

BUNGA RAMPAI



POTENSI SUMBERDAYA ALAM DAN ANCAMAN BENCANA DI WILAYAH BARLINGMASCAKEB (Banjarnegara-Purbalingga-Banyumas- Cilacap-Kebumen)-Jawa Tengah



Editor :
Dr. Ir. Asmoro Widagdo, S.T., M.T., IPM.

**POTENSI SUMBERDAYA ALAM DAN
ANCAMAN BENCANA DI WILAYAH
BARLINGMASCAKEB
(BANJARNEGARA-PURBALINGGA-BANYUMAS-
CILACAP-KEBUMEN)-JAWA TENGAH**

Editor:

Dr. Ir. Asmoro Widagdo, S.T., M.T., IPM.



Penerbit

Universitas Jenderal Soedirman

2022

Bunga Rampai

**Potensi Sumberdaya Alam dan Ancaman Bencana
di Wilayah Barlingmascakeb (Banjarnegara-Purbalingga-
Banyumas-Cilacap-Kebumen)-Jawa Tengah**

© 2022 Universitas Jenderal Soedirman

Buku Elektronik Kesatu, Agustus 2022

Hak Cipta dilindungi Undang-undang

All Right Reserved

Editor:

Dr. Ir. Asmoro Widagdo, S.T.,M.T.,IPM.

Editor Isi:

Dr. Ing. Sugeng Waluyo, S.T., M.Sc.

Editor Bahasa:

Dr. Ir. Indra Permanajati, S.T., M.T.

Diterbitkan oleh:

UNIVERSITAS JENDERAL SOEDIRMAN
Gd. BPU Percetakan dan Penerbitan (UNSOED Press)
Telp. (0281) 626070
Email: unsoedpresspwt@gmail.com



Anggota

Afiliasi Penerbit Perguruan Tinggi Indonesia

Nomor : 003.082.1.02.2019

xvii + 148 hal., 15 x 23 cm

ISBN: 978-623-465-035-8 (PDF)

*Dilarang mengutip dan memperbanyak tanpa izin tertulis dari penerbit,
sebagian atau seluruhnya dalam bentuk apapun, baik cetak,
photoprint, microfilm dan sebagainya.*

PENGANTAR EDITOR

Daerah eks-karesidenan Banyumas yang terdiri atas 5 kabupaten di bagian baratdaya Propinsi Jawa Tengah memiliki karakter tersendiri. Pembangunan industri, infrastruktur, dan pengembangan wilayah di daerah ini didukung oleh sumberdaya alam tertentu yang dapat dijumpai keberadaannya di area ini. Kegiatan pembangunan berbagai aspek kehidupan tersebut juga sangat dibatasi oleh pertimbangan ancaman bencana alam yang secara nature menjadi kekhasan bagi area ini. Peluang dan tantangan ini perlu untuk diidentifikasi, diungkap, ditulis, dan kemudian dipublikasikan agar dimengerti oleh masyarakat secara luas.

Untuk itu, kami merangkai pemikiran para kontributor dalam ***Bunga Rampai*** “**Potensi Sumberdaya Alam dan Ancaman Bencana Di Wilayah Barlingmascakeb (Banjarnegara-Purbalingga-Banyumas-Cilacap-Kebumen)-Jawa Tengah**”. Buku ini disusun untuk menggali dan mengumpulkan pemikiran dan kajian pada daerah di baratdaya Jawa Tengah. Buku ini menyajikan beberapa sumberdaya dan beberapa ancama wilayah ini.

Terdapat 11 judul tulisan pada *Bunga Rampai* ini dan ditulis oleh peneliti dari BRIN (Badan Riset dan Inovasi Nasional), Dosen Geologi Univeritas Jenderal Soedirman dan dari perusahaan eksplorasi sumberdaya alam. Bagian pertama berjudul “**Potensi Minyak Dan Gas Bumi Di Cekungan Banyumas**”. Tulisan ini meninjau dan menjelaskan cekungan Banyumas (daerah Banyumas-Purbalingga-Cilacap) dari sudut pandang geofisika, stratigrafi dan struktur geologinya. Hasil kajian ini memberikan sumbangsih terhadap cara pandang baru eksplorasi hidrokarbon di daerah *fore-arc basin* seperti Cekungan Banyumas.

Bagian ke-dua berjudul “**Penentuan Sumber Material Artefak Serta Hubungkait Pembentukan Situs Punden Berundak Dikawasan Geopark Karangsambung Karangbolong**”. Penelitian di sekitar kawasan Geopark di daerah Kabupaten Kebumen ini menjelaskan asal batuan yang digunakan oleh manusia pra-sejarah dalam kehidupannya di daerah Kebumen. Kajian petrografi dan

geokimia digunakan dalam mencari jejak sumber formasi batuan yang digunakan sebagai artefak manusia pra-sejarah.

Bagian ke-tiga berjudul **“Pengelolaan Dan Perlindungan Mata Air Dalam Upaya Penyediaan Air Yang Berkelanjutan”** Kajian ini dilakukan di Kabupaten Purbalingga yang merupakan bagian timur dari Gunung Api Slamet. Pembagian zonasi air tanah pada system air tanah vulkanik ini memungkinkan manajemen perlindungan air tanah berkelanjutan.

Bagian ke-empat berjudul **“Model Penambangan Emas Skala Kecil Di Daerah Gumelar Dan Sekitarnya, Kabupaten Banyumas, Jawa Tengah”**. Potensi sumberdaya emas di wilayah Kabupaten Banyumas sangat membantu meningkatkan kesejahteraan masyarakat sekitar. Pada tulisan ini sumberdaya emas yang potensinya dapat diusahakan dan dikembangkan seluas-luasnya dikaji model penambangan yang telah dikembangkan masyarakat.

Bagian ke-lima berjudul **“Potensi Energi Baru dan Terbarukan Air Banyumas, Jawa Tengah”**. Banyumas memiliki potensi sumber energi baru dan terbarukan terutama air permukaan yang besar dan menjanjikan sebagai pengganti energi fosil yang semakin mahal dan menipis. Salah satu kelebihan sumber daya air sebagai sumber energi listrik adalah pemanfaatan sumber energi air yang bisa dilakukan oleh masyarakat.

Bagian ke-enam berjudul **“Sebaran dan Potensi Batuan Intrusi Diorit sebagai Bahan Galian C daerah Pandansari dan Sekitarnya, Wanayasa, Banjarnegara”**. Sektor tambang galian C memiliki peranan sangat penting untuk mendukung pembangunan proyek infrastruktur di Kabupaten Banjarnegara. Kajian ini telah memetakan sebaran dan potensi bahan galian Golongan-C ini, sehingga masyarakat dapat menggunakannya sebagai acuan dalam upaya pemanfaatannya.

Bagian ke-tuju berjudul **“Potensi Kebermanfaatan Logam Tanah Jarang di Batuan Sedimen Formasi Totogan, Karangsembung, Kebumen”**. Logam tanah jarang umumnya terdapat pada batuan beku, namun penelitian ini mencoba melakukan hal baru pada batuan sedimen. Penelitian dilakukan pada batuan sedimen Formasi Totogan menunjukkan adanya potensi pengkayaan dan kelimpahan unsur Logam Tanah jarang.

Bagian ke-delapan berjudul **“Analisis Kerentanan Gerakan Tanah Menggunakan Analytical Hierarchy Process (AHP) Daerah Mertasari, Kecamatan Purwanegara-Banjar negara”**.

Kajian ini dilakukan dengan memetakan dan menganalisis potensi gerakan tanah. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menjelaskan keadaan geologi dan mengetahui zona kerentanan gerakan tanah.

Bagian ke-sembilan berjudul “**Tektonik Pembentukan Intrusi Batuan Beku *Dyke* Dan *Sill* Pada Formasi Halang Di Daerah Kesugihan, Cilacap-Jawa Tengah**”. Intrusi batuan beku andesit banyak dijumpai di daerah Cilacap. Batuan ini banyak ditambang sebagai bahan bangunan berbagai jenis infrastruktur. Kajian geologi ini mengulas genesa pembentukannya dari sudut pandang tektonik.

Bagian ke-sepuluh berjudul “**Identifikasi Faktor Geologi Dan Antropologi Penyebab Longsor Pada Jalur Jalan Alternatif Purbalingga-Pemalang, Jawa Tengah**”. Kajian ini menjelaskan kondisi geologi penyebab longsor yang dijumpai di sekitar jalur jalan yang memotong area pegunungan. Beberapa hal yang teridentifikasi antaralain berupa bidang perlapisan batuan yang miring searah lereng, rekahan batuan, jalur patahan, bidang kontak intrusi dan alih fungsi lahan.

Bagian ke-sebelas berjudul “**Tinjauan Geologi Terhadap Fenomena Longsor Dan Perubahan Lingkungan Di Daerah Gunung Pawinihan, Kabupaten Banjarnegara-Jawa Tengah**”. Kajian ini mengungkapkan pengaruh kemiringan bidang perlapisan batuan sedimen yang tinggi sebagai batuan dasar. Kemiringan ini telah mempercepat terjadinya perubahan lingkungan melalui pelapukan fisik dan erosi. Longsor terjadi pada batuan breksi diatas batuan lempung yang memiliki hubungan ketidakselarasan.

Dari sebelas kajian ini 9 diantaranya mengulas potensi sumberdaya bagi pengembangan kawasan Barlingmascakeb. Sementara 2 lainnya mengulas potensi bencana yang banyak terjadi di wilayah ini. *Bunga Rampai* ini penting sebagai masukan bagi *stakeholder* (pemangku kepentingan) dalam pengembangan pembangunan di wilayah Barlingmascakep.

Purwokerto, 20 Juli 2022
Editor

Dr. Ir. Asmoro Widagdo, S.T.,M.T., IPM.

PENGANTAR EDITOR ISI

Pengembangan berbagai sektor industri di daerah Bar-Ling-Mas-Ca-Keb, Jawa Tengah memerlukan dukungan berbagai jenis sumber daya alam. Kelima kabupaten di wilayah barat daya Jawa Tengah ini memiliki berbagai jenis sumber daya alam yang perlu diidentifikasi dan dikaji lebih lanjut. Hal ini penting bagi dunia industri yang membutuhkan dukungan bahan-bahan mineral alam.

Publikasi ini berisikan kajian potensi sumberdaya mineral, batuan dan energi di lima wilayah kabupaten yang dikaji. Pemaparan potensi sumberdaya ini juga disertai kemungkinan potensi kebencanaan yang mungkin akan dihadapi dalam pengembanagn industri ke depan di daerah ini.

Bagaimana sumber daya alam dan kebencanaan menjadi penting dalam membangun industri pada sudut pandang geologi diulas dalam *Bunga Rampai* ini. Kajian dalam buku ini dapat menjadi referensi bagi kajian serupa di kabupaten lainnya di seluruh Indonesia. Aplikasi geologi dalam industry ini penting untuk menguak potensi terpendam di daerah ini bagi kemajuan masyarakat di dalamnya.

Kita perlu membaca buku ini sebagai alat bantu mengenal lingkungan kita, dimanapun kita berada. Dengan demikian kita diharapkan memiliki pemahaman untuk menguak potensi terpendam di sekeliling tempat kita tinggal. Selamat membaca. Dalam setiap kesulitan kita cari jalan keluar.

Purwokerto, 20 Juli 2022

(Dr. Ing. Sugeng Waluyo, S.T., M.Sc.)
Dosen Teknik Industri UNSOED

DAFTAR ISI

Pengantar Editor	iii
Pengantar Editor Isi	vi
Daftar Isi	vii
Kontributor	ix
1 Potensi Minyak Dan Gas Bumi Di Cekungan Banyumas <i>(Eko Bayu Purwasatriya)</i>	1-11
2 Penentuan Sumber Material Artefak Serta Hubungkait Pembentukan Situs Punden Berundak Dikawasan Geopark Karangsambung Karangbolong <i>(Chusni Ansori, I.W. Warmada, Nugroho Imam Setiawan, Hery Jogaswara, Defry Hastria, Isyqi)</i>	12-37
3 Pengelolaan Dan Perlindungan Mata Air Dalam Upaya Penyediaan Air Yang Berkelanjutan <i>(Adi Candra, Asmoro Widagdo, Siswandi)</i>	38-45
4 Model Penambangan Emas Skala Kecil Di Daerah Gumelar Dan Sekitarnya, Kabupaten Banyumas, Jawa Tengah <i>(Mochammad Aziz)</i>	46-56
5 Potensi Energi Baru dan Terbarukan Air Banyumas, Jawa Tengah <i>(Sachrul Iswahyudi)</i>	57-65
6 Sebaran dan Potensi Batuan Intrusi Diorit sebagai Bahan Galian C daerah Pandansari dan Sekitarnya, Wanayasa, Banjarnegara <i>(Huzaely Latief Sunan)</i>	66-77
7 Potensi Kebermanfaatn Logam Tanah Jarang di Batuan Sedimen Formasi Totogan, Karangsambung, Kebumen <i>(Akhmad Khahlil Gibran)</i>	78-93

8	<p>Analisis Kerentanan Gerakan Tanah Menggunakan Analytical Hierarchy Process (AHP) Daerah Mertasari, Kecamatan Purwanegara-Banjarnegara <i>(Cahaya Paramuditha Noviyani, Indra Permanajati, Januar Aziz, Zaenurrohman)</i></p>	94-112
9	<p>Tektonik Pembentukan Intrusi Batuan Beku <i>Dyke</i> Dan <i>Sill</i> Pada Formasi Halang Di Daerah Kesugihan, Cilacap-Jawa Tengah <i>(Asmoro Widagdo)</i></p>	113-126
10	<p>Identifikasi Faktor Geologi Dan Antropologi Penyebab Longsor Pada Jalur Jalan Alternatif Purbalingga-Pemalang, Jawa Tengah <i>(Gentur Waluyo)</i></p>	127-139
11	<p>Tinjauan Geologi Terhadap Fenomena Longsor Dan Perubahan Lingkungan Di Daerah Gunung Pawinihan, Kabupaten Banjarnegara-Jawa Tengah <i>(Rachmad Setijadi)</i></p>	140-148

KONTRIBUTOR



Ir. Adi Candra, ST., MT., IPP., lahir di Kabupaten Rejang Lebong, Propinsi Bengkulu pada tanggal 6 maret 1980. Pendidikan Sekolah Dasar (SD) hingga Sekolah Menengah Atas (SMA) diselesaikan di kota kelahirannya. Menempuh pendidikan S1 Teknik Geologi di Universitas Gadjah Mada mulai tahun 1999 hingga 2005.

Bergabung dengan UNSOED-Purwokerto pada akhir tahun 2008. Pada tahun 2010, beliau menyelesaikan pendidikan S-2 teknik Geologi dari Institut Teknologi Bandung (ITB) dalam bidang kajian air tanah/ hidrogeologi. Tahun 2022 berhasil menyelesaikan Program Profesi Insinyur di Universitas Jember. Dari tahun 2018 hingga saat ini beliau menjabat sebagai Ketua Jurusan Teknik Geologi-UNSOED. Bapak dua putri yang gemar besepera ini banyak melakukan penelitian geoteknik dan hidrogeologi pada berbagai perusahaan tambang batubara di Kalimantan dan nikel di Sulawesi.



Drs. H. Gentur Waluyo, M.Si., lahir di Tegal-Jawa Tengah pada tanggal 28 Juni 1960. Pendidikan Sekolah Dasar (SD) hingga Sekolah Mengengah Atas (SMA) beliau selesaikan di kota Magelang-Jawa Tengah. Selepas SMA beliau menempuh pendidikan di Fakultas Biologi, Universitas Gadjah Mada-Yogyakarta

hingga tahun 1987. Pada tahun 1988 beliau mulai mengajar di Fakultas Biologi UNSOED. Tahun 2005 Beliau mendirikan Program

Studi Teknik Geologi-UNSOED. Pendidikan S-2 diselesaikannya pada tahun 2007 dari Program Magister Ilmu Lingkungan, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta. Beliau menjabat sebagai Ketua Program Studi / Ketua Jurusan Teknik Geologi UNSOED dari tahun 2006 hingga 2014. Disamping melakukan kegiatan pengajaran, penelitian dan pengabdian masyarakat, kesibukan bapak dua putra ini adalah sebagai penambang batuan andesit di Yogyakarta dan pengembang perumahan di Magelang.



Ir. Huzaely Latief Sunan, S. T., M. T., lahir pada tanggal 4 Juli tahun 1989 di Purbalingga - Jawa Tengah. Pendidikan Sekolah Dasar (SD) hingga Sekolah Menengah Atas (SMA) ia selesaikan di kota kelahirannya-Purbalingga. Gelar S-1 nya diperoleh setelah menyelesaikan pendidikan antara 2007 sampai 2012 di Jurusan Teknik Geologi Universitas Jenderal Soedirman-Purwokerto. Pendidikan S-2 ditempuhnya antara tahun 2015 hingga 2017 di Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumihan (FITB) Institut Teknologi Bandung (ITB). Pada tahun 2019, beliau bergabung dengan almamaternya di Jurusan Teknik Geologi UNSOED. Kajian struktur geologi dan tektonik menjadi bidang ilmu yang dikembangkannya pada kegiatan survey di berbagai perusahaan eksplorasi mineral dan batubara.



Ir. Chusni Ansori, MT., lahir pada 11 Januari 1963 di Purwokerto-Jawa Tengah. Pendidikan SD (SD Teluk 1 Kabin PDPLB Purwokerto)-SMP (SMP Negeri 1 Purwokerto)-SMA (SMA Negeri 1 Purwokerto) beliau selesaikan di kota kelahirannya-Purwokerto. Beliau adalah Peneliti Utama bidang Geologi lulusan S1 dan S2, Teknik Geologi-Universitas

Gadjah Mada (UGM) Yogyakarta, saat ini bekerja di BRIN (Badan Riset dan inovasi Nasional, dahulu LIPI)-Karangsambung, Kebumen. Beliau banyak melakukan penelitian di bidang Geologi Sumber Daya Mineral, Geodinamika Bumi, Penataan Wilayah Tambang dan Geowisata, baik di Jawa maupun di luar Jawa. Saat ini beliau sedang mengikuti Program Doktor di Universitas Gadjah Mada (UGM) Yogyakarta. Sebagai kandidat doctor beliau mengangkat tema dari lokasi tempat beliau berkarya yakni mengenai Geowisata daerah Karangsambung-Kebumen.



Ir. Januar Aziz Zaenurrohman, ST., M.Eng. IPP., lahir di Banyumas pada tanggal 4 Januari tahun 1991. Pendidikan SD (SD N 1 Kalislak)-SMP (SMP Negeri 2 Purwokerto)-SMA (SMA Negeri 4 Purwokerto).

Latar belakang penulis merupakan Pengajar (Dosen) dengan bidang Kebumihan atau Geologi. Penulis menyelesaikan Sarjana Teknik tahun 2014 di Universitas Diponegoro. Setelah itu penulis melanjutkan studi pada jenjang Magister di Universitas Gadjah Mada dan lulus pada tahun 2017. Tahun 2017 penulis bekerja sebagai dosen di Universitas Jember pada Prodi Teknik Pertambangan. Setahun setelahnya, pada tahun 2018 penulis bekerja di Universitas Jenderal Soedirman sebagai dosen di Jurusan Teknik Geologi. Sebagai seorang dosen, penulis memiliki kewajiban pendidikan/pengajaran, penelitian, dan pengabdian masyarakat. Saat ini penulis tertarik pada riset dan penulisan karya ilmiah, salah satunya adalah buku. Penulis memiliki kepakaran dibidang Geologi Lingkungan dan Agrogeologi. Ketertarikan penulis pada bidang Geologi Lingkungan dan Agrogeologi karena penerapan keilmuannya yang langsung bisa digunakan dalam masyarakat dan pemangku kepentingan. Penulis juga aktif mempublikasikan hasil penelitiannya pada jurnal nasional terakreditasi dan jurnal internasional. Selain itu

penulis juga aktif pada pertemuan ilmiah dan seminar kepakaran sesuai dengan bidang keahliannya.



Dr. Ir. Eko Bayu Purwasatriya, ST., M.Si., lahir di Kota Denpasar-Bali pada tanggal 18 Mei tahun 1978. Sempat mengenyam pendidikan Sekolah dasar di SD Danginpuri-Bali sampai kelas tiga. Selanjutnya pindah ke Yogyakarta di SD Negeri Bumijo Yogyakarta (lulus tahun 1990). Sekolah Menengah Pertama beliau tempuh di sebuah sekolah favorit SMP 8 Yogyakarta antara tahun 1990 hingga tahun 1993. Selanjutnya beliau pindah ke

kota Purwokerto dan bersekolah di SMA Negeri 1 Purwokerto antara tahun 1993 hingga 1996. Beliau lulus Sarjana Teknik Geologi dari UGM pada tahun 2002. Ilmu Geofisika Reservoir beliau pelajari pada program S-2 di Jurusan Ilmu Fisika, UI antara tahun 2005 hingga 2008. Jenjang S-3 ditempuhnya antara tahun 2015 hingga tahun 2020 di Universitas Gadjah Mada (UGM)-Yogyakarta dengan tema disertasi mengenai Cekungan Banyumas-Jawa Tengah.



Mochammad Aziz, S.T., M.T., lahir di Jakarta pada tanggal 2 Februari tahun 1972. Penulis menempuh pendidikan sarjana dari Program S-1 Teknik Geologi Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta (IST AKPRIND), kemudian melanjutkan Studi Magister Teknik di Teknik Geologi Institut Teknologi Bandung (ITB), lulus tahun 2004. Pada tahun 2005, Penulis bergabung di Universitas Jenderal Soedirman dan

membidani lahirnya Jurusan Teknik Geologi UNSOED. Selanjutnya tahun 2016, penulis berkesempatan melanjutkan studi doctoral di Akita University Jepang bidang Mineral Resources hingga saat ini.

Beliau aktif melakukan kegiatan penelitian sumberdaya mineral logam dan batubara di berbagai lokasi di daerah Jawa, Sumatera, Kalimantan, Sulawesi, Halmahera hingga Papua. Saat ini, penulis sedang menekuni dunia aluvial deposit untuk tambang emas di Aceh dan Kalimantan Tengah, dan mencoba untuk menerapkan model tambang skala kecil (TSK) untuk rakyat setempat.



Ir. H. Siswandi, ST., MT., lahir di Cirebon-Jawa barat pada tanggal 6 April tahun 1973. Pendidikan SD (1979-1985), SMP (1985-1988) dan SMA (1988-1991) ditempuhnya di kota kelahirannya-Cirebon. Beliau menempuh pendidikan sarjana S-1 pada Jurusan Teknik Geologi, Universitas Gadjah Mada (UGM) Yogyakarta antara tahun 1991 hingga tahun 1998. Gelar Master Teknik diperolehnya dari universitas yang sama pada tahun 2004. Pada tahun 2008 beliau bergabung dengan Universitas Jenderal Soedirman-Purwokerto pada bagian *hard rock*. Beliau pernah menjabat sebagai Ketua Program Studi Teknik Geologi-Unsoed antara tahun 2014 sampai 2018. Beliau menjabat sebagai ketua Pusat Mitigasi Bencana pada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM-Unsoed) antara tahun 2019 hingga 2023. Beliau juga aktif sebagai Pengurus Pusat Ikatan Ahli Geologi Indonesia (IAGI) Periode 2014-2017, sebagai anggota bidang pendidikan dan pertemuan ilmiah, dan Anggota Komisi Nasional Pendidikan Geologi Indonesia (KNPGI). Anggota Pengurus Pusat IAGI Bidang Mitigasi Bencana dan Konservasi Lingkungan tahun 2018. Pegurus Pusat IAGI Periode 2021-2023 Bidang Mitigasi Bencana. Pengurus Pusat Masyarakat Geologi Ekonomi Indonesia (MGEI), Bidang Kajian Strategis dan Kerjasama Kelembagaan.



Ir. Akhmad Khahlil Gibran, ST. M.T., lahir di Kabupaten Grobogan, Jawa Tengah pada tanggal 28 Desember tahun 1990. Menempuh pendidikan dasar di SD N 1 Kuripan (1997 hingga 2003), SMP N 1 Purwodadi (2003 hingga 2006), dan SMA N 1 Purwodadi (2006 hingga 2009). Kemudian melanjutkan studi program S-1 di Teknik Geologi Unsoed (2009 hingga 2014) dengan bidang kajian geologi dan stratigrafi. Penulis menyelesaikan program S-2 di Teknik Geologi ITB (2014 hingga 2017) dengan bidang kajian kemostratigrafi unsur dan lingkungan pengendapan batuan sedimen. Penulis juga telah menyelesaikan program Profesi Insinyur di Universitas Mulawarman (2021-2022). Beliau diamanahi sebagai ketua Keluarga Alumni Teknik Geologi UNSOED periode tahun 2016 hingga 2020. Pada tahun 2018 penulis bergabung dengan Universitas Jenderal Soedirman sebagai staf pengajar pada Program Studi Teknik Geologi pada bagian Stratigrafi.



Sachrul Iswahyudi, ST., MT., lahir di Kota Jakarta pada tanggal 11 Mei 1971. Menempuh pendidikan Sekolah Dasar (1978-1984), Sekolah Menengah Pertama (1984-1987), Sekolah Menengah Atas (1987-1990). Pendidikan sarjana beliau tempuh dari Program S-1 Teknik Geologi Universitas Gadjah Mada (UGM) Yogyakarta antara tahun 1990 hingga tahun 1996. Sejak lulus S-1, beliau sempat bekerja pada beberapa perusahaan pengeboran minyak bumi, sebelum kemudian bergabung dengan Universitas Jenderal Soedirman pada tahun 2008. Gelar Master beliau peroleh dari Program S-2 Teknik Geologi Institut Teknologi Bandung (ITB) antara tahun 2011 hingga tahun 2014. Beliau aktif dalam penelitian-penelitian bidang panas bumi. Saat ini beliau sedang Tugas Belajar dan sebagai kandidat Doktor Teknik

Geologi Universitas Padjajaran (UNPAD) Bandung sejak tahun 2019 dengan bidang kajian geokimia dan air tanah.



Dr. H. Rachmad Setijadi, S.Si., M.Si., lahir di Kabupaten Temanggung pada tanggal 30 Januari tahun 1968. Pendidikan Strata-1 nya beliau selesaikan di Fakultas Biologi-Universitas Jenderal Soedirman pada tahun 1994. Pendidikan Strata-2 beliau tempuh di Fakultas Biologi Universitas Gadjah Mada (UGM) Yogyakarta hingga tahun 2002. Pada tahun 2005

beliau bergabung di Program Studi Teknik (cikal bakal Fakultas Teknik) Universitas Jenderal Soedirman. Beliau membidani kelahiran Jurusan Teknik Geologi-UNSOED yang setahun kemudian menerima pendaftaran mahasiswa baru. Pendidikan Doktoral (S-3) beliau tempuh di Fakultas Biologi Universitas Gadjah Mada (UGM) antara tahun 2009 hingga tahun 2014. Beliau aktif sebagai pengajar dan peneliti dalam bidang palinologi batuan berumur Kuartar dan melakukan kajian pada berbagai cekungan sedimen di Jawa, Sumatra dan Kalimantan. Saat ini beliau menjabat sebagai Sekretaris Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) Universitas Jenderal Soedirman.



Dr. Ir. Asmoro Widagdo, ST., MT., IPM., Lahir pada 27 Agustus 1976 di Kulonprogo-Yogyakarta. Beliau lahir di daerah Ngisor Randu-Klepu, sekarang di tepian Waduk Sermo, Desa Hargowilis, Kecamatan Kokap. Pendidikan Sekolah Dasar diselesaikannya antara tahun 1982-1988 di SDN Karangasem, Sidomulyo-Kecamatan Pengasih. Pendidikan SMP diselesaikannya di SMP N 2 Wates di Pengasih antara tahun 1988-

1991. Pendidikan SMA diselesaikan di SMA N 1 Wates Kulonprogo antara tahun 1991 hingga 1994. Beliau menyelesaikan program Sarjana Strata 1 di Departemen Teknik Geologi, Universitas Gadjah Mada (UGM)-Yogyakarta pada tahun 2000. Pendidikan S-2 di perguruan tinggi yang sama diselesaikan pada tahun 2006. Pada tahun 2008 penulis bergabung dengan Universitas Jenderal Soedirman sebagai staf pengajar pada Program Studi Teknik Geologi pada bagian Struktur Geologi. Jenjang S-3 ditempuhnya antara tahun 2015 hingga tahun 2020 di Universitas Gadjah Mada (UGM)-Yogyakarta.



Dr. Ir. Indra Permanajati, ST., MT., lahir di Desa Sumingkir, Kecamatan Kutasari-Purbalingga pada tanggal 19 Januari tahun 1977. Pendidikan Sekolah Dasar (SD Negeri Sumingkir 1) ditempuhnya antara tahun 1982 hingga tahun 1988. Pendidikan Sekolah Menengah Pertama (SMP Negeri 1 Purbalingga) ditempuhnya

antara tahun 1988 hingga 1991. Pendidikan SMA ditempuhnya di SMA Negeri 1 Purbalingga antara tahun 1991 hingga 1994, dimana ayahnya sebagai kepala sekolah dan kakaknya sebagai Guru Bimbingan dan Konseling (Guru BP) di SMA tersebut. Beliau menempuh pendidikan Strata 1 Teknik Geologi di Universitas Pembangunan Nasional Veteran (UPN 'V') Yogyakarta antara tahun 1994 hingga 1999. Pendidikan S-2 nya ditempuh di Magister Teknik Geologi, Program Pasca Sarjana, Universitas Gadjah Mada (UGM) Yogyakarta, antara tahun 2002 hingga tahun 2005. Beliau menempuh pendidikan Doktorat di Universitas Padjajaran (UNPAD) Bandung antara tahun 2015 hingga tahun 2019. Beberapa organisasi yang diikuti adalah Ikatan Ahli Geologi Indonesia (IAGI), Masyarakat Geologi Teknik Indonesia (MGTI), dan Ikatan Ahli Kebencanaan Indonesia (IABI). Disamping itu beberapa kegiatan yang diikuti adalah sebagai koordinator Bidang Bencana Geologi di Pusat Mitigasi Unsoed, Ketua Satgas Covid Fakultas teknik Unsoed, dan sebagai

Assesor BKD Nasional. Selain itu beliau aktif menulis di berbagai media cetak lokal maupun nasional seperti berita Antara, Republika dan media online lainnya.



Cahaya Paramuditha Noviyani, ST., lahir di Cilacap-Jawa Tengah pada tanggal 29 November tahun 1999. Pendidikan Sekolah Dasarnya beliau tempuh di SDN Mujur 01 antara tahun 2005 hingga tahun 2011. Pendidikan Sekolah Menengah Pertama ditempuhnya di SMP Negeri 1 Kroya-Cilacap antara tahun 2011 sampai tahun 2014. Selanjutnya beliau menyelesaikan pendidikan tingkat atas di SMA Negeri 1 Banyumas-Jawa Tengah dan lulus pada tahun 2017. Beliau masuk

Pendidikan Sarjana S-1 Teknik Geologi di Universitas Jenderal Soedirman pada tahun 2017 dan lulus pada tahun 2022. Selama kuliah beliau sangat aktif di berbagai kegiatan kampus. Pada tahun 2018 beliau menjabat sebagai Staff Media Public Relationship SC-MGEI UNSOED. Pada tahun 2019 beliau aktif sebagai Staff Human Resources Development SC-MGEI UNSOED. Beliau juga pernah menjabat sebagai Staff Media Public Relationship SC-MGEI UNSOED periode 2020. Jabatan puncak beliau adalah sebagai Menteri Keuangan pada cabinet BEM Fakultas Teknik UNSOED pada tahun 2020. Saat ini beliau bekerja di perusahaan pertambangan di Kalimantan.

POTENSI MINYAK DAN GAS BUMI DI CEKUNGAN BANYUMAS

Eko Bayu Purwasatriya*¹

*Email: eko.purwasatriya@unsoed.ac.id

¹Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto

Abstrak— Potensi minyak dan gas bumi di Cekungan Banyumas selama ini dianggap sebagai potensi dengan resiko yang tinggi (high risk), hal ini dikarenakan sudah pernah ada 5 (lima) sumur bor minyak yang telah dilakukan oleh berbagai perusahaan di Cekungan Banyumas namun masih gagal mendapatkan minyak dan gas bumi yang ekonomis. Padahal di Cekungan Banyumas banyak terdapat rembesan minyak dan gas bumi di permukaan, seperti Rembesan minyak di Cipari dan Besuki, serta rembesan gas di Karanglewas Jatilawang dan juga di Cipari. Tujuan penulisan ini untuk memberikan sudut pandang lain bahwa sebenarnya Cekungan Banyumas mempunyai potensi yang cukup besar untuk menghasilkan minyak dan gas bumi. Metode yang digunakan adalah metode analisis data geologi dan geofisika menggunakan konsep yang baru untuk menjelaskan kesalahan yang dilakukan pada interpretasi geologi terdahulu dan sekaligus menjelaskan juga dimana kira-kira daerah yang bisa menghasilkan minyak dan gas bumi yang ekonomis. Data terbaru seismik pasif memberikan informasi berharga adanya reservoir gas di sebelah Tenggara Sumur Jati-1, hal ini berdasarkan data rasio V_p/V_s yang rendah ketika melewati reservoir berisi gas bumi. Kesimpulannya yaitu bahwa Cekungan Banyumas masih berpotensi menghasilkan minyak dan gas bumi yang ekonomis, namun harus ditindaklanjuti dengan pengeboran oleh perusahaan pemilik Blok Banyumas dan dukungan pemerintah dalam kemudahan perizinannya.

