 unit sekolah, dan 1 unit puskesmas. Nilai kerentanan wilayah terendah terdapat di Desa Tigo Niniak yang memiliki kepadatan penduduk 342 jiwa/km², 15% lebih penduduk rentan, dan penduduk yang bertani berjumlah sekitar 55 orang.

Desa-desa yang berada di Kecamatan Pariangan secara umum memiliki nilai kerentanan wilayah lebih tinggi dibanding desa-desa di kecamatan lainnya. Hal ini dipengaruhi oleh nilai kerentanan ekonomi desa-desa di Kecamatan Pariangan berada di kelas tinggi sehingga mempengaruhi nilai kerentanan wilayah desa-desa tersebut. Kecamatan Pariangan menjadi kecamatan paling rentan terhadap erupsi Gunung Marapi dibanding kecamatan lainnya.

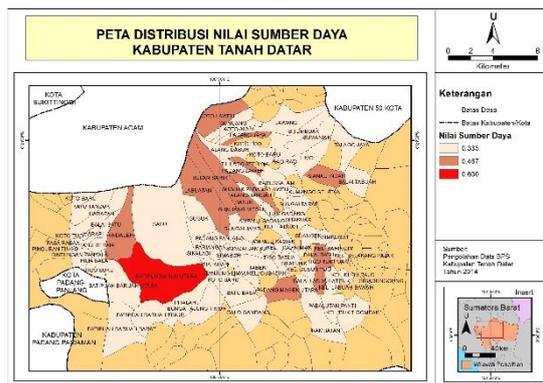


Gambar 7. *Peta Distribusi Nilai Kerentanan Wilayah Kabupaten Tanah Datar*

Sumber Daya

Sebagian besar desa memiliki nilai sumber daya pada kelas rendah. Desa Batipuah Baruah Selatan menjadi desa dengan nilai sumber daya tertinggi yaitu 0,600. Walaupun fasilitas kesehatan dan tenaga medis yang dimiliki desa ini tidak terlalu banyak, jumlah penduduk yang relatif sedikit menjadikan desa ini mempunyai rasio yang cukup tinggi sehingga nilai sumber daya desa ini menjadi tinggi.

Akan tetapi, beberapa desa tidak memiliki fasilitas kesehatan yang mengakibatkan nilai sumber daya desa tersebut rendah. Desa Kayu Tanduk di Kecamatan X Koto dan Desa Kumango Selatan di Kecamatan Sungai Tarab merupakan desa yang tidak memiliki fasilitas kesehatan sama sekali. Jika bencana erupsi terjadi maka akan sulit untuk mengurangi dampak bencana di desa-desa tersebut karena tidak adanya sumber daya sama sekali.

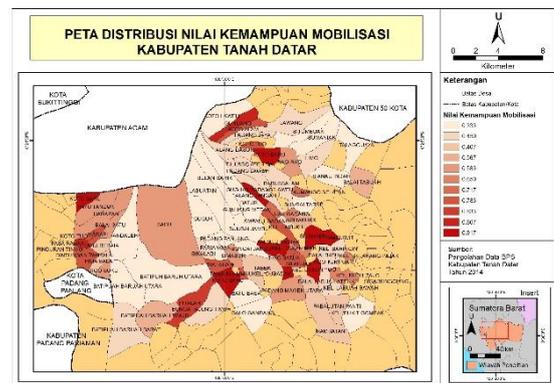


Gambar 8. *Peta Distribusi Nilai Sumber Daya Kabupaten Tanah Datar*

5.7 Kemampuan Mobilisasi

Terdapat beberapa desa yang memiliki nilai mobilisasi yang cukup tinggi yaitu Koto Baru, Cubadak, Dusun Tuo, Kubu Manganiang, Tigo Niniak, Kubu Batanduak, Sijangek, Simpuruik, dan Talang Tengah. Desa-desa tersebut memiliki nilai kemampuan mobilisasi 0,9167. Rasio panjang jalan

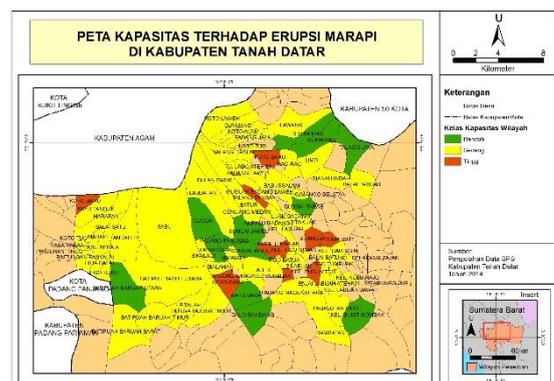
dan rasio angkutan roda 4 yang tinggi membuat desa-desa ini memiliki nilai kemampuan mobilisasi yang tinggi. Nilai kemampuan mobilisasi terendah yaitu 0,3333 yang dimiliki beberapa desa yang ada di Kecamatan Pariangan dan menjadikan Pariangan sebagai kecamatan dengan kemampuan mobilisasi terendah dibanding kecamatan lainnya di kawasan rawan bencana Gunung Marapi. Nilai yang rendah ini mengindikasikan bahwa panjang jalan yang masih rendah dibanding luas wilayah dan masih kurangnya jumlah angkutan bermotor yang di wilayah tersebut. Nilai kemampuan mobilisasi yang rendah tentu akan menurunkan nilai kapasitas sehingga akan berpengaruh pada tindakan pengurangan dampak saat bencana terjadi.



Gambar 9. *Peta Distribusi Nilai Kemampuan Mobilisasi Kabupaten Tanah Datar*

Kapasitas

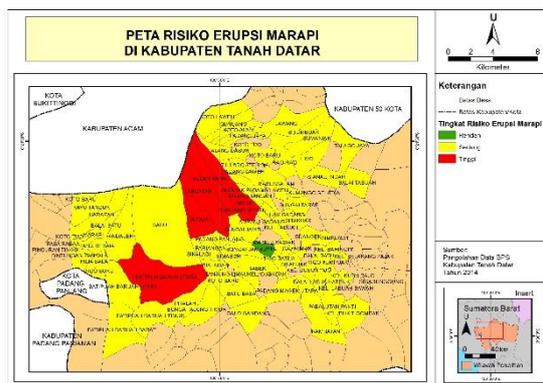
Desa-desa yang termasuk dalam kelas tinggi adalah Koto Baru, Kubu Manganiang, Tigo Niniak, Kubu Batanduak, Sijangek, Simpuruik, dan Talang Tengah. Desa-desa yang termasuk dalam kelas rendah adalah Batipuah Baruah Utara, Batu Basa, Padang Panjang, Pariangan, Guguk, Sungai Jambu, Galo Gandang, Bukit Gombak, Bungo Sitangkai, Sungai Tarab, Situmbuak dan Sumaniak. Desa-desa lain berada di kelas sedang dengan nilai kapasitas antara 0,3867 sampai 0,6533. Banyaknya desa yang termasuk kelas sedang dikarenakan nilai kemampuan mobilitas yang cukup tinggi tidak diimbangi oleh nilai sumber daya yang cenderung rendah.



Gambar 10. Peta Kapasitas terhadap Erupsi Gunung Marapi di Kabupaten Tanah Datar

Risiko Erupsi Gunung Marapi

Secara umum risiko erupsi Gunung Marapi berada di kelas sedang dan terdapat beberapa desa yang tergolong kelas tinggi. Nilai risiko erupsi yang tinggi berkisar antara 0,6726 sampai 0,7229. Sedangkan desa dengan nilai risiko erupsi yang sedang memiliki nilai antara 0,3372 sampai 0,6315. Tetapi tidak ada desa yang tergolong dalam risiko erupsi kelas rendah. Jadi secara keseluruhan nilai risiko erupsi gunung api memiliki nilai paling rendah 0,3372 dan nilai paling tinggi 0,7229.



Gambar 11. Peta Risiko Erupsi Gunung Marapi di Kabupaten Tanah Datar

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian ini menyimpulkan bahwa sebagian besar wilayah Kabupaten Tanah Datar memiliki risiko tingkat sedang terhadap erupsi Gunung Marapi yang menyebar di bagian timur dan barat Tanah Datar. Tingkat risiko yang tinggi berada di utara Tanah Datar. Desa dengan tingkat risiko tinggi berada di wilayah bahaya tinggi dan memiliki nilai kapasitas rendah. Desa dengan tingkat risiko rendah berada di wilayah bahaya rendah dan memiliki nilai kapasitas tinggi. Tingkat risiko berbanding lurus dengan tingkat bahaya. Desa yang berada di wilayah bahaya tinggi cenderung memiliki tingkat risiko yang lebih tinggi dibanding desa yang berada di wilayah bahaya rendah. Penurunan tingkat risiko erupsi sangat berkaitan dengan kapasitas wilayah. Semakin tinggi nilai kapasitas suatu wilayah maka semakin rendah nilai risiko di wilayah tersebut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dapat diselesaikan berkat rahmat dan karunia Allah SWT. Bapak Drs. Supriatna, M.T. dan Bapak Drs. F.TH.R. Sitanala, M.S. selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberi arahan dalam penulisan skripsi ini. Kedua Orangtua penulis yang senantiasa memberi doa dan dukungan penuh kepada penulis dalam penyusunan skripsi ini.

Para staff di beberapa instansi yang telah memberikan data, serta pihak-pihak lain yang turut membantu selama proses penyusunan skripsi ini.

DAFTAR ACUAN

- [1] Badan Pusat Statistik Kabupaten Tanah Datar. 2014. *Kabupaten Tanah Datar dalam Angka 2014*. BPS, Batusangkar.
- [2] BAKORNAS PB. 2002. *Arahan Kebijakan Mitigasi Bencana Perkotaan di Indonesia*. Badan Koordinasi Penanggulangan Bencana, Jakarta.
- [3] Bappeda Kabupaten Tanah Datar. 2010. *Buku Putih Tanah Datar*. Bappenas, Batusangkar.
- [4] BNPB. 2012. *Peraturan Kepala BNPB Nomor 2 Tahun 2012 tentang Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana*. Badan Nasional Penanggulangan Bencana, Jakarta.
- [5] BPBD. 2013. *Pemantauan dan Penyebarluasan Informasi Potensi Bencana Alam Tahun 2012*. Badan Penanggulangan Bencana Daerah Kabupaten Tanah Datar, Batungkar.
- [6] Cardona, O. D., 2005. *Indicators of Disaster Risk and Risk Management: Summary Report*. Washington, D. C., Inter-American Development Bank.
- [7] Departemen Pekerjaan Umum. 2007. *Pedoman Penataan Ruang Kawasan Letusan Gunung Berapi dan Kawasan Rawan Gempa Bumi Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 21/PRT/M/2007*. Jakarta.
- [8] Diposaptono, S dan Budiman. 2007. *Hidup Akrab dengan Gempa dan Tsunami*. PT Sarana Komunikasi Utama, Bogor.
- [9] Firmansyah. 2011. Identifikasi Tingkat Risiko Bencana Letusan Gunung Api Gamalama di Kota Ternate. *Jurnal Lingkungan dan Bencana Geologi*, Vol. 2 No. 3, Desember 2011: 203-219.
- [10] Kementerian ESDM. *Pengenalan Gunung Api*. <http://www.esdm.go.id>. Diunduh pada tanggal 3 Maret 2013.
- [11] Horwell, Claire J., and Peter J. Baxter. 2006. *The Respiratory Health Hazard of Volcanic Ash: A Review for Volcanic Risk Mitigation*. University of Cambridge, Cambridge.
- [12] Hyatt, Nigel. 2003. *Guidelines for Process Hazard Analysis, Hazard Identification & Risk Analysis*. Dyadem Press, Ontario.
- [13] Lange, O., M. Ivanova, and N. Lebedeva. 1991. *Geologi Umum*. Gaya Media Pratama, Jakarta.
- [14] Lerche, Ian and Evan Paleogos. 2001. *Environmental Risk Analysis*. McGraw-Hill, South Carolina.

- [15] Lindell, Michael K., 2013. Recovery and Reconstruction after Disaster. *Encyclopedia of Natural Hazard*. Bobrowsky, P.T.(Ed.). XLI, 1135 p.812-824. [disitasi dari <http://www.springer.com/978-90-481-8699-0>]
- [16] Lumbanbatu, M. Ungkap, dan S. Hidayat. 2007. Evaluasi Awal Kerentanan Pelulukan/Likuefaksi Daerah Kendal dan Sekitarnya, Jawa Tengah. *Jurnal Geologi Indonesia*. Vol. 2 No. 3 September 2007: 159-176.
- [17] Noor, Djauhari. 2005. *Geologi Lingkungan*. Graha Ilmu.
- [18] Nurhayati, D. 2010. *Kerentanan Bencana Jawa Barat*. Badan Pengelolaan Lingkungan Hidup (BPLHD) Jawa Barat.
- [19] Paton, D., L. Smith, and D. M. Johnston. 2000. Volcanic Hazard: Risk Perception and Preparedness. *New Zealand Journal of Psychology*. Volume 29, Number 2, December 2000: 86-91.
- [20] Riyadi, I. N. Dana, M. S. Santoso, dan A. Karim. 2006. *Peta Kawasan Rawan Bencana Gunung Marapi, Propinsi Sumatera Barat*. PVMBG, Bandung.
- [21] Sadisun, I.A. 2004. *Manajemen Bencana: Strategi Hidup di Wilayah Potensi Bencana. Lokakarya Kepedulian terhadap Kebencanaan Geologi dan Lingkungan*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- [22] Soedradjat, G. M. 2006. *Manajemen Bencana Berbasis Masyarakat*. Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, Bandung.
- [23] Susan L., Cutter, B. J. Boruff, and W. L. Shirley., 2003. Sosial Vulnerability to Environmental Hazard. University of South Carolina. *Social Science Quartely*. Volume 84, Number 2, June 2003: 242-261.
- [24] Tjetjep, W. S. 2002. *Dari Gunung Hingga Otonomi Daerah*. Yayasan Bhakti Tambang, Jakarta.
- [25] Wignyosukarto, B. 2007. *Pengelolaan Sumberdaya Air Terpadu dalam Upaya Pencapaian Tujuan Pembangunan Millenium 2015*. Fakultas Teknik UGM, Yogyakarta

Wilayah prospek panasbumi berdasarkan karakteristik fisik di Sesar Cimandiri, Jawa Barat

Anika¹, Rokhmatuloh¹ dan Supriatna¹

¹Departemen Geografi, FMIPA UI, Kampus UI Depok 16424

anika@ui.ac.id

Abstrak

Sesar Cimandiri merupakan sesar aktif ditandai dengan munculnya beberapa manifestasi berupa mata air panas sebagai bukti dari adanya kegiatan panasbumi. Mata air panas yang muncul di sepanjang Sesar Cimandiri memiliki perbedaan suhu akibat pengaruh karakteristik fisik di setiap lokasi mata air panas. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui wilayah prospek panasbumi berdasarkan karakteristik fisik di Sesar Cimandiri, Jawa Barat. Metode yang digunakan adalah metode survei terpadu antara aspek geografi, geologi, dan geokimia serta teknologi penginderaan jauh. Teknologi penginderaan jauh digunakan untuk menganalisis suhu permukaan tanah di wilayah penelitian. Survei geokimia dilakukan dengan pengambilan sampel mata air panas untuk mendapatkan konsentrasi kandungan unsur Na dan K. Data tersebut digunakan untuk menghitung suhu *reservoir* dengan menggunakan metode Geotermometri. Hasil menyimpulkan terdapat tiga wilayah prospek panasbumi di Sesar Cimandiri dengan klasifikasi tingkat rendah dan sedang. Tingkat rendah diwakili oleh wilayah prospek panasbumi Cibubuy dengan suhu *reservoir* 109°C berada pada zona kerapatan patahan tinggi, konsentrasi Na/K rendah, suhu *reservoir* rendah, dan mata air panas terletak jauh dari patahan. Sedangkan wilayah klasifikasi tingkat sedang diwakili oleh wilayah prospek panasbumi Cibadak (130°C) dan Cikundul (189°C) berada pada zona kerapatan patahan sedang hingga rendah, konsentrasi Na/K tinggi, suhu *reservoir* menengah, dan mata air panas terletak dekat dengan patahan.

Kata Kunci : mata air panas, Sesar Cimandiri, suhu *reservoir*, wilayah prospek, zona kerapatan patahan

Abstract

Cimandiri fault is an active fault indicated by appearance of hot springs to prove the presence of geothermal activity. The hot springs have different temperature due to physical characteristics in each location. The purpose of this research is to find geothermal prospective region based on physical characteristics at Cimandiri fault, West Java. This research uses integrated survey methods between geography, geology, and geochemical aspects with remote sensing technology. Remote sensing used in analyzing Land Surface Temperature in research areas. Geochemical survey is done by collecting hot spring samples to get concentration of the Na and K elements. The data latter are used in counting reservoir temperature using Geothermometry method. The results concluded that there are three geothermal prospective regions in Cimandiri Fault classified in low and moderate levels. The low geothermal prospective region is represented in Cibubuy region with reservoir temperature of 109°C at high fracture density zone, low concentration of Na/K, low reservoir temperature, and the hot springs located far away from the fault. The moderate geothermal prospective regions are represented in Cibadak region (130°C) and Cikundul region (189°C) at low until moderate fracture density zone, high concentration of Na/K, moderate reservoir temperature, and the hot springs located close to the fault.

Keywords : Cimandiri fault, fault density zone, hot spring, prospective region, reservoir temperature

1. PENDAHULUAN

Kondisi geologi di Indonesia dipengaruhi oleh adanya tiga lempeng yang saling berinteraksi sehingga memberikan peranan yang sangat penting bagi terbentuknya sumber energi panasbumi. Tumbukan antara lempeng Indo-Australia dan Lempeng Eurasia menghasilkan zona subduksi di bawah Pulau Jawa-Nusatenggara (Rocks *et al*

dalam Saptadji, 2008). Terjadinya tumbukan antar lempeng tersebut mempengaruhi terbentuknya banyak sesar di Pulau Jawa khususnya Jawa bagian barat.

Sesar Cimandiri merupakan salah satu sesar tertua di Jawa Barat yang membentang dari Teluk Pelabuhanratu menerus ke arah Timur Laut menuju Subang.

Berdasarkan pada pemaparan kondisi geologi yang terjadi di Jawa bagian Barat, maka Jawa Barat

memiliki potensi sumber daya alam panasbumi sebesar 5411 *mega watt* (MW) atau 20% dari total potensi yang dimiliki di Indonesia (Dep. ESDM, 2008).

Energi panasbumi merupakan alternatif energi terbarukan yang ramah lingkungan dan berkelanjutan (Gupta dan Sukanta, 2007). Di Indonesia, sebagian besar panasbumi yang telah dimanfaatkan selama ini merupakan energi yang diekstrak dari sistem konvektif hidrotermal (Suparno, 2009).

Potensi panasbumi dari satu lapangan ke lapangan lain tidak selalu sama. Hal tersebut dikarenakan karakteristik fisik setiap wilayah berbeda dimana faktor-faktor yang mempengaruhi karakteristik tersebut diantaranya lokasi dari sumber *reservoir*, sirkulasi fluida, dan jalur patahannya.

Sistem rekahan dan patahan di lapangan panasbumi sebagai media penetrasi fluida yang naik ke permukaan biasanya ditandai dengan deposit mineral yang berhubungan dengan manifestasi dan gejala alterasi batuan. Data-data mengenai manifestasi dapat berguna dalam tahap prospeksi

untuk mengenali dimana terdapat sistem panasbumi pada suatu wilayah (Saptadji, 2002).

2. METODE PENELITIAN

Wilayah penelitian terletak pada 6°50'0"-7°10'0" LS dan 106°40'0" - 107°0'0" BT. Penelitian ini dilakukan di sepanjang dan sekitar Sesar Cimandiri, Sukabumi, Jawa Barat. Wilayah penelitian yang dimaksud merupakan wilayah Daerah Aliran Sungai (DAS) ditandai dengan adanya sesar dan muncul berbagai manifestasi di permukaan.

Daerah Aliran (DA) Ci Mandiri merupakan daerah yang terletak pada jalur patahan aktif, dimana patahan aktif yang umumnya berasosiasi dengan kehadiran sumber panas di kedalaman. Karakteristik fisik suatu wilayah menimbulkan ketidakseragaman interaksi komponen utama sistem panasbumi suatu daerah dengan daerah lainnya sehingga menimbulkan perbedaan wilayah prospek panasbumi. Alur pikir penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.

prospek panasbumi di Sesar Cimandiri diantaranya ; suhu permukaan tanah, kerapatan vegetasi, permeabilitas batuan, litologi, dan morfologi. Pengumpulan dan pengolahan data dalam penelitian ini terdiri dari :

- 1) Pembuatan peta wilayah prospek panasbumi
Data yang dibutuhkan dalam pembuatan peta wilayah prospek panasbumi diantaranya data mata air panas, patahan, dan konsentrasi unsur Na dan K. Berikut langkah-langkahnya :
 - a. Analisis *buffer* pada data mata air panas dengan jarak ≤ 3 km untuk mengetahui wilayah mata air panas.
 - b. Analisis *multiple ring buffer* data patahan dengan klasifikasi jarak (Tabel 1.) terhadap wilayah mata air panas yang telah diketahui.

Tabel 1. Klasifikasi Jarak Manifestasi Terhadap Patahan

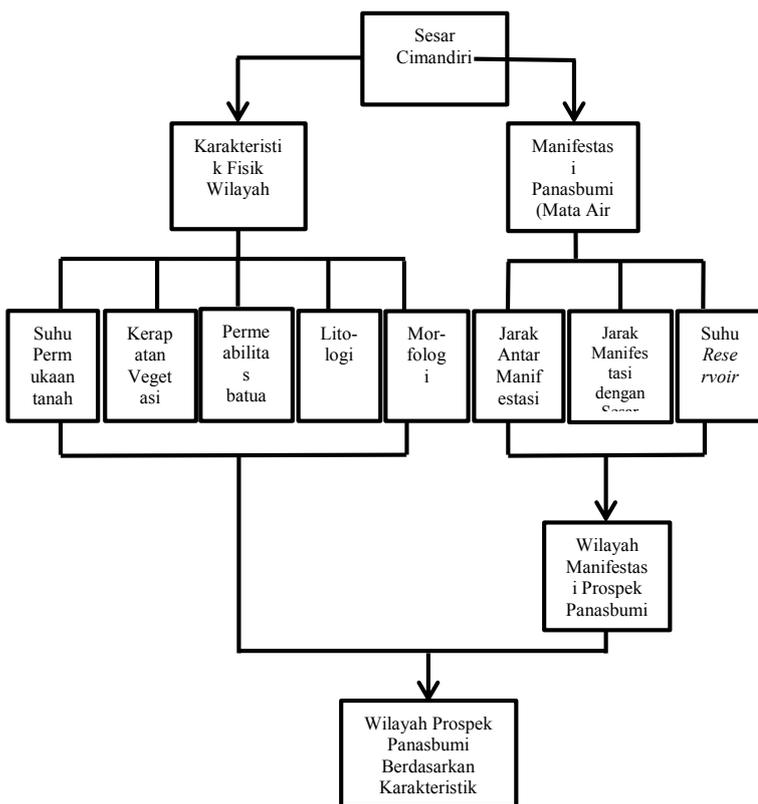
No.	Jarak Manifestasi Terhadap Patahan (m)	Tingkat Potensi
1	>600	Rendah
2	300-600	Sedang
3	<300	Tinggi

(Sumber : Hochstein and Browne, 2000)

- c. Menghitung suhu *reservoir* dengan menggunakan persamaan Giggenbach (1988) :

$$T = [1390 / (1,75 + \log(Na/K))] - 273,15 \dots \dots \dots (1)$$

Dimana T adalah suhu *reservoir* dan Na/K adalah rasio kandungan unsur Na dan K mata air panas. Hasil penghitungan suhu *reservoir* diklasifikasikan menjadi tiga kelas (Tabel 2.)



Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

Variabel yang dibutuhkan dalam menentukan wilayah manifestasi prospek panasbumi adalah jarak antar manifestasi, jarak manifestasi dengan sesar, dan suhu *reservoir*. Variabel penciri yang dapat menjelaskan karakteristik fisik suatu wilayah

Tabel 2. Klasifikasi *Reservoir* dalam Estimasi Potensi Energi Panasbumi

No.	Batas Temperatur (°C)	Tingkat Potensi
1	<125	Rendah
2	125-225	Sedang
3	>225	Tinggi

(Sumber : Badan Standarisasi Nasional, 1999)

- 2) Pembuatan suhu permukaan tanah dan kerapatan vegetasi

Peta suhu permukaan tanah dan peta kerapatan vegetasi tahun 1994, 2004, dan 2014 dibuat dengan melakukan pengolahan data raster dengan hasil yang ditampilkan adalah anomali perubahan suhu yang terjadi pada wilayah prospek panasbumi pada tahun tersebut. Citra yang digunakan adalah Citra Landsat 5 dan Citra Landsat 8. Langkah-langkahnya sebagai berikut :

- a. DN to Spektral Radian, melakukan kalibrasi radiometrik pada sensor termal. Rumusnya :
Landsat 5 :

$$CV = ((L_{max} - L_{min}) / (Q_{calmax} - Q_{calmin})) * (Q_{calmin}) + L_n \dots \dots \dots (2)$$

Landsat 8 :

$$L = ML * Q_{cal} + AL \dots \dots \dots (3)$$

dimana ML = faktor skala, AL = faktor penambah, Qcal = digital number (DN)

- b. Spektral Radian to Kelvin, menghitung nilai suhu dalam satuan kelvin.

$$T = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{CV_{R2}} + 1\right)} \dots \dots \dots (4)$$

dimana T=suhu(kelvin), CV_{R2}= nilai radiance pada band termal, K₁ dan K₂= tetapan pada metadata.

- c. Emisivitas, koreksi nilai suhu dalam satuan kelvin. Rumusnya :

$$e * TM6 = 0.004 P_v + 0.986 \dots \dots \dots (5)$$

dimana P_v adalah nilai NDVI yang telah diperoleh.

- d. Kelvin to Celcius, mengkonversi nilai suhu kelvin kedalam satuan celcius. Rumusnya :

$$Celcius = Kelvin - 272,15 \dots \dots \dots (6)$$

- e. Kerapatan vegetasi (NDVI) merupakan metode yang digunakan dalam penghitungan kerapatan vegetasi. Rumusnya :

$$(NIR - Red) / (NIR + Red) \dots \dots \dots (7)$$

dimana NIR = band yang memiliki panjang gelombang inframerah dekat (pada landsat 5 band 4 dan pada landsat 8 band 5). Red = band yang memiliki panjang gelombang merah (pada landsat 5 band 3 dan pada landsat 8 band 4).

Nilai NDVI diklasifikasikan menjadi tiga kelas (Tabel 3).

Tabel 3. Kisaran Indeks Kerapatan Vegetasi

No.	Kisaran NDVI	Tingkat Kerapatan
1	-1,0 - 0,32	Rendah
2	0,32 - 0,42	Sedang
3	0,42 - 1,0	Tinggi

(Sumber : Departemen Kehutanan, 2003)

- 3) Pembuatan peta permeabilitas batuan (kerapatan patahan), data yang dibutuhkan adalah data patahan kemudian data tersebut dianalisis *overlay line density* dalam satuan km/km². Hasil dari proses tersebut diklasifikasikan menjadi tiga kelas (Tabel 4.).

Tabel 4. Klasifikasi Kerapatan Patahan

No.	Nilai Kerapatan Patahan (km/km ²)	Tingkat Kerapatan
1	-1,0 - 0,32	Rendah
2	0,32 - 0,42	Sedang
3	0,42 - 1,0	Tinggi

(Sumber : Soengkono, 1999)

- 4) Pembuatan peta jenis batuan dilakukan dengan cara dijitasi peta Geologi Lembar Bogor dan Lembar Jampang dan Balekambang Skala 1:100.000. Jenis Batuan yang terdapat pada daerah penelitian akan dianalisis untuk melihat hubungan batuan dengan permeabilitas batuan.
- 5) Pembuatan peta bentuk medan. Morfologi di wilayah penelitian diwakili oleh bentuk medan yang kemudian diklasifikasikan menjadi bentangalam pegunungan sesar. Dibutuhkan data wilayah ketinggian dan wilayah kemiringan lereng dalam membuat peta ini. Wilayah ketinggian dibagi menjadi empat kelas (< 100 m, 100–500 m, 500–1000 m, dan >1000 m) berdasarkan klasifikasi Sandy (1985) dan wilayah kemiringan lereng dibagi menjadi lima kelas (<2%, 2-8%, 8-16%, 16-30%, dan >30%) berdasarkan klasifikasi Desaunettes (1997). Setelah itu, wilayah ketinggian dengan wilayah kemiringan lereng ditumpang tindih (*overlay*) untuk mendapatkan wilayah bentuk medan dengan klasifikasi berdasarkan modifikasi wilayah bentuk medan menurut Desaunettes (1997) menjadi lima kelas secara kualitatif yaitu Rendah Datar, Pertengahan Berombak, Pertengahan Landai, Pegunungan Sedang Curam, dan Pegunungan Tinggi Curam.

Analisis yang digunakan dalam menentukan wilayah prospek panasbumi adalah dengan mengklasifikasikan masing-masing variabel dengan menggunakan matriks yang selanjutnya dilakukan *query* dari data yang telah diklasifikasikan (Tabel 5.).

Tabel 5. Matriks Klasifikasi Wilayah Prospek Panasbumi

	Klasifikasi Wilayah Prospek Panasbumi		
	Rendah	Sedang	Tinggi
Jarak antar manifestasi (km)	≤ 3	≤ 3	≤ 3
Jarak Manifestasi dengan Sesar/Patahan (m)	>600	300 - 600	< 300
Suhu <i>Reservoir</i> (°C)	< 125	125 – 225	>225

Rumus/*query* yang digunakan untuk mendapatkan wilayah prospek panasbumi (WPP) sebagai berikut :

- WPP tingkat rendah
 “Jarak antar manifestasi” = “≤3” AND “Jarak manifestasi dengan patahan/sesar” = ‘>600’ AND “Suhu *reservoir*” = ‘<125’
- WPP tingkat sedang
 “Jarak antar manifestasi” = “≤3” AND “Jarak manifestasi dengan patahan/sesar” = ‘300-600’ AND “Suhu *reservoir*” = ‘125-225’
- WPP tingkat tinggi
 “Jarak antar manifestasi” = “≤3” AND “Jarak manifestasi dengan patahan/sesar” = ‘<300’ AND “Suhu *reservoir*” = ‘>225’

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Manifestasi (Mata Air Panas) di Sesar Cimandiri

Terdapat delapan mata air panas di sekitar Sesar Cimandiri dimana suhu mata air panas berkisar antara 39°C-61°C (Lihat lampiran Tabel 6.).

Geokimia Mata Air Panas di Sesar Cimandiri

Sesar Cimandiri merupakan daerah prospek panasbumi yang ditunjukkan oleh manifestasi yang muncul di permukaan berupa mata air panas. Manifestasi yang ada di wilayah penelitian dapat dianalisis dengan menggunakan analisis geokimia fluida. Berdasarkan pada analisis tersebut, dapat diperkirakan tipe air, kedudukan manifestasi dalam sistem panasbumi, serta suhu *reservoir* yang terdapat pada wilayah penelitian.

Hasil Analisis Kimia Fluida

Berdasarkan hasil analisis kimia fluida (Lihat Lampiran, Tabel 7.) kandungan Mg dan Ca tertinggi terdapat di mata air panas Santa dengan nilai sebesar 32,01 ppm dan 128,62 ppm. Hal ini menunjukkan kelimpahan ion-ion terlarut Mg dan Ca yang cukup tinggi, jika dilakukan upaya pengembangan untuk pembangkit listrik dapat memicu adanya pengendapan atau *scaling* pada pipa pemboran. Sehingga pada daerah mata air panas Santa tidak berprospek untuk dijadikan wilayah pengembangan *geothermal*.

Mata air panas Cikundul memiliki kandungan tertinggi pada unsur Fe, Na, dan pada senyawa HCO₃ (bikarbonat) dengan nilai masing-masing

sebesar 0,0111 (Fe), 145,15 (Na), dan 0,222 (HCO₃). Unsur Fe pada lokasi mata air panas ini menunjukkan bahwa batuan berasosiasi dengan endapan vulkanik subaerial dengan penyusun ekstrusif intermediate lava yang ditunjukkan dengan Formasi Jampang. Sehingga mata air panas ini berprospek untuk dijadikan wilayah pengembangan *geothermal* ditunjukkan dengan nilai suhu *reservoir* yang tinggi.

Kandungan besi dan bikarbonat pada mata air panas nilainya tinggi sebagai akibat reaksi batuan lokal (baik pada *reservoir* dangkal atau selama proses mengalir ke permukaan). Selama reaksi tersebut, proton banyak yang menghilang dan menghasilkan air dengan bikarbonat sebagai parameter utama dan klorida memiliki konsentrasi yang rendah. Berdasarkan pada penjelasan tersebut maka air tipe ini cenderung mudah bereaksi dan sangat korosif sehingga dapat mempercepat kerusakan pada pipa pemboran.

Tipe Mata Air Panas di Sesar Cimandiri

Tipe air panas yang ada di Sesar Cimandiri termasuk kedalam tipe air panas air sulfat (*Sulphate Water*). Pada tipe ini air panas ini fluida terbentuk pada kedalaman dangkal dan terbentuk sebagai akibat dari kondensasi gas panasbumi yang menuju ke permukaan. Fluida yang terdapat pada mata air panas di sesar Cimandiri merupakan fluida *bicarbonate water* dengan konsentrasi bikarbonat antara 0,0267 ppm – 0,2222 ppm. Artinya air pada fluida tipe ini banyak mengandung CO₂.