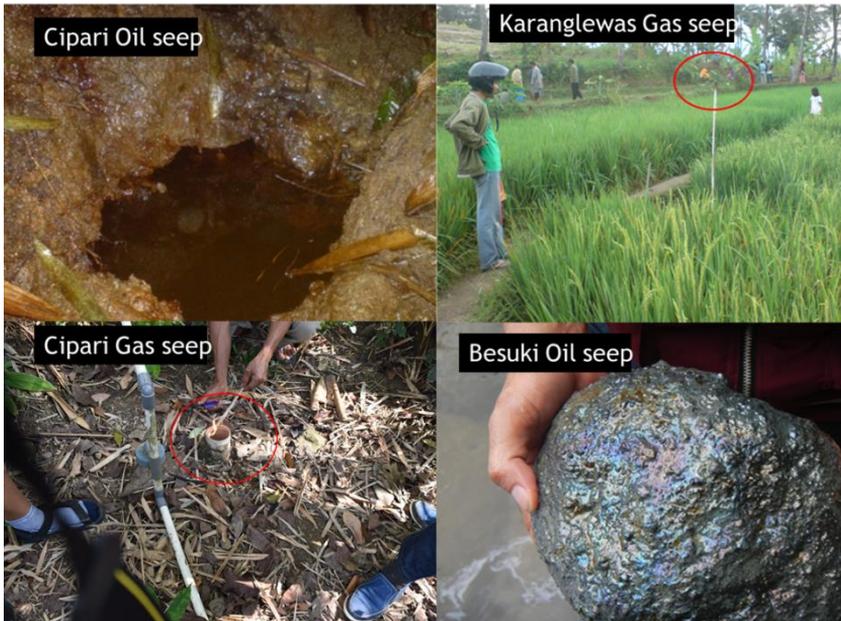
Kata kunci : Minyak bumi, Gas bumi, Cekungan Banyumas

I. PENDAHULUAN

Potensi minyak dan gas bumi di Cekungan Banyumas selama ini selalu dianggap beresiko tinggi, karena belum ada sumur yang berhasil memproduksi minyak dan gas bumi dari Cekungan Banyumas. Selain itu, di sekitar Cekungan Banyumas juga belum ada sumur yang berhasil memproduksi minyak ataupun gas bumi, sehingga Cekungan Banyumas dianggap sebagai cekungan yang potensinya beresiko tinggi. Sudah ada 5 (lima) sumur migas yang dibor di Cekungan Banyumas, yaitu Sumur Cipari-1 dan Gunung

Wetan-1 yang dibor oleh BPM tahun 1938, Sumur Karang Gedang-1 dibor oleh Pertamina tahun 1993, Sumur Karang Nangka-1 dibor oleh Pertamina tahun 1994 dan terakhir Sumur Jati-1 yang dibor tahun 2005-2006 oleh konsorsium 3 perusahaan yaitu Lundin Banyumas, Conoco dan Star Energy. Sumur Jati-1 merupakan sumur darat terdalam di Jawa saat ini yaitu dengan TD (*Total Depth*) 14747 kaki atau sekitar 4,5 kilometer kedalaman.

Cekungan Banyumas merupakan cekungan sedimen yang membentang dari daerah Gombang di sebelah Timur sampai daerah Cipari, Cilacap di sebelah Barat. Gunung Slamet di sebelah Utara sampai Pantai Selatan di sebelah Selatan. Ada cukup banyak rembesan minyak dan gas bumi di Cekungan Banyumas, seperti rembesan minyak di Cipari dan Besuki serta rembesan gas di Cipari dan Karanglewas, Jatilawang (Gambar 1.). Bahkan pada tahun 2010, SPBBE (Stasiun Pengisian Bahan Bakar Elpiji) di Desa Tipar Kidul, Ajibarang membor sumur air, pada kedalaman 90 meter malah mengeluarkan minyak. Sumur ini kemudian ditutup karena mereka takut hal-hal yang tidak diinginkan.

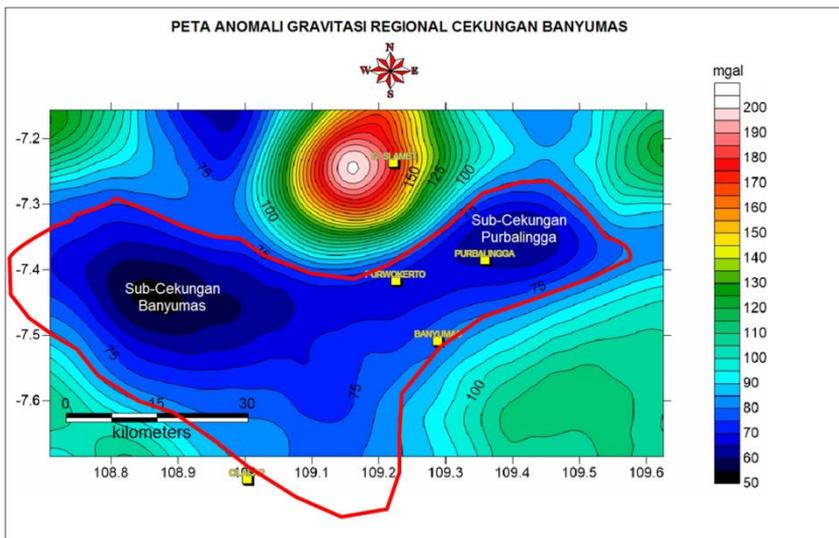


Gambar 1. Foto beberapa rembesan minyak dan gas bumi di Cekungan Banyumas

Adanya rembesan minyak dan gas bumi di Cekungan Banyumas sebenarnya menunjukkan bahwa ada sistem minyak dan gas bumi yang aktif di cekungan ini. Rembesan minyak dan gas di permukaan menunjukkan pula sudah ada batuan induk yang matang dan minyak dan gas telah bermigrasi dan sebagian telah mencapai permukaan bumi. Hal-hal inilah yang menjadi latar belakang penulis untuk menunjukkan adanya potensi minyak dan gas bumi di Cekungan Banyumas, berdasarkan data-data dari penelitian maupun dari data sekunder yang ada.

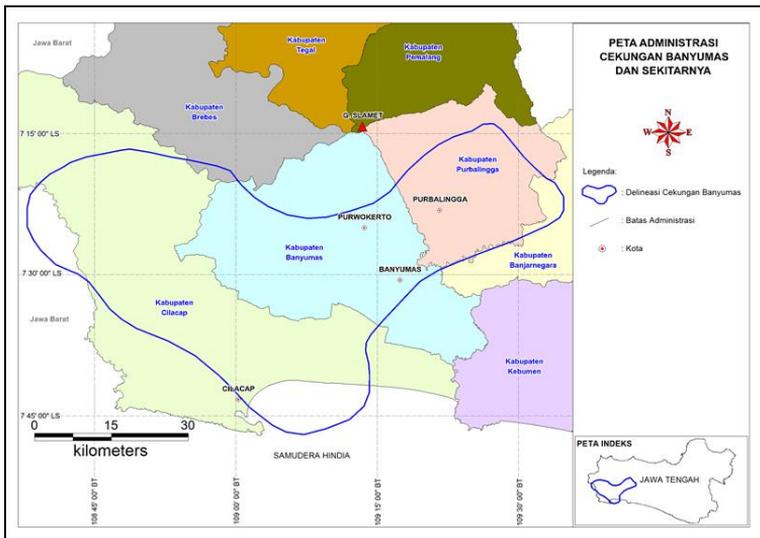
II. TINJAUAN PUSTAKA

Batas Cekungan Banyumas saat ini, dapat dilihat pada peta anomali gravitasi regional (Gambar 2) yang menunjukkan adanya 2 (dua) sub-cekungan yaitu Sub-Cekungan Banyumas dan Sub-Cekungan Purbalingga (Purwasatriya, 2014). Luas Cekungan Banyumas sekitar 3118 km² dan luas Sub-Cekungan Banyumas sekitar 1555 km² serta Sub-Cekungan Purbalingga sekitar 570,5 km².



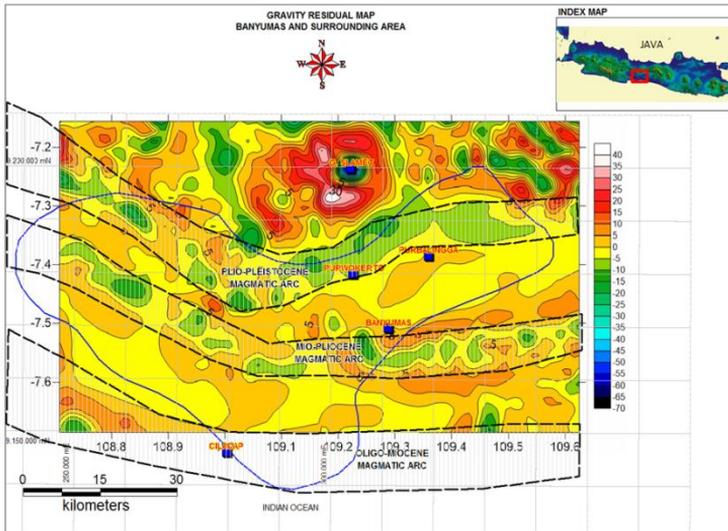
Gambar 2. Peta anomali gravitasi regional yang menunjukkan batas Cekungan Banyumas saat ini (garis merah) dan terbagi menjadi 2 (dua) sub-cekungan yaitu Sub-Cekungan Banyumas dan Sub-Cekungan Purbalingga (Purwasatriya, 2014)

Secara administrasi, Cekungan Banyumas masuk ke dalam beberapa kabupaten, yaitu Kabupaten Banyumas, Cilacap dan Purbalingga (Gambar 3). Di bagian barat ada sedikit area yang masuk Provinsi Jawa Barat dan di sebelah Timur ada pula sedikit yang masuk Kabupaten Banjarnegara



Gambar 3. Peta administrasi yang menunjukkan lokasi Cekungan Banyumas (Kurva warna biru) yang meliputi beberapa kabupaten (Purwasatriya, 2020).

Berdasarkan peta anomali gravitasi sisa (*residual*), Cekungan Banyumas saat ini mempunyai 3 (tiga) jalur pegunungan, sebelum Gunung Slamet, yaitu Pegunungan Selatan (*Southern Mountain*) di paling Selatan cekungan, kemudian Pegunungan Mio-Pliosen di bagian tengah cekungan dan Pegunungan Plio-Pleistosen di bagian Utara Cekungan (Gambar 4). Adanya berbagai jalur pegunungan ini membuat Cekungan Banyumas mempunyai panas yang cukup untuk mematangkan batuan induk yang ada di cekungan ini walaupun kemungkinan batuan dasarnya adalah kerak samudera (Hall, 2012) dan hal ini terbukti dengan adanya banyak rembesan minyak dan gas.



Gambar 4. Peta anomali gravitasi sisa Cekungan Banyumas yang menunjukkan adanya 3 (tiga) jalur pegunungan sebelum Gunung Slamet (Purwasatriya, dkk., 2017).

Ditemukannya Pegunungan Mio-Pliosen ini sebenarnya merupakan suatu hal yang baru, karena sebelumnya pegunungan ini dianggap sebagai antiklin yang biasa dikenal sebagai perangkap minyak dan gas bumi. 5 (lima) buah sumur bor migas di Cekungan Banyumas semuanya dibor di jalur Pegunungan Mio-Pliosen ini sehingga semuanya gagal mendapatkan hidrokarbon yang ekonomis.

III. METODE

Metode yang digunakan dalam penulisan ini adalah metode analisis data-data sekunder dari hasil penelitian terdahulu, baik oleh penulis lain maupun penelitian penulis sendiri. Metode ini dipakai karena sudah cukup banyak data dan penelitian penulis yang sudah dipublikasikan baik dalam jurnal maupun prosiding, sehingga dapat dipakai untuk analisis dan membuat tulisan ini.

A. Data Sekunder

Data sekunder yang dimaksud adalah makalah yang membahas tentang Cekungan Banyumas secara spesifik, baik makalah yang ada di jurnal maupun di dalam prosiding. Makalah dipilih yang

sesuai dengan kebaruan geologi di Cekungan Banyumas yaitu yang membahas atau mendukung bahwa ada Pegunungan Mio-Pliosen di bagian tengah Cekungan Banyumas beserta implikasi geologinya. Pemilihan makalah ini penting supaya alur cerita tentang potensi minyak dan gas bumi di Cekungan Banyumas bisa dapat lebih mudah dipahami oleh pembaca.

B. Cara Analisis

Analisis dilakukan dengan cara memilih dan memilah makalah-makalah yang sesuai dengan judul tulisan ini. Makalah-makalah tersebut kemudian disarikan dan diringkas serta ditulis secara berurutan sesuai dengan alur berpikir tentang potensi minyak dan gas bumi di Cekungan Banyumas. Makalah yang disitasi dimasukkan ke dalam daftar pustaka, agar pembaca bisa membaca lebih detil pada sumbernya jika ingin mengetahui lebih lanjut tentang makalah tersebut.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembahasan akan difokuskan ke faktor-faktor sistem minyak dan gas bumi, yaitu faktor batuan induk, reservoir, perangkap, batuan penutup dan jalur migrasi minyak dan gas bumi. Pembahasan yang terfokus ini akan memperlihatkan potensi minyak dan gas bumi di Cekungan Banyumas.

A. Batuan Induk

Batuan induk merupakan batuan sedimen berbutir halus yang kaya akan material organik dan mampu menghasilkan minyak dan gas bumi dalam jumlah yang ekonomis untuk ditambang. Batuan sedimen yang potensi sebagai batuan induk terdapat pada Formasi Karangsambung (Eosen) dan Formasi Halang (Miosen).

Penelitian hubungan antara minyak dan batuan induk menunjukkan bahwa rembesan minyak di permukaan mempunyai karakter yang mirip dengan Formasi Halang (Subroto, dkk., 2007), sedangkan jejak minyak yang ditemukan di Sumur Jati-1 mempunyai karakter yang mirip dengan Formasi Karangsambung (Subroto, dkk., 2008). Hal ini menunjukkan bahwa Cekungan Banyumas mempunyai 2 potensi batuan induk yaitu pada Formasi Halang dan Formasi Karangsambung.

B. Reservoir

Batuan reservoir berasal dari Formasi Halang, baik batupasir, batuan karbonat atau bahkan batulempung dengan porositas sekunder berupa rekahan. Data porositas batupasir vulkaniklastik Formasi Halang umumnya mempunyai porositas yang cukup baik, namun kurang baik permeabilitasnya, hal ini disebabkan ukuran butir pasir halus dan adanya diagenesa.

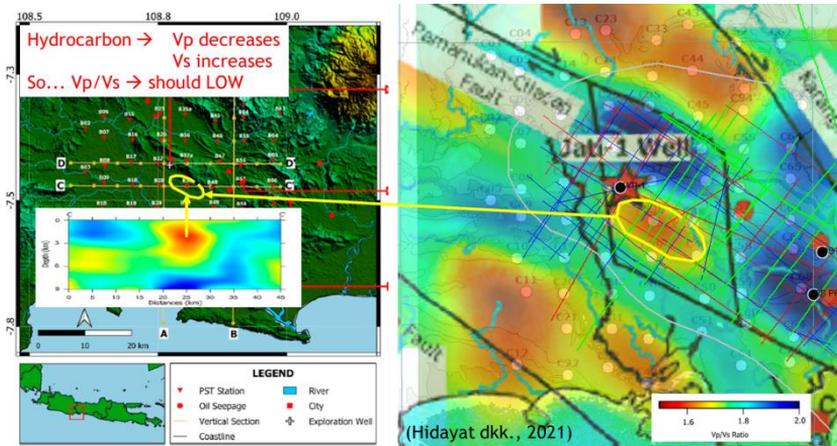
Namun demikian, penelitian tentang rejim tektonik di Cekungan Banyumas menunjukkan bahwa pada Plio-Pleistosen merupakan rejim tektonik *pure compression* (Purwasatriya, dkk., 2018), dimana tektonik menekan batuan dengan sangat kuat pada umur ini, sehingga timbul banyak rekahan pada batuan reservoir baik di permukaan maupun bawah permukaan bumi.

Rekahan inilah yang menjadi porositas sekunder bagi reservoir minyak dan gas bumi di Cekungan Banyumas, sehingga dapat menyimpan sekaligus mengalirkan minyak dan gas bumi jika diproduksi nantinya.

C. Perangkap

Perangkap minyak dan gas bumi yang utama di Cekungan Banyumas yaitu perangkap struktur berupa antiklin dan patahan naik (Noeradi, dkk., 2006). Pendapat lama juga menyebutkan bahwa perangkap utama yang menjanjikan adalah antiklin Cipari-Gunung Wetan (Mulhadiyono, 1973), namun saat ini pendapat ini terbukti salah dengan gagalnya pemboran sumur Jati-1. Perangkap jenis stratigrafi jarang dibahas oleh penulis terdahulu, walaupun tetap masih memungkinkan seperti perangkap jenis *onlap* dan *carbonate build up*.

Pada gambar 4 sudah dijelaskan bahwa kesalahan interpretasi terdahulu adalah menganggap Pegunungan Mio-Pliosen sebagai perangkap antiklin, sehingga semua sumur bornya gagal. Antiklin yang sebenarnya ada diantara Pegunungan Selatan dengan Pegunungan Mio-Pliosen tersebut. Perangkap stratigrafi berupa *onlap* juga dapat terbentuk pada sayap-sayap vulkanik di kedua pegunungan tersebut.



Gambar 5. Gambar peta V_p/V_s (kanan) yang menunjukkan anomali rasio yang rendah di sebelah Tenggara Sumur Jati-1 dan peta sebaran titik seismik pasif beserta penampang sayatan seismik pasif (kiri) yang menunjukkan adanya anomali V_p/V_s sekitar 3 km (Hidayat, dkk., 2021 dengan modifikasi)

Pada tahun 2018, Pusat Survei Geologi (PSG), Badan Geologi ESDM melakukan survei seismik pasif (*passive seismic*) di bagian Barat Cekungan Banyumas, dan hasil tomografinya dipublikasikan pada tahun 2021 pada jurnal internasional. Pada Jurnal tersebut menampilkan peta V_p/V_s (Gambar 5) yang sangat berharga untuk mengetahui potensi minyak dan gas bumi di Cekungan Banyumas. V_p adalah kecepatan gelombang seismik primer dan V_s adalah kecepatan gelombang sekunder.

Peta anomali V_p/V_s ini (Hidayat, dkk., 2021) menunjukkan adanya anomali rasio yang rendah (warna merah) di sebelah Tenggara Sumur Jati-1. Sifat gelombang seismik ketika melewati batuan yang berisi hidrokarbon yang ringan (gas atau kondensat) maka gelombang primer akan mengalami penurunan kecepatan sedangkan gelombang sekunder akan bertambah kecepatannya (Hamada, 2004), sehingga rasio V_p/V_s akan menurun nilainya dibawah 2.

Jika dilihat dari posisinya yang berada di sayap Pegunungan Mio-Pliosen, maka kemungkinan besar tipe perangkap gas bumi ini adalah tipe perangkap *onlap*. Data V_p/V_s ini merupakan data yang sangat berharga karena dapat dimanfaatkan sebagai DHI (*Direct*

Hydrocarbon Indicator) sehingga mengurangi resiko kegagalan dalam pemboran sumur minyak dan gas bumi.

Adanya perangkat berupa *onlap trap* dan didukung data V_p/V_s sebagai *direct hydrocarbon indicator* semakin menguatkan bahwa Cekungan Banyumas sangat berpotensi untuk menghasilkan minyak dan gas bumi yang ekonomis. Namun hal ini harus ditindaklanjuti dengan pengeboran oleh perusahaan pemilik Blok Banyumas dan juga harus didukung oleh pemerintah sebagai regulator untuk mempercepat proses pemboran serta pemberian kemudahan dalam sistem perizinannya.

D. Batuan Penutup

Batuan penutup yang baik dapat berupa napal dan batulempung tufan yang terdapat pada Formasi Halang. Batuan ini terdapat berselang seling dengan batupasir Formasi Halang dan ada juga yang cukup tebal pada bagian atas tiap sikuen turbiditnya.

E. Migrasi

Jalur migrasi utama minyak dan gas bumi di Cekungan Banyumas adalah berupa patahan dan rekahan, namun juga memungkinkan melalui *carrier bed* atau lapisan pembawa yang porositas dan permeabilitasnya baik. Pada interpretasi seismik yang melewati Sumur Karang Gedang-1, migrasi juga diperkirakan melalui sebuah patahan menuju ke reservoirnya (Lunt, dkk., 2008)

V. PENUTUP

A. KESIMPULAN

Beberapa kesimpulan yang dapat diambil adalah sebagai berikut:

- Penyebab kegagalan sumur terdahulu adalah karena kesalahan interpretasi perangkat minyak dan gas bumi yang berupa antiklin ternyata adalah gunung api tengah laut (*sub-volcano*)
- Antiklin sebenarnya terletak diantara Pegunungan Selatan dan Pegunungan Mio-Pliosen
- Data rasio V_p/V_s dari seismik pasif menunjukkan adanya reservoir gas yang cukup besar di bagian Tenggara Sumur Jati-1 dimana perangkatnya berupa *onlap*.
- Cekungan Banyumas berpotensi menghasilkan minyak dan gas bumi yang ekonomis.

B. SARAN

Pihak perusahaan dan pemerintah sebaiknya bekerjasama dengan pihak perguruan tinggi dalam hal penelitian Cekungan Banyumas agar dapat segera ditemukan minyak dan gas bumi yang ekonomis dan menunjang kenaikan produksi nasional.

VI. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih saya ucapkan untuk Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Jenderal Soedirman, Bapak Asmoro Widagdo selaku *chief editor* dari *book chapter* ini dan semua penulis yang telah memberikan pemikiran untuk Cekungan Banyumas.

DAFTAR PUSTAKA

- Hall, R., Late Jurassic-Cenozoic Reconstructions of The Indonesian Region and The Indian Ocean, *Tectonophysics*, 2012, pp.1-41.
- Hamada, G.M., Reservoir Fluids Identification Using Vp/Vs Ratio, *Oil & Gas Science and Technology*, Vol.59 No.6, 2004, pp 649-654.
- Hidayat, H., Nugraha, A.D., Priyono, A., Marjiyono, Setiawan, J.H., Sahara, D.P., Winardhi, S., Zulfakriza, Rosalia, S., Lelono, E.B., Permana, A.K., Setiawan, A., Travel Time Tomography to Delineate 3-D Regional Seismic Velocity Structure in the Banyumas Basin, Central Java, Indonesia, Using Dense Borehole Seismographic Stations, *Frontier in Earth Science*, 9:639271, 2021.
- Lunt, P., Burgon, G., dan Baky, A.A., The Pemali Formation of Central Java and equivalents : indicators of sedimentation on an active plate margin, *Journal of Asian Earth Sciences*, 2008, pp.100-113.
- Mulhadiyono, 1973, *Petroleum Possibilities Of The Banyumas Area*, Proceedings Indonesian Petroleum Association, second annual convention, Jakarta, pp.121-129.
- Noeradi, D., Subroto E.A., Wahono H.E., Hermanto E., dan Zaim Y., *Basin Evolution and Hydrocarbon Potential of Majalengka-Bumiayu Transpression Basin, Java Island, Indonesia*,

Prosiding AAPG International Conference and Exhibition, Perth, Australia, 2006,p.32

Purwasatriya, E.B., *Tinjauan Kembali Potensi Hidrokarbon Cekungan Banyumas Berdasarkan Data Geologi dan Data Geofisika*, Prosiding Seminar Nasional Kebumian Ke-7, Yogyakarta, 2014, pp.293-307.

Purwasatriya, E.B., Surjono, S.S., Amijaya, D.H., *Oligocene-Pliocene Paleogeography within Banyumas Basin and Implication to Petroleum Potential*, Prosiding International Conference on Science and Technology, Yogyakarta, 2017, pp.45-51.

Purwasatriya, E.B., Surjono, S.S., Amijaya, D.H., Saputra, F.E., Hendaryono, Said, S., *Tectonostratigraphy of Banyumas Basin and Its Correlation to Petroleum Potential*, Proceeding South East Asia Technology University Conference (SEATUC), Yogyakarta, 2018.

Purwasatriya, E.B. *Pembentukan Formasi Halang Sebagai Endapan Turbidit Vulkaniklastik: Implikasinya Terhadap Potensi Batuan Induk dan Reservoir di Cekungan Banyumas*, Disertasi, Yogyakarta, UGM, 2020.

Subroto, E., Ibrahim, A.M.T., Hermanto, E., dan Noeradi, D., *Contribution of Paleogene and Neogene sediments to the Petroleum System in the Banyumas Sub-Basin, Southern Central Java*, Prosiding AAPG International Conference and Exhibition, Capetown, 2008, 6p.

Subroto, E., Noeradi, D., Priyono, A., Wahono, A.E., Hermanto, E., Praptisih, Santoso, K., *The Paleogene Basin Within The Kendeng Zone, Central Java Island, and Implication to Hydrocarbon Prospectivity*, Proceedings Indonesian Petroleum Association, 31st annual convention & exhibition, Jakarta, 2007, 14p.

PENENTUAN SUMBER MATERIAL ARTEFAK SERTA HUBUNGKAIT PEMBENTUKAN SITUS PUNDEN BERUNDAK DIKAWASAN GEOPARK KARANGSAMBUNG KARANGBOLONG

**Chusni Ansori*¹, I.W. Warmada², Nugroho Imam Setiawan²,
Hery Jogaswara³, Defry Hastria¹, Isyqi¹**

*Email: chus001@brin.go.id.

- ¹ Kelompok Riset Pelestarian Sumberdaya Geologi, Pusat Riset Sumberdaya Geologi, Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN), Jl. Sangkuriang, Bandung
- ² Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
- ³ Organisasi Riset Arkeologi, Bahasa dan Sastra, Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN), Jl. MH Thamrin No. 8, Jakarta

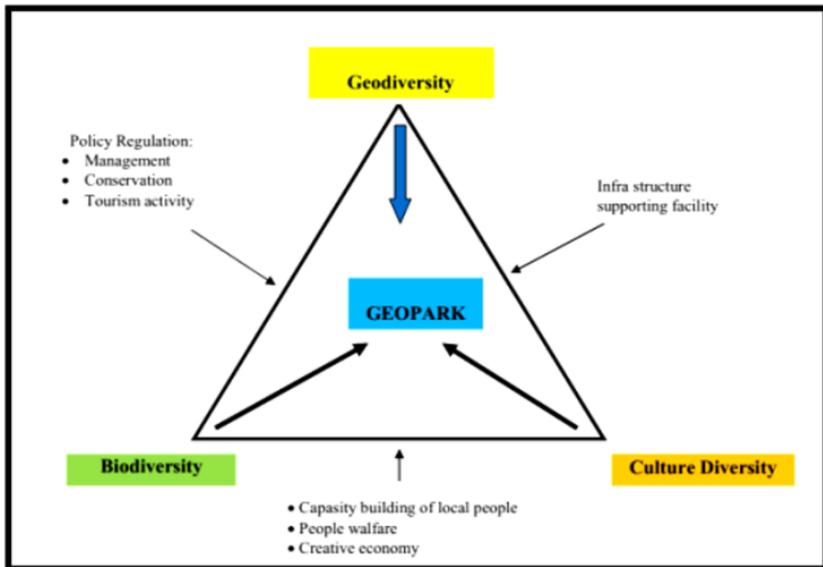
Abstrak—Geopark merupakan konsep pembangunan kawasan secara berkelanjutan yang mengintegrasikan keragaman geologi, biologi dan budaya. Pada Kawasan Geopark Karangsambung-Karangbolong bagian utara terdapat artefak megalitikum berupa punden berundak. Untuk mengetahui sumber batuan asal serta hubung kaitnya dengan kondisi geologi disekitarnya maka dilakukan penelitian ini.

Penelitian meliputi penelitian lapangan dan laboratorium. Penelitian lapangan dilakukan untuk mengetahui kondisi geologi dan budaya disekitar lokasi artefak serta pengambilan sampel. Penelitian laboratorium mencakup analisis petrografi, geokimia unsur utama dan minor pada artefak. Data hasil analisis laboratrium kemudian dilakukan komparasi terhadap data sekunder hasil analisis batuan sejenis yang ditemukan pada Formasi Waturanda, Gabon dan Halang. Pengolahan data geokimia menggunakan aplikasi open source GCD-Kit. Berdasarkan data analisis petrografi dan geokimia dapat disimpulkan bahwa batuan asal sumber artefak punden berundak berasal dari batuan beku yang ditemukan pada Formasi Halang dan berjarak kurang dari 50 m dari sungai terdekat.

Kata kunci: Geopark, Karangsambung, Megalitikum, Punden Berundak, Sumber Batuan Asal, Hubungkait.

I. PENDAHULUAN

Kabupaten Kebumen telah mempunyai Geopark Nasional Karangasambung – Karangbolong (GNKK) yang mencakup kawasan seluas 543.599 km² pada 12 Kecamatan dan 118 Desa dengan morfologi yang bervariasi mulai dari perbukitan, lembah, pedataran sampai pantai. GNKK ditetapkan pada bulan November 2018 dan direncanakan akan diajukan menjadi Geopark Global Unesco (Ansori C., dkk, 2022). Geopark merupakan kawasan lindung dengan elemen geologi yang luar biasa, berupa nilai-nilai arkeologi, ekologi dan budaya dimana masyarakat lokal diundang untuk berpartisipasi dalam melindungi dan meningkatkan fungsi warisan alam (UNESCO, 2016). Elemen-elemen utama termasuk keanekaragaman geologi, hayati dan budaya dengan tujuan akhir melindungi keanekaragaman bumi (*geodiversity*), pelestarian lingkungan, dan pendidikan ilmu bumi yang lebih luas. Pilar utama di dalam geopark meliputi keragaman geologi, keragaman budaya dan keanekaragaman biologi (Gambar 1).



Gambar 1. Geopark tersusun dari tiga pilar utama berupa keragaman geologi, biologi dan budaya untuk keperluan konservasi, edukasi dan pengembangan ekonomi lokal (Ansori, 2018).

Hindarto, T., Ansori C., (2020), melakukan penelitian tentang sistem sosial dan keagamaan masyarakat megalitikum dan hindu kuno di Kabupaten Kebumen. Disejumlah wilayah di Kabupaten Kebumen ditemui berbagai artefak yang memperlihatkan karakteristik kehidupan masyarakat dan sistem keagamaan era Megalitik dan era Hindu kuno. Beberapa artefak peninggalan era megalitikum al., (1) Situs Lingga dan Yoni di Desa Ayah, Kecamatan Ayah. (2) Situs Punden Berundak “Masigit” di Desa Kretek, Kecamatan Rowokele. (3) Situs Punden Berundak di Desa Giyanti, Kecamatan Rowokele.

Keragaman budaya dan geologi bukanlah merupakan sesuatu yang berdiri sendiri namun mempunyai hubungan dan keterkaitan. Untuk dapat mengetahui keterkaitan antara keragaman geologi dengan pembentukan punden berundak di Kawasan Geopark Karangsambung-Karangbolong maka dilakukan penelitian ini.

II. TINJAUAN PUSTAKA

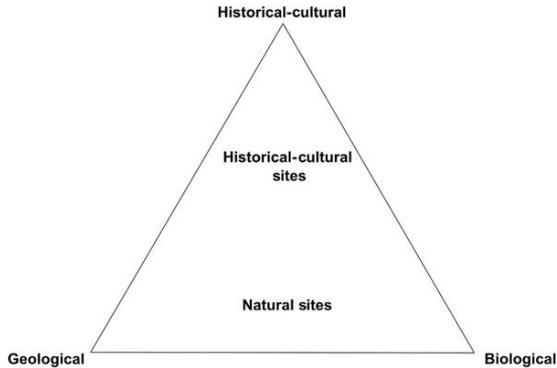
Geodiversitas merupakan paradigma geologi, mencakup keanekaragaman lingkungan geologi, fenomena, dan proses aktif yang membentuk bentang alam, batuan, mineral, fosil, tanah, dan endapan lain yang menyediakan kerangka kerja bagi kehidupan di bumi. Keragaman geologi merupakan keunikan tampilan geologi (batuan, mineral dan fosil); geomorfologi (bentang alam dan proses fisik); proses geologi dan pembentukan tanah. Keragaman geologi merupakan tulang punggung dari *geoheritage*, *geoconservation* dan masyarakat modern sendiri (Gray, 2008, 2013, 2018). Berdasarkan Peraturan Presiden No 9, thn 2019 tentang Pengelolaan dan Pemanfaatan Warisan Geologi menjadi Geopark disebutkan bahwa keragaman geologi (*geodiversity*) adalah gambaran keunikan komponen geologi seperti mineral, batuan, fosil, struktur geologi, dan bentang alam yang menjadi kekayaan hakiki suatu daerah serta keberadaannya, kekayaan penyebaran, dan keadaannya yang dapat mewakili gambaran proses evolusi geologi daerah tersebut. Keragaman geologi yang mempunyai nilai ilmiah, pendidikan, keindahan, dan budaya tinggi disebut sebagai *geosite* atau *geomorphosite* (Reynard, 2005), atau *geotope* (Grandgirard, 1999).

Ki Hajar Dewantara (1949) dalam Majelis Luhur Persatuan Tamansiswa (2013), mendefinisikan kebudayaan sebagai buah budi manusia hasil perjuangan manusia terhadap dua pengaruh kuat, yakni zaman dan alam yang merupakan bukti kejayaan hidup manusia untuk

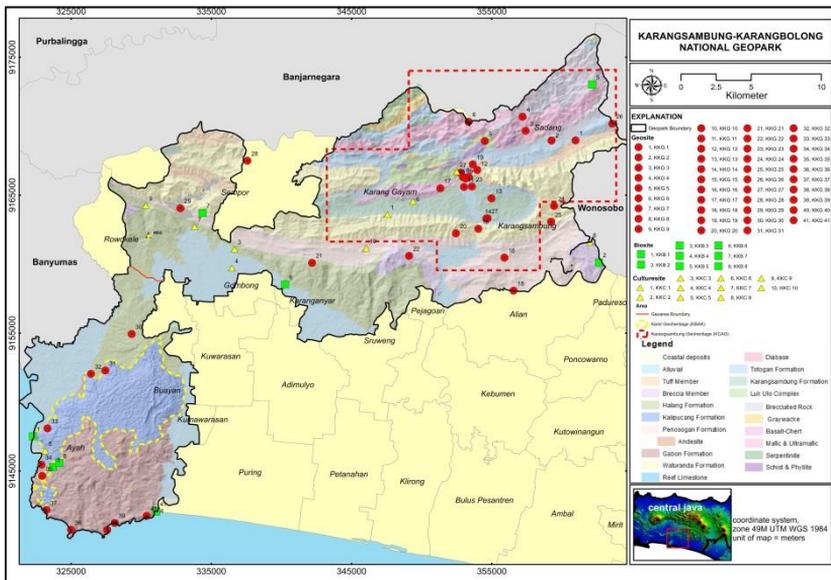
mengatasi berbagai rintangan dan kesukaran didalam hidup dan penghidupannya guna mencapai keselamatan dan kebahagiaan yang pada lahirnya bersifat tertib dan damai. Berdasarkan UU No 5 tahun 2017 tentang Pemajuan Budaya, disebutkan bahwa kebudayaan adalah segala sesuatu yang berkaitan dengan cipta, rasa dan karsa. Kebudayaan dapat berupa warisan budaya berbentuk benda (*tangible cultural heritage*) ataupun berbentuk nir benda (*intangible cultural heritage*). Warisan budaya yang berbentuk benda atau atribut tak berbenda merupakan jati diri suatu masyarakat atau kaum yang diwariskan dari generasi sebelumnya, yang dilestarikan untuk generasi yang akan datang. *Tangible cultural heritage* memiliki aneka macam bentuk seperti monumen, artefak, dan kawasan. Warisan budaya benda dan bangunan dapat dijumpai pada masa pra-sejarah, masa sejarah hindu-budha, islam, kolonial Belanda, Jepang. *Intangible cultural heritage* dapat dibagi ke dalam beberapa kategori seperti bahasa, sistim seni, sistim kepercayaan, tradisi, sistim kemasyarakatan, sistim ekonomi.