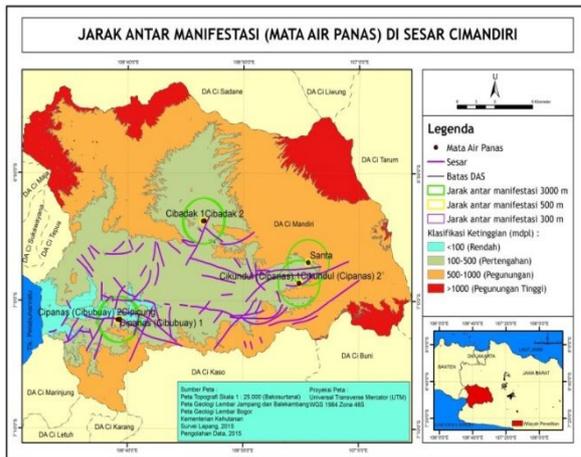
Air bikarbonat dari mata air panas yang ada di sekitar Sesar Cimandiri termasuk kedalam *zona steam heated water*. Proses yang terjadi pada zona ini adalah pemanasan air permukaan oleh sumber panas yang berada di bawahnya, air tersebut menguap dan mengalami kondensasi kemudian muncul ke permukaan dengan kandungan unsur HCO₃ yang dominan.

Wilayah Prospek Panasbumi di Sesar Cimandiri

Wilayah prospek panasbumi (WPP) adalah wilayah yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi panasbumi dimana tanda-tanda adanya sumber daya panasbumi dilihat dari kenampakan di permukaan (manifestasi) serta mendapatkan gambaran mengenai geologi regional di wilayah tersebut.

Sumber Reservoir di Sesar Cimandiri

Delapan mata air panas yang terdapat di wilayah penelitian diasumsikan terbagi menjadi tiga sumber *reservoir* dengan keadaan satu sumber *reservoir* terdiri lebih dari satu mata air panas dengan jarak antar mata air panasnya ≤3 km (Gambar 2.). Tiga sumber *reservoir* tersebut adalah Cibubuy, Cibadak, dan Cikundul.



Gambar 2. Jarak Antar Manifestasi (Mata Air Panas) di Sesar Cimandiri
(Sumber : Pengolahan Data, 2015)

Suhu Reservoir Wilayah Mata Air Panas di Sesar Cimandiri

Berdasarkan klasifikasi Banderiter dan Corny (1990) dalam Saptadji (2002), sistem panasbumi yang ada di Sesar Cimandiri termasuk ke dalam sistem panasbumi entalphi rendah dan sedang. Untuk sistem entalphi rendah diwakili oleh sumber *reservoir* Cibubuay dengan suhu 190°C dan sistem entalphi sedang diwakili oleh sumber *reservoir* Cibadak dengan suhu 130°C dan sumber *reservoir* Cikundul dengan suhu 189°C (Lampiran, Tabel 8.).

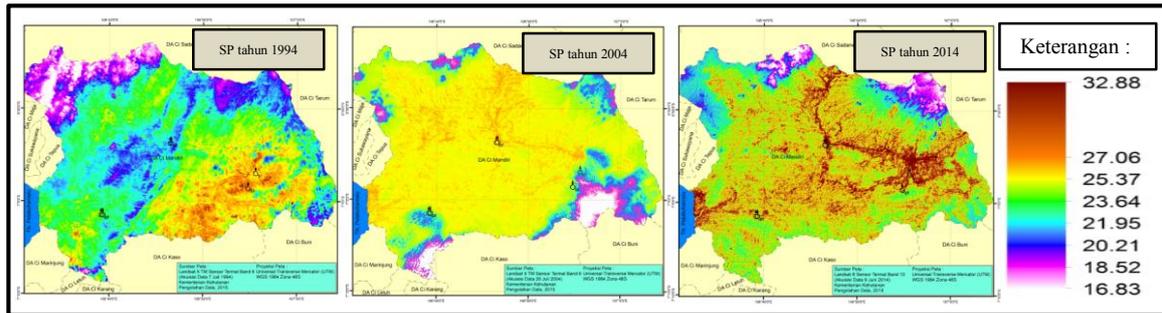
Seluruh mata air panas terletak di bawah garis *immature water*, hal ini menunjukkan bahwa suhu manifestasi yang muncul ke permukaan cenderung rendah serta dipengaruhi interaksi antara fluida hidrotermal dengan unsur-unsur dalam batuan yang dilewati seperti silika. Kondisi dimana temperatur dan tekanan yang tinggi sebelum mencapai permukaan juga telah mengalami pencampuran dengan air permukaan (*meteoric water*).

Karakteristik Fisik Wilayah Prospek Panasbumi di Sesar Cimandiri

Suhu permukaan, kerapatan vegetasi, kerapatan patahan, jenis batuan, dan morfologi merupakan karakteristik fisik yang berpengaruh pada wilayah prospek panasbumi di Sesar Cimandiri.

Suhu Permukaan dan Kerapatan Vegetasi di Sesar Cimandiri

Anomali suhu yang terjadi di daerah mata air panas menunjukkan adanya potensi panasbumi di daerah Sesar Cimandiri. Hal ini ditunjukkan dengan adanya kesamaan jenis batuan yang ada di wilayah penelitian tetapi memiliki suhu yang berbeda berdasarkan pada sensor termal dari citra landsat (Gambar 3.).



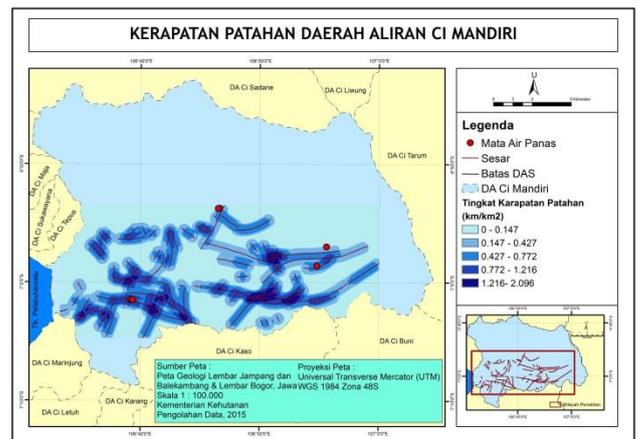
Gambar 3. Anomali Suhu Permukaan Tanah Tahun 1994-2014 DA Ci Mandiri
(Sumber : Pengolahan Data, 2015)

Suhu permukaan yang mengalami perubahan cukup signifikan terjadi di daerah mata air panas Cibadak dimana tren perubahannya cenderung naik. Pada tahun 1994 suhu permukaan 13,28°C naik 9,32°C di tahun 2004 menjadi 22,60°C dan naik 2,21°C di tahun 2014. Sedangkan di daerah mata air panas Cibubuy pada tahun 1994 sampai 2014 selama rentang waktu 10 tahun suhunya cenderung tidak berubah berkisar di angka 19°C yaitu 19,16°C (1994) dan 19,37°C (2004).

Kerapatan Patahan (Permeabilitas Batuan) di Sesar Cimandiri

Hasil kerapatan patahan di wilayah penelitian menunjukkan nilai kerapatan dengan kisaran 0,147–2,096 km/km². Diasumsikan bahwa daerah dengan nilai >1 km/km² adalah zona patahan intensif (Gambar 4.). Sesar umumnya ditunjukkan oleh adanya pola kontur rapat yang menerus lurus, kelurusan sungai dan perbukitan, ataupun pergeseran, dan pembelokan perbukitan atau sungai, dan pola aliran sungai paralel dan rektangular. Dalam zona ini terdapat sesar mendatar dan sesar normal. Sesar mendatar (*strike slip fault*) yang ditandai dengan kenampakan pola aliran sungai yang membelok secara tiba-tiba serta adanya pergeseran pola kontur (*offset*).

Berdasarkan pada peta kerapatan patahan daerah aliran Ci Mandiri, permeabilitas batuan tinggi terdapat di barat daya wilayah penelitian (sumber *reservoir* Cibubuy) dengan nilai 1,216 – 2,096 km/km², begitu pula di utara wilayah penelitian (sumber *reservoir* Cibadak) dengan nilai 0,427 – 0,772 km/km², serta di timur laut wilayah penelitian (sumber *reservoir* Cikundul) dengan nilai 0,772 – 1,216 km/km².



Gambar 4. Kerapatan Patahan DA Ci Mandiri
(Sumber : Pengolahan Data, 2015)

Hubungan antara kerapatan patahan dengan kemunculan manifestasi yaitu semakin besar nilai kerapatan patahan, maka semakin banyak manifestasi (mata air panas) yang muncul. Hal ini berasosiasi dengan pusat pergerakan fluida panasbumi atau zona permeabel. Oleh karena itu mata air panas adalah indikator dari sistem panas bumi yang terletak di zona patahan.

Jenis Batuan Wilayah Prospek Panasbumi di Sesar Cimandiri

Jenis batuan yang menyusun daerah aliran Ci Mandiri adalah batuan sedimen dan batuan vulkanik. Tabel 9. Merupakan litologi pada daerah mata air panas di daerah aliran Ci Mandiri.

Tabel 9. Litologi Daerah Mata Air Panas di Sesar Cimandiri

Daerah Mata Air Panas	Sandi	Formasi	Penyusun	Endapan	Umur
Cibadak	Qvpo & Tomr	Endapan Batuan Gunungapi Tua, Formasi Rajamandala	Extrusive : intermediate : polymict, Sedimen : clastic : fine : marl	Volcanism : subaerial, Sedimentation : netric	Holosen, Oligosen-Miosen
Santa	Tmjv	Formasi Jampang	Extrusive : intermediate : lava	Volcanism : subaerial	Miosen
Cikundul	Tmjv	Formasi Jampang	Extrusive : intermediate : lava	Volcanism : subaerial	Miosen
Cibubuy	Tmjc	Anggota Cikarang	Sedimen : clastic : claystone	Sedimentation : transitional	Miosen

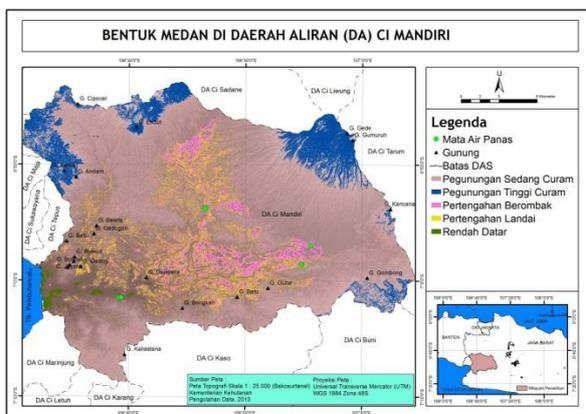
(Sumber : Puslitbang Geologi, 2009)

Lapangan panasbumi yang biasanya berasosiasi dengan bentang alam vulkanik merupakan salah satu daerah yang biasanya mempunyai batuan penyusun berupa batuan vulkanik sebagai batuan penutup (*cap rock*). Namun pada kenyataannya di wilayah penelitian batuan penutup (*cap rock*) berupa batuan sedimen.

Hubungan antar sesar dan manifestasi panasbumi dapat dilihat di lapangan yaitu berupa suatu pola kelurusan antara suatu lokasi manifestasi panasbumi dengan lokasi lainnya pada suatu sistem sesar. Sehubungan dengan jenis batuan, sebagian besar wilayah penelitian ditutupi oleh lahar dan lava serta batuan beku ekstrusif.

Morfologi Wilayah Prospek Panasbumi di Sesar Cimandiri

Morfologi wilayah penelitian dibagi menjadi lima yaitu wilayah Rendah datar, wilayah Pertengahan Datar, wilayah Pertengahan Berombak, wilayah Pertengahan Landai, wilayah Pegunungan Sedang Curam, dan Wilayah Pegunungan Tinggi Curam (Gambar 5).



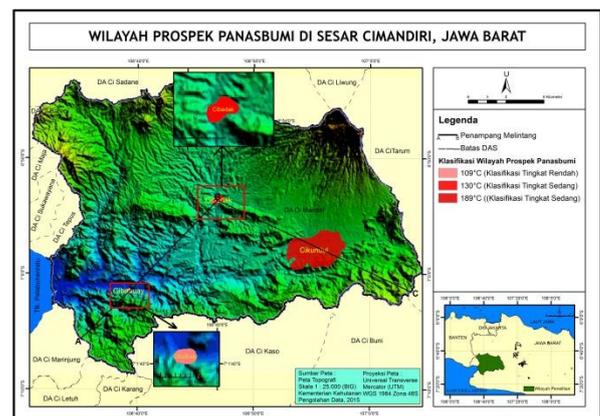
Gambar 5. Bentuk medan DA Ci Mandiri (Sumber : Pengolahan Data, 2015)

Ciri-ciri dari bentangalam pegunungan sesar adalah sebagai berikut; terdapat punggungan blok sesar (dengan gawir sesar atau gawir jalur sesar), perbukitan atau punggungan horst, zona sesar, perbukitan Bancuh (*Melange*), dan lembah graben.

Pegunungan blok sesar adalah pegunungan yang tersusun dari batuan klastik, ditandai oleh berbagai bentuk patahan, misalnya graben, horst, triangel facet, dan sebagainya. Perbukitan / pegunungan bancuh (*melange*) merupakan suatu kompleks (perbukitan / pegunungan) yang terdiri dari batuan hasil dari pencampuran secara tektonik dan percampuran secara melengser yang berlangsung di bawah gaya berat sehingga terdeformasi kemudian terbentuk bongkahan-bongkahan dengan ukuran yang bervariasi. Perbukitan horst adalah bidang yang lebih tinggi dari daerah sekitar akibat adanya patahan sehingga terjadi pengangkatan sedangkan lembah graben adalah bidang yang turun pada suatu permukaan sehingga bidang lebih rendah dari daerah sekitar akibat adanya patahan sehingga terjadi penurunan.

Wilayah Prospek Panasbumi Berdasarkan Karakteristik Fisik di Sesar Cimandiri

Berdasarkan pada variabel-variabel penciri wilayah prospek panasbumi, setelah dilakukan analisis *overlay* maka terdapat dua klasifikasi wilayah prospek panasbumi yaitu wilayah prospek panasbumi dengan tingkat rendah dan tingkat sedang. Dimana wilayah prospek panasbumi tingkat rendah diwakili oleh wilayah mata air panas Cibubuy dan wilayah prospek panasbumi tingkat sedang diwakili oleh wilayah mata air Cibadak dan Cikundul (Gambar 6).



Gambar 6. Wilayah Prospek Panasbumi di Sesar Cimandiri, Jawa Barat (Sumber : Pengolahan Data, 2015)

Secara keseluruhan jenis batuan yang ada di wilayah prospek panasbumi terletak pada batuan sedimen dan sedikit pada batuan vulkanik. Morfologi berada pada pegunungan sesar dengan bentuk medan mulai dari pertengahan berombak hingga pegunungan sedang curam dengan suhu

permukaan antara 20,22°C-20,84°C dan suhu *reservoir* sebesar 109°C-189°C.

Wilayah Prospek Panasbumi Klasifikasi Rendah

Wilayah prospek panasbumi klasifikasi rendah diwakili oleh wilayah mata air panas (sumber *reservoir*) Cibubuy dengan luas wilayah 56,495 ha. Suhu permukaan yang terdapat pada wilayah ini sebesar 20,48°C dengan indeks kerapatan vegetasi sebesar 0,48. Kerapatan patahan pada wilayah ini sebesar 0,772 km/km² – 1,216 km/km². Pada wilayah ini dengan nilai tingkat kerapatan patahan tersebut terdapat tiga mata air panas dengan masing-masing suhu mata air panas sebesar 39°C (mata air panas Cibubuy 1 dan Cipicung) dan 41°C (mata air panas Cibubuy 2) dengan pH basa (berkisar antara 8,20 – 8,40). Jenis batuan didominasi oleh batuan sedimen dengan umur miosen serta berada di bentuk medan pegunungan sedang curam. Suhu *reservoir* di wilayah Cibubuy sebesar 109°C dengan kandungan nilai tertinggi unsur Fe (0,003 ppm), Ca (23,90 ppm), Na (84,15 ppm), K (1,49 ppm), Mg (4,07 ppm), dan HCO₃ (0,2000 ppm).

Akumulasi panas di bawah permukaan terindikasi oleh adanya pemunculan tiga mata air panas. Pada wilayah ini *clay cap* (batuan penudung) diwakili oleh endapan sedimen bersifat transional dengan penyusun sedimen klastik berupa batuan lempung. Batuan konduktif adalah batuan-batuan berumur Miosen yang mengalami silisifikasi, dimana rambatan panas terkonduksi melalui batuan ini, sedangkan konveksi panas teralirkan melalui fluida di sepanjang zona permeabilitas batuan (kerapatan patahan). Batuan tersebut berada pada morfologi pegunungan sesar yang ada di bentuk medan pegunungan sedang curam.

Fluida panas di wilayah prospek ini termasuk kedalam sistem fase air panas dengan pH basa. Pada wilayah ini sistem panasbumi termasuk kedalam sistem panasbumi entalpi rendah. Seluruh mata air panas yang ada di wilayah ini berada di bawah garis *immature water* menandakan bahwa suhu/temperatur yang muncul ke permukaan cenderung rendah karena sebelum sampai ke permukaan mengalami pencampuran oleh air permukaan (*meteoric water*).