Berdasarkan UU 11 tahun 2010 tentang Cagar Budaya; Cagar Budaya adalah warisan budaya bersifat kebendaan berupa Benda Cagar Budaya, Bangunan Cagar Budaya, Struktur Cagar Budaya, Situs Cagar Budaya, dan Kawasan Cagar Budaya di darat dan/atau di air yang perlu dilestarikan keberadaannya karena memiliki nilai penting bagi sejarah, ilmu pengetahuan, pendidikan, agama, dan/atau kebudayaan melalui proses penetapan. Benda Cagar Budaya adalah benda alam dan/atau benda buatan manusia, baik bergerak maupun tidak bergerak, berupa kesatuan atau kelompok, atau bagian-bagiannya, atau sisa-sisanya yang memiliki hubungan erat dengan kebudayaan dan sejarah perkembangan manusia. Situs Cagar Budaya adalah lokasi yang berada di darat dan/atau di air yang mengandung Benda Cagar Budaya, Bangunan Cagar Budaya, dan/atau Struktur Cagar Budaya sebagai hasil kegiatan manusia atau bukti kejadian pada masa lalu.

Dalam kaitannya dengan pelestarian, maka di kalangan ahli kebumian dikenal istilah kawasan warisan geomorfologi (*Geomorphological Heritage*), yang merupakan seperangkat bentuk tanah yang layak dilindungi dan diteruskan pada generasi mendatang. Warisan geomorfologi merupakan bagian dari warisan alam (Reynard, 2009). Carreras and Druguet, (2000) membagi warisan menjadi warisan alam (*natural heritage*) dan warisan budaya (*cultural heritage*).



Gambar 2. Keterkaitan antara geologi, biologi dan budaya sehingga membentuk warisan alam dan warisan budaya (Carreras and Druguet, 2000)



Gambar 3. Peta sebaran keragaman geologi, geoharitage, situs geologi, situs biologi dan situs budaya pada Geopark Karangasambung Karangbolong (Ansori C., dkk., 2022). Punden berundak lurah karsa (KKC-9), Massigit (MSG), dan Talangpati (KKC-8) merupakan situs budaya yang berada pada Formasi Halang dan anggota breksi.

Geopark Nasional Karangsambung Karangbolong merupakan geopark yang mempunyai keragaman geologi sangat tinggi. Terdapat 41 situs geologi, 10 situs budaya serta 8 situs biologi. Keragaman situs geologinya mencakup 6 periode sejarah geologi mulai zaman Kapur (117 Jtl) hingga saat ini yang mencakup Kawasan Karangsambung dengan bukti terbaik tentang konsep tektonik lempeng serta bentang alam karst di bagian selatan (Gambar 3). Jika dibandingkan dengan Geopark Ciletuh Pelabuhanratu dan Geopark Gunungsewu maka GKK merupakan gabungan keragaman geologi kedua kawasan tersebut. Umur subduksi lebih tua dengan variasi batuan yang lebih komplit dibandingkan Ciletuh Pelabuhanratu (Ansori C., dkk., 2022).

III. METODE

Penelitian ini meliputi penelitian lapangan dan laboratorium. Penelitian lapangan dilakukan untuk mendapatkan data sebaran dan karakteristik peninggalan budaya era megalitikum serta pengambilan conto artefak untuk keperluan analisis laboratorium (setelah mendapat ijin dari BP GKK). Analisa laboratorium meliputi analisis Petrografi dan Geokimia unsur utama, unsur jejak (*trace element*) dan unsur tanah jarang (REE). Sayatan tipis untuk keperluan analisis laboratorium dilakukan di Departemen Teknik Geologi UGM, sedangkan analisis petrografi menggunakan mikroskop polarisasi Motic, Tipe BA310 POL di Kampus Geodiversitas Karangsambung-BRIN. Analisis geokimia unsur utama, unsur jejak dan unsur tanah jarang dilakukan di ALS Geochemistry Lab, Canada. Hasil analisis petrografi dan geokimia dibandingkan dengan karakter mineral dan geokimia batuan sejenis dari Formasi Halang, Waturanda dan Gabon berdasarkan data sekunder. Pengolahan data geokimia menggunakan aplikasi open source GCD-Kit versi 3.6.0.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Penelitian lapangan

Kegiatan penelitian lapangan telah mengkonfirmasi keterdapatn sebaran artefak budaya megalitikum berupa punden berundak pada 3 lokasi (Gambar 2 dan Tabel 1).

Tabel 1. Sebaran peninggalan budaya Megalitikum berupa Punden Berundak di Kawasan GNKK (survey lapangan, 2021).

No	Nama Situs	Lokasi	Koordinat	
			X	Y
1	Punden Berundak Lurah Karsa	Desa Giyanti, Rowokele	7 33' 29.5"	109 27' 43.4"
2	Punden Berundak Massigit	Desa Kretek, Rowokele	7 35' 34.4"	109 27' 24.0"
3	Punden Berundak Talangpati	Desa Pujotirto, Karangsembung	7 35' 53.5"	109 45' 22.4"

1. Punden Berundak Lurah Karsa

Situs Lurahkarsa terdapat di Desa Giyanti, Kec. Rowokele. Situs ini merupakan tempat pemujaan berkaitan dengan hajat keekonomian, kedudukan, pekerjaan. Mereka yang datang ke tempat ini rata-rata dari wilayah sekitar desa maupun luar kota. Apabila telah dikabulkan, mereka diminta untuk “menebus” dengan membagikan makanan berupa nasi penggel dan sayuran yang dimakan bersama di tempat tersebut. Lokasi punden berada sekitar 40 m dari sungai Giyanti yang berada di sebelah baratnya.



Gambar 4. Situs lurah karsa yang merupakan situs punden berundak megalitikum yang terbuat dari batuan beku.

Beberapa situs lainnya yang tidak jauh lokasinya dari situs Lurah Karsa dinamai Sironggeng, Watu Belah serta Si Budha. Struktur batuan situs Lurah Karsa, lebih tepat disebut sebagai Punden Berundak peninggalan era dan kebudayaan megalitik (Hindarto T., Ansori C.,2020). Beberapa ciri menguatkan itu antara lain; lokasi masuk yang seperti sebuah lorong dengan enam tahap yang dibuat bertingkat dan di sekelilingnya dipagari batu andesit dan ditumbuhi sejumlah pepohonan tua. Di tempat yang paling atas dan lebar ditemui sejumlah batu yang di susun dengan pola tertentu di bawah sebuah pohon besar. Pada lokasi punden terlihat adanya tatanan batuan beku membulat dan batu pasir berbentuk lempengan yang ditata persegi-4 secara berundak, sebanyak 6 undakan. Undakan paling luar dengan posisi paling bawah dengan pintu masuk dari tatanan batu, sedangkan undakan paling atas merupakan undakan paling kecil tempat dimana tokoh pemimpin agama berada. Disekitar punden terdapat pepohonan rimbun serta pohon nagasari di dekat punden teratas. Pada situs watu belah, merupakan batuan breksi vulkanik dengan fragmen andesit bersortasi jelek dan kemas tertutup. Batuan mengalami retakan dan membentuk shear joint dengan arah N 120⁰ E/35 dan N 40⁰E/25, pola retakan inilah yang menjadikan batuan terlihat terbelah.

2. Punden berundak Masigit, Desa Kretek, Kec. Rowokele

Bangunan punden berundak, dibangun menggunakan batu yang dipasang ditata mengelilingi area tanah lapang. Punden berundak dibangun tiga tingkat dengan tangga naik berada di bagian Timur. Dengan demikian maka punden tersebut menghadap ke arah Barat. Jalan menuju punden berundak, tepatnya yang menuju tangga naik, dibangun jalan berupa tatanan batu dengan panjang sekitar 50 meter. Keberadaan Punden Berundak di Desa Kretek memberikan sedikit gambaran mengenai masyarakat yang pernah tinggal dan menghuni kawasan tersebut sebagai penganut kepercayaan terhadap nenek moyang yang diwujudkan dengan pembuatan punden berundak sebagai ciri dan karakter sistem kepercayaan di era dan kebudayaan Megalitik. Punden berada sekitar 50 m dari sungai Giyanti yang banyak terdapat bongkah batuan beku.



Gambar 5. Punden berundak Mas Sigit tersusun oleh boulder batuan beku andesit

3. Punden Berundak Talangpati

Talangpati sebenarnya merupakan nama sungai kecil yang pada bagian tertentu alirannya dimanfaatkan sebagai sumber air bagi warga. Selain terbentuk semacam kolam pada bagian itu, di dekatnya juga dibangun sumur yang hingga kini menjadi salah satu andalan sumber air, bahkan secara sederhana pada aliran tersebut dibuat pancuran menggunakan bambu. Aliran yang mengalir dari timur ke barat itu tampaknya bentukan alam yang awalnya alirannya tidak melewati area ini. Salah satu dinding sungai memang tampak labil dan mudah longsor. Pada waktu penggalian tahun 2010 terlihat struktur batu-batu yang mirip komponen candi (Balar, 2016).



Gambar 6. Situs Talangpati dengan struktur batu andesit pada zaman peralihan Megalitikum – Hindu (Balar, 2016)

Temuan tersebut berada pada kaki bukit di lahan milik warga dengan topografi bergelombang kuat, kelerengan landai, lahan digunakan sebagai kebun campur dengan pohon Jenistri sebagai tanaman utama warga. Litologi berupa breksi vulkanik dengan fargmen

andesit yang dominan dalam masa dasar pasir kasar dan termasuk sebagai anggota breksi Formasi Halang. Ukuran fragmen batuan bisa mencapai diameter 100 cm. Breksi ini telah mengalami pelapukan menjadi tanah merah yang tebal dan subur. Diduga bentuk struktur persegi panjang, namun bagian barat telah rusak karena tergerus oleh aliran *kalen* Talangpati. Dugaan bahwa data arkeologi ini berasal dari masa peralihan antara prasejarah dan Hindu-Buddha, atau setidaknya berasal dari dua periode yang berbeda, didasarkan pada bentuk bukit yang mengindikasikan bentuk berteras sehingga mengingatkan pada bangunan pemujaan masa megalitik punden berundak-teras.

Situs Talangpati merupakan struktur dari batu andesit berbentuk lantai yang kanan dan kirinya terdapat pagar pendek hingga mirip saluran air. Bahan struktur terdiri atas batu andesit yang digarap menjadi balok batu dan sebagian lainnya berbahan *boulder*. Secara keruangan, struktur tersebut diduga merupakan bagian dari bukit alam yang dimodifikasi menjadi berteras yang sebagian dinding terasnya diperkuat dengan *bouder*. Secara umum formasi tersebut mengingatkan pada bangunan prahindu, yaitu bangunan megalitik punden berundak. Dengan begitu maka secara kronologis situs Talangpati diduga termasuk dalam periode prasejarah dan periode Hindu-Buddha atau masa Mataram Kuno, sekitar abad VIII – X M (Balas, 2016).

B. Analisis Laboratorium

Hasil analisis petrografi dapat dilihat pada Tabel 2, 3 dan Gambar 7, 8, dan 9. Sedangkan data hasil analisa Geokimia dapat dilihat pada Lampiran 1 dan 2.

Tabel 2. Hasil analisis petrografi punden berundak dan batuan pembanding pada Formasi Halang, Gabon dan Waturanda

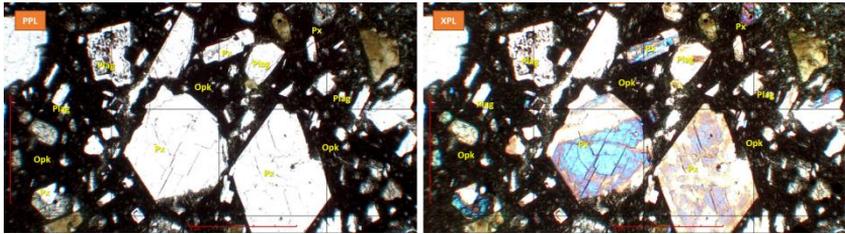
No	Kode sampel	Nama Situs	Jenis Batuan	Nama Batuan	Jumlah (%)	Komposisi												
						Fenokris (%)					Masa dasar (%)					Ubahan (%)		
						Pl	Qst	O-Px	C-Px	Opk	Mik-Pl	Mik-Pl	Px	Opk	Vitrid	Ok be	Lemp	Klorit
1	M-1a	Punden berundak Larah Karsa	Beku	Basalt Andesit	100	25			10	5	10	15		35				
3	M-2	Punden Berundak MasSigit	Beku	Andesit Piroksin	100	10	1	14		5	20	30		15	5			
4	M-3	Punden berundak Talangpati	Lava Beku	Basalt Andesit Piroi	100	30				10	20	13	20					7

Tabel 3. Hasil Analisis petrografi dari batuan pembeding.

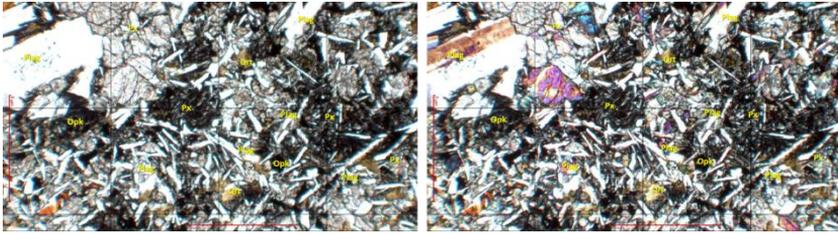
Formasi Halang (Hendratno A., Monica, S., 2018)																		
No.	Kode Sampel	Nama Batuan	Komposisi (%)											Jumlah (%)				
			Fenokris							Mineral ubahan					Massa dasar(%)			
			Pl	Ol	Qst	Cpx	OpX	Hb	Biot	Opq	Chl	Ser	Kal	Cly	Mik-Pi	Vit	Px	
1	SM-3	Augite andesite	13			5					2	11			51	18	100	
2	SM-32	Hornblende andesite	18			2	1	11				8			25	35	100	
3	SM-70	Hornblende andesite	21					12				8			35	19	5	
4	SM-13	Augite basaltic andesite	45			22	7	8		1	17						100	
5	SM-20	Augite basaltic andesite	12			8					8	7			38	24	3	
6	SM-24	Augite basaltic andesite	50			23		10		2	15						100	
7	SM-39	Augite basaltic andesite	12			8					8	7			37	22	6	
8	SM-44	Augite basaltic andesite	51			21		2		6	15						5	
9	SM-52	Augite basaltic andesite	52			24		5		3	16						100	
10	SM-67	Augite-hornblende basaltic augite	41			13	2	15		2					11	16	100	
Formasi Gabon (Ansori C., Wardani F., 2019)																		
No.	Kode Sampel	Nama Batuan	Fenokris							Mineral ubahan				Massa dasar(%)			Jumlah(%)	
			Pg	Ol	Qst	Cpx	OpX	Hb	Biot	Opq	Chl	Ser	Kal	Cly	Mik-Pi	Vit		Opq
1	GC-1 A	Andesit piroksin	50			15				15					20			100
2	GC-1B	Andesit Biotit	40		5				10	5				5	20		15	100
5	KR-13	Andesit piroksin	45			20				10					10			100
Formasi Waturanda (Hirawan A., 2018)																		
1	KS-42.1	Andesit	40								5		5		30	20		100

Keterangan :

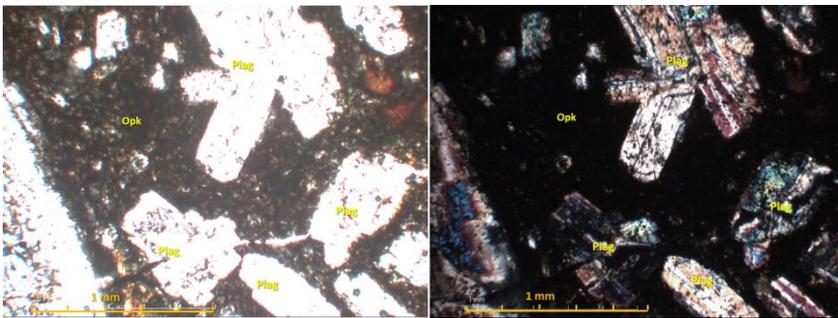
Pl: Plagioklas, Qt: Kuarsa, O-Px: Ortho piroksin, C-Px: Klino piroksin, Opk: Opak, Mik-Pi: mikro plagioklas, Mikt-Pi: mikrolit plagioklas, Vit : vitric/gelas, Ch : chlorit, Ser : sericite, Kal : kalsit, Cly : clay/lempung.



Gambar 7. Foto sayatan tipis artefak punden berundak Lurah Karsa (M-1) merupakan basalt andesit (Streckeisen, 1976) yang tersusun oleh fenokris plagioklas, klinopiroksin dan opak dalam masa dasar mikro dan mikrolit plagioklas serta opak



Gambar 8. Foto sayatan tipis punden berundak Massigit (M-2) yang merupakan batuan Andesit Piroksin (Streckeisen, 1976) dengan fenokris plagioklas, ortho piroksin, kuarsa dan mineral opak di dalam masa dasar mikro dan mikrolit plagioklas, opak dan gelas vulkanik



Gambar 9. Sayatan tipis artefak punden Talangpati (M-3), berupa batuan beku Basalt Andesit Piroksin (Streckeisen, 1976) yang tersusun oleh fenokris plagioklas, klino piroksin dan opak dalam masa dasar mikro plagioklas dan mikrolit plagioklas yang dominan.

C. Pembahasan

Analisis Petrografi

Data hasil analisis petrografi artefak kemudian dilakukan komparasi dengan data-data petrografi pada formasi batuan yang ada di daerah penelitian yang mengandung material batuan beku baik berupa sumber intrusi maupun bongkah batuan beku dalam breksi vulkanik (Tabel 4). Beberapa Formasi Batuan yang mengandung batuan beku di daerah penelitian antara lain adalah Formasi Halang, Formasi Gabon, dan Formasi Waturanda. Data petrografi pembanding

Formasi Halang diambil dari Hendratno A., dan Monica, S., (2018), Formasi Gabon dari Ansori C. Isyqi, Wardani F., (2019), Formasi Waturanda dari Hirawan A., (2018).

Tabel 4. Perbandingan data petrografi punden berundak dengan batuan sejenis pada Formasi Halang, Gabon dan Waturanda

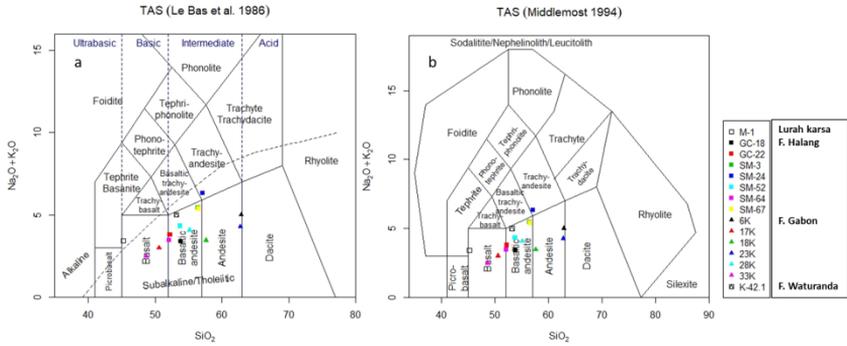
No	Sampel	Situs	Nama batuan	Fenokris	Masa Dasar
1	M-1a	Punden berundak Lurah Karsa	Basalt Andesit	Plagioklas, Klino Piroksin, opak	Mikrolit plagioklas, opak
3	M-2	Punden Berundak Massigit	Andesit Piroksin	Plagioklas, Ortho Piroksin, opak	Mikrolit plagioklas, opak, gelas
4	M-3	Punden berundak Talangpati	Basalt Andesit Piroksin	Plagioklas, Klino Piroksin, opak	Mikrolit Plagioklas
Formasi Halang (Hendratno A., Monica, S., 2018)					
1	SM-3		Augite andesite	Plagioklas, Klino piroksin,	Mikrolit plagioklas, gelas vulkanik
2	SM-32		Hornblende andesite	Plagioklas, Hornblenda, klino piroksin	Mikrolit plagioklas, gelas vulkanik
3	SM-70		Hornblende andesite	Plagioklas, Hornblenda	Mikrolit plagioklas, gelas vulkanik
4	SM-13		Augite basaltic andesite	Plagioklas, Klino & klino piroksin, Hornblenda	Mineral ubahan
5	SM-20		Augite basaltic andesite	Plagioklas, Klino piroksin	Mikrolit plagioklas, gelas vulkanik
6	SM-24		Augite basaltic andesite	Plagioklas, klino piroksin	Mineral ubahan
7	SM-39		Augite basaltic andesite	Plagioklas, klino piroksin	Mikrolit plagioklas, gelas vulkanik
8	SM-44		Augite basaltic andesite	Plagioklas, klino piroksin	piroksin, mineral ubahan
9	SM-52		Augite basaltic andesite	Plagioklas, klino piroksin, horblenda	Mineral ubahan
10	SM-67		Augite-hornblende basaltic augite	Plagioklas, klino piroksin	Mikrolit plagioklas, gelas vulkanik
Formasi Gabon (Ansori C., Wardani F., 2019)					
1	GC-1 A		Andesit piroksin	Plagioklas, klino piroksin	Mikro plagioklas
2	GC-1B		Andesit Biotit	Plagioklas, kuarsa	Mikro plagioklas, opak
5	KR-13		Andesit piroksin	Plagioklas, klino piroksin	mikro plagioklas, gelas
Formasi Waturanda (Hirawan A., 2018)					
1	KS-42.1		Andesit	Plagioklas,	Mikro plagioklas, gelas vulkanik

Berdasarkan data kandungan fenokris, artefak tersusun plagioklas, klinto piroksin dan mineral opak kecuali pada sampel M-2 (Punden Massigit) berupa ortho piroksin. Sedangkan masa dasar didominasi oleh mikrolit plagioklas (ukuran $< 0,1$ mm) \pm opak, gelas vulkanik. Komposisi dan ukuran masa dasar ini bisa digunakan sebagai pembandingan dengan batuan pada formasi batuan pembandingan. Lava dan fragmen batuan beku yang dijumpai pada Formasi Halang umumnya berupa Basaltik Andesit Piroksin dimana fenokrisnya didominasi oleh plagioklas, klinto piroksin \pm horblende dan opak, sedangkan masa dasarnya tersusun oleh mikrolit plagioklas dengan kandungan gelas vulkanik yang relative tinggi (HendratnoA., dan Monica, S., 2018). Batuan beku pada Formasi Gabon dapat berupa tubuh intrusi, lava maupun fragmen breksi vulkanik umumnya merupakan Andesit Piroksin dengan komposisi fenokris utama adalah plagioklas dan klinto piroksin \pm kuarsa, sedangkan masa dasar umumnya lebih kasar yang didominasi oleh mikro plagioklas \pm gelas, mikrolit plagioklas (Ansori C., Isyqi, Wardani F., 2019). Fragmen batuan beku pada Formasi Waturanda fenokrisnya tersusun oleh plagioklas dengan masa dasar mikro plagioklas dan gelas vulkanik (Hirawan A., 2018)

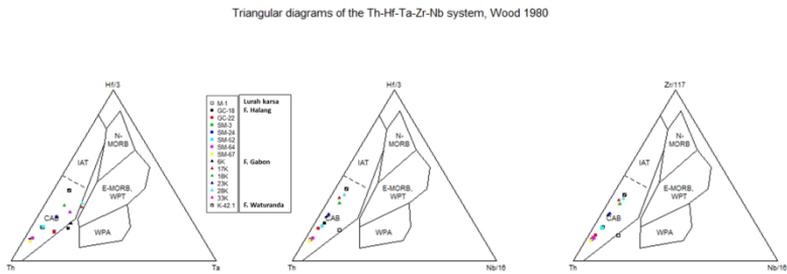
Berdasarkan data-data petrografi artefak dan batuan pembandingan dari Formasi Halang, Gabon, dan Waturanda maka artefak megalitikum M-1 (Punden Berundak Lurah Karsa), M-2 (Punden Berundak Massigit), M-3 (Punden Berundak Talangpati), mempunyai kemiripan karakter petrografi dengan batuan beku Andesit Basaltik-Andesit dari Formasi Halang, sehingga kemungkinan bersumber dari batuan beku sumber artefak punden berundak bersumber dari Formasi Halang.

Analisis Geokimia

Data hasil analisis geokimia unsur utama, unsur jejak dan unsur tanah jarang (lampiran) kemudian dilakukan pembuatan grafik menggunakan aplikasi GCDkit versi 3.6.0, Vojtech Janousek et.al (2006).

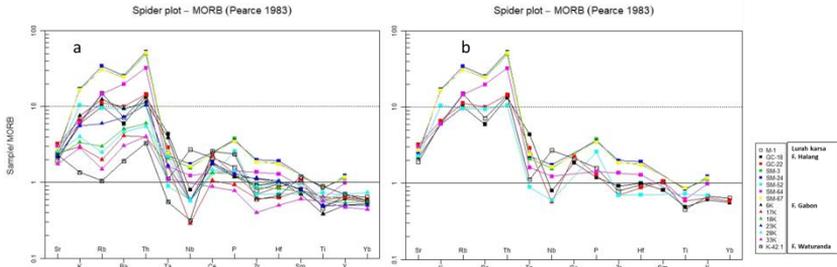


Gambar 10. a). Diagram TAS untuk klasifikasi batuan secara geokimia menurut Le bas et al (1986), dan b). Middlemost (1994).

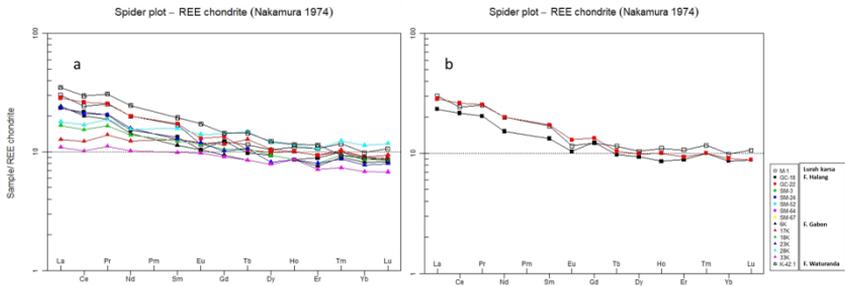


Gambar 11. Posisi tektonik pembentukan artefak dan batuan pembanding dari Formasi Halang, Gabon dan Waturanda.

Berdasarkan klasifikasi diagram TAS (Gambar 10) menurut Le bas et al (1986), dan Middlemost (1994) batuan artefak Lurah Karsa termasuk basalt sedangkan batuan pembanding berupa basaltik andesit – andesit. Sedangkan posisi tektonik batuan artefak dan semua batuan pembanding (Gambar 11) termasuk dalam kelompok Calk Alkaline Basalt (CAB) yang dihasilkan dari proses pencampuran magma primer dengan kerak benua akibat proses subduksi.



Gambar 12. Diagram laba-laba unsur jejak (TE) setelah dilakukan normalisasi dengan MORB (Pearce, 1983) pada : a) artefak dan batuan pembeding Formasi Halang, Gabon dan Waturanda, b). artefak dan batuan pembeding formasi Halang



Gambar 13. Diagram laba-laba REE setelah dinormalisasi menggunakan chondrite (Nakamura, 1974) pada : a). artefak lurah karsa dan batuan pembeding Formasi Halang, Gabon dan Waturanda, b). artefak dan batuan pembeding Formasi Halang

Berdasarkan pola unsur jejak batuan beku **Formasi Waturanda** (Gambar 12) terlihat adanya pola tonjolan (spike) pada unsur Stronsium (Sr), Thorium (Th), Cerium (Ce) dan Pospor (P). Pola tonjolan mengindikasikan adanya pengkayaan unsur – unsur tersebut sebesar 1.5 – 2 kali dibandingkan MORB. Sedangkan unsur Niobium (Nb), Zirconium (Zr) dan Hafnium (Hf) mengalami penurunan (depletion) hingga mencapai 0,5 kali ditandai dengan pola cekungan. Unsur lain seperti Samarium (Sm), Titanium (Ti), Itrium (Y), dan Iterbium (Yb) menunjukkan pola penurunan (depletion) yang relative landai. Secara umum pola grafik unsur jarang pada diagram

menunjukkan pola gradien tidak teratur pada bagian awal dan mengalami penurunan pada bagian akhir. Berdasarkan data grafik REE (Gambar 13) terlihat bahwa unsur-unsur LREE yang bersifat lebih mobile dan HREE yang cenderung immobile mengalami pola penurunan besar dari 40 – 8 kali, sehingga membentuk kurva yang relative tajam.

Berdasarkan diagram laba-laba unsur jejak **Formasi Gabon** (Gambar 12), terlihat adanya pola tonjolan (spike) pada unsur Stronsium (Sr), Kalium (K), Rubidium (Rb), Barium (Ba) dan Thorium (Th). Pola tonjolan mengindikasikan proses pengkayaan unsur – unsur tersebut sebesar 2 – 10 kali dibandingkan MORB. Sedangkan unsur Niobium (Nb) terlihat mengalami penurunan (*depletion*) hingga mencapai 0,2 kali ditandai dengan pola cekungan. Unsur lain seperti Serium (Ce), Fosfor (P), Zirkonium (Zr), Hafnium (Hf), Samarium (Sm), Titanium (Ti), Itrium (Y), dan Iterbium (Yb) menunjukkan pola penurunan (*depletion*) yang landai. Ansori dkk (2019) menyebutkan bahwa vulkanisme Formasi Gabon dihasilkan oleh proses subduksi lempeng samudera di bawah lempeng benua. Berdasarkan data grafik REE pada Formasi Gabon (Gambar 13) terlihat bahwa unsur-unsur LREE yang bersifat lebih mobile mengalami pola penurunan besar dari 15 – 10 kali, sehingga membentuk kurva yang relative landai. Unsur Eu hingga Lu yang termasuk dalam unsur HREE cenderung membentuk kurva landai dengan spike pada unsur Tb dan Tm.

Berdasarkan pola unsur jejak **Formasi Halang** (Gambar 12) terlihat adanya pola tonjolan (spike) pada unsur Stronsium (Sr), Kalium (K), Rubidium (Rb), Barium (Ba) dan Thorium (Th). Pola tonjolan mengindikasikan adanya pengkayaan unsur – unsur tersebut sebesar 2 – 50 kali dibandingkan MORB. Sedangkan unsur Niobium (Nb) terlihat mengalami penurunan (*depletion*) hingga mencapai 0,5 kali ditandai dengan pola cekungan. Unsur lain seperti Serium (Ce), Fosfor (P), Zirkonium (Zr), Hafnium (Hf), Samarium (Sm), Titanium (Ti), Itrium (Y), dan Iterbium (Yb) menunjukkan pola penurunan (*depletion*) yang landai. Secara umum pola grafik unsur jarang pada diagram diatas menunjukkan pola gradien positif yang terjal dimana pengayaan pada unsur Sr hingga Th berkisar 2 – 50 kali, sedangkan Te, Nb dan Ce membentuk cekungan dengan deplesi maksimal pada Nb. Unsur tanah jarang (REE) mempunyai sifat inkompatibel serta mobilitas yang rendah, sehingga dapat menjadi penciri yang mencerminkan perbedaan pada sumber magma atau proses yang

terjadi selama pembentukan magma. Unsur tanah jarang diplot pada diagram REE dengan normalisasi chondrite menurut Nakamura (1974). Unsur tanah jarang yang dipakai antara lain La, Ce, Pr, dan Nd yang mewakili unsur tanah jarang ringan atau LREE; serta Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, dan Lu yang mewakili unsur tanah jarang berat atau HREE. Untuk Formasi Halang dari 6 data geokimia, hanya 2 data geokimia saja yang jumlah unsur kimianya memungkinkan untuk dilakukan pengeplotan. Berdasarkan data grafik REE terlihat bahwa unsur-unsur LREE yang bersifat lebih mobile mengalami pola penurunan besar dari 20 – 10 kali, sehingga membentuk kurva yang tajam, Unsur Eu hingga Lu yang termasuk dalam unsur HREE cenderung membentuk kurva landai dengan spike pada unsur Gd.

Berdasarkan data-data pola diagram unsur langka (TR) dan unsur tanah jarang (REE) dari artefak batuan serta batuan beku Formasi Waturanda, Formasi Gabon dan Formasi Halang, maka pola grafik batuan basalt artefak Lurah Karsa mempunyai kemiripan (pola dan kandungan unsur) dengan Formasi Halang.

Kebudayaan Megalitikum merupakan kebudayaan awal yang berkembang hampir diseluruh kawasan Indonesia. Penamaan megalit pertama kali ditujukan kepada bangunan yang didirikan dengan menggunakan batu-batu besar. Saat ini istilah megalit digunakan untuk menyebutkan bangunan-bangunan yang dicirikan batu-batu besar hingga batu-batu kecil yang tujuan dibuatnya adalah untuk pemujaan sakral pada arwah nenek moyang. Bentuk-bentuk budaya megalitikum berupa batu tegak (menhir), arca batu, meja batu (dolmen), monolit, punden berundak, peti batu, kubus batu, kursi bilik batu, tempayan batu, keranda batu (sarkofagus), lumpang batu, dan palung batu (Prasetyo, B., 2015). Budaya megalitikum didasari atas kepercayaan bahwa kehidupan setelah mati akan tetap ada dimana orang yang telah meninggal akan mendapatkan tempat istimewa tergantung pada amal perbuatan yang pernah dilakukan selama hidupnya. Arwah leluhur dipercaya berada pada puncak gunung, pohon besar ataupun belantara. Orang yang telah mati masih berpengaruh terhadap yang hidup dalam bentuk kesuburan tanah, sehingga perlu melakukan pemujaan terhadap arwah leluhur. Budaya megalitikum umumnya menggunakan batu, pada kawasan yang tidak memperoleh sumber bahan batuan yang cocok untuk bangunan megalit, mereka menggunakan kayu sebagai penggantinya. Tradisi megalitik merupakan tradisi masyarakat yang masih melanjutkan kebiasaan-kebiasaan yang pernah dilakukan oleh nenek moyangnya.