Wilayah Prospek Panasbumi Klasifikasi Sedang

Wilayah prospek panasbumi klasifikasi sedang diwakili oleh wilayah mata air panas (sumber *reservoir*) Cibadak dengan luas wilayah 231,552 ha dan wilayah mata air panas (sumber *reservoir*) Cikundul dengan luas wilayah 4.188,09 ha. Suhu permukaan yang terdapat pada wilayah mata air panas Cibadak sebesar 20,22°C dengan indeks kerapatan vegetasi sebesar 0,48. Kerapatan patahan pada wilayah ini sebesar 0,147 km/km² – 0,427 km/km². Pada wilayah ini dengan nilai tingkat

kerapatan patahan tersebut terdapat dua mata air panas dengan masing-masing suhu mata air panas sebesar 40°C dan 41°C dengan pH basa (berkisar antara 8,35 dan 8,57). Jenis batuan didominasi oleh batuan sedimen (formasi Raja Mandala) dan batuan vulkanik (endapan gunungapi tua) dengan umur miosen (batuan sedimen) dan holosen (batuan vulkanik) serta berada di bentuk medan pertengahan berombak. Suhu *reservoir* sebesar 130°C pada wilayah Cibadak.

Suhu permukaan pada wilayah mata air panas Cikundul sebesar 22,70°C dengan indeks kerapatan vegetasi sebesar 0,45. Kerapatan patahan pada wilayah ini sebesar 0,147 km/km² – 2,096 km/km². Pada wilayah ini dengan nilai tingkat kerapatan patahan tersebut terdapat tiga mata air panas dengan masing-masing suhu mata air panas sebesar 39°C (mata air panas Santa), 59°C (mata air panas Cikundul 2) dan 61°C (mata air panas Cikundul 1) dengan pH basa dan asam (mata air panas Cikundul 1 dan Cikundul 2 dengan nilai 8,14 dan 8,16) pH asam terdapat pada mata air panas Santa dengan nilai 6,79). Jenis batuan didominasi oleh batuan sedimen (formasi Jampang) dengan umur miosen serta berada di bentuk medan pertengahan berombak sampai pegunungan sedang curam. Suhu *reservoir* sebesar 189°C pada wilayah Cikundul.

Secara garis besar, kedua wilayah ini *clay cap* (batuan penudungnya) diwakili oleh endapan vulkanisme subaerial dengan penyusun extrusive intermediate lava yang didominasi oleh batuan sedimen. Batuan konduktifnya berupa batuan berumur Miosen yang mengalami silisifikasi. Dimana rambatan panas terkonduksi melalui batuan ini, sedangkan konveksi panas teralirkan melalui fluida di sepanjang zona permeabilitas batuan (kerapatan patahan).

Zona *reservoir* pada kedua wilayah ini berada di daerah akumulasi air tanah dan berbentuk sistem air panas yang terperangkap di rekahan/patahan batuan. Air tanah yang terpanasi di kedalaman selanjutnya akan naik ke permukaan melalui akses zona patahan/rekahan batuan akibat gaya konveksi dan muncul sebagai mata air panas. Batuan tersebut berada pada morfologi pegunungan sesar tepatnya berada pada bentuk medan pertengahan berombak dan pegunungan sedang curam.

Fluida panas pada kedua wilayah ini termasuk kedalam sistem fase air panas dengan pH mendekati netral hingga basa. Sehingga dapat dikatakan juga kedua wilayah ini termasuk kedalam sistem panasbumi entalpi sedang. Seluruh mata air panas yang ada di kedua wilayah ini juga berada di bawah garis *immature water* yang menandakan bahwa suhu/temperatur yang muncul ke permukaan telah mengalami pencampuran oleh air permukaan (*meteoric water*) sehingga suhu pada mata air panas yang muncul di permukaan tidak begitu tinggi.

4. KESIMPULAN

Wilayah prospek panasbumi di Sesar Cimandiri terbagi menjadi dua wilayah yaitu klasifikasi tingkat rendah dan sedang. Wilayah klasifikasi tingkat rendah merupakan wilayah yang berada pada zona kerapatan patahan tinggi, konsentrasi kandungan Na-K rendah, suhu *reservoir* rendah, dan manifestasi (mata air panas) terletak jauh dari patahan. Sedangkan wilayah klasifikasi tingkat sedang merupakan wilayah yang berada pada zona kerapatan patahan sedang hingga rendah, konsentrasi kandungan Na-K tinggi, suhu *reservoir* menengah, dan manifestasi (mata air panas) terletak dekat dengan patahan.

Jenis batuan, kandungan kimia, dan morfologi mempengaruhi sifat mata air panas di wilayah prospek panasbumi. Semakin rendah topografi suatu wilayah maka jenis batumannya semakin didominasi oleh batuan sedimen sehingga kandungan kimia yang ada pada wilayah prospek sudah tercampur oleh air hujan ataupun air sungai yang mengakibatkan suhu mata air panas di permukaan menjadi rendah.

UCAPAN TERIMAKASIH

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Alah SWT karena berkat rahmat dan karunia-Nya skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Bapak Dr. Rokhmatulloh, M.Eng dan Bapak Drs. Supriatna, M.T. selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberi arahan dalam penulisan skripsi ini. Kedua Orangtua penulis yang senantiasa memberi doa dan dukungan penuh kepada penulis dalam penyusunan skripsi ini. Para staff di beberapa instansi yang telah memberikan data, serta pihak-pihak lain yang turut membantu selama proses penyusunan skripsi ini.

DAFTAR ACUAN

- [1] Badan Standarisasi Nasional (BSN). (1999). *Metode Estimasi Potensi Energi Panasbumi*.
- [2] Desautnettes, J R. *Catalogue of Landforms for Indonesia: Examples of Physiographic Approach to Land Evaluation for Agriculture Development*. Soil Research Institute. Bogor. 1977.
- [3] Direktorat Jendral Rehabilitasi Lahan dan Perhutanan Sosial (Ditjen RLPS). (2003). *Pedoman Penyelenggaraan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Departemen Kehutanan Jakarta.
- [4] Giggenbach, W. F. (1988). Geothermal solute equilibria. Derivation of Na–K–Ca–Mg geoindicators: *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 52, 2749–2765.

- [5] Gupta, H. & Sukanta, R. (2007). *Geothermal Energi: An Alternative Resource For The 21st Century*. United Kingdom: Oxford.
- [6] Hochstein, M. P. & Browne, P. R. (2000). Surface Manifestations of Geothermal Systems With Volcanic Heat Sources. *Encyclopedia of Volcanoes*, 835-855.
- [7] Mardiana, U. (2007). *Manifestasi Panasbumi Berdasarkan Nilai Tahanan Jenis Batuan : Study Kasus Gunung Papandayan, Kabupaten Garut, Propinsi Jawa Barat*. Laboratorium Geofisika, Universitas Padjadjaran, Bandung.
- [8] Sandy, I Made. (1985). *Republik Indonesia: Geografi Regional*. Jurusan Geografi FMIPA Universitas Indonesia. Jakarta.
- [9] Saptadji, N.M. (2002). *Teknik Panasbumi*. Bandung: Departemen Teknik Perminyakan-Institut Teknologi Bandung.
- [10] “_____” (2008). *Sekilas Tentang Panasbumi*. Bandung : Departemen Teknik Perminyakan- Institut Teknologi Bandung.
- [11] Soengkono, S. (1999). *Assessment of Faults and Fractures at The Mokai Geothermal Field, Taupo Volcanic Zone, New Zealand*. Auckland, Geothermal Institute.
- [12] Suparno, S. (2009). *Energi Panasbumi: A Present from The Heart of the Earth* (1st ed.). Depok: Departemen Fisika - FMIPA, Universitas Indonesia.

Sumber Lainnya

- [13] Dep. ESDM. (2008). Energi Panasbumi Indonesia. (Online). http://www.jurnalinsinyurmesin.com/index.php?option=com_content&view=article&id=52 diakses pada tanggal 7 September 2014.

Wilayah bahaya longsor menggunakan metode SINMAP (studi kasus: Kecamatan Simpenan, Kabupaten Sukabumi, Provinsi Jawa Barat)

Hermansyah¹, Supriatna¹, dan Adi Wibowo¹

¹Departemen Geografi, FMIPA UI, Kampus UI Depok 16424
hermansyah11@sci.ui.ac.id

Abstrak

Longsor merupakan bencana yang sering terjadi di Indonesia dan Provinsi Jawa Barat, termasuk Kabupaten Sukabumi di dalamnya merupakan daerah yang sering terjadi longsor. Oleh karena itu, sudah seharusnya diwaspadai dan dianalisis lebih baik agar tidak memakan korban yang lebih banyak. Salah satu metode yang digunakan untuk menganalisis potensi longsor adalah Stability Index Mapping (SINMAP) dengan menggunakan beberapa data, yaitu Digital Elevation Model (DEM), jenis tanah, dan curah hujan. Data tersebut nantinya digunakan untuk menganalisis wilayah potensi longsor di Kecamatan Simpenan. Kemudian peta potensi longsor hasil pemodelan SINMAP di-overlay dengan permukiman untuk mendapatkan wilayah bahaya longsor. Hasil penelitian menunjukkan bahwa 65,56% (11.034,81 Ha) dari luas wilayah Kecamatan Simpenan berpotensi longsor dan wilayah bahaya longsor seluas 192,82 Ha atau 36,90% dari total luas wilayah permukiman.

Kata Kunci: longsor, metode SINMAP, Kecamatan Simpenan

Abstract

Landslide is a kind of disaster that happens so many times in Indonesia and West Java Province, especially Sukabumi Regency is region that experience landslide disaster often. Therefore, landslide hazard should get more attention in order to surpress disaster's victims. One of method that can be used to analyze landslide potential is Stability Index Mapping (SINMAP). SINMAP uses some kind of data, such as Digital Elevation Model (DEM), soil type, and rainfall. Those data will be analyzed to get landslide potential in Simpenan Sub-District. The result of SINMAP modelling is overlaid with settlement region to get landslide hazard region. The result of this research showed that 65,56% (11.034,81 Ha) of the Simpenan Sub-District area has a landslide potential and 192,82 Ha or 36,90% of settlement area are in landslide hazard region.

Keywords: landslide, SINMAP method, Simpenan Sub-District

1. PENDAHULUAN

Indonesia memiliki keanekaragaman topografi, mulai dari pegunungan sampai pesisir, di mana wilayah pegunungan memiliki kemiringan lereng yang tinggi. Kemiringan lereng yang tinggi ini menyebabkan menyebabkan bencana longsor menjadi bencana yang sering terjadi di Indonesia. Bencana longsor yang terjadi menimbulkan dampak yang bermacam-macam, mulai dari longsor kecil sampai dengan longsor yang merenggut banyak korban jiwa. Menurut data kejadian tanah longsor tahun 2012-2014 yang dikeluarkan oleh BNPB (2014), telah terjadi 586 kejadian longsor yang telah merenggut banyak jiwa.

Bencana longsor tidak hanya berdampak negatif terhadap kehidupan manusia, namun juga berdampak negatif terhadap tanah yang terjadi longsor dalam jangka waktu yang panjang, yaitu

berkurangnya lapisan tanah yang subur sehingga mengurangi produktivitas tanah. Kecamatan Simpenan memiliki topografi yang relatif tidak datar, hal ini terlihat dari kemiringan lereng yang cukup curam mencapai 70% dari luas wilayah. Selain itu, perubahan penggunaan tanah yang cukup pesat meningkatkan potensi terjadinya longsor. Bahkan, dalam kurun waktu sembilan tahun (2006 – 2014) di Kecamatan Simpenan sudah terjadi bencana longsor sebanyak 37 kali yang menyebabkan kerugian hingga ratusan juta rupiah (BPBD Kab. Sukabumi, 2015). Mengingat hal tersebut diperlukan usaha pencegahan untuk mengurangi atau meminimalisasi risiko agar tidak menimbulkan jumlah korban yang besar apabila bencana ini terjadi sewaktu-waktu. Untuk itu penelitian ini dilakukan agar mendapatkan jawaban mengenai bahaya bencana longsor Kecamatan Simpenan, Kabupaten Sukabumi, Jawa Barat.

2. RUMUSAN MASALAH

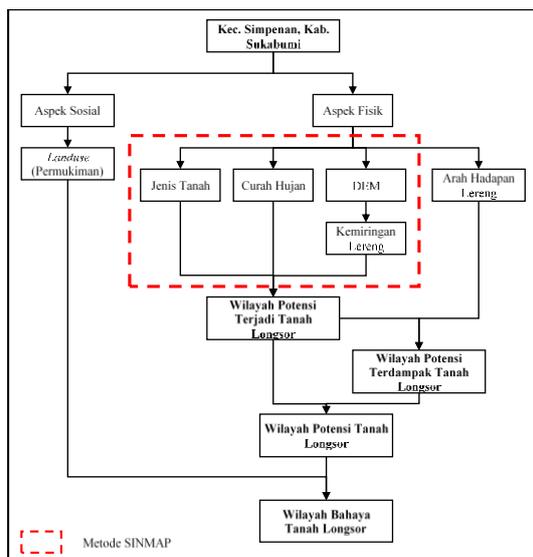
Bagaimana sebaran wilayah potensi longsor berdasarkan metode SINMAP serta sebaran wilayah bahaya longsor?

3. BATASAN PENELITIAN

1. Wilayah penelitian ini adalah seluruh Kecamatan Simpenan, Kabupaten Sukabumi, Jawa Barat.
2. Longsor merupakan gerakan massa tanah atau batuan maupun percampuran keduanya, yakni menuruni atau keluar lereng akibat dari terganggunya kestabilan tanah penyusun lereng tersebut. Tanah longsor terjadi karena ada gangguan kestabilan pada tanah/batuan penyusun lereng (Sutikno, 2001).
3. Longsor yang dibahas dalam penelitian ini adalah longsor yang bertindak sebagai ancaman pergerakan tanah yang disebabkan oleh faktor utama pemicu terjadinya longsor, yaitu lereng, jenis tanah, dan curah hujan.
4. SINMAP merupakan metode pendugaan wilayah potensi longsor yang menggunakan

4. METODE PENELITIAN

Kecamatan Simpenan merupakan salah satu kecamatan di Kabupaten Sukabumi, Provinsi Jawa Barat. Letak geografis Kecamatan Simpenan terletak pada koordinat $7^{\circ} 9' 26,42'' - 7^{\circ} 0' 42,98''$ LS dan $106^{\circ} 30' 19,29'' - 106^{\circ} 40' 56,17''$ BT. Kecamatan Simpenan memiliki luas wilayah sebesar 17.089,98 Ha. Wilayah penelitian yang dimaksud adalah seluruh wilayah Kecamatan Simpenan. Alur pikir Penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

data Digital Elevation Model (DEM) sebagai acuan utamanya yang dipadukan dengan data jenis tanah dan curah hujan sebagai parameter-parameter yang dibutuhkan dalam metode ini, sedangkan geologi dan penggunaan tanah dianggap sama di setiap wilayah.

5. Distribusi Permukiman yang dimaksud dalam penelitian adalah persebaran permukiman di suatu wilayah geografi tertentu. Permukiman yang dimaksud adalah bagian dari lingkungan hidup di luar kawasan lindung, baik berupa kawasan perkotaan maupun perdesaan, yang berfungsi sebagai lingkungan tempat tinggal atau lingkungan hunian dan tempat kegiatan yang mendukung perikehidupan dan penghidupan (UU No.4 tahun 1992, tentang Perumahan dan Permukiman).
6. Potensi longsor yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah potensi terjadinya longsor dan potensi terkena materi longsor.
7. Wilayah bahaya longsor yang dimaksud dalam penelitian ini adalah wilayah yang berpotensi terjadinya longsor yang dapat mengakibatkan kerugian.

Dalam penelitian ini ada dua tipe data yang diperlukan, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer dalam penelitian ini adalah berupa *plotting* lokasi kejadian longsor yang ditemui dan *updating* penggunaan tanah. Sementara itu, data sekunder yang didapat dari beberapa instansi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Sekunder Penelitian

No.	Data	Jenis Data	Perolehan Data
1	Kontur	Sekunder	Peta Rupabumi Indonesia (RBI) Skala 1:25.000 dari Badan Informasi Geospasial (BIG)
2	Jenis Tanah	Sekunder	Peta Tanah Semi Detail Kabupaten Sukabumi Skala 1:50.000 Tahun 1979 dari Balai Penelitian Tanah (Balitnah) Bogor
3	Curah Hujan	Sekunder	Badan Meteorologi dan Klimatologi (BMKG) Kabupaten Sukabumi
4	Jumlah Rumah	Sekunder	Citra Ikonos Tahun 2014
5	Penggunaan Tanah	Primer dan Sekunder	Peta RBI Skala 1:25.000 dari BIG, Citra Ikonos Tahun

			2014, dan Survey Lapang
6	Fakta Kejadian Longsor	Primer dan Sekunder	Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kabupaten Sukabumi dan Survey Lapang

Dalam penelitian ini, variabel yang digunakan antara lain:

- Kemiringan lereng,
- Curah hujan,
- Jenis tanah,
- Arah hadapan lereng, dan
- Penggunaan tanah berupa permukiman.