Berdasarkan data petrografi dan analisis geokimia maka dapat dilihat bahwa budaya megalitikum punden berundak di daerah penelitian yang secara geologis berada pada Formasi Halang dan anggota breksi, sumber material punden juga berasal dari batuan beku basalt-andesit dari formasi yang sama. Punden berundak merupakan salah satu peninggalan megalitikum yang memerlukan material batuan banyak, sehingga keberadaannya memang memerlukan sumber batuan yang dekat dengan jumlah memadai. Keberadaan 3 punden berundak juga berdekatan dengan sungai (< 50 m), hal ini menandakan bahwa sungai (air permukaan) merupakan salah satu pertimbangan penting dalam penentuan lokasi situs budaya megalitikum. Namun demikian apakah artefak megalitikum lainnya yang tidak memerlukan material batuan banyak seperti lumpang batu, menhir, tempayan batu, arca batu, sarkofagus harus berada dekat dengan sumber material dan dekat dengan sungai ?. Penelitian lanjutan perlu dilakukan secara lebih luas dan mendalam terkait sebaran artefak megalitikum di daerah penelitian dengan variabel geologi yang lebih banyak.

V. PENUTUP

A. Kesimpulan

Punden berundak merupakan salah satu peninggalan budaya megalitikum dijumpai di Kawasan Geopark Karangsembung Karangbolong pada 3 lokasi. Keberadaan punden tersebut menandakan berkembangnya budaya megalitikum sejak lama di daerah penelitian. Batuan yang digunakan untuk pembuatan punden merupakan batuan basalt hingga andesit. Keberadaan batuan vulkanik sejenis di daerah penelitian terdapat pada Formasi Waturanda, Formasi Gabon dan Formasi Halang. Berdasarkan data analisis petrografi batuan beku ketiga punden tersebut didominasi oleh fenokris plagioklas, klinto piroksin dan mineral opak dengan masa dasar berupa mikrolit plagioklas \pm gelas, opak. Karakteristik petrografi tersebut menyerupai karakteristik petrografi batuan beku Formasi Halang dengan fenokris plagioklas, klinto piroksin, horblenda dalam masa dasar mikrolit plagioklas dan gelas vulkanik. Berdasarkan data geokimia artefak punden berundak Lurah Karsa, mempunyai pola kemiripan diagram laba-laba unsur jejak dan REE pada batuan beku Formasi Halang. Hal tersebut terlihat dari pola tonjolan (*spike*) Stronsium (Sr), Kalium (K), Rubidium (Rb), Barium (Ba) dan Thorium (Th) yang mengalami pengayaan sebesar 2 – 50 kali

dibandingkan MORB. Sedangkan unsur Niobium (Nb) terlihat mengalami penurunan (*depletion*) hingga mencapai 0,5 kali ditandai dengan pola cekungan. Grafik REE unsur LREE yang bersifat lebih mobile mengalami pola penurunan besar dari 20 – 10 kali, sehingga membentuk kurva tajam. Unsur Eu hingga Lu yang termasuk dalam unsur HREE cenderung membentuk kurva landai dengan *spike* pada unsur Gd. Berdasarkan data analisis petrografi dan geokimia, maka dapat disimpulkan bahwa batuan asal sumber artefak punden berundak berasal dari batuan beku yang ditemukan pada Formasi Halang. Keberadaan artefak punden dari sungai terdekat yang berjarak kurang dari 50 m, serta pemilihan batuan yang bersumber dari sekitarnya menandakan bahwa kondisi alam menjadi pertimbangan dalam penempatan situs budaya.

B. Saran

Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk mengetahui sebaran peninggalan megalitikum lainnya dengan variabel geologi yang lebih banyak.

VI. AUTHOR CONTRIBUTION

Kontributor utama tulisan ini adalah Chusni Ansori, sedangkan kontributor anggota meliputi; I.Wayan Warmada, Nugroho Imam Setiawan, Hery Yogaswara, Defry Hastria dan Isyqi .

DAFTAR PUSTAKA

- Ansori,C., Setiawan N.I., Warmada I.W., Yogaswara H., 2022. Identification of geodiversity and evaluation of geosites to determine geopark themes of the Karangsembung Karangbolong National Geopark, Kebumen, Indonesia. International Journal of Geo-heritage and Parks Volume 10, Issue 1, 2022, Pages 1-15, <https://www.sciencedirect.com/science/journal/25774441>
- Ansori C., Isyqi, Wardhany F.A., 2019, Tipe Magmatik Batuan beku Formasi Gabon Pada Tinggian Karangbolong, Kebumen, Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral, Vol.20. No.2 Mei 2019 hal 63 - 74

- Ansori, C., 2018, Geosite Identification In Karangbolong High to Support The Development of Karangsambung-Karangbolong Geopark Candidate, Central Java. Global Qoloqium on Geoscience and Engineering, IOP Conf Series, Earth and Environmental Science 118 (2018) 012014, DOI:10.1088/1755-1315/118/1/012014
- Balai Arkeologi D.I. Yogyakarta, 2016, Laporan Kegiatan Peninjauan Temuan Baru Struktur Candi di Dusun Kalipuru Desa Pujotirto, Kecamatan Karangsambung, Kebumen, Jawa Tengah, Yogyakarta
- Carreras, J., Druguet, E., 2000, Geological heritage, an essential part of the integral management of World heritage in protected sites. In: Baretino, D., Wimbledon, W.A.P., Gallego, E. (Eds.), Geological Heritage: Its Conservation and Management. Third International Symposium ProGEO on the Conservation of the Geological Heritage, 1999. Madrid, pp. 95_110
- Gray M., 2018, Geodiversity : The Backbone of Geoheritage and Geoconservation, in Reynard E, Brilha J (editor) ; Geoheritage, Assessment, Protection and Management, Elsevier, ISBN: 978-0-12-809531-7. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-809531-7.00001-0>
- Gray, M., 2013, Geodiversity: Valuing and Conserving Abiotic Nature. second ed. Wiley Blackwell.
- Gray M., 2008, Geodiversity: the origin and evolution of a paradigm. In: Burek, C.D., Prosser, C.D. (Eds.), The History of Geoconservation. Special Publication 300, The Geological Society, London, pp. 31-36.
- Grandgirard, V., 1999, L'évaluation des géotopes. Geol. Insubr 4 (1), 66_69 (in French).
- Hendratno, A., and Monica, S., 2018, Studi Fasies Vulkanik Pada Formasi Halang di Kecamatan Somagede, Kabupaten Banyumas: Proceeding Seminar Nasional Kebumihan Ke-11
- Hindarto T., Ansori C., 2020.a., Sistem sosial dan keagamaan masyarakat Megalitik dan Hindu Kuno di Lima Wilayah Kecamatan di kabupaten Kebumen, Jurnal Analisis Sosiologi April 2020, 9(1): 224-266

- Hirawan A., 2018, Studi Petrologi dan Geokimia Komplek Batuan Beku di Daerah Dakah dan Sekitarnya, Karangsambung, Kebumen, Jawa Tengah. Skripsi, Progran Studi Teknik Geologi, Fakultas Teknik, UGM, Yogyakarta, 245 ha, tidak diterbitkan
- Le Bas M. J., Le Maitre, R.W., Streckeisen, A., . Zanettin, B., 1986. A Chemical Classification of Volcanic Rocks Based on the Total Alkali – Silica Diagram. *Journal of Petrology*, 27(3), 745–750
- Majelis Luhur Persatuan Tamansiswa, 2013. Ki Hadjar Dewantara. Pemikiran, Konsepsi, Keteladanan, Sikap Merdeka II (Kebudayaan), UST Press, Yogyakarta, ISBN 978-602-17212-5-5.
- Nakamura, N., 1974. Determination of REE, Ba, Fe, Mg, Na ang K in carbonaceous and ordinary chondrites. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 38, 757 -775
- Perpres 9/2019, Tentang Pengembangan Taman Bumi (Geopark), Lembaran Negara RI, No 22, tahun 2019
- Pearce, J. A., 1982. Trace element characterictics of lavas from destructive palte boundaries. In *Andesites: Orogenic andesites and related rocks*, R. S. Thorpe (ed.), 525 – 548.
- Prasetyo, B., 2015, Megalitik Fenomena yang Berkembang di Indonesia, Pusat Penelitian Arkeologi Nasional, Kementrian Pendidikan dan Kebudayaan, Galang Press, Yogyakarta, ISBN 9786020818252
- Reynard, E., 2005, G´eomorphosites et paysages. *G´eomorphol. Relief Proces. Environ.* 3, 181_188
- Reynard, E., 2009, Geomorphosites: definition and characteristics. In: Reynard, E., Coratza, P., Regolini-Bissig, G. (Eds.), *Geomorphosites*. Pfeil Verlag, Mu´nchen, pp. 9_20
- UNESCO, 2016, The Operational Guidelines for the Implementation of the World Heritage Convention. Available from <http://whc.unesco.org/en/guidelines>
- UU No 5 tahun 2017 tentang Pemajuan Budaya, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia No 6055
- UU 11 tahun 2010 tentang Cagar Budaya, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia No 5168

Vojtech Janousek, Colin M. Farrow and Vojtech Erban (2006). Interpretation of whole-rock geochemical data in igneous geochemistry: introducing Geochemical Data Toolkit (GCDkit). *Journal of Petrology* 47(6): 1255-1259. doi: 10.1093/petrology/egl013

Lampiran 1. Hasil analisa mineral unsur utama artefak dan batuan pembeding

Sampel ID	SiO2	TiO2	Al2O3	FeO*	MnO	MgO	CaO	Na2O	K2O	P2O5	Total
Artefak											
M-1	45,214718	0,6806517	13,904741	25,468643	0,3208786	3,4421527	7,3607616	2,4795168	0,9334651	0,1944719	100
Halang (Hendratno A., dan Monica, S., 2018)											
GC-18	53,825954	0,738173	16,704955	8,2188104	0,1617913	6,0267272	10,779348	2,4976537	0,8999643	0,1466234	100
GC-22	52,229184	0,8833474	18,205079	10,126001	0,1827615	4,0106003	10,427561	2,7820366	0,995035	0,1583933	100
SM-3	56,429307	1,2906978	16,985583	8,6526707	0,123907	2,9118142	7,6925588	2,9221398	2,5297677	0,4615535	100
SM-24	57,136772	1,2574383	16,520491	9,3765206	0,1329	2,4739844	6,3485302	3,7518689	2,5659921	0,435503	100
SM-52	53,733605	1,0911422	18,322953	9,3765253	0,1338193	3,5822403	9,1203015	2,748443	1,5749505	0,3160195	100
SM-64	52,112674	0,9258597	17,774471	10,485647	0,1729628	4,1714558	10,733868	2,5537449	0,8953368	0,1739802	100
SM-67	56,501969	1,3063445	17,208774	8,7492683	0,1131479	2,910988	7,3957611	2,9007019	2,4892548	0,4237905	100
Gabon (Ansori C., Isyqi, Wardani F., 2019)											
6K	62,868959	0,5753724	17,600838	4,7712307	0,1235147	2,1615065	6,7521344	3,8701258	1,1322177	0,1441004	100
17K	50,562287	0,9589043	17,802311	8,7054869	0,1758508	7,0960984	11,595811	2,544665	0,4447992	0,1137858	100
18K	57,642891	0,8848195	19,296955	7,4366089	0,1532936	3,5505496	7,4279751	2,9418839	0,5072214	0,1578022	100
23K	62,772048	0,7430762	19,461019	4,6420593	0,067361	1,2524939	6,6413753	3,4206767	0,8420127	0,1578774	100
28K	55,139405	0,899278	20,351008	6,9196269	0,1121549	3,2219031	9,115131	3,4666046	0,6015579	0,1733302	100
33K	48,666674	0,8464228	15,147068	8,9373474	0,1560032	12,891346	10,793735	2,0343661	0,432171	0,0948668	100
Waturanda (Hirawan A., 2018)											
	SiO2	TiO2	Al2O3	FeO*	MnO	MgO	CaO	Na2O	K2O	P2O5	Total
K-42.1	53,181884	1,3348867	19,756323	9,7082666	0,3951265	3,9833018	6,3540605	4,7949129	0,2029028	0,2883355	100

M : Artefak megalitikum

GC, SM : Formasi Halang

K : Gabon K-42.1 : Waturanda

Lampiran 2 Hasil analisa mineral unsur jejak (TE) dan unsur tanah jarang (REE), artefak dan batuan pembanding

Sampel ID	Ba	Ce	Cr	Cs	Dy	Er	Eu	Ga	Gd	Hf	Ho	La	Lu	Nb	Nd
Artefak															
M-1	143	21,1	850	1,48	3,57	2,4	0,89	16	3,38	2,3	0,77	9,9	0,36	9,5	12,6
Halang (HendratnoA., dan Monica, S., 2018)															
GC-18	119	18,7	105	1,3	3,2	2	0,8	20,4	3,4	2,4	0,6	7,7	0,3	2,8	9,6
GC-22	200	22,7	15	0,6	3,4	2,1	1	22,5	3,7	2,1	0,7	9,4	0,3	2	12,6
SM-3	491			6,8				20,4		4,3				5,5	
SM-24	509			2,8				21,2		4,6				6,1	
SM-52	189			2				17,8		1,7				2,1	
SM-64	395			4,1				20,6		3,1				4,3	
SM-67	493			6,6				21,7		4,2				5,7	
Gabon (Ansori C., Isyqi, Wardani F., 2019)															
6K	187	17,4	40	0,8	2,7	1,7	0,8	17	2,6	2,5	0,6	8	0,28	2	9
17K	83	10,6	290	< 0.5	3,6	2,1	0,91	17	3,2	1,5	0,7	4,2	0,32	1	7,8
18K	101	13,3	400	1,9	3,2	1,8	0,89	17	2,9	2	0,6	5,5	0,29	2	8,7
23K	145	18,1	70	0,6	2,8	1,8	0,92	18	2,8	2,5	0,6	7,8	0,27	2	10
28K	92	14,6	< 20	< 0.5	4,1	2,4	1,08	20	3,9	2,3	0,8	5,9	0,4	2	9,8
33K	61	8,8	620	< 0.5	2,7	1,6	0,75	14	2,5	1,2	0,6	3,6	0,23	< 1	6,4
Waturanda (Hirawan A., 2018)															
	Ba	Ce	Cr	Cs	Dy	Er	Eu	Ga	Gd	Hf	Ho	La	Lu	Nb	Nd
K-42.1	38,4	25,7	10	0,01	4,2	2,57	1,33	22,4	3,98	1,6	0,81	11,5	0,29	1,1	15,5

M : Artefak megalitikum

GC, SM : Formasi Halang K : Gabon

K-42.1 : Waturanda

Sampel ID	Pr	Rb	Sm	Sn	Sr	Ta	Tb	Th	Tm	U	V	W	Y	Yb	Zr
Artefak															
M-1	2,83	30,1	3,43	4	231	0,2	0,54	2,87	0,35	0,73	263	3	20,4	2,17	71
Halang (HendratnoA., dan Monica, S., 2018)															
GC-18	2,29	20,1	2,7	1,2	261	0,79	0,46	2,67	0,3	0,58	235	296	18,3	1,9	82,8
GC-22	2,86	22,6	3,5	0,9	385	0,52	0,49	2,9	0,3	0,6	325	213	19,5	2	63,1
SM-3		61,6		2,5	323	0,38		9,87		3,27		1,4	34		167
SM-24		68,4		2,6	305	0,41		10,6		2,56		1,6	36,7		179
SM-52		19,2		1,5	273	0,16		2,12		0,59		0,5	20,7		62,5
SM-64		29,4		2,3	357	0,29		6,49		1,68		0,9	29,6		123
SM-67		61,9		2,5	326	0,43		10,2		2,68		1,5	35,2		168
Gabon (Ansori C., Isyqi, Wardani F., 2019)															
6K	2,12	25	2,3	< 1	291	0,7	0,4	2,3	0,27	0,7	123	272	15	1,8	103
17K	1,56	4	2,6	< 1	296	0,3	0,6	0,8	0,31	0,2	290	169	19	2	55
18K	1,85	6	2,5	< 1	278	0,2	0,5	1,2	0,28	0,4	212	65	16	1,9	77
23K	2,31	12	2,6	< 1	262	0,3	0,5	2,1	0,26	0,6	166	95	15	1,7	99
28K	2,1	5	3,2	< 1	305	0,4	0,7	1,1	0,37	0,4	227	203	21	2,5	81
33K	1,25	3	2	< 1	211	0,2	0,4	0,8	0,22	0,3	300	94	14	1,5	36
Waturanda (Hirawan A., 2018)															
	Pr	Rb	Sm	Sn	Sr	Ta	Tb	Th	Tm	U	V	W	Y	Yb	Zr
K-42.1	3,45	2,1	3,95	1	276	0,1	0,68	0,66	0,28	0,43	315	1	21,1	1,97	54

M : Artefak megalitikum

GC, SM : Formasi Halang

K : Gabon

K-42.1 : Waturanda

PENGELOLAAN DAN PERLINDUNGAN MATA AIR DALAM UPAYA PENYEDIAAN AIR YANG BERKELANJUTAN

Adi Candra*¹, Asmoro Widagdo¹, Siswandi¹

*Email: adi.candra@unsoed.ac.id

¹Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Jenderal
Soedirman, Purwokerto

***Abstrak**—Air merupakan sumber daya alam yang terbatas menurut waktu dan tempat, sehingga pengelolaan dan pelestariannya merupakan hal yang mutlak perlu dilakukan. Mata air merupakan salah satu sumberdaya airtanah yang muncul dipermukaan menjadi andalan masyarakat dalam pemenuhan kebutuhan air. Wilayah Purbalingga dan sekitarnya terdapat kemunculan mata air diberbagai tempat yang berhubungan dengan Gunungapi Slamet sebagai sumber batuan dan air. Sumber mata air tersebut banyak dimanfaatkan baik untuk penduduk maupun sebagai wahana rekreasi air, pemanfaatan mata air dilakukan sepanjang tahun (musim kemarau dan penghujan) dengan kuantitas dan kualitas yang baik tetapi pada kenyataannya tidak berlaku demikian. Banyak mata air yang berkurang bahkan hilang ketika musim kemarau dan tercemar dari sisi kualitas karena pengelolaan yang tidak benar sehingga perlu dilakukan usaha pencegahan penurunan kuantitas maupun kualitas mata air dengan pengelolaan dan perlindungan mataair untuk penyediaan air yang berkelanjutan dan konservasi airtanah dapat berjalan dengan baik.*

***Kata kunci** — Mataair, konservasi, perlindungan, pengelolaan*

I. PENDAHULUAN

Air sebagai sumberdaya untuk memenuhi kebutuhan manusia merupakan sesuatu yang mutlak. Kerawanan atau kekritisn pemenuhan sumberdaya air terjadi tidak hanya dipandang dari ketimpangan antara jumlah ketersediaan dan kebutuhan tetapi kerawanan juga terjadi pada sebaran secara temporal maupun spasial. Mata air merupakan salah satu sumberdaya airtanah yang muncul dipermukaan menjadi andalan masyarakat dalam pemenuhan kebutuhan air.

Kresic dan Stevanovic, 2010 menjelaskan bahwa mata air adalah lokasi pemusatan keluarnya air tanah yag muncul di permukaan tanah karena terpotongnya lintasan air tanah oleh

fenomena alam. Hendrayana, 1994, Mata air adalah tempat dimana airtanah merembes atau mengalir keluar ke permukaan tanah secara alamiah. Mata air adalah tempat pemunculan airtanah pada lapisan akuifer dari bawah permukaan tanah ke atas permukaan tanah secara alamiah. Selanjutnya, air yang keluar dari mata air akan mengalir di permukaan tanah sebagai air permukaan melalui alur-alur sungai. Keterdapatan mata air di suatu wilayah dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain curah hujan, permeabilitas, topografi, sifat hidrologi lapisan akuifer, dan struktur geologi (Todd, 1980).

Wilayah Purbalingga dan sekitarnya terdapat kemunculan mata air diberbagai tempat yang berhubungan dengan Gunungapi Slamet sebagai sumber batuan dan air. Sumber mata air tersebut banyak dimanfaatkan baik untuk penduduk maupun sebagai wahana rekreasi air, pemanfaatan mata air dilakukan sepanjang tahun (musim kemarau dan penghujan) dengan kuantitas dan kualitas yang baik tetapi pada kenyataannya tidak berlaku demikian. Banyak mata air yang berkurang bahkan hilang ketika musim kemarau dan tercemar dari sisi kualitas karena pengelolaan yang tidak benar sehingga perlu dilakukan usaha pencegahan penurunan kuantitas maupun kualitas mata air dengan membuat zona perlindungan air baku berupa mata air agar konservasi airtanah dapat berjalan dengan kesinambungan (*sustainable*).

Sumber mata air yang berada di wilayah Purbalingga berasal dari aliran muka air tanah dangkal pada batuan Gunungapi Slamet yang rawan mengalami pencemaran karena aktivitas penduduk yang berada di hulunya. Untuk menjaga kualitas dari airtanah dari pencemaran, tahap awal yang dilakukan adalah penentuan zona perlindungan mata air, kemudian melakukan pemetaan kerentanan, pemetaan beban kontaminan, dan pemetaan zona bahaya pencemaran airtanah (Morris dan Foster, 2000).

Zona perlindungan mata air adalah wilayah disekitar mata air yang memberikan informasi mengenai potensi pencemaran pada sumber air yang terbagi menjadi tiga zona (Carey, et al, 2009), yaitu zona I (zona perlindungan dalam), zona II (zona perlindungan luar), dan zona III (zona perlindungan wilayah tangkapan air) sehingga dengan mengetahui zona perlindungan mata air ini dapat membantu masyarakat maupun para pemanfaat air lainnya yang menggunakan mata air mendapatkan sumber air yang baik dari sisi kuantitas maupun kualitas serta menjadi kelestarian airtanah dalam upaya konservasi air di wilayah Gunungapi Slamet.

lava, batuan yang dibentuk oleh lava ini didominasi oleh basalt masif, basalt yang memiliki rongga (*scoria*) dan andesit. Batuan-batuan ini nanti akan bertindak sebagai penyalur air yang keluar di dalam mataair karena memiliki memiliki rekahan yang sangat intensif sebagai media pergerakan air. Disamping itu struktur geologi berupa rekahan banyak terdapat pada sekitaran daerah penelitian yang disebabkan oleh aktivitas vulkanik tersebut atau sering disebut sebagai struktur akibat vulkanik. Struktur ini tersebar meluas bagian puncak, lereng, dan kaki gunungapi.

B. Zona Perlindungan Mataair

Zona perlindungan mataair dibuat dengan mengacu pada daerah perlindungan sumber air baku yang banyak dilakukan di negara Eropa (Hendrayana, 1995) sebagai berikut :

Zona Perlindungan I; Daerah perlindungan yang bertujuan untuk melindungi air dari semua zat pencemar yang secara langsung atau tidak langsung menyebabkan degradasi kualitas air, dengan radius ditentukan sejauh 10 – 15 meter dari sumber air.

Zona Perlindungan II; Daerah perlindungan yang bertujuan untuk melindungi sumber air baku dari bahaya pencemaran bakteri patogen yang dapat menyebabkan degradasi kualitas air, dengan luas yang diperhitungkan berdasarkan jarak tempuh bakteri colli selama 50 (lima puluh) hari kesumber air baku.

Zona Perlindungan III; Daerah perlindungan yang bertujuan untuk melindungi sumber air baku dari pencemaran kimiawi dan radioaktif yang tidak dapat mengalami degradasi dalam waktu singkat, dengan luas yang ditentukan berdasarkan luas tangkapan air.

Untuk menghitung jarak tempuh 50 hari yang merupakan batas zona Perlindungan II, diperlukan pemecahan masalah perhitungan dengan model numerik. Area penelitian dideskripsikan menjadi titik-titik nodal yang berbentuk kuadran. Kecuali pada area di sekitar kerucut depresi dari sumur produksi, kecepatan aliran vertikal tidak relevan untuk diperhitungkan. Model aliran "*Horizontal Unsteady State Flow*" dapat mensimulasi aliran airtanah yang tidak kontinyu dengan lebih baik.

Proses perhitungan jarak tempuh 50 hari dapat dibagi menjadi 3 tahapan :

1. Tahap perhitungan potensial airtanah pada setiap titik nodal muka airtanah harus diperhitungkan, sehingga akan didapatkan n-titik nodal, n-perhitungan dengan n-nilai yang tidak diketahui. Seluruh perhitungan dapat dipecahkan dengan metode iteratif (*IADI = Iterative Alternating Direction Implicit Method*).
2. Tahap perhitungan kecepatan aliran airtanah. Dengan menggunakan hukum Darcy dan data muka airtanah serta permeabilitas, maka kecepatan aliran airtanah semu dapat dihitung. Oleh karena itu area pengganti dari suatu titik nodal dibagi menjadi 4 kuadran. Pada ke-empat kuadran tersebut kecepatan aliran airtanah dan permeabilitasnya konstan. Kecepatan Darcy dihitung dengan cara di bawah ini :

Kuadran I :

$$V_{fx} = kf * (h_2 - h_0) / x$$

$$V_{fy} = kf * (h_1 - h_0) / y$$

Kuadran II :

$$V_{fx} = kf * (h_2 - h_0) / x$$

$$V_{fy} = kf * (h_3 - h_0) / y$$

Kuadran III :

$$V_{fx} = kf * (h_4 - h_0) / x$$

$$V_{fy} = kf * (h_3 - h_0) / y$$

Kuadran IV :

$$V_{fx} = kf * (h_4 - h_0) / x$$

$$V_{fy} = kf * (h_1 - h_0) / y$$

Kecepatan aliran airtanah semu dapat dihitung dengan :

$$V_a = V_f / nsp$$

dengan :

V a = Kecepatan aliran airtanah semu

V f = Kecepatan Darcy

nsp = Porositas efektif

3. Tahap perhitungan pengaruh Dispersi. Dispersi dimodelisasi dengan pergeseran partikel secara convective dengan pergerakan random yang memenuhi properti statistik dan berpengaruh terhadap properti dari proses dispersi. Proses partikel setelah mengalami transport melalui suatu jarak dapat dihitung dengan :

$$X = V_a x t + Z (2 x a_L x V_a x t)^{0.5} (m)$$

dengan :

X = Posisi partikel setelah waktu (t) tertentu (m)

V = Kecepatan aliran airtanah semu (m/s)

t = Waktu (50 hari) (s)

Z = Variabel random (-)

aL = Longitudinal Dispersivitas (m)

Z menunjukkan distribusi variabel random rata-rata 0 dan standar deviasi 1. Hasil perkalian $V \times t$ menunjukkan transport secara convective, sedangkan rumusan kedua menunjukkan perhitungan pengaruh dispersi.

Hasil pengukuran di salah satu mata air Owabong didapatkan :

Zona I : zona ini merupakan area yang mempunyai radius 15 m dari mata air

Zona II : zona ini merupakan area yang mengelilingi mata air dengan jarak ke hulu lebih dari lebih dari 425 m, jarak ke hilir 150 m dan lebar sisi-sisi ke arah timur laut dan barat daya 125 m.

Dari hasil perhitungan zona tersebut, kemudian dibuat rencana implementasi tindak lanjut perlindungan sumber mataair seperti pada tabel 1, dibawah ini.

Tabel 1. Rencana implementasi tindak lanjut perlindungan mata air

ZPA	Sumber Kontaminasi	Resiko Kontaminasi	Larangan	Tindak Lanjut	Keterangan
Zona I Radius 15 m dari mataair	a. Ruang penjaga	Semua aktivitas yang dapat mempengaruhi kualitas air	Melakukan kegiatan apapun yang dapat mempengaruhi kualitas air	Perluasan lahan kompleks dan pemberian pembatas untuk menutupi zona I	Prioritas I
	b. Ruang generator	Bahan bakar minyak dan pelumas oli	Infiltrasi bbm atau oli dari ruang generator	Pengadaan container penyimpanan oli pelumas dan bbm	Prioritas I
	c. Septic tank	Bakteri E-Coli	Pembuangan limbah manusi pada sistem sanitasi tidak layak	Perbaikan sistem sanitasi dalam lingkungan kompleks	Prioritas I

ZPA	Sumber Kontaminasi	Resiko Kontaminasi	Larangan	Tindak Lanjut	Keterangan
Zona II jarak ke hulu lebih dari lebih dari 425 m, jarak ke hilir 150 m dan lebar sisi-sisi ke arah timur laut dan barat daya 125 m.	d. Bangunan ruko, pemukiman	Leachate dan bakteri coli	Aktivitas di took, perkantoran dan perumahan dapat membahayakan kualitas air	Identifikasi lokasi dan kelayakan pembangunan sampah&sistem sanitasi	Prioritas I
	e. Pertanian	Pupuk,pestisida, dan zat lainnya	Penggunaan pupuk (buatan, kandang) pestisida yang berlebihan	Penyuluhan penggunaan pupuk buatan secukupnya sesuai kebutuhan lahan	Prioritas III
	f. Sumur gali	Kotoran manusia, deterjen	Injeksi langsung zat berbahaya ke dalam akuifer	Proteksi terhadap sumur dan perbaikan kondisi dinding, dan saluran pembuangan dari sumur	Prioritas III
	g. Selokan dan drainase	Pencemaran air permukaan dan limbah lainnya	Infiltrasi air permukaan dari saluran drainase jalan	Perbaikan/peningkatan saluran drainase jalan	Prioritas III

IV. PENUTUP

Kesimpulan

1. Luas zona I mataair ditentukan radius 15 m dari mata air, sedangkan zona II yang mengelilingi mata air dengan jarak ke hulu lebih dari lebih dari 425 m, jarak ke hilir 150 m dan lebar sisi-sisi ke arah timur laut dan barat daya 125 m.
2. Lebih dari 50% tata guna lahan pada zona II dari mataair adalah pemukiman warga, sisanya berupa lahan pertanian, bangunan ruko.
3. Segala larangan dan tindak lanjut pelaksanaan program perlindungan mataair ditetapkan berdasarkan resiko kontaminasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Bear, J. dan Cheng, A.H.D. 2010, *Modelling Groundwater Flow and Contaminant Transport*. New York: Springer Science + Business Media B.V.
- Buchanan, Rex. 1998. "Kansas Springs" Public Outreach, Kansas Geological Survey. <http://www.kgs.ku.edu/Publications>.
- Carey, M., Hayes, P., and renner, A., 2009. Groundwater sources Protection Zones –reviews of Methods Protecting and improving the environment in England and wales : Environment Agency.
- Hendrayana, H., 1994, "Dasar-Dasar Hidrogeologi", Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknik, UGM, Yogyakarta.
- Hendrayana, H., 2003. "Pengelolaan Cekungan Air Bawah Tanah. [http://heruhendrayana.staff.ugm.ac.id/web/down/Pengelolaan%20Cekungan%20Airtanah%20\(Heru%20Hendrayana\).pdf](http://heruhendrayana.staff.ugm.ac.id/web/down/Pengelolaan%20Cekungan%20Airtanah%20(Heru%20Hendrayana).pdf)
- Kresic, N., 2007. Hydrogeology & Groundwater Modeling
- Kresic Neven & Stevanovic Zoran. 2010. "Groundwater Hydrology of Springs. Engineering, Theory, Management, and Sustainability" Elsevier Inc. USA
- Maine Geological Survey, 2009. "An Introduction to Groundwater Hydrology" Department of Conservation, State of Maine.
- Meijerink, 1982. "Hydrogeomorphology". Lecture Notes. Dept. Geomorphology ITC Netherland.
- Morris, B., and Foster, S., 2000. Assessment of Groundwater Pollutions Risk.
- Seiler KP & Gat JR., 2007. "Groundwater Recharge from Run-off, Infiltration and Percolation". Published by Springer, The Netherlands.
- Younger, P.L, 2007. *Groundwater in The Environment: an Introduction*. Blackwell: London, 390 pages.

MODEL PENAMBANGAN EMAS SKALA KECIL DI DAERAH GUMELAR DAN SEKITARNYA, KABUPATEN BANYUMAS, JAWA TENGAH

Mochammad Aziz*¹

*Email: mohammad.aziz@unsoed.ac.id

¹Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto

Abstrak— Industri pertambangan merupakan industri yang penuh kontroversi. Di satu sisi industri pertambangan mempunyai potensi besar untuk menciptakan kemanfaatan bagi masyarakat dan dapat menciptakan perubahan sosial dan ekonomi. Pertambangan emas tradisional sudah dikenal masyarakat daerah Gumelar dan sekitarnya sejak tahun 2005-an dengan sistem gali sumuran dan menggunakan sistem tromol untuk mengekstraksi emas, yang diperkenalkan oleh penambang dari luar. Kondisi daerah Gumelar dan sekitarnya telah terindikasikan memiliki potensi sumberdaya mineral logam emas dengan adanya kegiatan dan aktivitas penambangan rakyat yang masih berlangsung hingga saat ini. Saat ini penambangan emas terkonsentrasi di daerah Kedungalang, Cihonje, Gancang, dan Paningkaban yang dikelola oleh masyarakat setempat sebagai pengusaha lokal yang melakukan usaha pertambangan di kawasan Gumelar dan sekitarnya seperti usaha tromol, tumbuk-tumbuk (*crusher*), dan tong maupun rendaman kolam sianidasi. Konsentrasi endapan bijih di daerah ini memiliki tipe endapan urat kuarsa, dengan litologi berupa batupasir-batulempung, batugamping, dan batupasir, termasuk dalam Formasi Halang dan Formasi Tapak. Pola penambangan yang diharapkan menggunakan metoda *cut and fill* (*gali-timbun*) dengan sistem tambang bawah tanah (*underground mining*). Penataan kawasan areal tambang emas rakyat merupakan salah satu tahap persiapan dalam mewujudkan kawasan Wilayah Pertambangan Rakyat (*WPR*) di Kabupaten Banyumas selain perlu dibentuknya peran serta masyarakat dan adanya badan usaha/ koperasi sebagai pengelolanya. Peningkatan perolehan emas perlu diterapkan teknologi tepat guna yang siap pakai dengan memperhatikan tingkat kesehatan dan keselamatan kerja, selain tentunya mengurangi bahaya kecelakaan dan pencemaran air raksa terhadap air dan tanah.

Kata kunci — endapan bijih, gali-timbun, tambang rakyat, teknologi tepat guna, air raksa

I. PENDAHULUAN

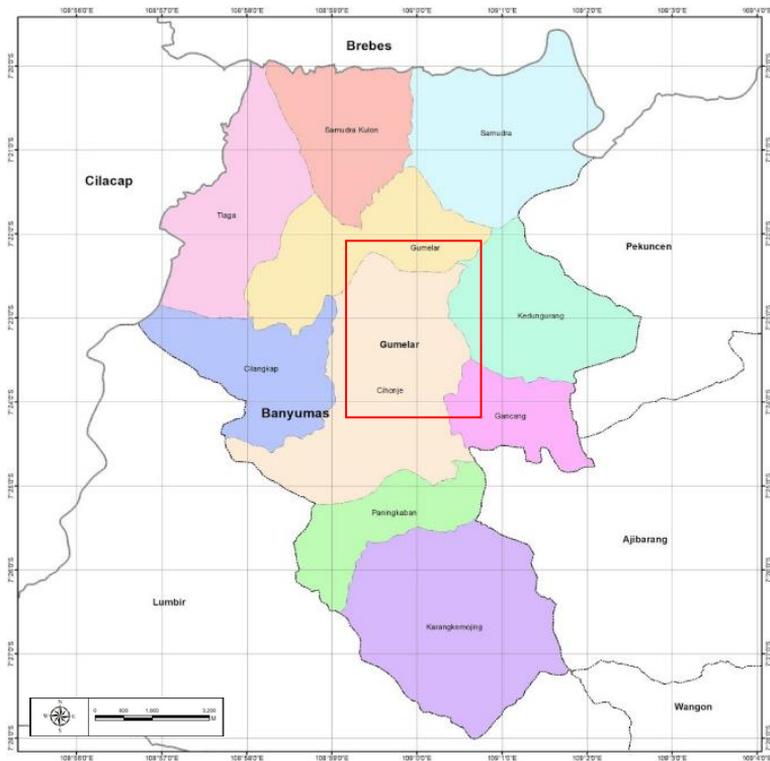
Potensi sumberdaya mineral dan bahan galian yang ada di wilayah Provinsi Jawa Tengah sangat beraneka ragam dan tersebar hampir di semua Kabupaten. Sumberdaya alam yang potensinya dapat diolah ini perlu diusahakan dan dikembangkan seluas-luasnya untuk memberikan kesejahteraan bagi masyarakat dan sekaligus dapat pula meningkatkan pendapatan asli daerah (PAD).

Sebagai daerah yang dilalui oleh jalur sebaran sumberdaya mineral, maka di wilayah Kabupaten Banyumas terdapat juga indikasi adanya sumberdaya dan cadangan bahan galian mineral yang dapat diusahakan secara menguntungkan berupa bahan galian mineral logam.

Pengusahaan sumberdaya mineral logam emas di wilayah Provinsi Jawa Tengah sudah ada yang dilakukan oleh masyarakat secara tradisional. Pada satu sisi kegiatan pengusahaan emas oleh masyarakat ini sering menimbulkan citra yang salah (*distorted image*) tentang peran rakyat dalam mengelola penambangan, sedangkan pada sisi lainnya peran masyarakat dalam pengelolaan penambangan emas merupakan suatu partisipasi masyarakat yang perlu didukung oleh semua pihak agar dapat terciptanya kemandirian dalam bidang usaha.

Walaupun demikian, pengusahaan penambangan emas oleh masyarakat hingga saat ini belum dapat memberikan kontribusi yang signifikan, baik terhadap peningkatan pendapatan asli daerah, maupun pada peningkatan kesejahteraan masyarakat itu sendiri, sehingga perlu dilakukan penanganan serius secara sistematis dan terkoordinasi dalam suatu program kegiatan yang dilaksanakan dalam rangka memberikan bimbingan terhadap para pelaksana tambang rakyat melalui model Pertambangan Skala Kecil (*Small Scale Mining*) atau Tambang Skala Kecil. Selain itu dibutuhkan juga suatu konsep pengelolaan/pengusahaan tambang emas (tambang rakyat) dan konsep penataan kawasan pertambangan yang dapat mengantisipasi perkembangan industri pertambangan pada masa yang akan datang.

Adanya suatu model pertambangan emas skala kecil atau tambang rakyat nantinya diharapkan potensi emas yang ada dapat dimanfaatkan secara optimal dengan menggunakan konsep pengelolaan tambang rakyat, sehingga dapat meningkatkan kesejahteraan masyarakat yang pada gilirannya akan meningkatkan pendapatan daerah (PAD), dengan tetap mempertahankan daya dukung dan kelestarian lingkungan di sektor pertambangan secara berkelanjutan.



Gambar 1. Peta lokasi daerah penelitian dan hubungannya dengan daerah sekitar

II. TINJAUAN PUSTAKA

Industri pertambangan mempunyai potensi besar untuk menciptakan kemanfaatan bagi masyarakat dan dapat menciptakan perubahan sosial dan ekonomi. Penelitian terdahulu merupakan penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya yang mungkin memiliki keterkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan oleh peneliti. Penelitian terdahulu juga menjadi salah satu bahan pertimbangan, sehingga dapat memberi referensi dalam menulis ataupun mengkaji penelitian yang akan dilakukan. Berikut adalah penelitian yang menjadi acuan dan referensi peneliti dalam melakukan penelitian.

Penelitian mengenai potensi geologi dan mineralisasi emas daerah Gumelar dan sekitarnya banyak dikaji tentang bahasan

mineralogi, geokimia, alterasi dan mineralisasi bijih, keberadaan zonasi tekstur urat kuarsa dan hubungannya dengan mineralisasi emas epitermal yang dilakukan oleh Arifudin Idrus et.al tahun 2013, 2015, dan 2017, dan Isyqi et.al. (2016).

Model Pertambangan Emas Rakyat dan Pengelolaan Lingkungan Tambang di Wilayah Desa Paningkaban, Kecamatan Gumelar, Kabupaten Banyumas, Jawa Tengah yang dilakukan oleh Mochammad Aziz (2014).

III. METODE

Desain dan metode penelitian dapat dibagi menjadi beberapa bagian. Pertama, tahap kompilasi dan analisis data sekunder, terdiri dari studi pustaka, pengumpulan data sekunder, dan analisis data sekunder tentang potensi tambang rakyat, dengan tujuan mempelajari data dari peneliti terdahulu guna mendapatkan gambaran tentang kegiatan yang pernah dilakukan serta mengenai gejala mineralisasi di daerah penelitian. Kedua, tahap pekerjaan lapangan, yang meliputi kegiatan pengamatan aspek-aspek pengelolaan lingkungan tambang dan potensi sumberdaya mineralisasi emas di lokasi lubang masyarakat, dengan tujuan menambah dan melengkapi data yang sudah ada untuk mendukung pemecahan permasalahan, yang berupa kegiatan penentuan lintasan dan pengambilan contoh batuan dan urat.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Kondisi Sosio-Ekonomi dan Eksisting Tambang Masyarakat

Identifikasi terhadap kondisi sosio-ekonomi masyarakat dan tanggapannya terhadap rencana penambangan skala kecil atau tambang emas rakyat yang berlokasi di lokasi penelitian merupakan data masukan penting yang harus dipertimbangkan dalam pengembangan usaha tambang emas yang direncanakan.

Kondisi daerah Gumelar dan sekitarnya, saat ini merupakan suatu kawasan yang memiliki potensi akan kandungan sumberdaya mineral logam emas. Hal ini terlihat dengan adanya areal penambangan emas yang dikelola masyarakat setempat. Aktivitas penggalian dan penambangan emas di lokasi ini telah berlangsung sejak 17 tahun yang lalu selain di daerah sekitarnya yang berbatasan langsung dengan daerah Gumelar. Awal kegiatan dan aktivitas penambangan tersebut dilaksanakan oleh tenaga ahli yang berasal dari

luar wilayah yang berasal dari penambang rakyat dari Tasikmalaya, Garut, dan Ciamis. Hal ini telah memberi peluang bagi masyarakat setempat yang membantu kegiatan tersebut untuk memperoleh pengetahuan praktis berikut pengalaman bekerja di bidang pertambangan emas, khususnya pekerjaan tambang bawah tanah (pembuatan sumuran/ shafting dan terowongan/ tunneling), dan akhirnya menjadi penambang rakyat di daerah Gumelar dan sekitarnya.

Keahlian mereka dalam hal penambangan emas terus berkembang dan sebagian besar masyarakat, terutama di Pedusunan Kedungalang, telah memilih bidang pekerjaan sebagai penambang emas rakyat. Dengan demikian, penambang yang ada di daerah ini (diperkirakan lebih dari 60 orang), telah terspesialisasi menjadi penambang-penambang emas alami yang diakui oleh masyarakat lainnya, dan sebagian diantara mereka pernah bekerja ke daerah lainnya di Indonesia, untuk menjadi pioneer yang selain menambang, juga memberikan pendidikan cara penambangan emas kepada penduduk setempat.

Pola pengelolaan usaha tambang masyarakat pada saat ini adalah dengan membentuk kelompok yang terdiri dari beberapa orang (biasanya kurang dari 10 orang), lalu setiap kelompok melakukan penggalian pada lokasi/ lubangnya masing-masing, tanpa proses perijinan dari instansi yang berwenang. Secara ekonomi, usaha penambangan yang dilakukan masyarakat belum memberikan hasil yang memuaskan dan memadai karena adanya kendala, baik kendala teknis maupun kendala administratif.

Kendala teknis yang dihadapi diantaranya adalah belum maksimal dan terarah terhadap pengetahuan maupun pemahaman mengenai ketersediaan sumberdaya (cadangan), dan tidak memperhatikan aspek teknik pertambangan, sehingga produksi menjadi sangat terbatas. Sedangkan kendala administratif timbul karena pengusaha tambang dilaksanakan tanpa melalui izin dinas instansi terkait di provinsi, sehingga pengelolaan usaha selalu dibayangi ketidak-pastian dan tidak terjaminnya keamanan bekerja, dan sewaktu-waktu kegiatan penambangan mungkin dapat/ bisa dihentikan bila petugas datang memeriksa perijinannya. Lokasi daerah Gumelar dan sekitarnya tidak menjadi bagian dari wilayah cakupan izin pertambangan rakyat dalam kerangka desain pencadangan wilayah izin pertambangan rakyat oleh pihak pemerintah Kabupaten Banyumas.

B. Prospek dan Sistem Penambangan

Penilaian terhadap rencana penambangan tentunya didasarkan atas layak atau tidaknya sumberdaya mineral logam emas tersebut untuk diusahakan. Potensi sumberdaya mineral logam emas di daerah Gumelar dan sekitarnya telah diketahui oleh masyarakat setempat, dan penambangan emas telah dijadikan mata pencaharian dari sebagian penduduk walaupun dengan hasil yang masih belum optimal.

Secara ekonomis, daerah Gumelar dan sekitarnya merupakan daerah yang memungkinkan untuk dikembangkan sebagai kawasan tambang rakyat yang diusahakan melalui model pertambangan emas skala kecil (small scale mining). Secara geologi, prospeksi potensi sumberdaya (cadangan) di daerah Gumelar dan sekitarnya cukup layak untuk ditambang skala kecil, dengan potensi pengembangan lokasi penambangan yang dapat direncanakan ke daerah sekitarnya yaitu di bagian utara – timurlaut, yang secara litologi maupun mineralisasi emasnya cukup mempunyai prospek, dengan ditandai dengan arah urat kuarsa N550E/ 600.

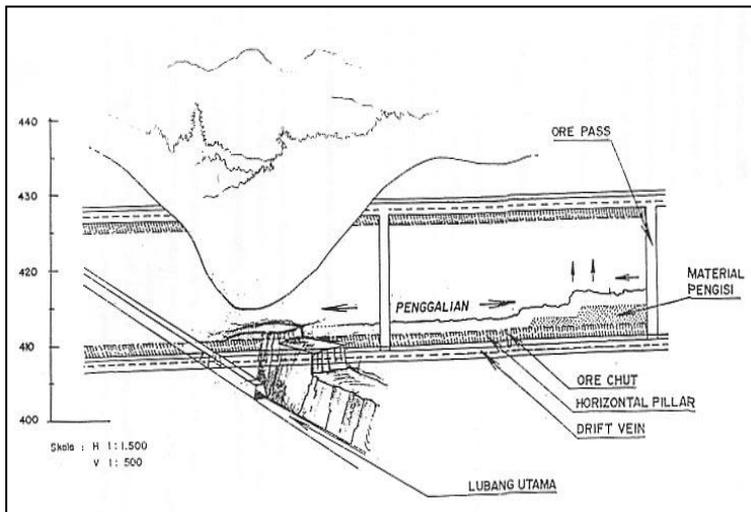
Secara kelayakan investasi pertambangan, hasil produksi dari kegiatan penambangan emas skala kecil ini dapat diperkirakan berdasarkan jumlah sumberdaya (cadangan) yang ditaksir sebesar berapa ton per tahunnya (dengan asumsi nilai cadangan terukur telah diketahui), dengan mempertimbangkan faktor harga jual emas, ongkos penambangan, recovery, dan milling delucion.

Penentuan aktivitas penambangan dilakukan dengan mulai memperhatikan keramahan terhadap lingkungan sekitarnya. Penerapan metoda teknik penambangan di daerah Gumelar dan sekitarnya tentunya didasarkan atas data geologi dan bentuk cebakan mineralnya. Faktor lain yang harus dipertimbangkan adalah modal dan tenaga kerja yang dapat diserap.

Untuk tambang rakyat skala kecil atau dikenal dengan nama TSK, biasanya dapat diterapkan sistem penambangan bawah tanah (underground mining) dengan peralatan sederhana dan menggunakan metoda gali-timbun (cut and fill) (Gambar 1). Teknik penambangan seperti ini dapat diterapkan di daerah Gumelar dan sekitarnya didasarkan pada bentuk endapan berupa urat (vein) kuarsa yang relatif tegak ataupun sedikit miring; batuan sekeliling atau batuan sampingnya (wall rock) relatif kurang kompak; nilai endapan tinggi; dapat diterapkan pada endapan bijih yang batasnya kurang jelas; dan lubang bekas galian, kemudian dapat diisi material lain yang berfungsi

sebagai penyangga; selain tidak memerlukan biaya yang besar juga dapat diprediksi terhadap kerusakan lahan atau lingkungan tambangnya.

Pola penambangan perlu direncanakan sedemikian rupa agar pengembangan usaha tambang skala kecil yang akan dilaksanakan oleh masyarakat dapat dilakukan secara efektif dan ekonomis sesuai kondisi yang ada. Untuk itu perlu dipilih teknologi tepat guna yang sesuai dengan kondisi masyarakat setempat berdasarkan suatu analisis terhadap teknologi penambangan emas yang ada.



Gambar 2. Metoda gali-timbur (*cut and fill*) dalam aktivitas penambangan

C. Pengelolaan Lingkungan Tambang dan Pengembangan Wilayah

Dalam kegiatan pengelolaan lingkungan tambang rakyat dan pengembangan wilayah dilakukan dengan maksud untuk meningkatkan intensitas keterlibatan masyarakat di wilayah penambangan dan daerah sekitarnya, yaitu melalui sistem Tambang Emas Skala Kecil. Dengan meningkatnya intensitas keterlibatan masyarakat, maka kondisi ekonomi dan kesejahteraan masyarakat diharapkan akan meningkat pula dan selanjutnya akan meningkatkan PAD daerah setempat, di samping peningkatan kondisi ekonomi, peningkatan kesehatan dan keselamatan kerja (K3) perlu mendapat prioritas utama dalam pengelolaan usaha pertambangan yang akan

dikembangkan. Dengan mengacu pada konsep pembangunan berkelanjutan, maka pola pengelolaan dan pengusahaan tambang yang akan dikembangkan pada tambang skala kecil harus betul-betul memperhatikan aspek lingkungan yaitu dengan menjalankan pengelolaan penambangan yang ramah lingkungan.

Konsep pengelolaan lingkungan kawasan pertambangan dan rencana pengembangan ke wilayah di sekitarnya perlu direncanakan berdasarkan pada data pola penambangan yang akan dilaksanakan yaitu tambang tertutup (seperti: perkiraan lubang tambang/ titik serta *adit/ tunnel* yang harus dibuat, penempatan lokasi pengolahan, pembuangan limbah serta sistem pengangkutannya).

Pengelolaan lingkungan kawasan pertambangan ini juga didasarkan pada pemanfaatan ruang yang dibutuhkan untuk kegiatan penambangan, kebutuhan prasarana dan sarana, serta pengembangan kegiatan penambangan dan dampaknya terhadap kawasan yang ada di sekitarnya. Pengelolaan seperti tersebut di atas juga dibutuhkan untuk menghindari kemungkinan terjadinya permasalahan di kemudian hari seperti: masalah status kepemilikan lahan, konflik penggunaan lahan, dan penyesuaiannya dengan rencana tata ruang wilayah sekitarnya yang telah ditetapkan oleh pemerintah daerah.

Pengamatan sepintas, pengelolaan lingkungan penambangan pada daerah Gumelar dan sekitarnya terlihat masih belum dilakukan secara baik. Terlihat pada saat pengupasan/ penggalian tanah penutup tanah humus (*top soil*) tidak mengalami pemisahan terlebih dahulu, selain material tanah/ batuan hasil penggalian yang tidak mengandung bijih (*waste*) ditimbun di atas permukaan tanah dengan tidak memperhatikan masalah pencemaran terhadap badan air di sekitarnya terutama bila terkena air limpasan pada waktu hujan. Air limpasan mengalir melintasi timbunan *waste* yang mengandung berpotensi untuk menjadi air asam tambang.

Hal-hal yang perlu dilakukan dalam penanggulangan terhadap dampak yang terjadi dalam pengelolaan lingkungan tambang, adalah sebagai berikut:

- Timbunan *waste* terutama yang mengandung pirit harus ditimbun di tempat tertentu yang dijaga agar tempat tersebut tidak dilintasi air limpasan pada waktu hujan turun, untuk hal tersebut perlu dibuat parit-parit untuk menyalurkan air limpasan agar tidak melintasi timbunan *waste*.

- Timbunan limbah (*waste*) yang mengandung pirit perlu ditutup dengan lapisan tanah lempung dan batugamping serta dipadatkan agar lapisan piritnya tidak berhubungan dengan udara.
- Perlu dibuat kolam pengendap (kolam resistensi) sebelum air limpasan hujan memasuki sungai.

D. Penggunaan Alat Teknologi Tepat Guna

Untuk meningkatkan usaha penambangan yang telah dilakukan masyarakat, baik secara kualitatif maupun secara kuantitatif, perlu dilakukan penyempurnaan teknologi pertambangan dengan penggunaan teknologi tepat guna, termasuk proses pengolahan emas dapat menggunakan proses perendaman dalam tangka/ tong dengan sianidasi, sehingga produksi dapat ditingkatkan dan dapat memenuhi persyaratan ramah lingkungan. Faktor penanganan kesehatan dan keselamatan kerja (K3) para penambang rakyat harus selalu memperhatikan prosedur pekerjaan dengan menggunakan peralatan yang dianjurkan seperti: helmet, lampu penerangan, *safety glasses* (kaca mata), sepatu *boot*, *masker* dan jika dimungkinkan mengisi kartu jadwal masuk lubang tambang dengan penggunaan jam kerja 4 – 5 jam di dalam lubang tambang dan setelah itu bergantian. Adanya klinik kesehatan di lokasi penambangan diharapkan turut membantu dalam sosialisasi program K3. Pembuatan kamar asam dengan kondisi suhu kamar digunakan untuk proses peleburan bijih dengan campuran merkuri yang dimungkinkan untuk meminimalkan terhirupnya uap merkuri ke dalam saluran pernafasan. Selain tentunya penanganan terhadap pencemaran lingkungan tambang harus ada system control terhadap masalah penimbunan (*over burden*) yang memerlukan batuan dalam kapasitas besar, proses *crushing* dan *grinding* yang akan menghasilkan *fine* material dan lumpur.

V. PENUTUP

C. Kesimpulan

Beberapa hal yang dapat disimpulkan dari hasil kajian mengenai kegiatan penambangan rakyat yang sudah dilaksanakan mengenai model penambangan emas skala kecil, adalah sebagai berikut ini.

- 1) Kegiatan penambangan emas di daerah Gumelar dan sekitarnya sampai saat ini telah menghasilkan sumberdaya manusia dengan jumlah lebih dari 95 orang sebagai tenaga penambang yang

terampil, serta mempunyai pengetahuan dan mental yang teruji untuk melakukan pekerjaan dalam lubang tambang bawah tanah. Dengan demikian, maka kegiatan penambangan di wilayah ini akan terus berlangsung, dan nantinya diupayakan menjadi sentra Wilayah Pertambangan Rakyat (WPR) yang memiliki izin legal formal di wilayah Kabupaten Banyumas.

- 2) Perlu adanya perhatian dari pemerintah provinsi melalui dinas atau instansi terkait, khususnya Pemerintah Kabupaten Banyumas, dalam penataan kembali kegiatan pertambangan dan mencari alternatif solusi bagi masalah pertambangan emas skala kecil termasuk pembinaan dan pengawasannya.
- 3) Pengembangan usaha tambang emas skala kecil dilakukan dengan menerapkan sistem tambang bawah tanah (*underground mining*), dan diusulkan dengan menggunakan metoda gali-timbun (*cut and fill*) dengan memanfaatkan lubang bukaan yang ada (sebelumnya perlu dikeringkan dari genangan air).

D. Saran

1. Perlu adanya lokasi pencadangan wilayah pertambangan rakyat di daerah Kabupaten Banyumas, sehingga akan meningkatkan potensi ekonomi masyarakat sekitar wilayah pertambangan.
2. Perlu dibentuk sebuah badan usaha milik daerah (BUMD) yang khusus membidangi dunia pertambangan mineral di wilayah Kabupaten Banyumas.

DAFTAR PUSTAKA

- Aziz, M, 2014. Model Penambangan Emas Rakyat dan Pengelolaan Lingkungan Tambang di Wilayah Desa Paningkaban, Kecamatan Gumelar, Kabupaten Banyumas, Jawa Tengah, Jurnal Ilmiah Dinamika Rekayasa, Vol. 10, Fakultas Teknik UNSOED, Purbalingga.
- Carlile dan Mitchell, 1994. Magmatic Arcs and Associated Gold and Copper Mineralization in Indonesia. Jurnal Geochemical Exploration No. 50. Elsevier.
- Ernawati, R., Idrus, A., P. Himawan, T. B. M., 2017. Mineralogi Dan Geokimia Endapan Emas Epitermal Di Paningkaban, Kabupaten Banyumas, Jawa Tengah, Prosiding Seminar

Nasional XII “Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi, Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta.

- Hutamadi, R. dan Mulyana, 2006. Evaluasi Sumberdaya dan Cadangan Bahan Galian untuk Pertambangan Sekala Kecil, Daerah Kabupaten Banyumas, Provinsi Jawa Tengah, Proceeding Pemaparan Hasil-Hasil Kegiatan Lapangan dan Non Lapangan Tahun 2006, Pusat Sumberdaya Geologi, Bandung.
- Idrus, A., Hakim, F., Kolb, J., Appel, P., Aziz, M., 2013. Ore and Alteration Mineralogy of Paningkaban–Cihonje Gold Prospect, Gumelar Sub-District, Banyumas Regency, Central Java: A New Discovery of Carbonate Base Metal Gold Epithermal Deposit, Proceedings International Conference On Georesources and Geological Engineering, Yogyakarta, 100-113.
- Idrus, A., Hakim, F., Warmada, I. W., Aziz, M., Kolb, J., Meyer, F. M., 2015. Geology and Ore Mineralization of Tertiary Sedimentary Rock hosted LS Epithermal Gold Deposit at Paningkaban, Banyumas District, Central Java, Indonesia, Proceedins Mineral Resources in A SustainableWord, 13th SGA Biennial Meeting, Vol. 1, 299-302
- Idrus, A., Hakim, F., Warmada, I. W., Aziz, M., Kolb, J., Meyer, F. M, 2015. Geology and Ore Mineralisation of Neogene Sedimentary Rock Hosted In Epithermal Gold Deposit at Paningkaban, Banyumas Regency, Central Java, Indonesia, Journal of Applied Geology, Vol. 7, No. 2 : 75–81.
- Indonesianto, Y., 1996. Persiapan Pembukaan Tambang Bawah Tanah, Seri Tambang Umum, Jurusan Teknik Pertambangan, FTM, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran”, Yogyakarta.
- Isyqi, Aziz, M., Idrus, A., 2016. Karakteristik Tekstur dan Zonasi Endapan Urat Epitermal Daerah Cihonje, Kecamatan Gumelar, Kabupaten Banyumas, Jawa Tengah, Jurnal Riset Geologi dan Pertambangan, Vol. 26 (23-39), LIPI, Jakarta.
- Selinawati dan Rafiah, S., 1996. Pengelolaan Lingkungan Pada Tambang Emas Rakyat di Daerah Lanud Sulawesi Utara, Proyek Pengembangan Teknologi Pengolahan Bahan Galian, Puslitbang Teknologi Mineral, Bandung.
- van Bemmelen, 1949. The Geology of Indonesia, Vol. IA, General Geology, the Hague, Martinus, Nijhoff.

POTENSI ENERGI BARU DAN TERBARUKAN AIR BANYUMAS, JAWA TENGAH

Sachrul Iswahyudi*¹

*Email: sachrul.iswahyudi@unsoed.ac.id

¹Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Jenderal
Soedirman, Purwokerto

Abstrak—Konsumsi energi di masa-masa yang akan datang diperkirakan akan terus mengalami peningkatan yang signifikan. Pertambahan penduduk, dan pembangunan yang semakin pesat memerlukan suplai energi yang semakin tinggi. Di sisi lain, sumber energi yang selama ini menjadi andalan terus menipis dan mahal. Kabupaten Banyumas yang tidak memiliki cadangan sumberdaya energi fosil memerlukan sumber energi alternatif baru dan terbarukan, diantaranya air. Pemaparan mengenai potensi sumber energi air dilakukan melalui pendekatan telaah literatur pendahuluan dari berbagai informasi yang ada di masyarakat, dari sumber berita nasional, lembaga terkait, maupun artikel ilmiah. Kondisi topografi yang berbukit, demografi penduduk yang terdistribusi tidak merata, dan iklim dengan curah hujan tinggi dan keberadaan sungai-sungai yang banyak di Kabupaten Banyumas mendukung bagi pemanfaatan sumber energi air. Di sisi lain, keberadaan pembangkit listrik tenaga air yang memanfaatkan sumber energi air masih terbatas di Kabupaten Banyumas. Pemanfaatan sumber energi air sebagai sumber energi listrik perlu ditingkatkan karena terbukti dapat meningkatkan kegiatan ekonomi dan menghemat pengeluaran biaya listrik. Diperlukan penelitian yang semakin intensif untuk mendorong pemanfaatan sumber energi air yang lebih intensif.

Kata kunci — PLTA, mikro hidro, energi baru dan terbarukan, Banyumas

I. PENDAHULUAN

Dunia saat ini sedang mengalami kecenderungan untuk menggunakan sumber energi baru dan terbarukan. Hal ini juga melanda Indonesia sebagai negara berkembang yang membutuhkan energi dalam jumlah yang besar untuk memenuhi kebutuhan masyarakat dan pembangunan yang semakin meningkat sampai saat ini bahan bakar fosil masih menjadi sumber energi utama untuk memenuhi kebutuhan listrik dan energi dunia yang dimaksud adalah sumber energi minyak batubara dan gas alam.

Saat ini sumber energi baru dan terbarukan lebih kompetitif dari sebelumnya dibandingkan sumber energi fosil. Paling tidak ada

dua faktor yang mendukung nilai kompetitif energi baru dan terbarukan yaitu: teknologi yang semakin berkembang memungkinkan pengelolaan sumber energi baru terbarukan semakin murah dan efisien faktor faktor kedua adalah sumber energi fosil yang semakin mahal karena cadangannya yang semakin menipis sehingga investor mulai beralih ke penggunaan atau penemuan sumber energi lain yaitu energi baru dan terbarukan.

Pemerintah dan DPR sangat mendukung pengembangan energi baru dan terbarukan untuk mengurangi ketergantungan pada energi fosil. Dalam siaran pers ketua Badan Legislatif DPR, dalam rangka penyusunan RUU EBT (rancangan undang-undang energi baru dan terbarukan) pada Desember 2021, menyebutkan bahwa pada tahun 2050 penggunaan energi fosil akan hilang sesuai dengan baris diterima yang menjadi komitmen dunia dan komitmen Indonesia bersama akan tetapi mungkin akan ada masa transisi 10 tahun sehingga penggunaan energi akan benar-benar bergantian oleh energi baru tetap terbarukan (Pribadi, 2021).

Dalam konteks pengelolaan energi Indonesia dan Banyumas sumber energi baru dan terbarukan semakin nyata terlihat menjadi penting. Paling tidak ada dua hal yang mendukung pernyataan tersebut yaitu pernyataan bahwa di Banyumas belum ada lapangan Migas atau batubara yang telah berproduksi secara komersial kemudian di sisi lain Banyumas cukup menjanjikan dalam hal potensi sumber energi terbarukan dalam wujud energi air dan panas bumi. Banyumas yang memiliki cadangan sumber energi air dan panas bumi hendaknya menjadikan sumber energi baru terbarukan tersebut prioritas untuk dikembangkan daripada sumber energi yang harus didatangkan dari tempat lain karena tidak terdapat di Banyumas.

II. METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan studi pustaka dari berbagai sumber. Jenis pustaka yang digunakan antara lain: informasi dari portal berita nasional, tulisan ilmiah dan laporan penelitian dari institusi terkait, seperti Kementerian ESDM dan dan lain-lain.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Sumber Energi Air (Hydro power)

Salah satu cara untuk mengurangi ketergantungan dan penggunaan sumber energi fosil adalah meningkatkan penggunaan

sumber energi baru dan terbarukan antara lain-lain sumber energi air atau hidropower untuk pembangkit tenaga listrik. Potensi penggunaan PLTA dan pemanfaatannya di Indonesia masih besar karena untuk saat ini sumber energi air yang dimanfaatkan masih terbatas (Portal Berita Kompas, 2017). Selain itu tanggal waktu terus berkembang menyesuaikan daerah pembangunan PLTA yang spesifik. Sesuai dengan namanya Bangkit tenaga listrik air menggunakan arus air dan kecepatannya untuk menggerakkan turbin dan menghasilkan listrik. Pembangkit listrik energi air memanfaatkan energi potensial air yang berada pada ketinggian tertentu menjadi energi mekanik untuk menggerakkan turbin dan kemudian diubah oleh generator untuk menghasilkan listrik. Kemudian listrik disalurkan ke tempat-tempat yang memerlukannya, seperti rumah-rumah atau industri-industri.

Coaction Indonesia #EnergiMuda #Kolaborasi

AIR SEBAGAI SUMBER ENERGI TERBARUKAN

Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) adalah pembangkit listrik yang mengubah energi potensial air menjadi energi mekanik menggunakan turbin, kemudian diubah seterusnya menjadi energi listrik menggunakan generator dengan memanfaatkan ketinggian dan kecepatan aliran air

Klasifikasi PLTA Berdasarkan Keluaran Daya Listriknya:

- PIKOHIDRO**
5 kW
- MIKROHIDRO**
5 kW – 100 kW
- MINIHIDRO**
101 kW – 1 MW
- BENDUNGAN/DAM**
> 100 MW

Dampak Buruk PLTA Jenis Bendungan/Dam:

- Mengganggu keseimbangan ekosistem sungai/danau
- Kerusakan pada bendungan dapat menyebabkan risiko kecelakaan dan kerugian yang sangat besar
- Memakan biaya yang besar dan waktu yang lama

Sumber: U.S. Department of Energy

coaction.id @coactionid @coactionid @coactionid Coaction Indonesia

Gambar 1. Jenis PLTA berdasarkan tenaga listrik yang dihasilkan (Koaksi Indonesia, 2019)

Sumber energi air atau hidro, umumnya digunakan untuk menghasilkan energi dalam bentuk listrik atau pembangkit listrik tenaga air (PLTA). Berdasarkan kapasitas energi listrik yang dihasilkan, PLTA dapat dibedakan menjadi beberapa tipe, yaitu (Koaksi Indonesia, 2019):

- PLTA Piko, menghasilkan listrik tidak lebih dari 5 kilo watt (pK)
 - PLTA Mikro, menghasilkan listrik antara 5-100 kW
 - PLTA Mini, menghasilkan listrik antara 101 kW - 1 MW
 - PLTA Bendungan/Dam, menghasilkan listrik lebih dari 100 MW
- Klasifikasi PLTA juga seperti terlihat pada Gambar 1.

B. Pembangkit Listrik Tenaga Air di Indonesia

Kondisi alam berupa topografi yang bervariasi mulai dari perbukitan, pantai, dataran dan pegunungan, serta distribusi penduduk yang tidak merata (terutama di daerah terpencil), memunculkan tantangan tersendiri dalam pengembangan fasilitas kelistrikan di Indonesia. Investasi besar kelistrikan dan perawatannya akan menjadi mahal dengan kondisi tersebut. Dengan demikian, pemilihan dan pemanfaatan sumberdaya yang telah tersedia (lokal) menjadi pertimbangan yang serius untuk dikembangkan, salah satunya adalah pembangkit listrik tenaga air (PLTA), selain energi panasbumi, angin, dan lain-lain (Purwanto, 2014).

Sumber energi air cukup dipertimbangkan dalam pengembangan energi baru dan terbarukan di Indonesia karena beberapa faktor selain faktor yang telah disebutkan di atas. Faktor-faktor tersebut antara lain, posisi geografis Indonesia yang merupakan daerah tropis yang memiliki curah hujan yang tinggi dengan sungai-sungai yang banyak mengalirkan air dari hujan-hujan tersebut. Selain itu, kondisi topografi banyak lokasi di Indonesia yang berbukit dan gunungapi, yang memiliki beda tinggi yang baik untuk mengalirkan air cukup deras pada lokasi-lokasi tertentu juga mendukung pengembangan energi air ini (Purwanto, 2014).

Musim hujan yang hanya berlangsung 6 bulan diikuti musim kemarau mungkin menjadi tantangan tersendiri karena di musim kemarau, debit air menjadi berkurang, bahkan di beberapa tempat, sungai tidak mengalirkan air sama sekali. Beberapa pihak menawarkan beberapa solusi terkait masalah tersebut, bahwa, PLTA memerlukan "backup" bagi sumber energi lain yang tidak tergantung pada suplai air sebagai unsur utama. "Backup" tersebut bisa berupa PLTU skala kecil, panasbumi, angin atau yang lainnya. Tantangan lain

yang mungkin ada pada pengembangan PLTA adalah debit air yang kecil karena sungai-sungai yang pendek. Pemilihan tipe PLTA Piko mungkin bisa menjadi solusi. Di beberapa lokasi bahkan telah mulai dikaji pengembangan PLTA di aliran irigasi dengan debit yang kecil (Badan Penelitian dan Pengembangan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Indonesia, 2022) (Praharbi, 2021) (Prabowo *et al.*, 2019).