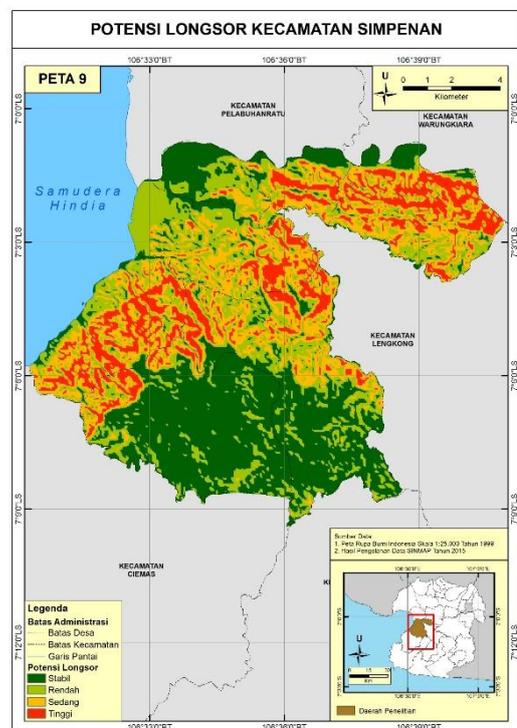
Wilayah Potensi Terjadi Longsor

Wilayah potensi terjadi longsor didapatkan dari indeks stabilitas tanah yang menunjukkan wilayah mana saja yang memiliki potensi longsor. Hasil analisis ini terbagi menjadi enam kelas, yaitu kelas lereng sangat stabil (*stable*), lereng stabil tingkat menengah (*moderately stable*), lereng stabil tingkat rendah (*quasi stable*), lereng tidak stabil tingkat rendah (*lower threshold*), lereng tidak stabil tingkat menengah (*upper threshold*), dan kelas lereng yang sangat tidak stabil (*defended*). Kelas lereng stabil (lereng sangat stabil, lereng stabil tingkat menengah, dan lereng stabil tingkat rendah) merupakan wilayah yang tidak memiliki potensi terjadi longsor karena kondisi tanah yang stabil, sedangkan kelas lereng tidak stabil (lereng tidak stabil kelas rendah, lereng tidak stabil tingkat menengah, dan lereng yang sangat tidak stabil) merupakan wilayah yang berpotensi terjadi longsor karena kondisi tanah yang tidak stabil, dengan tingkatan potensi longsor adalah sebagai berikut: lereng tidak stabil tingkat rendah (potensi longsor rendah); lereng tidak stabil tingkat menengah (potensi longsor sedang), dan lereng yang sangat tidak stabil (potensi longsor tinggi). Untuk melihat persebaran tingkat Potensi Longsor dapat dilihat pada Gambar 2.

Pengolahan data dalam penelitian ini terdiri dari beberapa tahap, yaitu:

1. Pembuatan peta potensi terjadi longsor menggunakan metode SINMAP yang menggunakan tiga variabel, yaitu kemiringan lereng, curah hujan, dan jenis tanah.
2. Pembuatan peta potensi terdampak materi longsor dengan cara mendijitasi wilayah terdampak berdasarkan arah hadapan lereng.
3. Pembuatan peta potensi longsor dengan cara menggabungkan dua peta yang telah dibuat sebelumnya yaitu peta potensi terjadi longsor dan peta potensi terdampak materi longsor.
4. Pembuatan peta bahaya longsor dibuat dengan meng-*overlay* peta potensi longsor dengan penggunaan tanah berupa permukiman.

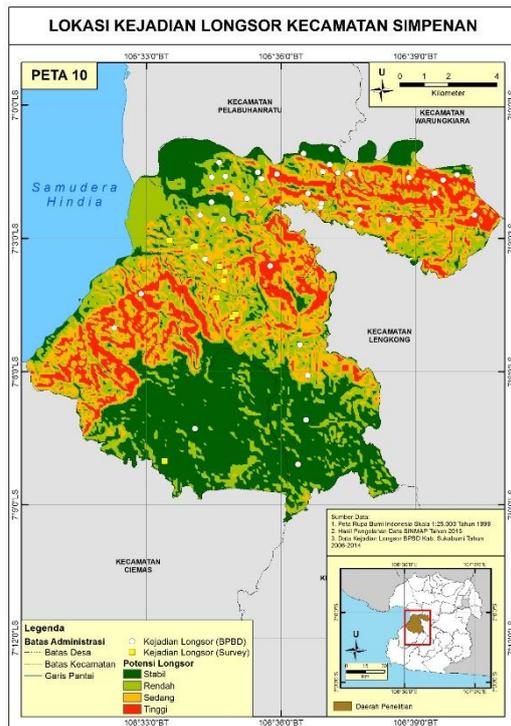
5. HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 2. Peta Potensi Longsor Kecamatan Simpenan

Lokasi Kejadian Longsor

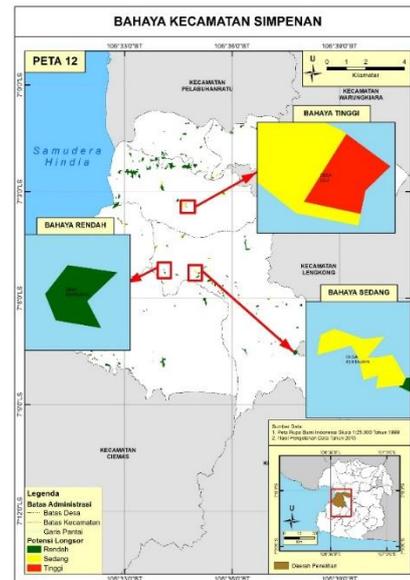
Berdasarkan lokasi kejadian longsor yang didapatkan dari BPB Kabupaten Sukabumi, Kecamatan Simpenan pernah mengalami kejadian longsor sebanyak 37 kali dalam kurun waktu sembilan tahun (2006 – 2014) dengan kejadian longsor dengan frekuensi tertinggi terjadi di kelas potensi longsor sedang. Sementara itu, Berdasarkan lokasi kejadian longsor yang ditemukan pada saat survey lapang, ditemukan beberapa bekas kejadian longsor yang terjadi di Kecamatan Simpenan dengan frekuensi tertinggi terjadi di kelas potensi longsor sedang. Untuk melihat persebaran lokasi kejadian longsor dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Peta Lokasi Kejadian Longsor Kecamatan Simpenan

Wilayah Bahaya Longsor

Wilayah bahaya longsor didapatkan dari hasil *overlay* wilayah potensi longsor (hasil penggabungan wilayah terjadinya longsor dan wilayah terdampak longsor) dengan permukiman. Hasil dari analisis *overlay* menunjukkan bahwa sebanyak 192,82 Ha atau 36,90% dari seluruh luas wilayah permukiman di Kecamatan Simpenan berada di wilayah bahaya longsor. Kelas bahaya rendah mendominasi wilayah bahaya longsor dengan luas 170,15 Ha atau 88,17% dari total luas wilayah bahaya longsor. Untuk melihat persebaran tingkat Bahaya Longsor dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Peta Wilayah Bahaya Longsor Kecamatan Simpenan

6. KESIMPULAN

Hasil pemodelan Stability Index Mapping (SINMAP) di Kecamatan Simpenan menunjukkan bahwa lebih dari setengah luas wilayah Kecamatan Simpenan berpotensi terjadi longsor. Wilayah yang berpotensi longsor tersebar mulai dari barat daya sampe ke timur laut Kecamatan Simpenan. Sebaliknya, wilayah yang tidak berpotensi longsor tersebar di bagian selatan.

Lokasi longsor yang tercatat di instansi pemerintah maupun yang didapat dari survey lapangan menunjukkan bahwa lokasi-lokasi tersebut terjadi di wilayah potensi longsor hasil pemodelan SINMAP. Dengan demikian, pemodelan SINMAP cukup baik untuk digunakan dalam menganalisis potensi longsor. Wilayah bahaya longsor tergolong besar jika dibandingkan dengan luas wilayah permukiman. Wilayah bahaya longsor rendah mendominasi di Kecamatan Simpenan. Terdapat

UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini dapat diselesaikan berkat rahmat dan karunia Allah SWT. Bapak Drs. Supriatna, M.T. dan Bapak Adi Wibowo, S.Si, M.Si. selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberi arahan dalam penulisan skripsi ini. Kedua Orangtua penulis yang senantiasa memberi doa dan dukungan penuh kepada penulis dalam penyusunan skripsi ini. Para staff di beberapa instansi yang telah memberikan data, serta pihak-pihak lain yang turut membantu selama proses penyusunan skripsi ini.

DAFTAR ACUAN

- [1] Awotona. 1997. *Natural Disaster*. Jakarta: LIPI.
- [2] Abramson, L.W., Lee, T.S., Sharma, S, and Boyce, G.M. 1996. *Slope Stability and Stabilization Methods*. Dalam Hardiyatmo, Hary Christady. 2012. *Tanah Longsor dan Erosi: Kejadian dan Penanganan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- [3] Archarya, G. 2003. *GIS Approach for Slope Stability Risk Analysis (A Case Study from Nepal)*. Brussels: A Dissertation of Universiteit Gent.
- [4] Ardiansyah, Andri N. 2011. *Wilayah Resiko Bencana Longsor di Kabupaten Bandung*. Tesis. Depok: Departemen Geografi, Universitas Indonesia.
- [5] BNPB. 2011. *Indeks Rawan Bencana Indonesia*. Jakarta: Badan Nasional Penanggulangan Bencana.
- [6] BNPB. 2014. *Data Kejadian Tanah Longsor*. Jakarta: Badan Nasional Penanggulangan Bencana geospial.bnpb.go.id.
- [7] Dibyosaputro, Suprpto, 1992. *Bahaya Kerentanan Banjir Daerah Antara Kutoarjo - Prembun, Jawa Tengah (Suatu Pendekatan Geomorfologi)*. Fakultas Geografi, UGM. Yogyakarta.
- [8] Easterbrook, D. 1999. *Surface Processes and Landforms*. New York: Macmillan Publishing Company.
- [9] FAO/UNEP. 1999. Retrieved 9 Desember 2014: <http://www.fao.org/nr/land/use/en/>
- [10] Fell, R., Corominas, J., & Bonnard, C. 2008. *Guidelines for Landslide Susceptibility, Hazard, and Risk Zoning for Land Use Planning*. *Journal of Engineering Geology*, 102, 85-98.
- [11] Hamima, Siti., et. all. 2012. *Hubungan Potensi dan Longsor dengan Penggunaan Tanah serta Aktivitas Tanah*. Laporan Akhir. Kuliah Kerja Lapangan 2. Departemen Geografi. Universitas Indonesia. Depok.
- [12] Hammond, C., D. Hall, Miller dan P. Swetik. 1992. *Level I Stability Analysis (LISA) Documentation for Version 2.0*. USA: USDA Forest Service Intermountain Research Station.
- [13] Hardiyatmo, Hary Cristiady. 2012. *Tanah Longsor dan Erosi, Kejadian dan Penanganan*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- [14] Iman, Riga. 2015. *Delapan Kecamatan di Sukabumi Masuk Zona Merah Longsor*. Artikel. Jakarta: Republika republika.co.id.
- [15] Izhom, M. Baried. 2012. *Kerentanan Wilayah Tanah Longsor di Daerah Aliran Ci Catih, Kabupaten Sukabumi Jawa Barat*. Skripsi. Depok: Departemen Geografi, Universitas Indonesia.
- [16] Kamadhis UGM. 2007. *Eka-Citta Bersatu dalam Dharma. Buletin Kamadhis UGM Nomor.XXVII/September/2007*. Yogyakarta: Kamadhis UGM.
- [17] Karnawati, D. 2005. *Bencana Alam Gerakan Massa Tanah di Indonesia dan Upaya Penanggulangannya*. Yogyakarta: Jurusan Teknik Geologi, Universitas Gadjah Mada.
- [18] Kaysatha, P. 2006. *Dissertation: Slope Stability Analysis Using GIS on Regional Scale*. Brussels: Universiteit Gent.
- [19] Kementrian ESDM. 2014. *Pengenalan Gerakan Tanah*. Jakarta: Kementerian ESDM www.esdm.go.id/batubara.
- [20] Kodoatie, Robert J dan Sjarief, Roestam. 2006. *PENGLOLAANBENCANA TERPADU: Banjir, Longsor, Kekeringan, dan Tsunami*. Jakarta: Yarsif Watampone (Anggota IKAPI).
- [21] Mataburu, Ilham. 2008. *Pendugaan Erosi Dan Sedimentasi Dengan Menggunakan Model Simulasi GeoWEPP*. Tesis. Depok: Departemen Geografi, Universitas Indonesia.
- [22] Munir, M. 2006. *Tanah Ultisol – Tanah Ultisol Di Indonesia*. Jakarta: Pustaka Jaya.
- [23] Naryanto, N. S. 2002. *Evaluasi dan Mitigasi Bencana Tanah Longsor di Pulau Jawa Tahun 2001*. Jakarta: BPPT.
- [24] Noor, Djauhari. 2009. *Pengantar Geologi*. (Ed. ke-1). Bogor: Pakuan University Press.
- [25] Noson, L. 2000. *Hazard Mapping and Risk Assesment, Proceeding of TheRegional Workshop on Best in Disaster Mitigation*.
- [26] Pack, R. 2005. *SINMAP II: A Stability Index Approach To Terrain Stability Hazard Mapping*. Utah: Utah State University.
- [27] Pack, R.T., Tarboton, D.G., and Goodwin, C.N. 1998. *A Stability Index Approach Terrain Stability Hazard Mapping. SINMAP User Manual*. Vancouver: Utah State University.
- [28] Ringler, C. 2009. *Mapping South African Farming Sector Vulnerability to Climate Change and Variability*. Pretoria: International Food Policy Research Institute.
- [29] Sartohadi, Junun, Jamulya, & Dewi, Nur Indah Sari. 2012. *Pengantar Geografi Tanah*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- [30] Simpson, David, & Josh, R. 2008. *Large-scale Vulnerability Assesments for Natural Hazards*. Paper of Natural Hazards Springer Science, 47, 143-155.
- [31] Soemarno. 2011. *Pendugaan Risiko Bencana: Bahan kajian MK Perencanaan Lingkungan & Pengembangan Wilayah*. Malang: Universitas Brawijaya.
- [32] Sudewo, H. 2006. *Perlindungan Pengungsi Korban Bencana*. Jakarta:

Suarakaryaonline.com.

- [33] Sulaiman, W.N.A. 2010. *Susceptibility of Shallow Landslide in Fraser Hill Catchment, Pahang Malaysia*. *Journal of Environment Asia*, 66-72.
- [34] Sutikno. 2001. *Mengenal Tanah Longsor*. Bandung: Direktorat Geologi Tata Lingkungan Departemen Pertambangan dan Energi.
- [35] Taufik, H.P., dan Suharyadi. 2008. *Landslide Risk Spatial Modelling Using Geographical Information System*. Tutorial *Landslide*. Laboratorium Sistem Informasi Geografis. Yogyakarta: Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada.
- [36] Undang-Undang Republik Indonesia No. 24 tahun 2007. *Penanggulangan Bencana*. Jakarta: Sekretariat Negara Republik Indonesia.
- [37] Van Zuidam, R. A., & Van Zuidam-Cancelado, F. I. 1985. *Aerial photo-interpretation in terrain analysis and geomorphologic mapping*. dalam Noor, Djauhari. 2009. *Pengantar Geologi*. (Ed. ke-1). Bogor: Pakuan University Press.
- [38] Yuhetra, Deris., et. all. 2012. *Hubungan Potensi dan Longsor dengan Penggunaan Tanah serta Aktivitas Tanah*. Laporan Akhir Kuliah Kerja Lapang 2. Depok: Departemen Geografi, Universitas Indonesia.

Jurassic Sandstone Characteristic Of Bobong Formation In Taliabu Island, Eastern Indonesia: Outcrop And Petrography Observations

Septriandi¹, Ildrem Syafri¹, Yoga Adriana S.¹, Farid Ferdian²

¹ Faculty of Geological Engineering, Padjadjaran University, Bandung

²Niko Asial Ltd.

septriandi@yahoo.com

Abstrak

Pulau Taliabu terletak di Provinsi Maluku Utara, Indonesia bagian Timur. Beberapa contoh batuan Formasi Bobong dari pulau tersebut dilakukan analisis geometri, tekstur sedimen, mekanisme transportasi, lingkungan pengendapan dan proses diagenesa untuk dapat dipahami kualitas reservoirnya. Delapan contoh batuan dari delapan singkapan dianalisis dan didapatkan bahwa distribusi ukuran butir adalah bongkah (64 mm/-6 phi) hingga pasir halus (0.125 mm/3.0 phi), sortasi buruk – menengah, ukuran butir keras – sangat keras, bentuk butir membulat – membulat tanggung. Butiran kuarsa dan feldspar mendominasi komposisi mineral dan tekstur sedimen. Struktur sedimen dan analisis granulometri menunjukkan lingkungan pengendapan sedimen darat – laut dangkal (alluvial fan, fluvial, pantai). Tipe batupasir Formasi Bobong ditandai oleh analisis petrografi Quartz Arenite dan Feldspathic Arenite dan provenance tektoniknya berasal dari blok kontinen (Granit Banggai dan batuan metamorf grade rendah), tepatnya, interior craton dan pengangkatan basement terendapkan selama periode Jurassic – Jurassic Tengah. Porositas efektif berada pada rentang 8.8 % - 19 % dengan klasifikasi reservoir buruk – baik. Pengendapan sedimen di lingkungan darat memiliki kualitas reservoir lebih baik daripada lingkungan pengendapan pantai. Kompaksi sangat sering terdapat pada lingkungan pengendapan pantai, menutupi porositas sehingga reservoir menjadi buruk.

Kata kunci : Batupasir Jurassic, Formasi Bobong, Indonesia Bagian Timur.

Abstract

Taliabu Island is located in the Province of North Maluku, Eastern Indonesia. Some sandstone samples from Bobong Formation were taken from the island for analysis of geometry, sedimentary texture, transport mechanism, depositional environment and diagenetic processes to understand their reservoir qualities. Eight samples from eight outcrops were analyzed it was observed that the grain size distribution is from cobble (64 mm/-6 phi) to fine sand (0.125 mm/3.0 phi), poorly sorted - medium sorted, hard - very hard, angular – sub angular. The quartz and feldspar grains are dominant component minerals and sedimentary texture. Sedimentary structure and granulometry analysis show that the depositional environment of this sandstone is terrestrial – shallow marine (alluvial fan, fluvial, beach). Sandstone types of the Bobong Formation indicated by petrography analysis are Quartz Arenite and Feldspathic Arenite and their tectonic provenance were from continental block (Banggai granite and low grade metamorphic rock), precisely, the craton interior and basement uplift deposited during early Jurassic – middle Jurassic period. Effective porosity ranges from 8.8 % to 19 % which classification poor – good reservoirs. Sandstones deposited in terrestrial environment have better reservoir quality than beach deposit environment. Compaction was very intense in beach environment, closing porosity with poor reservoir as a result.

Keywords: Jurassic Sandstone, Bobong Formation, Eastern Indonesia.

1. INTRODUCTION

The eastern region of Indonesia has become a research center for hydrocarbon exploration in recent years, especially Pre – Tertiary sedimentary rocks. Based on geological similarities and trendology relative to the discoveries, Late Paleozoic and Mesozoic sedimentary rocks are still prospective and with attractive potential for future exploration targets⁹.

Late Paleozoic and Mesozoic sedimentary rocks are known to be hydrocarbon productive in Northwest

Shelf area of Australia and onshore west central Papua New Guinea. In Indonesia, Late Paleozoic and Mesozoic sedimentary reservoirs were first known to be productive in late 1980's and early 1990's. Late Paleozoic (the oldest proven reservoir of Indonesia) is proven in Mogoi Deep, Bintuni Basin⁹. Mesozoic sedimentary reservoirs are proven in: offshore Berau Bay, Bintuni Basin; onshore Seram Island; and offshore Masela Area, Arafura Sea (**Figure 1**).

The Taliabu Island, located in the Province of North Maluku, Eastern Indonesia (**Figure 2**), is bound to the north by Molucca sea, by Banda sea to south, by the East Arm of Sulawesi and Banggai Island to the west and by Mangole Island to the east. This island is interpreted as being a fragment of the Australia - New Guinea Continent that became detached during late Mesozoic times^{5,6,8}. Pre – Tertiary rock was exposed on the island.

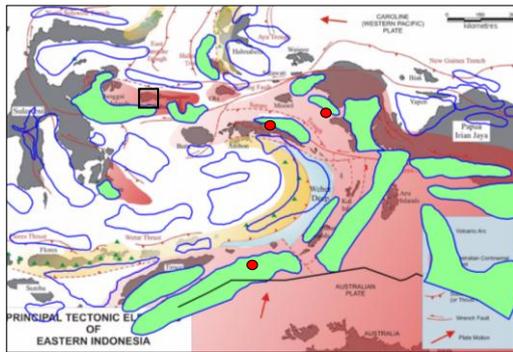


Figure 1 - Field location (black polygon) and Distribution of Pre – Tertiary rock (red) and Pre – Tertiary sedimentary Basins in Eastern Indonesia (green) with hydrocarbon production (red dot) from Mesozoic sedimentary rock (Hill, 2005).



Figure 2 - Field Observation Location on Taliabu Island, North Molucca, Eastern Indonesia.

There are many studies of geology in this area, but only Garrard et al (1988) and Ferdian (2010) considered hydrocarbon prospect of North Banggai-Sula Area.

This paper discusses Jurassic sandstones exposed on Taliabu Island, both field observations and laboratory analyses. The results hopefully will lead to further studies leading to petroleum exploration on Taliabu Island and surrounding areas.

Regional Geological Setting

Stratigraphy of Taliabu Island can be divided into four (4) groups (**Figure 3**), they are; Pre Jurassic Basement Stratigraphy, Mesozoic Sedimentary

Stratigraphy (research focus, Bobong Formation), Miocene Platform Carbonates and Quaternary.

In Early Jurassic a rifting episode commenced in the northern Australia generating a series of extensional faults and half-grabens filled in by terrigenous sediments of Bobong Formation. Subsequent Jurassic to Early Cretaceous subsidence resulted in deposition of organic-rich Buya shales. In Late Cretaceous to Paleocene⁵, Buya clastic deposition gave way to deep water carbonates of Tanamu Formation as the craton fragment drifted northward into warmer equatorial zone ¹.

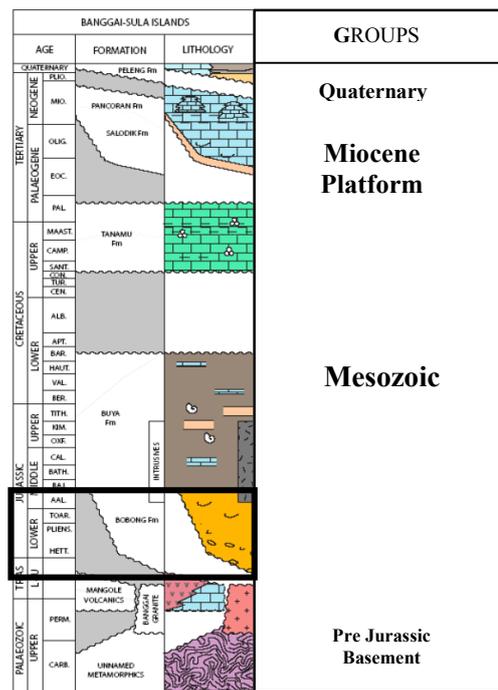


Figure 3 – Simplified stratigraphy of the principal parts of study area (after Ferdian, 2010).

2. METHODS

A surface geological map of Taliabu Island by Supandjono et al. (1993) and Sukarna et al (1993) was used to identify formation outcrop locations (**Figure 4**). Eight Jurassic sandstone samples were collect from outcrops (**Figure 5**). Field observations were conducted from mid March to early April 2010. In the laboratory field samples underwent analyses including facies, petrography, granulometry (grain size analysis), and rock properties (porosity and permeability) to learn sandstone characteristics and reservoir potential.

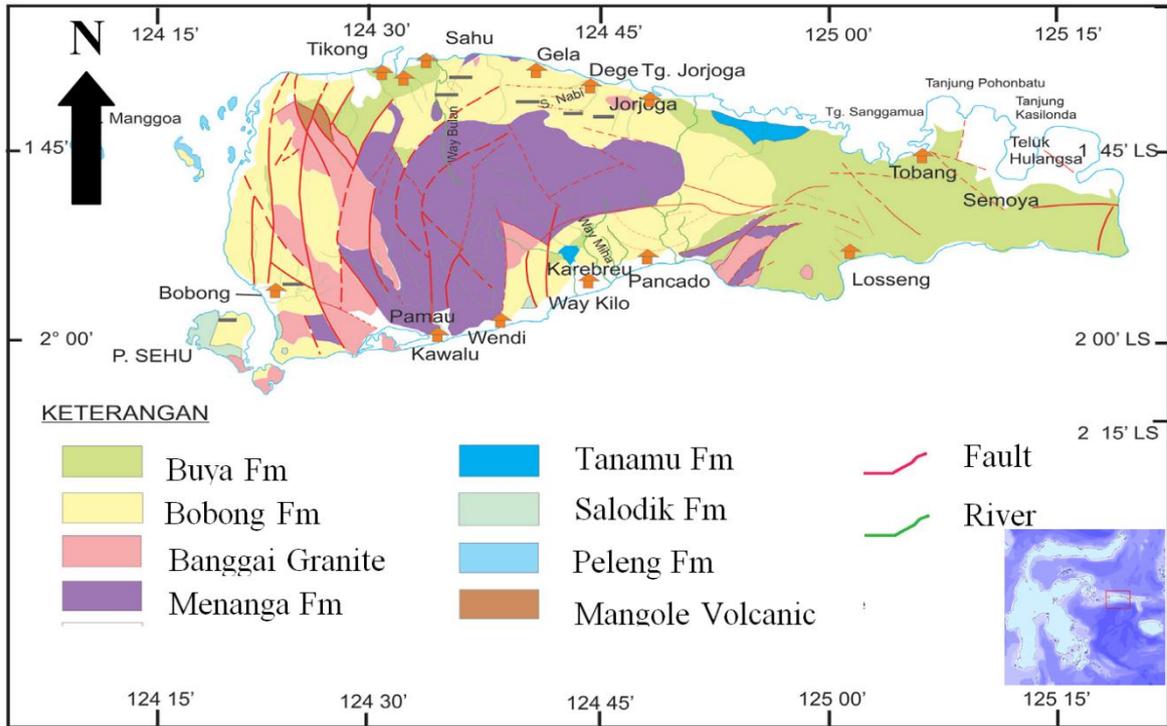


Figure 4 - Geological map of Taliabu Island (after Supandjono et al 1993 and Surono et al 1993).

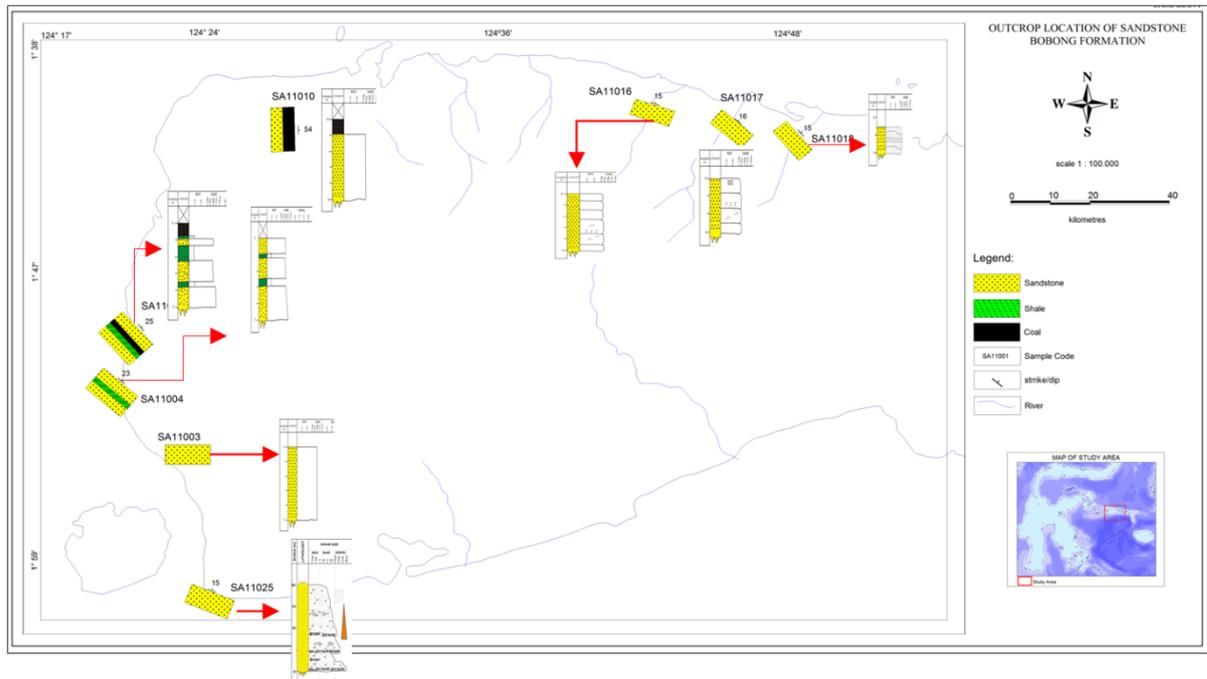


Figure 5 - Jurassic sandstone sample locations and composite log.

3. RESULTS

Facies Classification

Sedimentary facies analysis was conducted to establish the outline of the depositional environment. Several facies associations were identified based on lithology and primary sedimentary structures. The detailed descriptions of the sedimentary structures are the basis of the interpretation of the mechanism and depositional setting. There are three facies associations exposed on Taliabu Island, i.e. Conglomerate facies, coarse sandstone facies, and fine sandstone facies.

a. Conglomerate Facies

The alluvial fan facies are generally fining upward, with graded bedding and cross bedding, here the sediments are red and white beds, that include conglomerate and lithic sandstone with grain size distribution from cobble (64mm/-6phi) to fine sand (0.125mm/3.0phi), angular - sub angular, thickness \pm 20m (**Figure 6**). Components are igneous granite, metamorphic rock, volcanic rock, quartz and signs of imbrications, no fossil evidence and no obvious lithological differences between red and white bedding.

Based on granulometry analysis (**Figure 7**), the grain size mean is 0.57 phi (coarse sand) with standard deviation 1.60 phi (poorly sorted), skew 0.21 phi (positive) shows sediments deposited in continental environments¹³. Saltation population are dominant 69%, suspension population 20% and traction population absent. This facies was deposited in alluvial environment (near from the source).

b. Coarse Sandstone Facies

This facies consist of very coarse sand intercalated with shale and coal (**Figure 8**). Sandstone with thickness \pm 1m, weathered color dark brown, fresh color light white, hard, medium sand (0.25mm/2.0phi) to very coarse sand (1.00mm/0.0phi), moderately sorted, dominated by quartz grains, no fossil record in this facies.

Granulometry analysis (**Figure 9**) revealed that grain size has mean 0.28 phi (coarse sand), standard deviation 1.18 phi (moderately sorted), skew 0.24 phi (positive skew) sediments deposited in continental environments¹³. Traction population is dominant at 48%, with suspension population 16% and saltation population 34%. Based on characteristics above, this facies was deposited in fluvial environment.

c. Fine Sandstone Facies

This facies comprises fine sand, weathered color dark brown, fresh color light white, very hard, fine grain - medium grain, sub angular – rounded, moderately sorted, mineral: feldspar, quartz. Sedimentary structure exhibits bioturbation, parallel laminations and cross bedding (**Figure 10**).

From granulometry analysis (**Figure 11**), it has grain size mean 2.16 phi (fine sand), has been transported very far from its source, negatively skewed which indicates the sediments were deposited in beach environment¹³, two saltation populations show the source of sediment came from continental and marine (transition).

Petrography

Based on sandstone classification from Pettijohn (1975), eight samples have been classified as Feldspathic Arenite (**Figure 12**) and Quartz Arenite (**Figure 13** and **Figure 14**). Comprised of 1- 90 % grain, consisting of monocrystalline quartz (18-80%), polycrystalline quartz (3-10%), k-feldspar (3-58%), lithic fragment (2-8%), opaque mineral (4%); some samples contain biotite, muskovite, turmaline, zircon (1-5%) and rock fragment sediment was absent in some sample.

Matrix (2-10%) composed of clay, recrystallized clay matrix becoming sericite. Clay mineral, iron oxide, carbon and silica cement. Compaction and cementation during diagenesis has significantly reduced primary porosity. About 5-9% of secondary porosity is caused by deformation and dissolution.

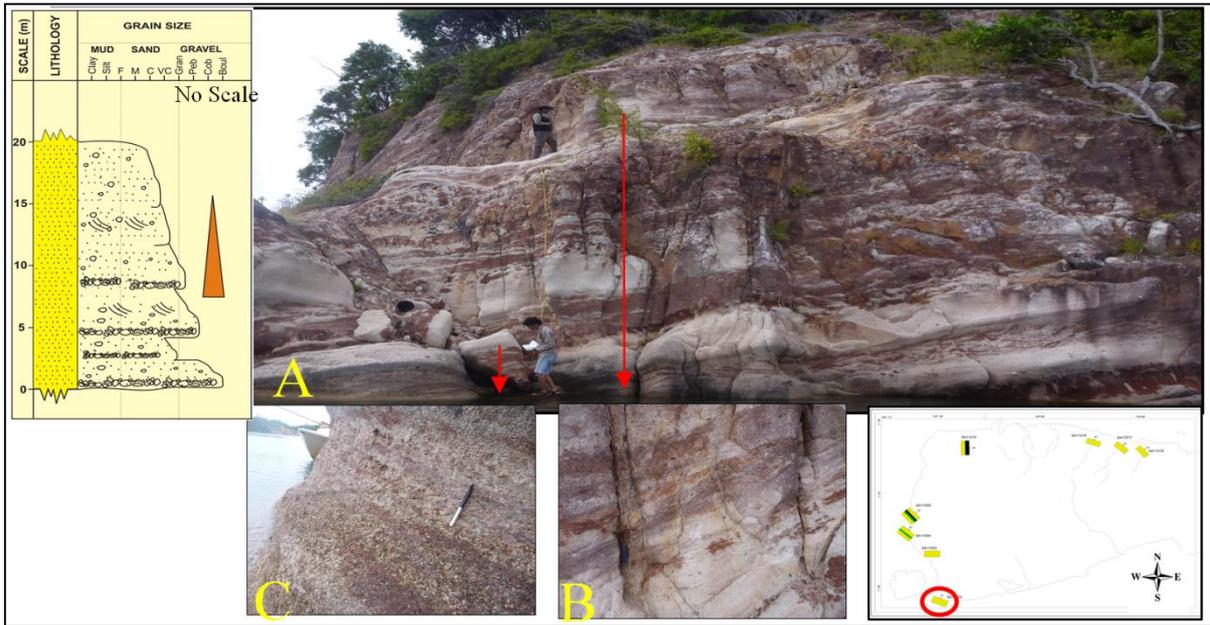


Figure 6 - Alluvial fan facies, Conglomerate and sandstone outcrop, moderately sorted, red and white beds, fining upward, total thickness \pm 20 m (A), cross bedding (B) and graded bedding (C).