C. Pengembangan PLTA Nasional dan Banyumas

Sejarah penggunaan dan pengembangan sumber energi air untuk pembangkit listrik (PLTA) lama dilakukan sejak jaman kolonial Belanda. Pada Tahun 1925, pemerintahan kolonial membangun PLTA Lemajan, Pengalengan, Bandung untuk memenuhi kebutuhan listrik pabrik gula. Bersamaan dengan waktu, pemanfaatan diperluas untuk daerah sekitarnya (Sofiah, 2020). Setelah periode tersebut, penelitian dan pengembangan PLTA banyak dilakukan di berbagai daerah di Indonesia. Hasil penelitian terbaru memperlihatkan potensi pengembangan PLTA di seluruh Indonesia meliputi sebanyak 52.566 lokasi (Sub Bidang Informasi, 2021).

Sampai saat ini, PLTA Cirata merupakan pembangkit listrik bertenaga air (PLTA) terbesar di Indonesia. Berlokasi di Desa Cadas Sari, Kecamatan Tegal Waru, Kabupaten Purwakarta, Jawa Barat, pembangkit ini memiliki kapasitas terpasang 1.008 Mega Watt (MW) (Idris, 2015). Sedangkan di Jawa Tengah, Banyak PLTA berkapasitas besar yang sudah dibangun. Salah satu contohnya adalah pembangkit listrik tenaga air (PLTA) Mrica yang ada di Kabupaten Banjarnegara yang dapat menghasilkan daya sebesar 180,93 megawatt (MW) yang cukup besar untuk memasok listrik di kawasan Jawa Tengah (Ferial, 2015).

Pengembangan sumber energi air untuk PLTA telah lama dilakukan di Banyumas. Pada tahun 2010 Pemda Banyumas bekerja sama dengan pihak-pihak terkait melakukan pembangunan 12 PLTA. Listrik yang dihasilkan dari PLTA tersebut dijual ke PLN atau disalurkan ke rumah-rumah penduduk. Pembangkit listrik itu memanfaatkan aliran sungai Gua, Pruput dan Logawa untuk menghasilkan listrik sebesar 19 MW. Salah satu investor dari pihak swasta yang membangun PLTA tersebut antara lain adalah PT. Indonesia power. Pemerintah Banyumas mendapatkan pajak penerangan jalan dari proyek PLTA-PLTA tersebut (Andrianto, 2010).



Gambar 2: PLTA Ketenger, Banyumas (Supriyadi, 2018).

Pada tahun 2012 warga Desa Karang Tengah, Kecamatan Cilongok, Banyumas yang belum terakhir listrik PLN karena lokasinya yang terpencil dan hanya dihuni 70 warga, berinisiatif membangun PLTMH (pembangkit listrik tenaga mikro hidro), dengan memanfaatkan aliran sungai yang ada di sekitar. Seiring berjalannya waktu karena PLTMH yang dibangun tersebut mendapat bantuan dari Dinas ESDM Provinsi Jawa Tengah dan PT Indonesia power (anak perusahaan PLN). Kapasitas listrik yang dihasilkan tentu menjadi lebih besar dengan cakupan lokasi layanan yang lebih luas sehingga PLN nggak perlu memasang jaringan listrik yang mahal. Adanya aliran listrik dari PLTMH tersebut memicu kegiatan ekonomi yang lain sekaligus menghemat pengeluaran listrik untuk warga (Pristiandaru & Utomo, 2022).

Dari data yang dikeluarkan oleh Dinas ESDM Provinsi Jawa Tengah, paling tidak terdapat tiga PLTMH yang ada di Kabupaten Banyumas yaitu PLTMH di Desa Kalisalak (Kecamatan Kedung Banteng), Sambirata (Kecamatan Cilongok) dan Gunung Lurah (Kecamatan Cilongok). PLTMH kalisalak, Sambirata, dan Gunung Lurah, masing-masing memiliki kapasitas (menghasilkan) listrik dan jumlah pengguna masyarakat adalah berturut-turut 40 kVA, 150 pelanggan; 50 kVA, 248 pelanggan; 18 kVA, jumlah pelanggan tidak

terdaftar (Dinas ESDM Provinsi Jawa Tengah, 2017). Selain pembangkit listrik tenaga air skala mikro atau bahkan piko, di Kabupaten Banyumas telah terdapat PLTA yang lebih besar, yaitu PLTA Ketenger dengan kapasitas terpasang 2 x 3,5 MW, 1 x 1 MW dan 1 x 0,5 MW (Supriyadi, 2018).

IV. PENUTUP

A. Kesimpulan

Indonesia memiliki potensi sumber energi baru dan terbarukan yang besar dan menjanjikan sebagai pengganti energi fosil yang semakin mahal dan menipis. Di sisi lain pemanfaatan sumber energi air masih sangat terbatas dibandingkan potensi yang dimiliki. Salah satu kelebihan sumber daya air sebagai sumber energi listrik adalah pemanfaatan sumber energi air yang bisa dilakukan oleh masyarakat mulai dari kapasitas kecil dengan modal terbatas sampai dengan skala besar dengan modal besar oleh investor besar. Kabupaten Banyumas yang belum dapat mengidentifikasi secara nyata keberadaan sumber energi lain, cocok untuk pengembangan sumber energi air lokal karena keberadaannya yang melimpah, kondisi topografi dan iklim yang mendukung.

B. Saran

Diperlukan studi dan penelitian lebih lanjut mengenai potensi dan lokasi-lokasi yang cocok bagi pengembangan sumber daya air sebagai sumber energi listrik di Kabupaten Banyumas dan sekitarnya. Penelitian terkait sektor ekonomi dan sosial juga diperlukan untuk pemanfaatan sumber energi air ini secara maksimal. Sumber energi baru dan terbarukan air merupakan salah satu sumber energi masa depan yang perlu mendapat dukungan dari semua pihak termasuk pemerintah daerah demi kesinambungan kawasan san pembangunan.

V. UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kami ucapkan kepada rekan-rekan di Teknik Geologi Unsoed atas diskusi dan informasi yang disampaikan selama ini. Terimakasih juga kami sampaikan kepada editor dan pengelola *Book Chapter* ini atas kesediaan dan dukungan sehingga tulisan ini bisa terbit.

DAFTAR PUSTAKA

- Andrianto, A. 2010. *12 Pembangkit Listrik Mikrohidro Dibangun di Banyumas*. Portal Berita Nasional Tempo. Tersedia di <https://nasional.tempo.co/read/243037/12-pembangkit-listrik-mikrohidro-dibangun-di-banyumas> [Accessed 13 Juli 2022].
- Badan Penelitian dan Pengembangan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Indonesia 2022. *Pemanfaatan Saluran Irigasi Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro - TeknoPU*. Tersedia di <http://elearning.litbang.pu.go.id/teknologi/pemanfaatan-saluran-irigasi-untuk-pembangkit-listrik-tenaga-mikrohidro> [Accessed 13 Juli 2022].
- Dinas ESDM Provinsi Jawa Tengah 2017. *Data Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) di Jawa Tengah*. Dataset. Tersedia di <https://esdm.jatengprov.go.id/data/dataset/data-pembangkit-listrik-tenaga-mikrohidro-pltmh-di-jawa-tengah> [Accessed 12 Juli 2022].
- Ferial 2015. *Energi Air Terangi Jawa Tengah*. Portal Berita Direktorat Jenderal EBTKE - Kementerian ESDM. Tersedia di <https://ebtke.esdm.go.id/post/2015/03/02/793/energi.air.terangi.jawa.tengah> [Accessed 13 Juli 2022].
- Idris, M. 2015. *Melihat Lebih Dekat PLTA Terbesar di Indonesia yang Dibangun di Perut Bumi*. Portal Berita Nasional detik.com. Tersedia di <https://finance.detik.com/energi/d-3044074/melihat-lebih-dekat-plta-terbesar-di-indonesia-yang-dibangun-di-perut-bumi> [Accessed 13 Juli 2022].
- Koaksi Indonesia 2019. *Air sebagai Sumber Energi Terbarukan*. Klasifikasi PLTA berdasarkan keluaran daya listriknya. Tersedia di <https://coaction.id/en/air-sebagai-sumber-energi-terbarukan/> [Accessed 13 Juli 2022].
- Portal Berita Kompas 2017. 72 Tahun Merdeka, Mengapa Pembangunan PLTA di Indonesia Masih Minim? Halaman all - Kompas.com. 3 Jun: 1-1. Tersedia di <https://money.kompas.com/read/2017/06/03/192637226/72.tahun.merdeka.mengapa.pembangunan.plta.di.indonesia.masih.minim.?page=all> [Accessed 12 Juli 2022].

- Prabowo, Y., Broto, S. & Gata, G. 2019. Pelatihan Pemanfaatan Saluran Irigasi Untuk Pembangkit Listrik Microhidro Kepada Masyarakat di Desa Pamijahan Gunung Bunder. *Sebatik*, 23(2): 462–468. Tersedia di <https://jurnal.wicida.ac.id/index.php/sebatik/article/view/799> [Accessed 13 Juli 2022].
- Praharbi, M.S.K. 2021. *Saluran Irigasi Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Guna Menangkap Hama Wereng di Sawah*. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta. Tersedia di http://eprints.ums.ac.id/95110/1/NASKAH_PUBLIKASI.pdf [Accessed 13 Juli 2022].
- Pribadi, A. 2021. *Bahas RUU EBT, Menteri ESDM: Regulasi Memberikan Kepastian Hukum*. Siaran Pers, Kementerian ESDM. Tersedia di <https://ebtke.esdm.go.id/post/2021/12/15/3039/bahas.ruu.ebt.menteri.esdm.regulasi.memberikan.kepastiaan.hukum?lang=en> [Accessed 12 Juli 2022].
- Pristiandaru, D.L. & Utomo, A.P. 2022. *Mandiri Energi dari Desa Banyumas: Sudah Ada Pembangkit Tenaga Hidro, Warga Tolak Listrik PLN*. Portal Berita Nasional Kompas. Tersedia di <https://regional.kompas.com/read/2022/07/05/185820578/mandiri-energi-dari-desa-banyumas-sudah-ada-pembangkit-tenaga-hidro-warga?page=all> [Accessed 13 Juli 2022].
- Purwanto 2014. *Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH), Sebuah Pilihan: Belajar dari Koperasi Mekar Sari, Subang*. Jakarta: Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. Tersedia di <http://penerbit.lipi.go.id/data/naskah1534813880.pdf> [Accessed 13 Juli 2022].
- Sofiah, A.N.K. 2020. *Sejarah PLTA Lamajan Pangalengan sebagai situs peninggalan Belanda di Kabupaten Bandung tahun 1925*. Bandung: Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati. Tersedia di <http://digilib.uinsgd.ac.id/33693/> [Accessed 13 Juli 2022].
- Sub Bidang Informasi 2021. *Peta Potensi Energi Hidro Indonesia 2020*. Arsip Berita. Tersedia di <https://p3tkebt.esdm.go.id/news-center/arsip-berita/peta-potensi-energi-hidro-indonesia-2020> [Accessed 13 Juli 2022].
- Supriyadi 2018. *PLTA Ketenger Warisan Hebat Untuk Indonesia*. Porta Informasi Berita PT. Indonesia Power. Tersedia di <https://www.indonesiapower.co.id/id/komunikasi-berkelanjutan/pers/Pages/PLTA-KETENGER-WARISAN-HEBAT-UNTUK-INDONESIA-.aspx> [Accessed 13 Juli 2022].

SEBARAN DAN POTENSI BATUAN INTRUSI DIORIT SEBAGAI BAHAN GALIAN C DAERAH PANDANSARI DAN SEKITARNYA, WANAYASA, BANJARNEGARA

Huzaely Latief Sunan^{*1}

*email: huzaely.sunan@unsoed.ac.id

¹Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Jenderal
Soedirman, Purwokerto

***Abstrak**— Sektor tambang galian C memiliki peranan sangat penting untuk mendukung pembangunan proyek infrastruktur. Salah satu sumberdaya tambang galian C yaitu batuan diorit. Daerah Pandansari dan sekitarnya ditemukan keterdapatan batuan diorit berjenis intrusi yang menarik untuk dilakukan penelitian. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sebaran, potensi, dan karakteristik petrografi batuan diorit. Metode penelitian yang digunakan yaitu pemetaan geologi untuk mengetahui sebaran batuan dan analisis petrografi untuk mengetahui karakteristik serta komposisi mineral penyusun batuan. Hasil peneltitian menunjukkan keterdapatan potensi batuan diorit yang cukup besar dengan karakteristik petrografi batuan diorit memiliki komposisi mineral plagioklas, amphibol, piroksen, kuarsa, opak, dan klorit.*

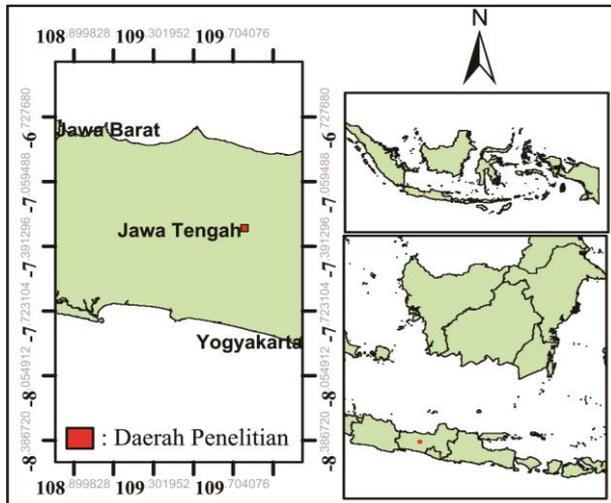
***Kata kunci** — diorit, potensi, petrografi, Pandansari, galian C*

I. PENDAHULUAN

Salah satu sumber daya alam yang berharga yaitu tambang galian C sebagai komoditas mineral non-logam (Darana dan Muslim, 2015). Sektor tambang galian C memiliki peranan penting dalam menunjang pembangunan proyek infrastruktur salah satunya batuan diorit. Meningkatnya pembangunan infrastruktur harus diimbangi dengan cadangan bahan galian C di suatu daerah (Alkhabsi, dkk., 2020). Cadangan bahan galian di suatu daerah dapat diketahui melalui tahapan eksplorasi. Pada kegiatan eksplorasi akan didapatkan gambaran tentang potensi bahan galian dan metode yang tepat dalam kegiatan penambangan dimasa yang akan datang (Kurniawan dan Ansory, 2020).

Eksplorasi bahan galian C dapat dilakukan melalui kajian geologi seperti yang dilakukan Irawan (2020) maupun melalui kajian geofisika seperti yang dilakukan Purwasatriya (2013). Daerah Pandansari dan sekitarnya ditemukan keterdapatan batuan intrusi

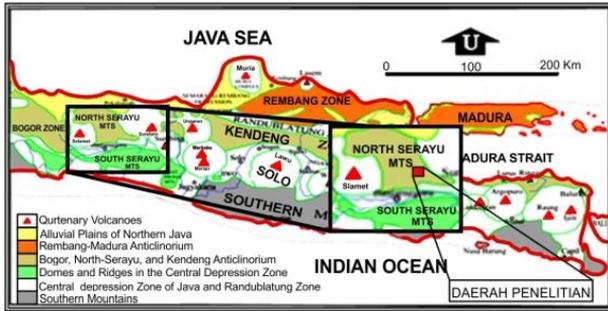
diorit yang pada sebagian tempat sudah dilakukan penambangan secara tradisional oleh masyarakat sekitar untuk keperluan pembangunan infrastruktur (Gambar 1). Batuan intrusi diorit ini merupakan batuan intrusi berumur miosen hasil aktivitas magmatisme Serayu Utara yang diinterpretasikan terjadi pada Kala Miosen-Pliosen (Condon, dkk., 1996; Husein, dkk., 2013; Purwasatriya, dkk., 2018, 2019). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sebaran, potensi, dan karakteristik petrografi batuan intrusi diorit melalui kegiatan pemetaan geologi dengan luas 4 Km x 4 Km dan analisis petrografi.



Gambar 1. Peta lokasi daerah penelitian

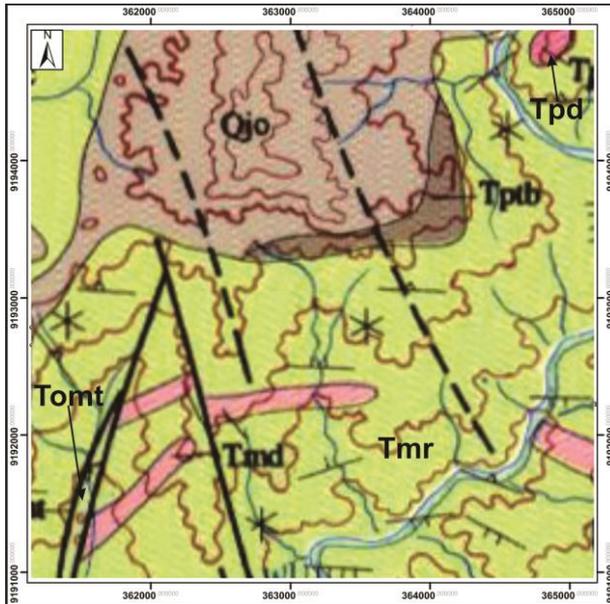
II. TINJAUAN PUSTAKA

Secara fisiografi, Bemmelen (1949) membagi Jawa Tengah menjadi 7 zona fisiografi yaitu: Zona Gunung Api Kuarter, Zona Dataran Aluvial Pantai Utara Jawa, Zona Antiklinorium Rembang – Madura, Zona Antiklinorium Bogor – Serayu Utara – Kendeng, Zona Pematang dan Dome pada Pusat Depresi, Zona Depresi Sentral Jawa – Randublatung, dan Zona Pegunungan Selatan. Berdasarkan fisiografi Pulau Jawa dan Madura dari Bemmelen (1949), daerah penelitian termasuk dalam Zona Antiklinorium Serayu Utara (*North Serayu Anticlinorium*) (Gambar 2).



Gambar 2. Peta fisiografi regional (modifikasi Bemmelen, 1949)

Berdasarkan peta geologi lembar Banjarnegara-Pekalongan (Condon, dkk., 1996), urutan stratigrafi regional daerah penelitian dari umur tua-muda yaitu: Formasi Totogan (Tomt), Diorit (Tpd), Batuan Intrusi Diorit (Tmd), Anggota Breksi Formasi Tapak (Tptb), Formasi Rambatan (Tmr), dan Batuan Gunungapi Jembangan (Qjo) (Gambar 3 dan Gambar 4).



Gambar 3. Peta geologi regional (modifikasi dari Condon, dkk., 1996)

muda. Sedangkan Pola Jawa dihasilkan oleh tektonik pada Neogen dan menjadi pola yang paling banyak berkembang di Pulau Jawa saat ini (Bachri, 2014). Daerah penelitian dipengaruhi oleh Pola Jawa yang berarah Barat-Timur dengan arah tegasan utama Utara-Selatan sebagai hasil aktivitas subduksi Lempeng Indo-Australia yang menujam menuju Lempeng Eurasia (Hilmi dan Haryanto, 2008).

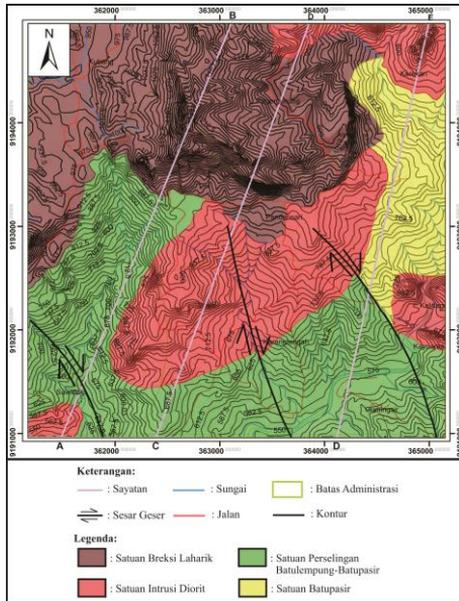
III. METODE

Metode penelitian yang dilakukan yaitu pemetaan geologi untuk mengetahui sebaran batuan dan analisis petrografi untuk mengetahui karakteristik dan komposisi mineral penyusun batuan. Hasil pemetaan geologi berupa peta geologi yang memberikan informasi sebaran batuan dan hasil analisis petrografi berupa karakteristik, komposisi mineral penyusun batuan, dan penamaan batuan berdasarkan klasifikasi batuan beku dari Streickensen (1976).

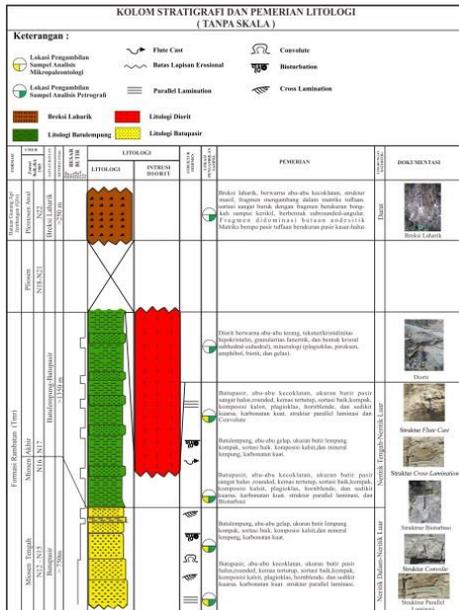
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pemetaan Geologi

Pemetaan geologi yang telah dilakukan pada daerah penelitian menghasilkan menghasilkan suatu informasi geologi yang di gambarkan dalam peta geologi, profil kolom stratigrafi, dan penampang sayatan geologi daerah penelitian. Satuan batuan pada daerah penelitian terbagi menjadi 4 dari berumur tua-muda yaitu: Satuan Batupasir berumur Miosen Tengah, Satuan Perselingan Batulempung-Batupasir berumur Miosen Tengah-Akhir, Satuan Intrusi Diorit berumur Miosen Akhir, dan Satuan Breksi Laharik berumur Pleistosen Awal (Gambar 6). Deskripsi masing-masing satuan batuan, hubungan, dan dokumentasi lapangan terdapat pada kolom stratigrafi daerah penelitian (Gambar 7).

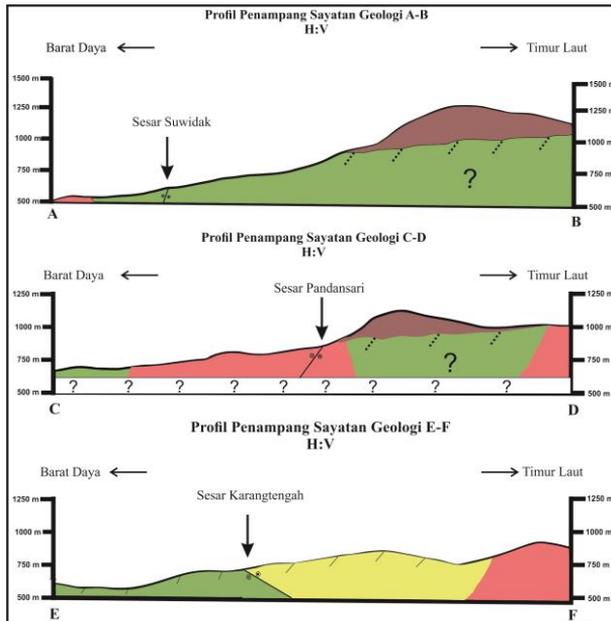


Gambar 6. Peta geologi daerah penelitian



Gambar 7. Stratigrafi daerah penelitian

Sebaran batuan intrusi diorit yang menjadi bahan galian C tersebar di beberapa lokasi dan yang terbesar berada di bagian tengah. Gambaran bawah permukaan dapat diketahui melalui rekonstruksi profil penampang sayatan peta geologi daerah penelitian (Gambar 8). Profile penampang sayatan memperlihatkan bahwa Satuan Intrusi Diorit menerobos batuan sedimen yang berada di atasnya dan terpotong oleh keberadaan sesar mendatar kanan di bagian tengah.



Gambar 8. Profil penampang sayatan peta geologi daerah penelitian

B. Analisis Petrografi

Analisis petrografi dilakukan kepada 3 sampel batuan di satuan intrusi diorit yang menempati sekitar 25% dari luas daerah penelitian. Secara umum batuan beku intrusi diorit pada daerah penelitian memiliki warna abu-abu segar, derajat kristalisasi hipokristalin, granularitas faneritik, bentuk kristal subhedral-euhedral, memperlihatkan struktur *columnar joint* dan *sheeting joint*. Secara umum berada pada kondisi pelapukan rendah.

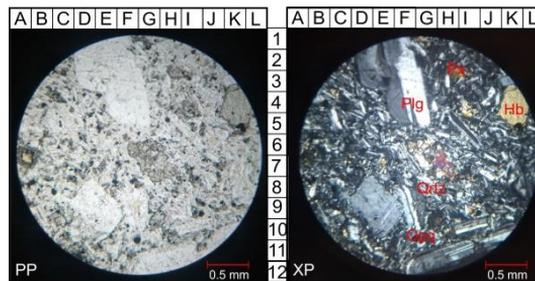
1) Sampel Stasiun Titik Amat (STA) FM. 6.9

Deskripsi megaskopis batuan beku ini memiliki warna abu-abu cerah, derajat kristalisasi hipokristalin, granularitas faneritik,

bentuk kristal euhedral, kemas inequigranular, dan tingkat pelapukan rendah (Gambar 9). Deskripsi mikroskopis batuan ini memiliki warna abu-abu muda (PP), abu-abu gelap (XP), porfiritik, anhedral-euhedral. Fragmen kristal (42%), terdiri dari: Plagioklas (Plg) Labradorite 30%, Hornblende (Hb) 15%, Piroksen (Px) 5%, Kuarsa (Qrtz) 3%, Mineral Opak (Opq) 5%, dan massa dasar (58%) yaitu mikrolit plagioklas. Berdasarkan klasifikasi batuan beku Streickensen (1976) nama batuan sampel STA FM. 6.9 yaitu Diorit (Gambar-10).



Gambar 9. Singkapan intrusi diorit STA 6.9



Gambar 10. Sayatan petrografi intrusi diorit STA 6.9

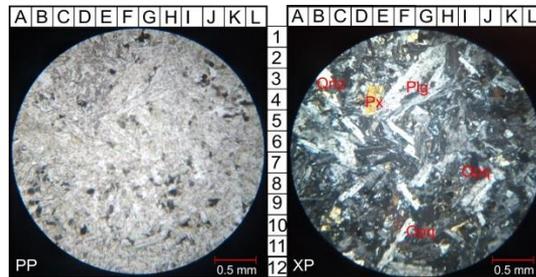
2) *Sampel Stasiun Titik Amat (STA) FM. 3.5*

Deskripsi megaskopis batuan beku ini memiliki warna abu-abu cerah, derajat kristalisasi hipokristalin, granularitas faneritik, bentuk kristal subhedral-euhedral, kemas inequigranular, dan tingkat pelapukan rendah-sedang (Gambar 11). Deskripsi mikroskopis batuan ini memiliki warna abu-abu muda (PP), abu-abu gelap (XP), porfiritik, anhedral-euhedral. Fragmen kristal (70%), terdiri dari: Plagioklas (Plg) Labradorite 45%, Piroksen (Px) 7%, Kuarsa (Qrtz) 3%, Mineral Opak (Opq) 15%, dan massa

dasar (30%) yaitu mikrolit plagioklas. Berdasarkan klasifikasi batuan beku Streickensen (1976) nama batuan sampel STA FM. 3.5 yaitu Diorit (Gambar 12).



Gambar 11. Singkapan intrusi diorit STA 3.5



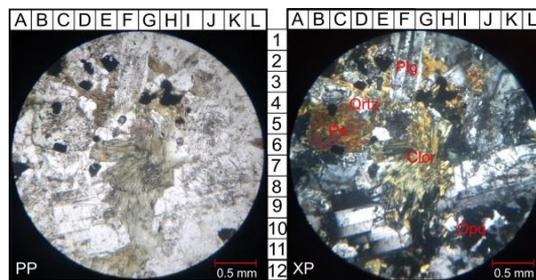
Gambar 12. Sayatan petrografi intrusi diorit STA 3.5

3) *Sampel Stasiun Titik Amat (STA) FM. 7.24*

Deskripsi megaskopis batuan beku ini memiliki warna abu-abu cerah, derajat kristalisasi hipokristalin, granularitas faneritik, bentuk kristal subhedral-euhedral, kemas equigranular, dan tingkat pelapukan rendah-sedang (Gambar 13). Deskripsi mikroskopis batuan ini memiliki warna abu-abu muda (PP), abu-abu kusam (XP), porfiritik, anhedral-euhedral. Fragmen kristal terdiri dari: Plagioklas (Plg) Andesine 50%, Piroksen (Px) 11%, Klorit (Clor) 20%, Kuarsa (Qrtz) 4%, dan Mineral Opak (Opq) 15%. Berdasarkan klasifikasi batuan beku Streickensen (1976) nama batuan sampel STA FM. 7.24 yaitu Diorit (Gambar 14).



Gambar 13. Singkapan intrusi diorit STA 7.24



Gambar 14. Sayatan petrografi intrusi diorit STA 7.24

V. PENUTUP

A. Kesimpulan

1. Daerah penelitian terdiri dari 4 satuan batuan dari umur tua muda yaitu: Satuan Batupasir, Satuan Perselingan Batulanau-Batupasir, Satuan Intrusi Diorit, dan Satuan Breksi Laharik.
2. Satuan Intrusi Diorit memiliki karakteristik megaskopis warna abu-abu segar, derajat kristalisasi hipokristalin, granularitas faneritik, bentuk kristal subhedral-euhedral, memperlihatkan struktur *columnar joint* dan *sheeting joint* dan karakteristik mikroskopis memiliki warna abu-abu muda (PP), abu-abu gelap (XP), porfiritik, anhedral-euhedral, dengan kandungan mineral plagioklas, amfibol, piroksen, kuarsa, opak, dan klorit.
3. Batuan Diorit pada Satuan Intrusi Diorit menjadi potensi cukup besar bahan galian C untuk digunakan sebagai material penunjang pembangunan proyek infrastruktur dimasa yang akan datang.

B. Saran

1. Perlu dilakukan uji tekan *uniaxial* pada setiap sampel agar diketahui kualitas kuat tekan batuan sebelum digunakan untuk material pembangunan proyek infrastruktur.
2. Sebelum dilakukan kegiatan eksploitasi dengan cakupan besar, sangat disarankan untuk dilakukan kajian ekologi dan *geo hazard* pada daerah peneltiain, sehingga saat proses eksploitasi daerah sekitar tetap aman dari risiko bahaya dan kerusakan lingkungan.

VI. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Jurusan Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Jenderal Soedirman yang telah memfasilitasi penulis untuk melakukan penelitian dan pihak-pihak yang telah membantu sampai penyusunan karya tulis ilmiah ini selesai.

DAFTAR PUSTAKA

- Alkhabsi, G.A, Sukartono, Trianda, O., 2020. Geologi dan Potensi Andesit sebagai Bahan Bangunan Berdasarkan Kuat Tekan Daerah Pule dan Sekitarnya, Trenggalek, Jawa Timur. Jurnal Mahasiswa Teknik Geologi (GEODA). Vol. 1, No. 1: 9-15.
- Bachri, S., 2014. Pengaruh Tektonik Regional Terhadap Pola Struktur dan Tektonik Pulau Jawa. Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral. Vol. 15, No. 4: 215-221.
- Bemmelen, V.R.W., 1949, The Geology of Indonesia Vol. 1A General Geology of Indonesia and Adjacent Archipelagoes, Netherland: Martinus Nyhoff The Haque, p. 28-30.
- Condon, W.H, Pardyanto L, Ketner K.B, Amin T.C, Gafoer S, Samodra H., 1996. Peta Geologi Lembar Banjarnegara dan Pekalongan, Jawa. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi: Bandung.
- Darana, A.R, Muslim, D., 2015. Karakteristik dan Kualitas Potensi Andesit di Daerah Kecamatan Soreang dan Sekitarnya, Kabupaten Bandung, Provinsi Jawa Barat. Buletin Sumber Daya Geologi. Vol. 10, No. 2: 129-140

- Hilmi, F, Haryanto I., 2008. Pola Struktur Regional Jawa Barat. *Bulletin of Scientific Contribution*. Vol. 6. No.1: 57-66.
- Husein S, Jyalita, J, Nurseecha, M.A.Q., 2013. Kendali Stratigrafi dan Struktur Gravitasi pada Rembesan Hidrokarbon Sijenggung, Cekungan Serayu Utara. *Prosiding Seminar Nasional Kebumian Ke-6*. Yogyakarta, p. 474-489.
- Irawan, F.E. 2020, Potensi Bahan Galian C Kabupaten Gresik Berdasarkan Kajian Geologi. *Jurnal Teknologi Sumberdaya Mineral*. Vol. 1, No. 1: 11-17.
- Kurniawan, A, Ansosry, 2020. Studi Geologi dan Prospek Kualitas Andesit di Daerah Nagari Tambang Kec IV Jurai Pesisir Selatan Sebagai Bahan Bangunan dan Tambang. *Jurnal Bina Tambang*. Vol. 5, No. 2: 45-55.
- Pulunggono, A, Martodjojo, S. 1994. Perubahan Tektonik Paleogen-Neogen Merupakan Peristiwa Terpenting di Jawa. *Prosiding Geologi dan Geotektonik Pulau Jawa*: p.37-50.
- Purwasatriya E.B., 2013. Studi Potensi Sumberdaya Andesit Menggunakan Metode Geolistrik di Daerah Kokap, Kabupaten Kulonprogo, Daerah Istimewa Yogyakarta. *Jurnal Dinamika Rekayasa*. Vol. 9, No. 2: 54-60.
- Purwasatriya, E.B, Surjono, S.S, Amijaya. D.H., 2018. Oligocene-Pleistocene paleogeography within Banyumas basin and implication to petroleum potential. *Proceeding of the 3rd International Conference on Science and Technology*. Yogyakarta; 1: 45–51.
- Purwasatriya, E.B, Surjono, S.S, Amijaya, D.H. 2019. Sejarah Geologi Pembentukan Cekungan Banyumas Serta Implikasinya Terhadap Sistem Minyak dan Gas Bumi. *Jurnal Dinamika Rekayasa*. Vol. 15, No. 1: 23-31.
- Streichsen, A.L., 1976. Classification of The common Igneous Rocks by Means of Their Chemical Composition. A Provisonal Attempt, *Neus Jahrbuch for Mineralogie, Monatshefte*.