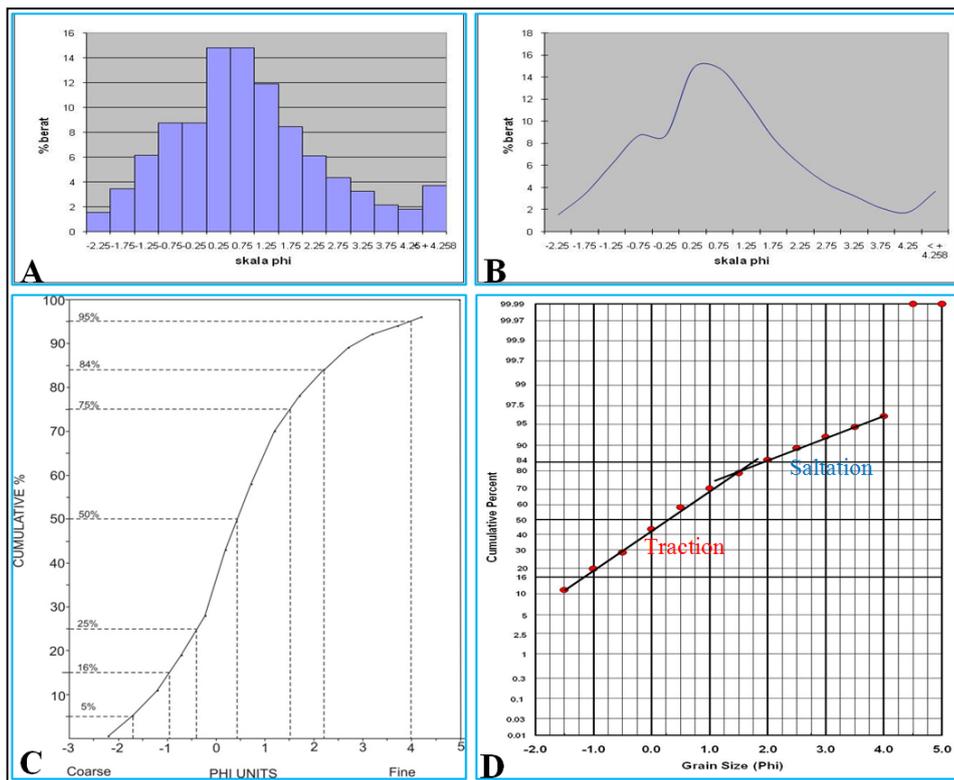


Figure 7 - Granulometry analysis curve (A. Histogram, B. frequency curve, C. cumulative curve, and D. probability curve)

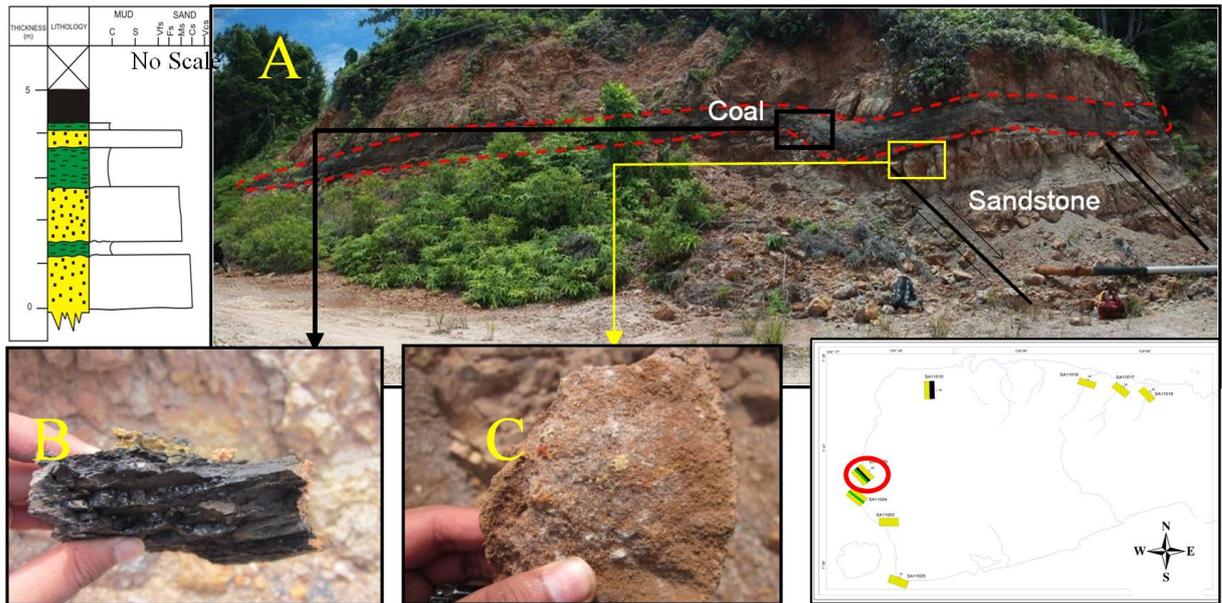


Figure 8 - Fluvial facies, Very coarse sand intercalated with shale and coal, thickness $\pm 5m$ (A), bright coal (B), quartz grain dominant (C) and secondary sedimentary structure; growth fault (black arrow).

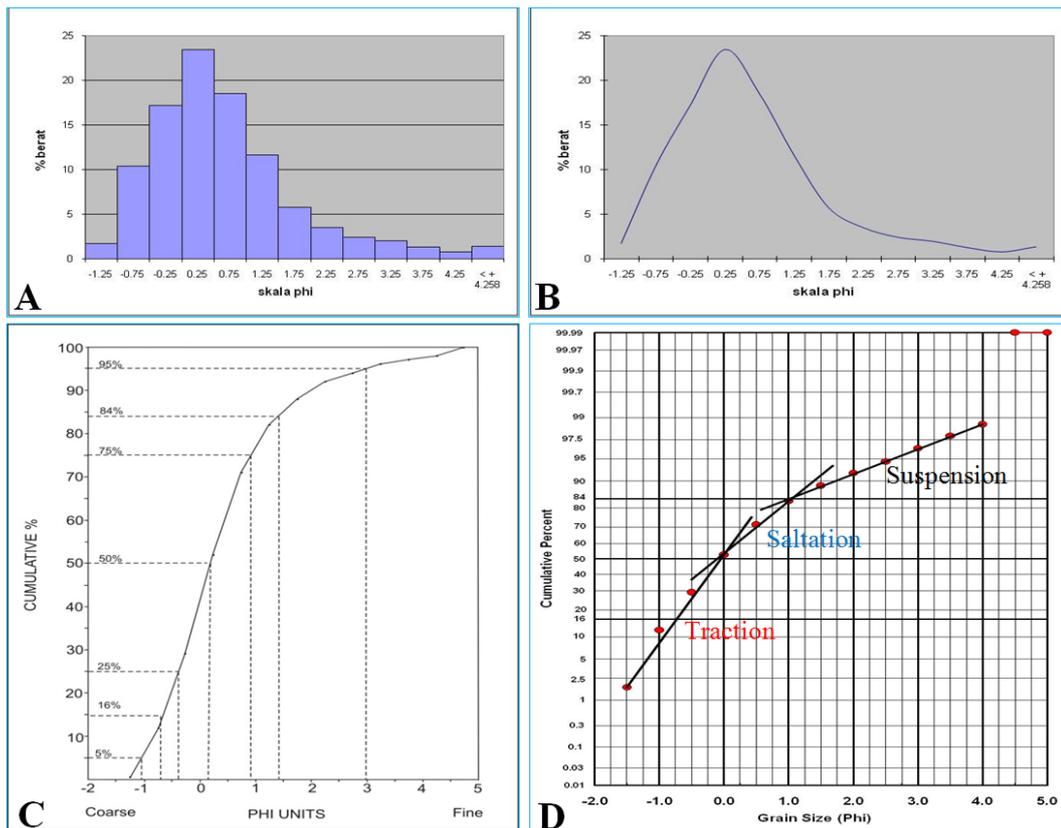


Figure 9 - Granulometry analysis curve (A. Histogram, B. frequency curve, C. cumulative curve, and D. probability curve).



Figure 10 - Beach environment facies, consists of fine sand, very hard, no obvious lithological differences in this facies. Sedimentary structure; bioturbation (B), Parallel lamination(C) and Cross Bedding (D).

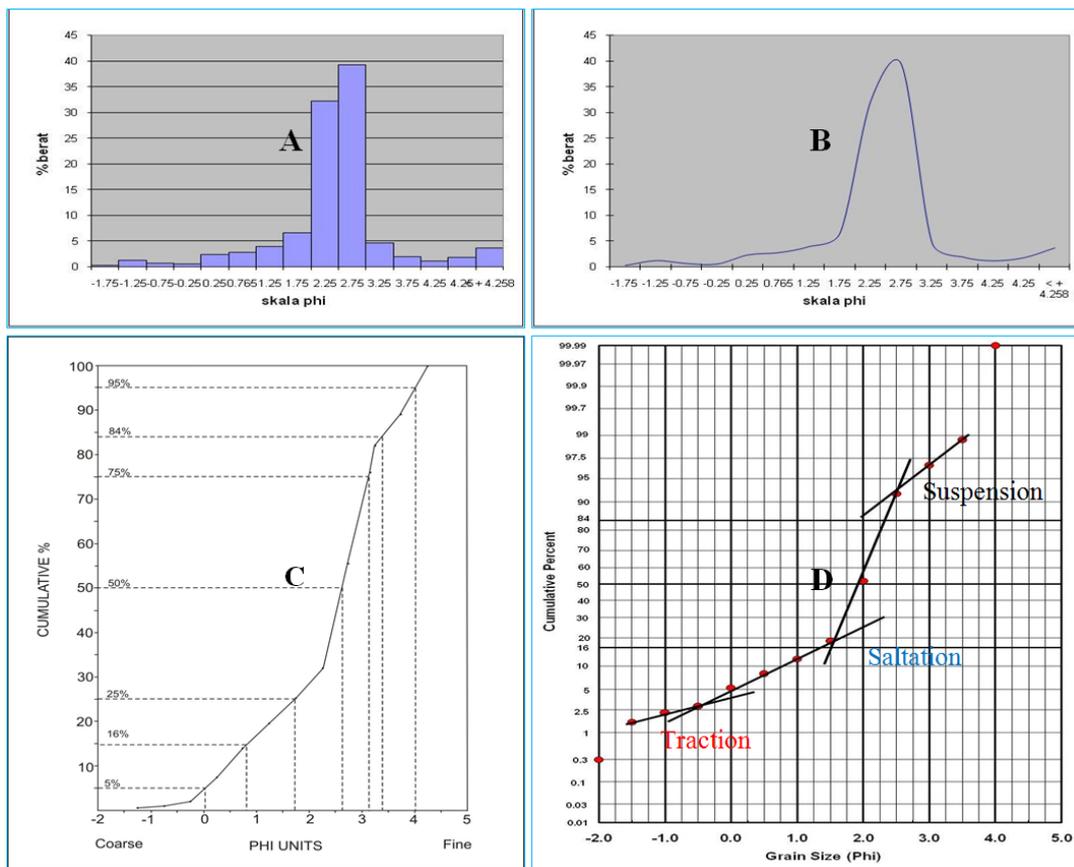


Figure 11 - Granulometry analysis curve (A. Histogram, B. frequency curve, C. cumulative curve, and D. probability curve).

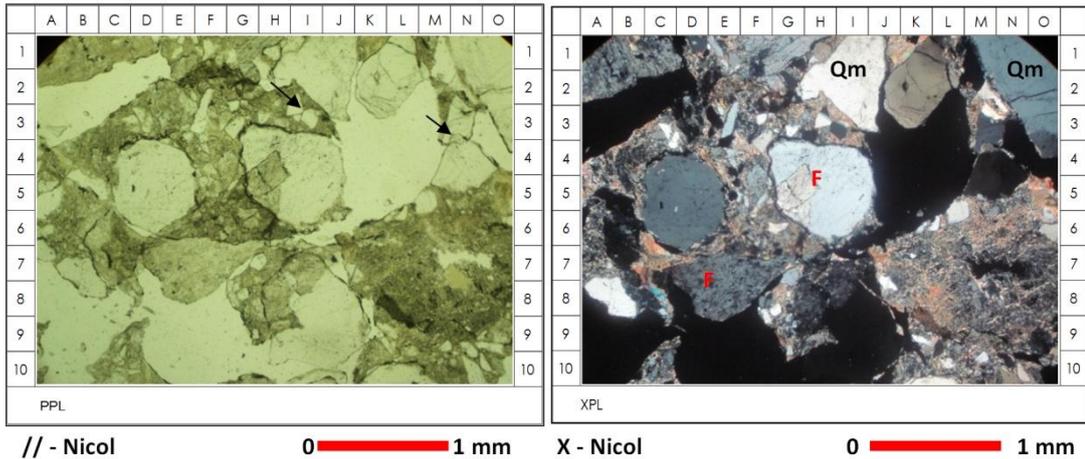


Figure 12 - K-Feldspar grains (D7-G7, G4-16), that transformed into clay minerals and sericite, partially dissolved into intragranular porosity, quartz (H2-J3, K2-L1, M1-04), grain size 0.08 – 2.15 mm, poorly sorted, point contact (I3), concavo-convex contact (N4). Fracture that formed on the grains (K1-L2, N2-O2).

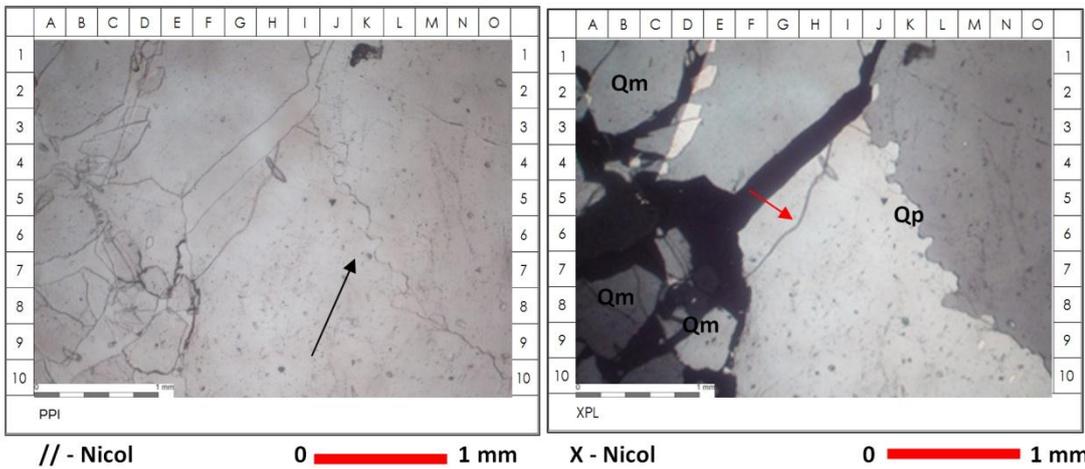


Figure 13 - Grain dominated by quartz, grain size 0.25 – 2.5 mm. Contact between grains, suture contact (H6-L10), poorly sorted, fracturing on quartz grain (F7-14) thus forming secondary porosity.

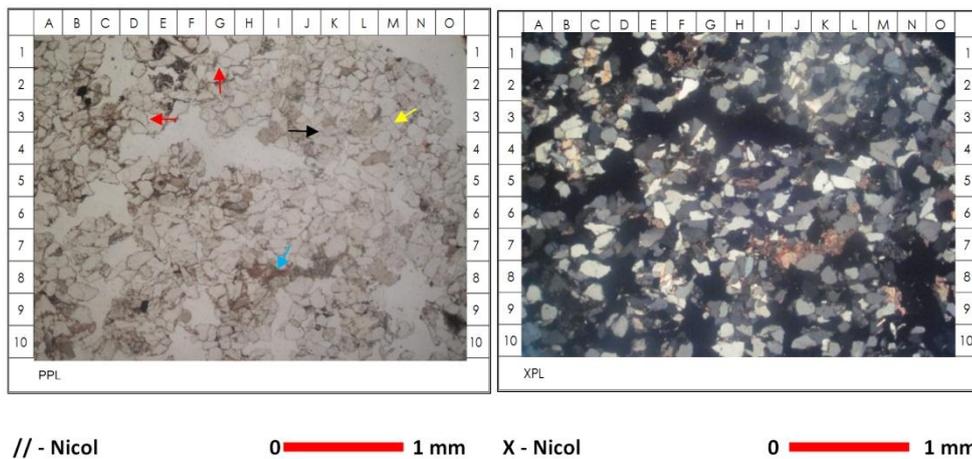


Figure 14 - Grain dominated by quartz, fine grain (0.08 – 0.3 mm), long contact (m3), concavo-convex contact (K3), suture contact (E3,G2), calcite cement (I8). Grain size 0.08-0.3, closed pores, well sorted. Grain shape sub-rounded – sub-angular.