POTENSI KEBERMANFAATAN LOGAM TANAH JARANG DI BATUAN SEDIMEN FORMASI TOTOGAN, KARANGSAMBUNG, KEBUMEN

Akhmad Khahlil Gibran*¹

*Email: akgibran@unsoed.ac.id

¹Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Jenderal
Soedirman, Purwokerto

Abstrak— Dijumpainya pengkayaan unsur Logam Tanah Jarang (LTJ) dan Yttrium (Y) pada endapan lempung sedimen laut dalam di daerah Pulau Minamitorishima, Jepang melatarbelakangi penelitian ini dengan menerapkan hipotesis yang sama kepada endapan sedimen laut dalam yang sudah terlithifikasi dan tersingkap ke permukaan sebagai batuan. Salah satu lokasi dijumpainya batuan sedimen laut dalam yaitu pada Formasi Totogan di Desa Seboro, Kecamatan Sadang, Kebumen, Jawa Tengah, terendapkan sebagai endapan olisostrom melange sedimenter. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi karakteristik unsur-unsur LTJ serta potensi kebermanfaatannya. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis kurva silang dari data konsentrasi unsur hasil analisis geokimia anorganik X-Ray Fluorescence (XRF) dari 15 sampel batuan yang diambil pada lintasan Pengukuran Penampang Stratigrafi (PPS) jalur K.Sogan, Formasi Totogan dengan jarak terukur berkisar 625 m, interval pengambilan sampel 25-30 m. Berdasarkan hasil pengujian XRF dari sampel batuan tersebut diketahui adanya potensi pengkayaan dan kelimpahan LTJ yang sangat potensial dan termasuk dalam jenis Highly Σ REE-rich sedimentary rock” dengan konsentrasi Σ REE >2000 ppm dan “Ordinary Σ REE-rich sedimentary rock” dengan konsentrasi Σ REE 400-2000 ppm. Unsur-unsur LTJ yang ditemukan tersebut dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan industri, teknologi, dan energi.

Kata kunci — Logam Tanah Jarang, Batuan Sedimen, Totogan, Melange

I. PENDAHULUAN

Perkembangan IPTEK yang cukup pesat saat ini banyak menghasilkan penelitian, khususnya dalam bidang energi dan lingkungan yang membuat penggunaan dan kebutuhan unsur logam tanah jarang (LTJ) atau rare earth element (REE) semakin meningkat. Saat ini, Cadangan LTJ sebagian besar dikuasai oleh Negara China yang kemudian mendominasi perdagangan LTJ dan menguasai lebih dari 90% pasokan global pemenuhan LTJ (Balaram, 2019).

Di alam, LTJ dijumpai sebagai senyawa campuran berupa kation trivalent pada karbonat, oksida, fosfat dan silika karbonat kompleks, serta umumnya dijumpai pada batuan beku granitik, pegmatite, carbonatites, batuan metamorf serta mineral-mineral lempung pada endapan laterit. Dewasa ini, dijumpai beberapa sumber pengkayaan LTJ yang baru, diantaranya terdapat pada endapan limbah pengolahan batubara dan juga ditemukan pada endapan sedimen laut dalam sebagai material sedimen tak terkonsolidasi. Proses pengkayaan atau enrichment yang tinggi terjadi pada endapan lempung laut dalam setelah dilakukan penelitian oleh Takaya,dkk (2018) menggunakan metode pengolahan mineral yang efektif dengan hydrocyclone separator yang mampu memisahkan butiran kalsium biogenik fosfat yang memiliki kandungan LTJ hingga 22.000 µg/g. Namun, dengan kondisi teknologi eksplorasi dan eksploitasi laut dalam saat ini, banyak faktor yang harus dipertimbangkan, diantaranya tingkat kesulitan dalam hal penelitian dan eksplorasi serta biaya akomodasi yang tinggi. Menanggulangi kendala tersebut, sangat direkomendasikan melakukan riset yang lebih efisien dengan mencoba mempelajari potensi dan karakteristik LTJ pada sedimen laut dalam melalui endapan yang sudah tersingkap ke daratan sebagai batuan. Secara Tektonic Indonesia merupakan daerah yang kompleks secara umum terdapat evolusi jalur magmatik Pulau Jawa adalah akibat adanya subduksi lempeng Indo-Australia yang menujam ke lempeng Eurasia. Terjadi perubahan pada jalur magmatik ini akibat adanya perbedaan kecepatan penujaman lempeng Indo-Australia terhadap lempeng Eurasia. Jalur subduksi purba pada Pre-Tersier yang memiliki umur Kapur, dapat diamati mulai dari Jawa Barat selatan (ciletuh), Pegunungan Serayu (Jawa Tengah) dan Laut Jawa bagian timur ke Kalimantan Tenggara. Endapan Subduksi dapat diamati dengan jelas di Daerah Seboro, Kecamatan Sadang, Jawa tengah merupakan salah satu daerah yang tersusun atas batuan sedimen laut dalam sebagai anggota Formasi Totogan. Penelitian di daerah tersebut sangat diperlukan dan menjadi penting karena merupakan hal yang baru dalam bidang eksplorasi LTJ, sehingga berpotensi menciptakan peluang yang baik dalam bidang penelitian LTJ sebagai sumber daya material maju di Indonesia.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Pengertian Logam Tanah Jarang (LTJ)

Logam Tanah Jarang (LTJ) atau dikenal juga dengan Rare Earth Element (REE) adalah kumpulan dari beberapa unsur yaitu scandium (Sc), lanthanum (La), cerium (Ce), praseodymium (Pr), neodymium (Nd), promethium (Pm), samarium (Sm), europium (Eu), gadolinium (Gd), terbium (Tb), dysprosium (Dy), holmium (Ho), erbium (Er), thulium (Tm), ytterbium (Yb), lutetium (Lu) dan yttrium (Y) (Gambar 1). Dalam tabel periodik, unsur-unsur ini termasuk Kelompok Lantanida. Dari ketujuhbelas unsur LTJ tersebut dikelompokkan lagi menjadi kelompok LTJ berat atau heavy REE dan LTJ ringan atau light REE, berdasarkan nomor atom dan letak unsur-unsur tersebut dalam tabel periodik (GAO, 2010).

Penggunaan istilah “tanah jarang” dalam Logam Tanah Jarang (LTJ) merupakan suatu asumsi awal yang berkaitan dengan keberadaan LTJ yang tidak banyak dijumpai (Chakhmouradian, 2012). Akan tetapi, pada kenyataannya kelimpahan dari unsur LTJ di kerak Bumi melebihi unsur-unsur lainnya. Misalnya unsur Cerium (Ce) dan yttrium (Y), unsur ini masing-masing adalah unsur ke-25 dan ke-30 yang paling berlimpah menurut massanya, jauh melebihi konsentrasi Sn, Hg, Mo, dan semua logam mulia (Rudnick dan Gao, 2003). Namun kelimpahan dari unsur LTJ lainnya di kerak Bumi sangat kecil, terutama jika dihitung ulang ke konsentrasi atom. Misalnya atom dari terbium (Tb) dan thulium (Tm), dua dan lima kali (masing-masing) lebih sedikit jumlahnya di kerak benua daripada Mo dan dua kali lipat lebih jarang daripada Cu (Chakhmouradian, 2012). Hal yang membuat LTJ dapat disebut “jarang” juga berkaitan dengan konsentrasi dari keterdapatannya LTJ yang biasanya tidak cukup tinggi untuk ditambang secara ekonomis (Badan Geologi, 2019).

B. Potensi Logam Tanah Jarang (LTJ) di Batuan Sedimen

Badan Geologi (2019) dalam bukunya yang berjudul Logam Tanah Jarang di Indonesia menyatakan bahwa genesis dari endapan Logam Tanah Jarang (LTJ) dapat diklasifikasikan menjadi dua, yaitu endapan primer dan endapan sekunder. Untuk LTJ yang berasal dari cebakan primer, berhubungan dengan aktifitas magmatisme dan hidrothermal. Sedangkan LTJ endapan sekunder, berhubungan dengan proses sedimentasi. Di Indonesia, LTJ endapan sekunder dapat digolongkan kedalam tiga kelompok, yaitu endapan residual, endapan

plaser hasil rombakan dan pelapukan batuan kaya LTJ, serta LTJ yang terkonsentrasi dalam endapan batubara (Badan Geologi, 2019). Umumnya di Indonesia mineral pembawa unsur LTJ dapat berasal dari mineral xenotim, monasit dan zirkon yang berasosiasi dengan kasiterit dari penambangan timah alluvial.

LOGAM TANAH JARANG BERAT																					
H																	He				
Li	Be															B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg															Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr				
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe				
Cs	Ba	<small>La-Lu</small>	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn				
Fr	Ra	<small>Ac-Lr</small>	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt													
Lanthanides																					
La Ce Pr Nd Pm Sm Eu Gd Tb Dy Ho Er Tm Yb Lu																					
Actinides																					
Ac Th Pa U Np Pu Am Cm Bk Cf Es Fm Md No Lr																					

Gambar 1. Unsur-unsur LTJ dalam Tabel Periodik (Badan Geologi, Buku Potensi Logam Tanah Jarang di Indonesia, 2019)

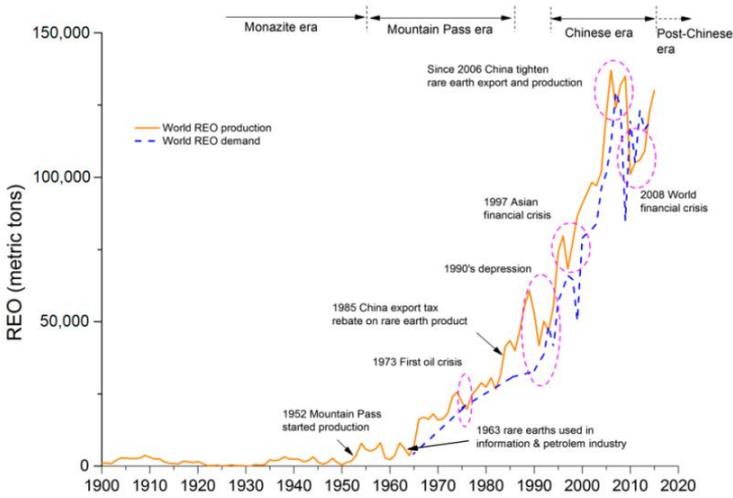
Suatu penelitian terbaru yang dilakukan oleh Yasukawa, dkk. (2015) dan Tanaka, dkk. (2020) menghasilkan suatu terobosan dalam bidang eksplorasi Logam Tanah Jarang. Analisis yang dilakukan oleh Yasukawa, dkk. (2015) meunjukkan adanya keterdapat potensi pengkayaan sumber daya LTJ di daerah Samudra Hindia. Diindikasikan LTJ di lokasi tersebut berasal dari endapan sedimen berupa lempung yang kaya unsur LTJ dan nodul kaya unsur Fee-Mn yang terendapkan secara luas dan tumpang tindih (berlapis-lapis) di lingkungan laut dalam. Berdasarkan hasil analisis tersebut pula menghasilkan suatu hipotesis mengenai genesa pengkayaan unsur LTJ, di mana oleh Logam Tanah Jarang Berat atau Heavy Rare Earth Element (HREE) yang terbentuk sebagai cebakan sekunder. Diketahui pula cebakan sekunder tersebut berhubungan dengan proses sedimentasi laut dalam, di mana melalui proses itu terjadi pengendapan material dan mineral pembawa unsur-unsur LTJ yang berukuran lempung. Sehingga dari endapan tersebut menghasilkan endapan lempung laut dalam yang kaya akan unsur LTJ.

Selanjutnya, penelitian lain dilakukan oleh Tanaka, dkk. (2020), menyatakan adanya potensi pengkayaan unsur yttrium (Y) yang merupakan unsur LTJ di endapan sedimen lepas berupa endapan lempung laut dalam di daerah barat laut Samudra Pasifik, di dekat Pulau Minamitorishima, Jepang. Dengan mengacu pada konsep dari penelitian dan analisis-analisis tersebut, maka didapati suatu asumsi bahwa adanya kemungkinan keterdapatannya unsur Logam Tanah Jarang (LTJ) pada sedimen laut dalam yang telah mengalami litifikasi menjadi batuan sedimen, yang kemudian tersingkap ke permukaan Bumi.

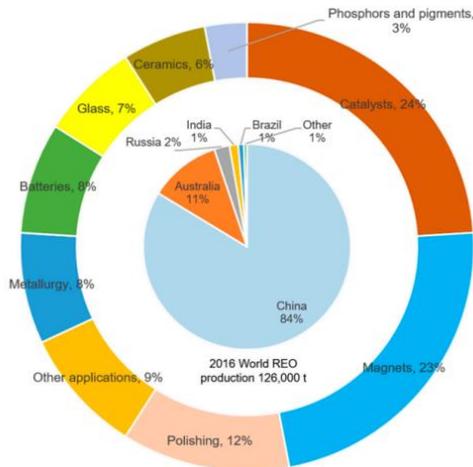
C. Manfaat Logam Tanah Jarang (LTJ) dan Kebutuhan Dunia Industri

Menurut Klinger (2015) dalam publikasinya mengenai sejarah logam tanah jarang, diketahui bahwa unsur Logam Tanah Jarang (LTJ) pertama kali ditemukan pada tahun 1788. Namun, sebelum tahun 1950-an produksi dan konsumsi REE tahunan global kurang dari 5.000 metrik ton rare earth oxides (REO), bahkan pada saat itu LTJ sangat jarang digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Namun, sejak tahun 1960-an, pengaplikasian LTJ secara bertahap telah meluas ke kehidupan sehari-hari, seperti layar televisi, industri perminyakan, dan sistem komputer; oleh karena itu, produksi dan konsumsi REE global telah mengalami peningkatan yang signifikan dalam dekade-dekade berikutnya (Gambar-2) (Zhou dkk., 2017).

Logam Tanah Jarang memiliki sifat elektronik, optik, katalitik, dan magnetik yang sangat baik yang memberikan solusi untuk banyak tantangan teknologi modern, menjadikannya berguna untuk berbagai aplikasi (Zhou dkk., 2017). Sekarang ini, unsur LTJ banyak digunakan di berbagai industri; misalnya, dalam paduan dan pemurnian logam, sebagai katalis otomotif & petrokimia, pewarna kaca dan keramik, panel LED, lampu neon, baterai isi ulang, kabel serat optik, laser, peralatan industri pertahanan, dan lain sebagainya. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Zhou dkk., produksi global LTJ adalah 126.000 metrik ton REO pada tahun 2016, yang sebagian besar terdiri dari China (85%) dan Australia (10%), dan sisanya didistribusikan ke Malaysia, Brasil, India, Rusia, dan Vietnam (Gambar 3). Dapat terlihat bahwa China masih mendominasi akan produksi unsur LTJ untuk kebutuhan industri global.



Gambar 2. Produksi dan permintaan global akan REE sepanjang dekade (Zhou dkk., 2017)



Gambar 3. Distribusi produksi dan konsumsi LTJ global pada tahun 2016 (Zhou dkk., 2017)

Kebutuhan dunia akan Logam Tanah Jarang (LTJ) dapat dikaitkan pula dengan permasalahan global mengenai emisi karbon (CO₂). Solusi akan masalah tersebut yaitu dengan menggunakan energi ramah lingkungan atau energi hijau (Green Energy). LTJ memainkan peran penting dalam munculnya teknologi bersih dan ramah lingkungan, yaitu seperti turbin angin, mobil listrik,

penerangan hemat energi, dan baterai isi ulang. Dengan transformasi sistem energi global ke arah yang lebih berkelanjutan dan terbarukan, teknologi bersih dan ramah lingkungan ini diprediksi akan tumbuh signifikan dalam beberapa dekade mendatang (Zhou dkk., 2017).

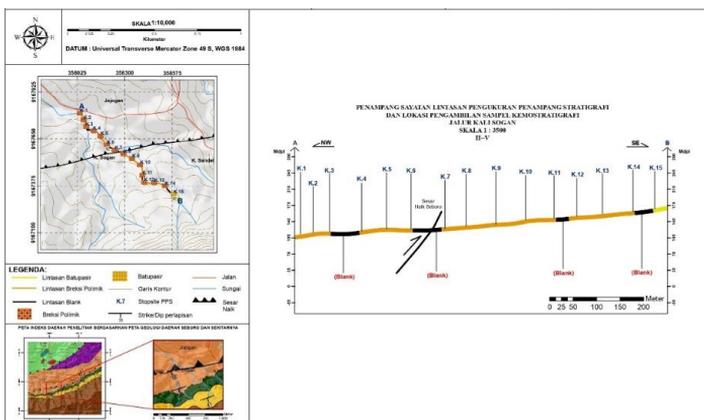
III. METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan analisis data geokimia anorganik berupa *X-Ray Fluorescence* (XRF) dari 15 sampel batuan yang diambil pada lintasan Pengukuran Penampang Stratigrafi (PPS) jalur K. Sogan, Formasi Totogan dengan jarak terukur berkisar 625 m, interval pengambilan sampel yaitu 25-30 m. Hasil analisis XRF kemudian akan diolah untuk mengetahui trend grafik kurva silang antar dua unsur untuk mengetahui hubungan setiap unsur terhadap kandungan LTJ.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Keterdapatan Logam Tanah Jarang di Batuan Sedimen Formasi Totogan

Untuk mengetahui keterdapatan Logam Tanah Jarang (LTJ) pada batuan sedimen, maka dilakukan analisis geokimia anorganik terhadap 15 sampel batuan yaitu berupa batulempung sebagai matriks breksi polimik. Sampel batuan tersebut didapati dari Pengukuran Penampang Stratigrafi (PPS) pada lintasan batuan sedimen formasi Totogan K.Dadap, dan memiliki panjang lintasan sekitar 625 m dengan interval pengambilan sampel sekitar 25-30 m (Gambar 4).



Gambar 4. Peta Lintasan PPS (Ramadhan, 2022)

Analisis geokimia anorganik dilakukan melalui pengujian *X-Ray Fluorescence* (XRF) dari sampel batuan tersebut. Nilai data geokimia anorganik hasil pengujian XRF menggunakan satuan ppm atau *part per million*. Hasil pengujian XRF menunjukkan adanya unsur LTJ yang cukup melimpah, yaitu mulai dari rentang 463 ppm hingga 2795 ppm. Mengacu pada klasifikasi penentuan potensi Σ REE pada batuan sedimen oleh Ijima, dkk (2016) yang dimodifikasi, maka LTJ pada lokasi penelitian dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis berdasarkan kelimpahannya, yaitu “*Highly Σ REE-rich sedimentary rock*” dengan konsentrasi Σ REE >2000 ppm dan “*Ordinary Σ REE-rich sedimentary rock*” dengan konsentrasi Σ REE 400-2000 ppm. Berdasarkan hal tersebut, maka potensi pengkayaan dan kelimpahan unsur LTJ di lokasi penelitian terbilang sangat potensial (Tabel-1).

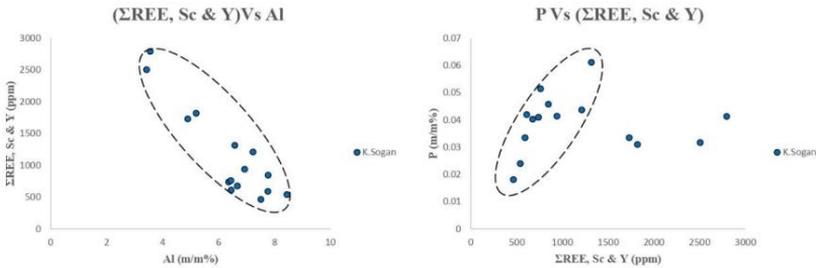
Tabel 1. Nilai konsentari unsur REE hasil analisis XRF dari 15 sampel batuan

Sampel	K.1	K.2	K.3	K.4	K.5	K.6	K.7	K.8	K.9	K.10	K.11	K.12	K.13	K.14	K.15
Eu	570	179	117	111	558	124	148	268	213	512	484	269	184	377	515
Gd	320	269	221	222	245	267	287	275	290	328	286	225	280	272	297
Sc	286	0	126	32.7	0	0	142	201	172	1700	924	1860	120	188	250
Yb	57.6	47.9	46.3	49.4	46.6	44	83.4	29.9	41.8	68.6	64.4	54	65.4	45	45
Dy	52.4	0	43.6	19.3	60.5	27.9	44.6	40.5	15.8	102	24.9	66.9	0	35.5	42.5
Y	30.1	25	25.8	24.2	21.6	24.1	33	26.9	24.8	27.3	24.1	21.1	25.4	22.5	26.3
Sc	0	0	0	0	799	120	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tm	0	12.4	11	0	0	2.81	0	5.21	3.15	57.6	12.4	9.79	0	0	34.8
Er	0	6.3	0	4.81	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Σ REE	1316.1	539.6	590.7	463.41	1730.7	609.81	738	846.51	760.55	2795.8	1819.8	2508.79	674.8	940	1210.6

Untuk mengetahui hubungan antar unsur LTJ terhadap unsur-unsur tertentu, maka dilakukan analisis plot kurva silang atau Scatter Plot. Pada analisis ini, digunakan perbandingan unsur LTJ terhadap unsur Al dan juga unsur P, dengan melihat korelasi data dari hasil penggambaran garis tren liniernya. Dalam plot kurva silang ini, unsur Al dan unsur P berada pada sumbu X, sedangkan untuk unsur LTJ berada pada sumbu Y. Berdasarkan Tribovillard dkk. (2006) jika hasil analisis terhadap unsur Al menunjukkan korelasi positif, hal tersebut mengindikasikan adanya keterkaitan unsur dengan material rombakan, dan juga dapat diketahui bahwa unsur tersebut memiliki korelasi terhadap kehadiran mineral lempung. Untuk analisis kurva silang terhadap unsur P, jika menghasilkan korelasi trend positif, maka dapat diindikasikan sumber pembawa unsur LTJ berkaitan dengan fosfat biogenik dan mineral apatit $(Ca, Ln)_5(PO_4)_3(F, Cl, OH)$.

Hasil analisis kurva silang unsur LTJ terhadap unsur Al, menghasilkan korelasi negatif, hal ini mengindikasikan bahwa unsur LTJ pada lokasi penelitian tidak berkaitan dengan material rombakan. Sedangkan pada hasil analisis kurva silang unsur LTJ terhadap unsur

P, menunjukkan korelasi positif, sehingga dapat diindikasikan bahwa sumber pembawa unsur LTJ berkaitan dengan fosfat biogenik dan juga mineral apatit (Gambar-5).



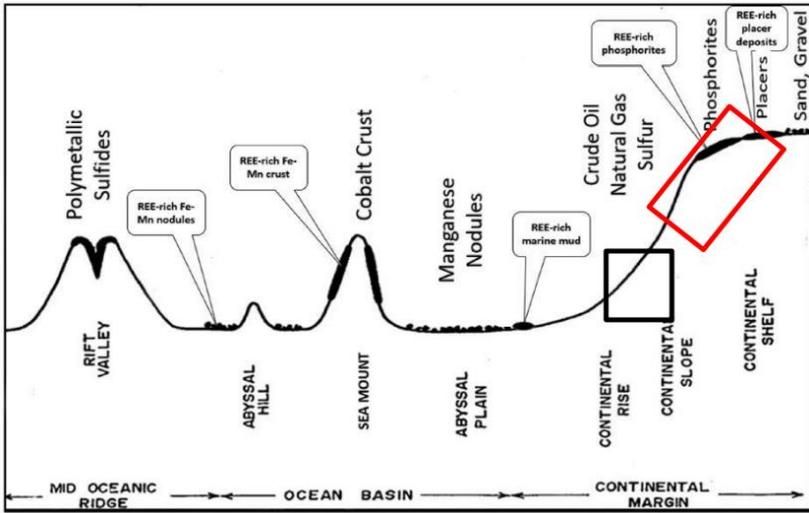
Gambar 5. Plot kurva silang unsur Al dengan unsur LTJ (kiri) dan plot kurva silang unsur P dengan unsur LTJ (kanan).

Adanya keterkaitan sumber pembawa unsur LTJ dengan fosfat biogenik, dapat diinterpretasikan berasal dari kehadiran *Biogenic Calcium Phosphates* (BCP). BCP dapat berasal dari sisa-sisa tulang dan gigi ikan, cangkang moluska, maupun dari sisa biota laut. Berdasarkan analisis pada batulempung formasi Totogan, didapati adanya kelimpahan foraminifera planktonik dan bentonik, dan juga adanya kandungan pecahan-pecahan cangkang moluska dalam batuan yang diinterpretasikan sebagai sumber dari BCP.

Sumber pembawa unsur LTJ diketahui pula berkaitan dengan mineral apatit, di mana mineral ini erat hubungannya dengan endapan *phosphorites*, karena mineral apatit termasuk kelompok mineral fosfat. Mineral apatit umumnya dapat berasal dari batuan metamorf, misalnya marmer dan gneiss. Selain berasal dari *Biogenic Calcium Phosphates* (BCP) dan mineral apatit, dapat diinterpretasikan pula bahwa sumber pembawa LTJ pada batulempung formasi Totogan ini berasal dari mineral xenotime (YPO₄). Diketahui bahwa mineral xenotime termasuk kelompok mineral fosfat yang mengandung unsur *yttrium* (Y).

Batuan sedimen formasi Totogan pada lokasi penelitian diinterpretasikan memiliki lingkungan pengendapan yang termasuk dalam zona proksimal kipas bawah laut yaitu pada area inner fan. Zona ini mengindikasikan adanya kelimpahan pengkayaan Logam Tanah Jarang (LTJ) yang diinterpretasi berasal dari *Biogenic Calcium Phosphates* (BCP) dan juga dari endapan *phosphorites*. Endapan

phosphorites tersebut dapat berasal dari *continental shelf*, yang kemudian mengalami transportasi ke area yang lebih dalam seperti pada area *inner fan*. Hal ini mengacu pada Balaram (2019) mengenai genesa terjadinya potensi pengkayaan LTJ yang berasal dari lingkungan *continental shelf* sampai *mid oceanic ridges* (Gambar-6).



Gambar 6. Genesa terjadinya potensi pengkayaan LTJ dari lingkungan *Continental Shelf* sampai *Mid Oceanic Ridges* (dimodifikasi oleh AK Ramadhan, 2022 dari dari Balaram, 2019)

B. Potensi Kebermanfaatan Logam Tanah Jarang di Batuan Sedimen Formasi Totogan

Hasil analisis data geokimia batuan sedimen formasi Totogan dari daerah penelitian, menunjukkan adanya potensi pengkayaan dan kelimpahan unsur Logam Tanah jarang (LTJ). Berdasarkan hasil pengujian XRF dari sampel batuan tersebut diketahui adanya potensi pengkayaan dan kelimpahan LTJ yang sangat potensial dan termasuk dalam jenis *Highly ΣREE-rich sedimentary rock*” dengan konsentrasi ΣREE >2000 ppm, dan *“Ordinary ΣREE-rich sedimentary rock”* dengan konsentrasi ΣREE 400-2000 ppm. Unsur-unsur LTJ yang terkandung dalam batuan sedimen formasi Totogan yang teridentifikasi dari hasil pengujian XRF yaitu berupa unsur *europium* (Eu), *gadolinium* (Gd), *scandium* (Sc), *ytterbium* (Yb), *dysprosium* (Dy), *thulium* (Tm), *erbium* (Er), *scandium* (Sc), dan *yttrium* (Y).

Unsur-unsur LTJ yang ditemukan tersebut dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan industri, teknologi, dan energi.

Unsur *europium* (Eu) berperan penting akan kebutuhan dunia, seperti pengaplikasiannya untuk layar penguat sinar-X, tabung sinar katoda atau panel layar plasma, dan juga dapat digunakan dalam lampu fluoresen hemat energi dan dioda pemancar cahaya (Bünzli, 2010). Unsur Eu ini didoping dengan fosfor yang kemudian digunakan untuk berbagai produk seperti bahan dalam layar CRT, Fls, dan chip LED (Qiao-Chu Wang dkk., 2020).

Unsur *gadolinium* (Gd) digunakan untuk berbagai aplikasi teknologi tinggi, seperti untuk kaca otomotif penyerap inframerah, katalis perengkahan minyak bumi, pengaplikasian pada gelombang mikro, serta fosfor tabung TV berwarna (Pedreira, 2004). Unsur Gd telah banyak digunakan dalam industri superkonduktor dan produksi magnet, unsur ini juga dapat digunakan dalam bidang biomedis seperti untuk *Magnetic Resonance Imaging* (MRI) jika unsur ini dikombinasi dengan elemen pengkelat fluorida seperti klorida (Siew, 2020).

Unsur *scandium* (Sc) memiliki sifat magnetik, listrik dan optik yang unik. Karena hal tersebut menjadikan unsur Sc banyak digunakan dalam berbagai bidang seperti dalam industri kimia, optik, laser, daya komputer, superkonduktor, hingga untuk kebutuhan perawatan medis (pyrzyńska, 2019). Unsur Sc juga merupakan komponen kunci dalam memproduksi *solid oxide fuel cell*, paduan aluminium terutama untuk industri luar angkasa, dan juga dapat diaplikasikan pada pencetakan 3D (Dittrich, 2018).

Menurut Zheng (2011), unsur *ytterbium* (Yb) adalah salah satu unsur tanah jarang yang paling signifikan, dan telah menarik perhatian khusus karena sifatnya yang unik dan berbagai aplikasinya. Unsur Yb dapat digunakan dalam bahan optik, diaplikasikan pada *stainless steel* untuk membantu meningkatkan sifat bahan tersebut. Unsur Yb dalam dunia medis dipakai untuk kedokteran gigi, yaitu sebagai *ytterbium fiber laser* untuk melepaskan *ceramic brackets* dari gigi (Sarp, 2011).

Unsur *dysprosium* (Dy) dapat digunakan dalam magnet permanen untuk mempertahankan kekuatan magnet pada suhu tinggi. Magnet permanen yang didoping unsur Dy, kemudian diaplikasikan pada kendaraan listrik, industri kendaraan motor, hingga pada turbin angin *direct-drive* (Hoenderdaal, 2012).

Unsur *thulium* (Tm) adalah unsur tanah jarang yang paling langka. Sifat kimianya mirip dengan Yttrium. Karena sifat fotografinya yang unik, Thulium digunakan dalam fosfor sinar-X yang sensitif untuk mengurangi paparan sinar-X (Hurst, 2010). Unsur Tm yang dibuat sebagai serat doping dipergunakan dalam sistem laser berbasis serat optik yang disebut *Thulium-doped fibre* (TDF). Laser TDF ini digunakan dalam aplikasi ilmiah dan industri, seperti LIDAR, *supercontinuum generation*, dan *nonlinear frequency conversion for mid-IR* (Chernysheva dkk., 2016).

Berdasarkan Hurst (2010), diketahui bahwa unsur *erbium* (Er) merupakan LTJ dengan sifat optik luar biasa yang menjadikan unsur ini penting untuk digunakan dalam transmisi data serat optik jarak jauh. Er dapat digunakan sebagai penguat untuk transmisi data serat optik. Unsur ini juga telah diperkenalkan dalam laser dalam penggunaan medis karena cocok untuk pengiriman energi tanpa pembentukan termal di jaringan manusia (van As, G., 2004). Dalam penelitian Bleaney (1998), diketahui bahwa *Erbium* dapat digunakan dalam nuklir dan metalurgi, misalnya, dengan menambah *erbium* ke *vanadium* dapat menurunkan kekerasan dan meningkatkan kemampuan kerja alat.

Unsur *scandium* (Sc) memiliki sifat pendar dan konduktivitas listrik, sehingga unsur ini digunakan dalam pencahayaan, laser dan elektronik (Hurst, 2010). *Scandium* dapat dimanfaatkan untuk memproduksi bahan berkinerja tinggi dalam industri luar angkasa (*aerospace*) (Riva, 2018). Unsur ini juga dapat digunakan dalam bahan peralatan olahraga ringan (Geissler, 2016).

Unsur *yttrium* (Y) merupakan unsur yang digunakan dalam industri kendaraan karena unsur ini dapat membantu meningkatkan efisiensi bahan bakar dan mengurangi polusi (Park dkk., 2016). Unsur Y dalam perangkat komunikasi gelombang mikro untuk pertahanan dan industri satelit (Mallmann, 2013). Yttrium iron garnets digunakan sebagai resonator untuk digunakan dalam *frequency meters*, perangkat pengukuran medan magnet, *tunable transistor*, dan *Gunn oscillators* (Hurst, 2010).

Unsur-unsur dalam LTJ yang ditemukan dalam batuan sedimen formasi Totogan, tidak semata-merta langsung dapat digunakan begitu saja. Namun, diperlakukan perlakuan khusus, seperti dengan mengekstraksi unsur LTJ tersebut dari batuan menggunakan metode-metode tertentu. Metode ekstraksi unsur LTJ dari batuan

sedimen misalnya *leaching* menggunakan campuran-campuran senyawa kimia tertentu (Emsbo, 2015).

V. PENUTUP

A. Kesimpulan

Batuan sedimen formasi Totogan menunjukkan adanya potensi pengkayaan dan kelimpahan unsur Logam Tanah jarang (LTJ). Berdasarkan hasil pengujian XRF dari sampel batuan tersebut diketahui adanya potensi pengkayaan dan kelimpahan LTJ yang sangat potensial dan termasuk dalam jenis *Highly ΣREE-rich sedimentary rock*” dengan konsentrasi ΣREE >2000 ppm dan *“Ordinary ΣREE-rich sedimentary rock”* dengan konsentrasi ΣREE 400-2000 ppm. Teridentifikasi sembilan dari tujuh belas unsur LTJ yang terkandung dalam batuan sedimen formasi Totogan, yaitu berupa unsur *europium* (Eu), *gadolinium* (Gd), *scandium* (Sc), *ytterbium* (Yb), *dysprosium* (Dy), *thulium* (Tm), *erbium* (Er), *scandium* (Sc), dan *yttrium* (Y). Unsur-unsur LTJ tersebut dapat diaplikasikan pada berbagai keperluan industri, teknologi, dan energi. Misalnya, bidang industri teknologi, kendaraan, satelit, listrik, komunikasi, hingga industri kesehatan.

B. Saran

Eksplorasi terhadap unsur LTJ di lokasi penelitian cukup disarankan, agar dapat dimanfaatkan untuk berbagai kebutuhan industri dalam upaya tercapainya tujuan pembangunan berkelanjutan di negeri ini. Namun, dalam perencanaannya wajib memperhatikan dampak terhadap lingkungan dan masyarakat, dan sangat wajib memperhatikan ijin AMDAL. Pemanfaatan unsur LTJ harus dilakukan dengan penuh kebijaksanaan dan rasa tanggung jawab. Penulis juga merekomendasi untuk melakukan penelitian lanjutan mengenai pengkayaan Logam Tanah Jarang (LTJ) di batuan sedimen formasi Totogan dengan metode lain seperti menggunakan metode *Grid Sampling*.