Provenance

Counted modal composition / detrital framework (**Table 1**) grain comprises quartz, feldspar, and lithic fragments, The modal composition plotted in Q-F-L diagram² infers that the sandstone sample came from continental block provenance (**Figure 15**). Sandstone typically from craton interior provenance has abundant quartz and rare feldspar. But in basement uplift, percentage of feldspar is higher than quartz and lithic fragment, because feldspar is unstable mineral and cannot be transported far from its source⁴ and source of the sandstone in this block is granitic and gneissic basement.

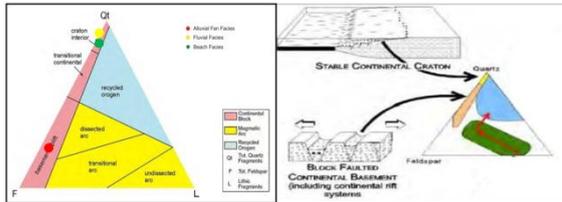


Figure 15 - Mineralogy composition plot to triangular Dickinson and Suczek, 1979.

Diagenetic Process

Porosity and permeability of sandstone is largely influenced by diagenetic processes. Diagenetic types which formed in this sandstone are: (**Figure 12**, **Figure 13** and **Figure 14**):

- Compaction, shown by concavo-convex contact, long contact, suture contact within grains.
- Cementation, shown by appearance of clay mineral, carbon, silica, iron oxide, which fill pores in sandstone.
- Recrystallization, process occurred extensively within the rocks, shown by sericite occurrence as recrystallization of clay mineral and as secondary growth in quartz grains.
- Grain deformation caused by compression in rocks, characterized by fractured quartz and grains bent until broken, caused by tectonic activity.
- Dissolution, of quartz and feldspar grains forming intragranular porosity and secondary porosity.

Porosity and permeability

Porosity and permeability measurements were conducted to learn of any reservoir potential. They were performed on eight samples of sandstone from research area.

Analyses of sandstones show porosity value 8–19%, permeability values 0.3–29mD. The sandstone that deposited in alluvial fan facies has very good porosity of 19%. The fluvial facies has medium porosity of 11%, and the beach facies has poor porosity of 8%.

4. DISCUSSION

No fossils were found in these sandstones. So the age is determined by comparing these rocks to previous data.

Alluvial fan facies was found in southern Taliabu Island (**Figure 5**). Poorly sorted sands show that depositional environment is nearby to its source. K-Feldspar present in this facies have a large percentage (38%) indicating that provenance for this facies is continental block basement uplift (Dickinson and Suczek diagram,1979)from pre - Jurassic basement . Granulometry analysis indicates that dominate currents are traction and saltation. This facies has good porosity (19%) because of dissolution process and intensive deformation that formed secondary and intragranular porosity.

To the west (**Figure 5**), the depositional environment of Bobong Formation sandstone began to change, and sandstones are intercalated by mudstone shale, and coal. The presence of coal and mudstone intercalation and no fossil indicates the depositional environment of this facies was fluvial associated with flood plain and marshy flat area in meandering river system. Grains are dominated by quartz (80%) and indicating provenance is continental block in craton interior (Dickinson and Suczek diagram,1979). Compaction, deformation, and dissolution occurred extensively in this facies, reducing porosity to 11%.

Further north, this facies has very fine grains, indicating that they have been transported very far from the source. Quartz grains dominate (70%). This facies, dominated by fine sands strikes west-east and dips north. Occurrence of sedimentary structures such as bioturbation, cross bedding, parallel lamination, and two saltation populations,

indicates that this facies was deposited in transition environment (beach environment). Presence of calcite cement shows the source of sediments was derived from marine and from the continent. This facies has very little porosity (8%) due to compaction.. Based on plotting result in Dickinson and Suczek Diagram (1979), provenance type of this facies is continental block in craton interior.

5. CONCLUSIONS

- Sandstones in the study area exhibit three facies having different characteristic texture, sedimentary structure and grain size fine sand – cobble.
- According to Pettijohn classification (1975) the samples occur as Quartz Arenite and Feldspatic Arenite
- Depositional Environments: *alluvial fan, fluvial and beach*
- Provenance analyses indicate craton interior and basement uplift with high siliceous grain (k-feldspar ,quartz).
- Reservoir quality: *Poor (A) beach facies, Fair (B) fluvial facies and Good (C) alluvial fan facies.*
- Dissolution and deformation (very intense) occurs in sandstone deposited in alluvial fan facies creating secondary porosity and intergranular porosity.

Compaction (very intense) in fluvial facies and beach facies caused porosity closing and made sandstone very hard and poor as a reservoir.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors want to express deepest thanks to all people and institutions which have given attention, spent their time supporting this field study. Special thanks to Niko Asia Ltd. for financial support for this paper especially Messrs. John Decker, Louis Rothenberg and Phillip Teas.

REFERENCES

- [1] Baillie, P. W., C. Mcs., Frasser, Tom, H., Hall, Robert., Myers, Keith., 2004. Geological development of eastern Indonesia and the northern Australia collision zone: A review.
- [2] Dickinson W. R. dan Suzeck., C. A. 1979. Plate Tectonics and Sandstone Compositions. AAPG Bulletin V. 63 No. 12, p.2164 – 2182
- [3] Ferdian, Farid., 2010. Evolution and hydrocarbon prospect of the North Banggai-Sula area: An application of sea seep TM Technology for hydrocarbon Exploration in underexplored areas.. Proceedings Indonesia Petroleum Association, 34th Annual Convention.
- [4] Folk, Robert L., 1980. *Petrology of Sedimentary Rock*. Hemphill Publishing Company Austin, Texas
- [5] Garrard, R. A., Supandjono, J. B. & Surono., 1988. The geology of the Banggai-Sula microcontinent, eastern Indonesia. Proceedings Indonesian Petroleum Association, 17th Annual Convention, 23-52.
- [6] Hamilton, W. 1979. Tectonics of the Indonesian region. U.S. Geological Survey Professional Paper,1078, 345 pp.
- [7] Journal of Sedimentary Petrology, v. 39, 1074-1106
- [8] Pigram, C. J. & Surono, S., J.B. 1985. Origin of the Sula Platform, eastern Indonesia. Geology 13, 246-248.
- [9] Satyana, A.H., 2010. Successful and Potential Mesozoic and Paleozoic Exploration Play Types of Indonesia. International Symposium Mesozoic – Paleozoic Petroleum Basins in Indonesia.
- [10] Simandjuntak, T.O., 1993b. Neogene plate convergence in eastern Sulawesi. Jour. Geol. Miner, Res., 25(3), 29
- [11] Sukamto, R., 1975, Geologi Daerah Kepulauan Banggai-Sula, Geologi Indonesia.
- [12] Supandjono, J. B & Haryono, E., 1993, Geology of the Banggai Sheet, Sulawesi-Maluku, 1:250.000. Geological Research and Development Centre, Indonesia.

Visher, Glenn S., 1969, *Grain Size Distribut***Lampiran 1: Contoh Format Penulisan**

Tabel 1. Contoh tabel dengan format dua kolom.

No	Nama Material	Tipe Anisotropi
1	Cobalt (Co)	Uniaxial anisotropy
2	Nickel (Ni)	Cubic anisotropy

Tabel 2. Posisi tabel di dalam format satu kolom.

No	Nama Material
1.	Cobalt (Co)
2.	Nickel (Ni)
3.	Permaloy (Py)

Tabel dimulai dengan judul tabel (ukuran huruf **10-poin**) yang dicetak miring. Huruf di dalam tabel berukuran 10-poin. Tabel diletakkan secara terpusat dan batas tabel tidak boleh melewati batas kolom.

Selanjutnya, hasil eksperimen dapat ditampilkan dalam bentuk gambar (grafik atau foto), lihat contoh Gambar 1. Judul gambar (ukuran huruf **10-poin**) diletakkan di bawah gambar dengan huruf dicetak miring. Gambar dapat mengisi satu kolom atau dua kolom penuh. Letak gambar adalah terpusat. Resolusi foto yang discan tidak boleh kurang dari 300 dpi. Penomeran tabel dan gambar harus berurutan.



Gbr 1. Contoh gambar diletakkan di dalam format satu kolom.

Daftar acuan harus diletakkan pada akhir artikel dan ditulis berurutan seperti yang dirujuk di dalam teks. Jika merujuk acuan di dalam teks, maka harus ditandai dengan angka Arab dengan kurung kotak, seperti [1]. Penulisan daftar acuan harus sesuai dengan judul artikel yang diacu, sebagai contoh dapat dilihat di akhir panduan ini.

4. KESIMPULAN

Panduan ini diberlakukan untuk memudahkan para penulis dalam menulis artikel untuk Jurnal Geosains Terapan. Di samping itu penulisan sesuai dengan format yang disyaratkan akan memudahkan pihak editor untuk memproses lebih lanjut tahapan-tahapan prosedur penerbitan artikel JGT.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih dapat disampaikan kepada pihak pemberi dana penelitian, kepada lembaga/orang yang membantu penelitian, kepada orang yang membantu dalam diskusi, dll.

DAFTAR ACUAN

[1] H. Young, J.M. Gilbert, S.H. Murray, and R.D. Ball, Causal effects of aroma compounds on royal gala apple flavours, *J. Sci. Food Agric.* 71 (1996) 329-336.

[2] A.S. Carslaw, and J.C. Jaeger, *Conduction of heat in solids*, 2nd edition, Clarendon Press, Oxford (1959).

[3] L. Weiss, *Instruction to Authors*, Elsevier Publishing, <http://www.elsevier.com/authors.html>, 1999.

[4] T. Toriyama, Y. Tanimoto, S. Sugiyama, Single crystalline silicon nano wire piezoresistors for mechanical sensors, *Transducers '01 Eurosensors XV Digest of technical papers, Munich* (2001), 1002-1005.

Lampiran 1: Contoh Format Penulisan

Tatacara Penulisan Artikel di Jurnal Geosains Terapan

Penulis¹, Penulis Kedua², ..., dan Penulis Terakhir

¹Departemen Kimia, FMIPA UI, Kampus UI Depok 16424

²Ilmu Fisika, Pascasarjana Universitas Indonesia Salemba 4 Jakarta 10430

penulis1@sci.ui.ac.id, penulis2@sci.ui.ac.id

Abstrak

Panduan ini terdiri dari instruksi dan contoh format untuk membuat artikel di **Jurnal Geosains Terapan** yang diterbitkan oleh Pusat Studi Geosains FMIPA Universitas Indonesia. Jumlah halaman artikel **minimal 4 (empat) halaman, maksimal 12 halaman**, dan dapat dikirim ke redaksi **Jurnal Geosains Terapan**, di **Sekretariat Jurnal Geosains Terapan (JGT), Pusat Studi Geosains, Gedung A Lantai Dasar, Fakultas MIPA UI, Depok 16424** atau melalui email pada alamat jgt@sci.ui.ac.id. Artikel dapat ditulis dalam bahasa Indonesia atau bahasa Inggris. Artikel dimulai dengan Abstrak dalam bahasa Indonesia (atau bahasa Inggris) dengan huruf ukuran **9-poin**. Abstrak dalam bahasa Inggris dapat pula ditampilkan setelah Abstrak bahasa Indonesia. Judul Abstrak **bercetak tebal** dengan ukuran huruf **10-poin** dan terletak terpusat seperti pada contoh ini. Abstrak tidak boleh lebih dari 200 kata. Penyajian artikel diperbolehkan sesuai selera Penulis, tetapi secara garis besar harus terdiri dari PENDAHULUAN, METODE PENELITIAN atau EKSPERIMENTAL, HASIL DAN DISKUSI, KESIMPULAN dan DAFTAR ACUAN yang disajikan secara berurutan.

Abstract

English version of the abstract can be written here.

Keywords: *Tulislah maksimum lima buah kata kunci dalam bahasa Inggris dengan huruf miring berukuran 9-poin.*

1. PENDAHULUAN

Silahkan tulis artikel dengan format MS Word dan kirim versi digitalnya (soft copynya) yang telah diberi nama judul paper dan penulisnya, dikirim ke redaksi melalui email di jgt@sci.ui.ac.id.

Untuk memudahkan penyelesaian penulisan artikel yang sesuai dengan format yang diinginkan, Panduan ini dapat diunduh melalui alamat website <http://sci.ui.ac.id/jgt>. Penulis dapat langsung menulis artikel pada format versi digital yang tersedia sehingga tidak perlu berfikir lagi tentang aturan penulisan yang rinci. Jika penulis ingin menulis artikel dengan membuat format sendiri, maka panduan ini harap diperhatikan dan diikuti dengan baik.

2. METODE PENELITIAN

Ukuran kertas yang digunakan adalah standar A4 dan batas kiri 30 mm, kanan 20 mm, atas dan bawah masing-masing 25 mm. Untuk penulisan teks digunakan format dua kolom. Jarak kedua kolom **6 mm (0.24 inci)**. Jenis huruf (*font*) yang digunakan adalah **Times New Roman**. Judul paper diletakkan di baris pertama halaman satu dan terpusat dengan menggunakan ukuran huruf **14-poin** serta **bercetak tebal**. Setelah judul, disisipkan satu baris kosong

ukuran 14-poin. Kemudian dituliskan nama penulis (ukuran huruf **12-poin**), sisipkan satu baris kosong (ukuran huruf **10 poin**), dan nama institusi serta alamat para penulis (ukuran huruf **10-poin**) secara terpusat. **Nama penulis** yang dapat diajak untuk korespondensi harap diberi **garis bawah**. Untuk memulai penulisan Abstrak, disisipkan 2 (dua) baris kosong (ukuran huruf **12-poin**).

Subjudul diberi nomor urut dan diketik dengan huruf besar bercetak tebal (ukuran huruf **12-poin**). Isi teks diketik dengan huruf berukuran **10-poin**. Antara baris terakhir teks dengan subjudul berikutnya disisipkan baris kosong (ukuran huruf **16-poin**). Antara subjudul dengan baris awal teks diletakkan baris kosong **10-poin**. *Istilah bahasa Inggris* harus ditulis dengan huruf miring. Penulisan persamaan harus diikuti dengan nomor yang mengacu pada jumlah persamaan yang ditulis. (lihat contoh persamaan 1)

$$\int B.ds = 0 \quad (1)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bilamana artikel perlu didukung dengan data-data dalam bentuk tabel, penulis dapat menggunakan format tabel panjang 2 kolom (lihat Tabel 1), atau format tabel pendek 1 kolom (lihat Tabel 2).

Tabel 1. Contoh tabel dengan format dua kolom.

No	Nama Material	Tipe Anisotropi
1	Cobalt (Co)	Uniaxial anisotropy
2	Nickel (Ni)	Cubic anisotropy

Tabel 2. Posisi tabel di dalam format satu kolom.

No	Nama Material
1.	Cobalt (Co)
2.	Nickel (Ni)
3.	Permaloy (Py)

Tabel dimulai dengan judul tabel (ukuran huruf **10-poin**) yang dicetak miring. Huruf di dalam tabel berukuran 10-poin. Tabel diletakkan secara terpusat dan batas tabel tidak boleh melewati batas kolom.

Selanjutnya, hasil eksperimen dapat ditampilkan dalam bentuk gambar (grafik atau foto), lihat contoh Gambar 1. Judul gambar (ukuran huruf **10-poin**) diletakkan di bawah gambar dengan huruf dicetak miring. Gambar dapat mengisi satu kolom atau dua kolom penuh. Letak gambar adalah terpusat. Resolusi foto yang discan tidak boleh kurang dari 300 dpi. Penomoran tabel dan gambar harus berurutan.



Gbr 1. Contoh gambar diletakkan di dalam format satu kolom.

Daftar acuan harus diletakkan pada akhir artikel dan ditulis berurutan seperti yang dirujuk di dalam teks. Jika merujuk acuan di dalam teks, maka harus ditandai dengan angka Arab dengan kurung kotak, seperti [1]. Penulisan daftar acuan harus sesuai dengan judul artikel yang diacu, sebagai contoh dapat dilihat di akhir panduan ini.

4. KESIMPULAN

Panduan ini diberlakukan untuk memudahkan para penulis dalam menulis artikel untuk Jurnal Geosains Terapan. Di samping itu penulisan sesuai dengan format yang disyaratkan akan memudahkan pihak editor untuk memproses lebih lanjut tahapan-tahapan prosedur penerbitan artikel JGT.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih dapat disampaikan kepada pihak pemberi dana penelitian, kepada lembaga/orang yang membantu penelitian, kepada orang yang membantu dalam diskusi, dll.

DAFTAR ACUAN

- [1] H. Young, J.M. Gilbert, S.H. Murray, and R.D. Ball, Causal effects of aroma compounds on royal gala apple flavours, *J. Sci. Food Agric.* 71 (1996) 329-336.
- [2] A.S. Carslaw, and J.C. Jaeger, *Conduction of heat in solids*, 2nd edition, Clarendon Press, Oxford (1959).
- [3] L. Weiss, *Instruction to Authors*, Elsevier Publishing, <http://www.elsevier.com/authors.html>, 1999.
- [4] T. Toriyama, Y. Tanimoto, S. Sugiyama, Single crystalline silicon nano wire piezoresistors for mechanical sensors, *Transducers '01 Eurosensors XV Digest of technical papers, Munich (2001)*, 1002-1005.