VI. UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kami ucapkan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat (LPPM) Universitas Jenderal Soedirman yang telah memberikan kesempatan penulis untuk dapat melakukan

penelitian menggunakan skema Riset Peningkatan Kompetensi (RPK) tahun 2022.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Geologi. *Potensi Logam Tanah Jarang di Indonesia*. Pusat Sumber Daya Mineral, Batubara, dan Panas Bumi, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. Badan Geologi. Bandung. (2019).
- Balaram, V. Rare earth elements: A review of applications, occurrence, exploration, analysis, recycling, and environmental impact. *Geoscience Frontiers*, 2019;10(4), 1285-1303.
- Bünzli, J. C. Europium in the limelight. *Nature chemistry*, 2010; 2(8): 696-696.
- Bleaney, B. The magnetic properties of erbium vanadate. *Applied Magnetic Resonance*, 1999;16(1), 19-22.
- Chakhmouradian, A. R., & Wall, F. Rare earth elements: minerals, mines, magnets (and more). *Elements*, 2012; 8(5): 333-340.
- Chernysheva, M., Mou, C., Arif, R., AlAraimi, M., Rummeli, M., Turitsyn, S., & Rozhin, A. High power Q-switched thulium doped fibre laser using carbon nanotube polymer composite saturable absorber. *Scientific reports*, 2016; 6(1): 1-10.
- Dittrich, C., & Yagmurlu, B. SCALE: An Emerging Project for European Scandium Supply. In *Proceedings of the ALTA.*: 2018.
- Emsbo, P., McLaughlin, P. I., Breit, G. N., du Bray, E. A., & Koenig, A. E. Rare earth elements in sedimentary phosphate deposits: solution to the global REE crisis?. *Gondwana Research*, 2015; 27(2): 776-785.
- GAO. United States government accountability office: rare earth materials in the defense supply chain. Briefing for congressional committees. *GAO-10-617R Rare Earth Materials in the Defense Supply Chain*. 2010
- Geissler, U., Thomas, S., Schneider-Ramelow, M., Mukhopadhyay, B., & Lang, K. D. Aluminum-scandium: A material for

- semiconductor packaging. *Journal of electronic materials*, 2016; 45(10): 5456-5467.
- Hoenderdaal, S., Espinoza, L. T., Marscheider-Weidemann, F., & Graus, W. Can a dysprosium shortage threaten green energy technologies?. *Energy*, 2013; 49: 344-355.
- Hurst, C. *China's rare earth elements industry: What can the west learn?*. Institute for the Analysis of Global Security Washington DC. 2010.
- Iijima, K., Yasukawa, K., Fujinaga, K., Nakamura, K., Machida, S., Takaya, Y., ... & Kato, Y. Discovery of extremely REY-rich mud in the western North Pacific Ocean. *Geochemical Journal*, 2016; 50(6); 557-573.
- Klinger, J. M. A historical geography of rare earth elements: From discovery to the atomic age. *The Extractive Industries and Society*, 2015; 2(3); 572-580.
- Mallmann, E. J. J., Sombra, A. S. B., Goes, J. C., & Fehine, P. B. A. Yttrium iron garnet: properties and applications review. *In Solid State Phenomena*. Trans Tech Publications Ltd. 2013: 202; 65-96.
- Park, J., Lee, Y., Chang, I., Cho, G. Y., Ji, S., Lee, W., & Cha, S. W. Atomic layer deposition of yttria-stabilized zirconia thin films for enhanced reactivity and stability of solid oxide fuel cells. *Energy*, 2016: 116; 170-176.
- Pedreira, W. R., da Silva Queiroz, C. A., Abrao, A., & Pimentel, M. M. Quantification of trace amounts of rare earth elements in high purity gadolinium oxide by sector field inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS). *Journal of alloys and compounds*, 2004: 374(1-2); 129-132.
- Pyrzyńska, K., Kilian, K., & Pęgier, M. Separation and purification of scandium: From industry to medicine. *Separation & Purification Reviews*, 2019: 48(1); 65-77.
- Ramadhan, A. K. Geologi dan Kemostratigrafi Unsur pada Batuan Sedimen Laut dalam Formasi Totogan, Kecamatan Sadang, Jawa Tengah (Skripsi, Universitas Jenderal Soedirman). 2022.
- Riva, S. Scandium metal processing for aerospace application (*Doctoral dissertation*, Swansea University). 2018.

- Sarp, A. S. K., & Gülsoy, M. Ceramic bracket debonding with ytterbium fiber laser. *Lasers in medical science*, 2011: 26(5); 577-584.
- Siew, E. L., Farris, A. F., Rashid, N., Chan, K. M., & Rajab, N. F. In vitro toxicological assessment of gadolinium (III) chloride in V79-4 fibroblasts. *Genes and Environment*, 2020: 42(1); 1-7.
- Tanaka, E., Nakamura, K., Yasukawa, K., Mimura, K., Fujinaga, K., Iijima, K., ... & Kato, Y. Chemostratigraphy of deep-sea sediments in the western North Pacific Ocean: Implications for genesis of mud highly enriched in rare-earth elements and yttrium. *Ore Geology Reviews*, 2020: 119; 103392.
- Tribovillard, N., Algeo, T. J., Lyons, T., & Riboulleau, A. Trace metals as paleoredox and paleoproductivity proxies: an update. *Chemical geology*, 2006: 232(1-2); 12-32.
- van As, G. Erbium lasers in dentistry. *Dental Clinics*, 2004: 48(4); 1017-1059.
- Yasukawa, K., Nakamura, K., Fujinaga, K., Machida, S., Ohta, J., Takaya, Y., & Kato, Y. Rare-earth, major, and trace element geochemistry of deep-sea sediments in the Indian Ocean: Implications for the potential distribution of REY-rich mud in the Indian Ocean. *Geochemical Journal*, 2015: 49(6); 621-635.
- Zhou, B., Li, Z., & Chen, C. Global potential of rare earth resources and rare earth demand from clean technologies. *Minerals*, 2017: 7(11); 203.

ANALISIS KERENTANAN GERAKAN TANAH MENGUNAKAN ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS (AHP) DAERAH MERTASARI, KECAMATAN PURWANEGARA-BANJARNEGARA

Cahaya Paramuditha Noviyani^{*1}, Indra Permanajati²,
Januar Aziz Zaenurrohman²

*Email: cahaya.noviyani@mhs.unsoed.ac.id

¹Geologist Muda Indonesia

²Staf Pengajar Jurusan Teknik Geologi Universitas Jenderal
Soedirman, Purwokerto

***Abstrak**—Kecamatan Purwanegara, Kabupaten Banjarnegara, Jawa Tengah merupakan salah satu wilayah yang memiliki potensi bencana gerakan tanah cukup tinggi. Penelitian ini dilakukan untuk memetakan dan menganalisis potensi gerakan tanah. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menjelaskan keadaan geologi dan mengetahui zona kerentanan gerakan tanah pada daerah penelitian. Penelitian ini menggunakan metode AHP (Analytical Hierarchy Process), yaitu memberikan nilai dan bobot yang sesuai dengan masing-masing parameter penyebab terjadinya gerakan tanah, kemudian dilakukan overlay untuk analisis berbasis GIS (Geographic Information System). Penelitian menghasilkan peta zonasi kerentanan gerakan tanah yang terbagi menjadi 4 tingkat kerentanan gerakan tanah, yaitu tingkat kerentanan gerakan tanah sangat rendah, tingkat kerentanan gerakan tanah rendah, tingkat kerentanan gerakan tanah menengah, dan tingkat kerentanan gerakan tanah sangat tinggi.*

***Kata Kunci**— Gerakan tanah, AHP, overlay, kerentanan*

I. PENDAHULUAN

Gerakan tanah atau tanah longsor merupakan suatu proses dimana material-material bumi (batuan, material rombakan, dan tanah) bergerak menuju bawah suatu lereng oleh gaya gravitasi (Varnes, 1978).

Lokasi penelitian berada pada daerah Mertasari dan sekitarnya yang secara administratif termasuk dalam wilayah Kecamatan Purwanegara, Kabupaten Banjarnegara, Jawa Tengah. Daerah penelitian terdiri atas beberapa desa yaitu: Desa Mertasari, Desa Danaraja, Desa Merden, Desa Karanganyar, Desa Kaliajir, Desa

Parakan. Daerah Mertasari dan sekitarnya pada umumnya tersusun oleh batuan yang tersusun pada Batuan Terbreksikan (KTm), Grewake (KTs), Anggota Breksi Formasi Ligung (QTlb), Endapan Undak (Qt) (Condon, et al, 1996).

Kondisi di lapangan secara umum sudah mengalami pelapukan dan memiliki kondisi lereng yang landai hingga curam. Terlebih pada daerah selatan dengan kondisi yang lebih lapuk dari lainnya. Curah hujan daerah tersebut juga termasuk dalam kategori tinggi sehingga hal ini memungkinkan potensi gerakan tanah apabila terjadi musim hujan dan dapat menjadi ancaman bagi keselamatan penduduk yang tinggal di wilayah Mertasari dan Sekitarnya. Sehingga, penulis melakukan penelitian ini untuk mengetahui zona kerentanan gerakan tanah dengan membuat zonasi kerentanan gerakan tanah sebagai peringatan dini dalam paya penanggulangan bencana tanah longsor di daerah penelitian. Metode yang digunakan yaitu dengan analisis spasial Sistem Informasi Geografis berdasarkan parameter yang diberikan bobot menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP).

II. TINJAUAN PUSTAKA

Analytical Hierarchy Process merupakan salah satu metode yang dilakukan untuk kepentingan tertentu dengan cara memberikan nilai atau pembobotan berpasangan menggunakan tabel tingkat kepentingan berdasarkan tabel tingkat kepentingan Saaty, 1988. Dalam pembuatan zonasi gerakan tanah, penggunaan metode AHP dapat dilakukan dengan menggabungkan semua parameter dasar yang dibutuhkan seperti peta curah hujan, peta kemiringan lereng, peta penggunaan lahan, peta litologi, peta buffering struktur, dan peta kerapatan sungai (SNI, 2005).

Pemberian nilai atau pembobotan dilakukan untuk menghasilkan nilai perbandingan. Kemudian, matriks perbandingan tersebut diolah untuk menentukan bobot dari masing-masing parameter yang sudah diberi nilai tingkat kepentingan. Bobot termasuk dalam keadaan baik apabila parameter tersebut memiliki nilai $CR < 0,1$. Perhitungan nilai CR menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$CI = \frac{\{\lambda_{max} - n\}}{n-1}$$

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

Keterangan : *CI* = Consistency Index
λ maks = Maxmimal eigenvalue
n = Jumlah parameter
RI = Ratio index
CR = Consistency ratio

Maximal eigenvalue merupakan perkalian dari matriks perbandingan berpasangan dengan bobot pada setiap parameter, sementara Ratio Index mengacu pada tabel Ratio Index (Saaty, 1988)

III. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini, terdapat beberapa tahapan dalam melakukan penelitian yang akan dilakukan, diantaranya adalah:

A. Tahap Studi Pustaka

Tahapan penelitian ini yang pertama yaitu melalui tahap studi pustaka. Studi pustaka untuk penelitian dilakukan berdasarkan peta geologi regional dan melakukan pengumpulan referensi mengenai penelitian berupa buku, jurnal maupun tugas akhir dengan mencari topik studi khusus yang berkaitan dengan penelitian, selain itu, melakukan pengumpulan peneliti terdahulu yang dilakukan di daerah penelitian.

B. Tahap Pengambilan Data

Tahap pengambilan data yaitu berupa data primer atau data lapangan dan data sekunder. Data primer diperoleh dengan cara melakukan pemetaan lapangan pada daerah penelitian, sehingga didapatkan pengetahuan tentang kondisi lapangan yang sebenarnya dan juga data pendukung seperti: data geomorfologi, peta lintasan, data geologi dan litologi batuan, sampel batuan, data titik longsor. Sedangkan data sekunder diperoleh dari beberapa sumber, seperti data BMKG Kabupaten Banjarnegara, dan data BPBD Kabupaten Banjarnegara, data sekunder tersebut seperti: data curah hujan selama satu pada Maret 2020-Maret 2021, data tata guna lahan daerah penelitian.

C. Tahap Analisis dan Pengolahan Data

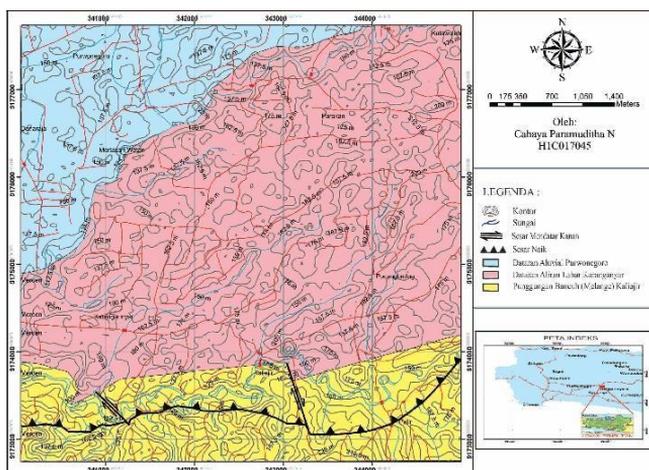
Tahap analisis yang dilakukan setelah pengambilan data lapangan yaitu analisis laboratorium, yaitu analisis petrografi, analisis stratigrafi serta analisis bentukan struktur geologi di daerah penelitian. Analisis tersebut dilakukan untuk mengolah data geologi dan menghasilkan peta geologi, peta geomorfologi, kolom stratigrafi, dan sejarah geologi. Kemudian dilanjutkan proses analisis menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) berdasarkan 6 parameter yaitu: data curah hujan, tata guna lahan, litologi, buffering struktur geologi, kemiringan dan kerapatan sungai. Semua parameter tersebut diberikan nilai pembobotan yang kemudian menghasilkan skor untuk melakukan *overlay* peta parameter dan menentukan zonasi kerentanan tanah di daerah penelitian.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Geologi Umum

1. Geomorfologi Daerah Penelitian

Pembagian satuan geomorfologi berdasarkan klasifikasi bentuk muka bumi (Brahmantyo dan Bando, 2006). Daerah penelitian terbagi menjadi 3 satuan geomorfologi, yaitu Satuan Dataran Aluvial Mertasari Wetan, Satuan Dataran Aliran Lahar Karanganyar, Satuan Punggungan Bancuh (Melange) Kaliagir (Gambar 1).



Gambar 1. Peta Geomorfologi Daerah Penelitian

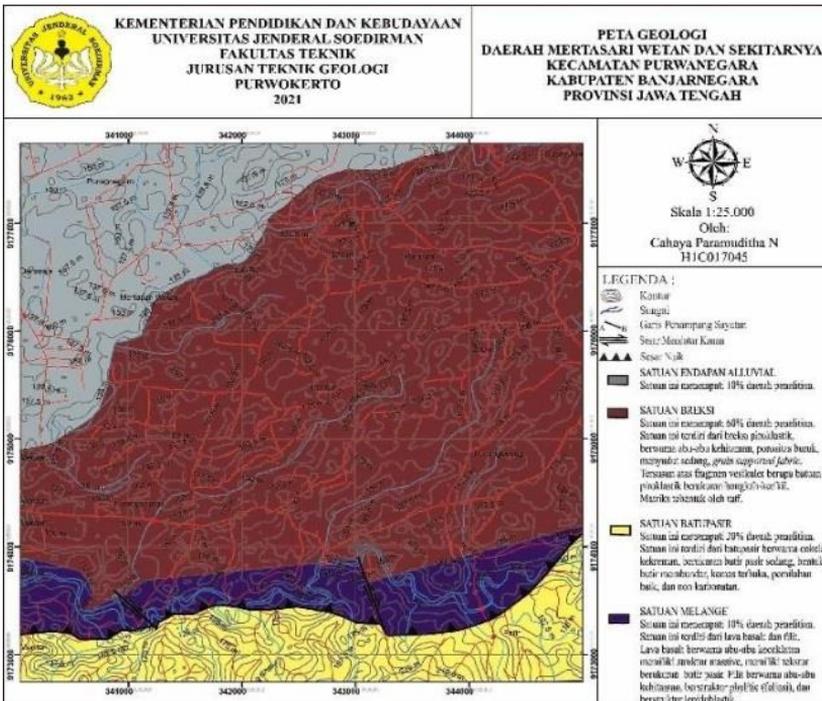
2. Stratigrafi Daerah Penelitian

Stratigrafi daerah Mertasari dan sekitarnya terdiri dari 4 satuan batuan dari tua ke muda yaitu: Satuan Melange, Satuan Batupasir, Satuan Breksi, Satuan Endapan Aluvial (Gambar 2).

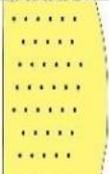
Gambaran umum geologi tersebut juga dapat digambarkan dengan ketebalan berdasarkan analisis peta geologi yaitu menggunakan kolom stratigrafi. Apabila digambarkan secara vertikal, maka penggambaran stratigrafi daerah penelitian adalah sebagai berikut (Gambar 3).

a. Satuan Melange

Satuan Melange ini menyebar menempati 10% dari keseluruhan daerah penelitian, penamaan berdasarkan pada litologi yang dominan. Satuan ini termasuk ke dalam Batuan Terbreksikan (KTm) dan memiliki ketebalan yang tidak terdefiniskan. Satuan ini dapat diperkirakan berumur Kapur dan terbentuk pada lingkungan laut dalam. Satuan ini memiliki hubungan tidak selaras dengan satuan batuan yang berada di atasnya yaitu satuan batupasir.



Gambar 2. Peta Geologi Daerah Penelitian

 KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PERGURUAN TINGGI UNIVERSITAS JENDERAL SOEDIRMAN FAKULTAS TEKNIK TEKNIK GEOLOGI 2021		IPRABLIK KEGIATAN LAPANGAN KOLUM STRATIGRAFI DAERAH PENELITIAN DAN SEKITARNYA KUCAMATAN PURWAKAWARA KABUPATEN BANJARNEGARA JAWA TENGAH	
Keterangan :  Petrografi Rutas Lapisan dan Satuan :  Tidak Selaras		Simbol Litologi :  Breksi  Batupasir  Lava Basalt  Filik	
		Tanda Skala Oleh : CAHAYA PARAMUDITHA NOVYANI H1C017045	
Formasi	Umur	Litologi	Pemernian
Endapan Denauk (Q)	Pliososen		
Anggota Breksi Formasi Ligang (QTib)	Pliososen - Pleistosen		Satuan Endapan Aluvial. Satuan ini termasuk karena proses erosi, pelapukan, dan transportasi.  Endapan Aluvial Satuan Breksi Piroklastik. Satuan ini terdiri dari breksi piroklastik, berwarna abu-abu kehitaman, terpolih banyak, mempunyai selang, <i>gravel supported fabric</i> . Terusun atas fragmen berupa batuan piroklastik berukuran bongkah kerakal. Matriks terbentuk oleh tuff. Deskripsi Fragman Berwarna abu-abu, struktur masive, memiliki akreta berukuran butir pasir dengan material penyusunnya berupa glas, merupakan Tuff. Deskripsi Matriks Matriks berukuran pasir dengan warna terang, mengandung lithic dan glas. BLANK
Greywacke (KTs)	Eosen Tengah N15 - N16		Satuan Batupasir. Satuan ini terdiri dari batupasir berwarna coklat kehitaman, berukuran butir sedang, bentuk butir merubundar, lemah terbutir, pemilahan baik, dan terinterbotasi.  Batupasir  Batupasir
Batuan Tschekchakan (KTm)	Kapur Awal - Pleistosen		Satuan Melange. Satuan ini terdiri dari lava basalt dan filik. Lava Basalt. Batuan berwarna abu-abu terang, memiliki struktur masive, memiliki tekstur berakoma, butir pasir. Filik. Batuan berwarna abu-abu kehitaman, bertekstur gleyitis (kebul), dan berakretur lepidoblastik.  Lava Basalt  Filik  Filik
			Dokumentasi
			
			
			
			
			
			
			
			Lapisan
			Darat
			Darat
			Foreland Basin
			Laut Dalam

Gambar 3. Kolom Stratigrafi Daerah Penelitian

b. Satuan Batupasir

Satuan Batupasir memiliki persebaran menempati 20%, penamaan berdasarkan pada litologi yang dominan. Satuan ini termasuk ke dalam Greywacke (KTs) satuan ini memiliki ketebalan ±180 m. Satuan ini dapat diperkirakan berumur Eosen Tengah dan terbentuk pada lingkungan *foreland basin*. Satuan ini memiliki hubungan yang selaras dengan satuan melange di bawahnya dan tidak selaras dengan satuan breksi di atasnya karena terdapat *blank* umur cukup jauh.

c. Satuan Breksi

Satuan Breksi memiliki persebaran menempati 60% luas, penamaan berdasarkan pada litologi yang dominan. Satuan ini termasuk ke dalam Anggota Breksi Formasi Ligang (QTib) satuan ini memiliki ketebalan ±87,5m.

Satuan ini terbentuk pada lingkungan darat dan diperkirakan berumur Pliosen-Plistosen. Satuan ini berasosiasi secara tidak selaras dengan satuan batupasir di bawahnya.

d. Satuan Endapan Aluvial

Satuan Endapan aluvial menempati 10% dari keseluruhan daerah penelitian, penamaan berdasarkan pada litologi yang dominan. Satuan ini termasuk ke dalam Formasi Endapan Undak (Qt) dan memiliki ketebalan $\pm 5m$. Satuan ini terbentuk pada lingkungan darat dan diperkirakan terbentuk mulai Kala Plistosen hingga saat ini. Satuan ini berasosiasi secara tidak selaras dengan satuan breksi di bawahnya.

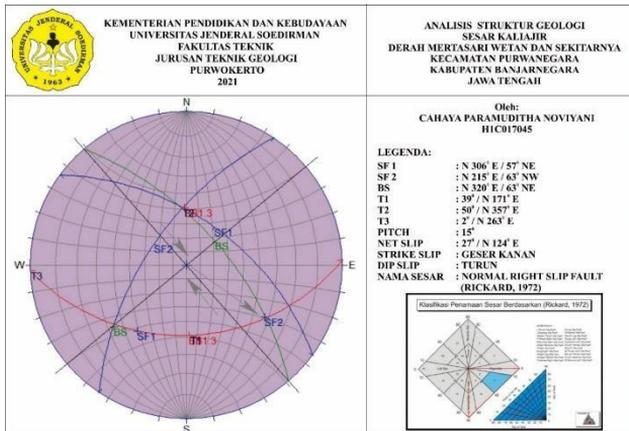
3. Struktur Geologi Daerah Penelitian



Gambar 4. Offset sesar mendatar kanan daerah penelitian

Struktur geologi yang ditemukan pada daerah penelitian berupa patahan/sesar, yaitu sesar mendatar kanan dan sesar naik. Secara administratif struktur sesar mendatar kanan ini berada pada daerah Mertasari dan sekitarnya yang berada di bagian selatan peta memiliki gaya utama relatif dari Barat Laut – Tenggara. Data untuk sesar mendatar pada daerah penelitian berupa data *offset* (Gambar 4) dan data *shear fracture* dari daerah penelitian untuk melakukan analisis stereonet.

Setelah analisis stereografis struktur sesar dan melakukan plotting klasifikasi berdasarkan nilai *Pitch* dan *Dip* Bidang Sesar, sesar pada daerah penelitian merupakan *Normal Right Slip Fault* (Rickard, 1972) (Gambar 5).



Gambar 5. Analisis Sesar dan hasil plotting klasifikasi Rickard, 1972

Sesar naik di daerah penelitian membentang Barat ke Timur di daerah Merden dan Kaliajir. Adanya sesar naik ini salah satunya dibuktikan berdasarkan tersingkapnya batuan metamorf ke atas permukaan dari hasil keberadaan sesar naik tersebut pada zona Melange (Hall, 2012).

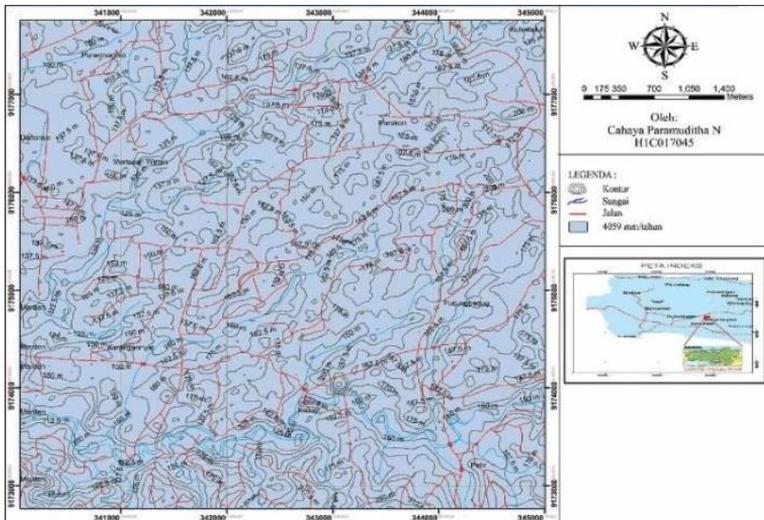
4. Sejarah Geologi Daerah Penelitian

Sejarah geologi daerah penelitian diawali aktifitas tektonik kolisi Sundaland - Mikrokontinen Jawa Timur (Kapur-Paleosen), menyebabkan tercampurnya batuan metamorf dan basalt, disusul pengendapan Batupasir Greywacke di atasnya. Fase kompresional terjadi pada Oligosen Akhir, menghasilkan sesar naik yang mendeformasi batuan mélange. Area disekitar daerah penelitian mengalami aktifitas vulkanisme dua kali, yaitu pada kala Oligo Miosen dan Mio-Pliosen, namun produk batumannya sudah tererosi atau tertimbun batuan yang lebih muda, diantaranya oleh batuan vulkanik Kuartir Gunung Ligung. Aktifitas subduksi terbaru di selatan Jawa menyebabkan terbentuknya sesar mendatar kanan. Proses eksogen menyebabkan erosi, pelapukan, dan transportasi yang membentuk endapan aluvial.

B. Metode *Analytical Hierarchy Process*

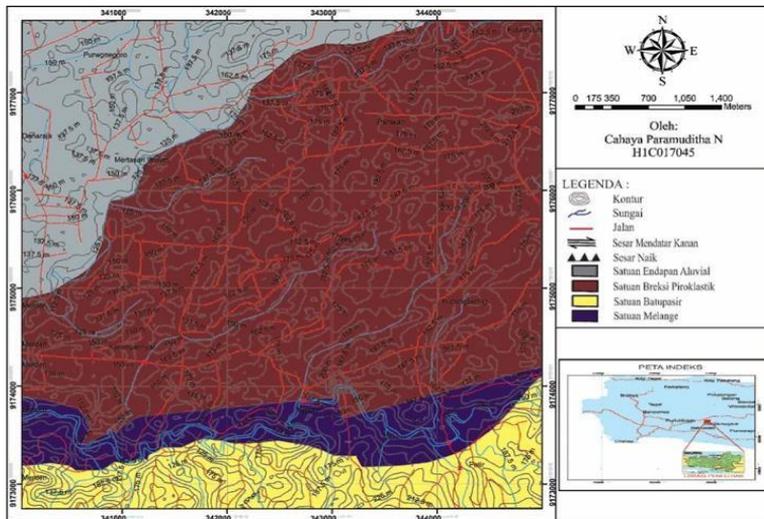
Pada penelitian ini, dilakukan analisis studi khusus dengan metode *analytical hierarchy process* (AHP) yaitu metode yang digunakan dengan memberikan nilai pembobotan pada setiap parameter yang digunakan dan dianggap sebagai faktor utama terjadinya gerakan tanah, kemudian setelah dilakukan pembobotan yaitu melakukan *overlay* atau tumpang tindih dari setiap peta parameter. Parameter yang digunakan pada penelitian ini menggunakan enam parameter yang dinilai dalam Peraturan Menteri Pekerjaan Umum (Menteri PU, 2007), berupa intensitas curah hujan, litologi, tata guna lahan, buffering struktur, kemiringan lereng, struktur geologi, dan kerapatan sungai.

1. *Intensitas Curah Hujan*



Gambar 6. Peta Parameter Curah Hujan

Data curah hujan daerah penelitian yang digunakan merupakan data selama satu tahun pada Maret 2020-Maret 2021 dengan intensitas 4059,1mm/tahun. Dalam membagi kelas curah hujan dan pembobotan tiap kelas, penulis membagi ke dalam 3 kelas curah hujan yaitu Rendah (<2000 mm/tahun), Sedang (2000-3000 mm/tahun), dan Tinggi (>3000 mm/tahun) (Bayuaji, dkk, 2016), daerah penelitian termasuk dalam kategori curah hujan tinggi.



Gambar 7. Peta Parameter Litologi.

2. Litologi

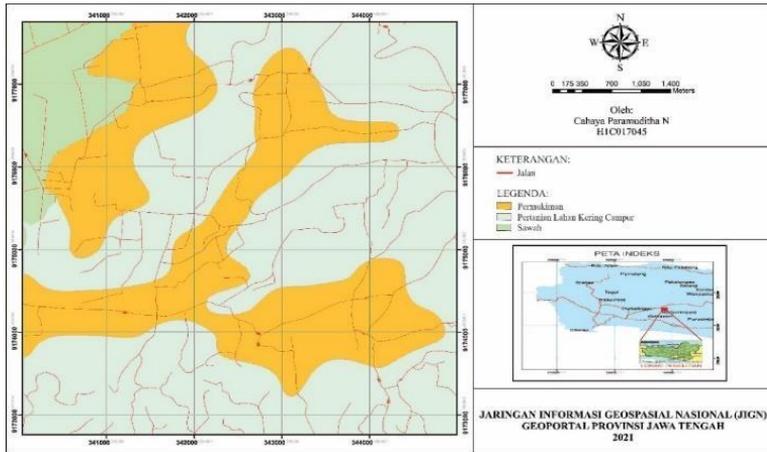
Pembagian litologi daerah penelitian merupakan hasil dari pemetaan lapangan. Batuan yang keras dan kompak mendapatkan kelas atau nilai rendah, batuan yang relatif lunak dan tidak terlalu kompak diberikan nilai tinggi karena lebih mudah tererosi dan mudah bergerak (Anbalagan, 1992).

Litologi di daerah penelitian didapatkan dari hasil pemetaan di lapangan secara langsung dan dikelompokkan berdasarkan satuan batuan. Tiap satuan batuan, diberi nilai ciri litologi masing-masing. Semakin keras suatu litologi akan sulit mengalami pelapukan sedangkan batuan yang relatif lunak cenderung mudah mengalami kelongsoran akibat pelapukan (Anbalagan, 1992). Pengelompokan mengacu pada klasifikasi 5 kelas (Dewi, dkk., 2017) yang kemudian penulis kelompokkan sendiri menjadi 3 kelas. Pertama tingkatan nilai rendah dengan nilai 1, kedua tingkatan nilai sedang dengan nilai 2 ditempati melange dan breksi laharik, ketiga tingkatan nilai tinggi dengan nilai 3 ditempati batupasir dan alluvial.

3. Tata Guna Lahan

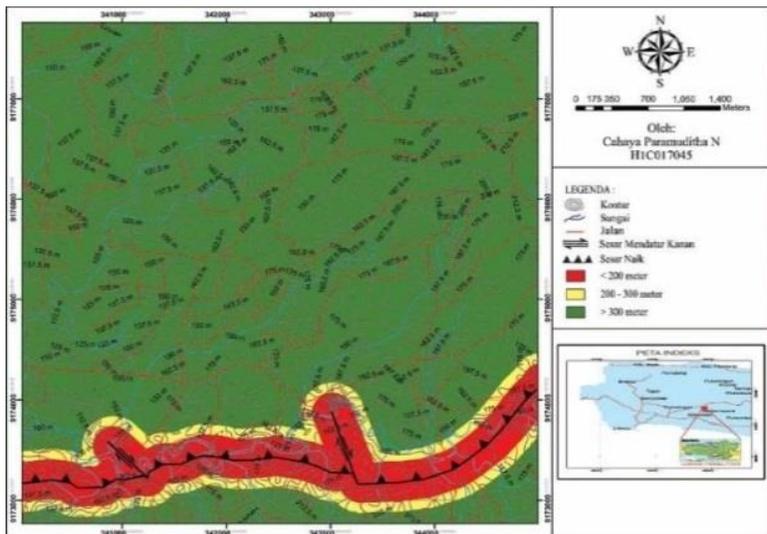
Pengelompokan kelas penggunaan lahan daerah penelitian mengacu pada penggunaan lahan pengelompokan kelas penggunaan lahan daerah (Darmawan, dkk., 2017) yang

kemudian dikelompokkan menjadi 3 kelas. Pertama tingkatan nilai rendah (1) ditempati pertanian lahan kering campur, kedua tingkatan nilai sedang (nilai 2) ditempati pemukiman, ketiga tingkatan nilai tinggi (nilai 3) ditempati sawah.



Gambar 8. Peta Parameter Tata Guna Lahan

4. Buffering Struktur Geologi

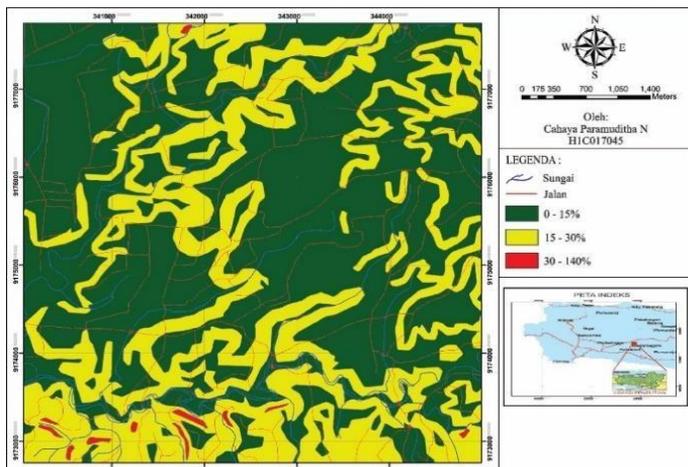


Gambar 9. Peta Parameter Buffering Struktur

Struktur geologi ada dua yaitu sesar naik dan mendatar kanan. Struktur berupa patahan atau rekahan tersebut juga mengurangi kekuatan atau tingkat resistensi batuan dan memunculkan adanya celah yang menjadi jalan masuk air sehingga meningkatkan aktivitas pelapukan atau erosi pada daerah tersebut. Batuan disekitar zona struktur, lebih besar peluangnya untuk terjadi aktivitas gerakan tanah. Pengelompokan kelas buffering struktur geologi daerah penelitian mengacu pada kelas buffering struktur (Dewi, dkk., 2017) yang terdiri dari 5 kelas kemudian penulis kelompokkan menjadi 3 kelas. Pertama tingkatan nilai rendah dengan nilai 1 ditempati jarak lebih dari 300m, kedua tingkatan nilai sedang dengan nilai 2 ditempati jarak 200-300m, ketiga tingkatan nilai tinggi dengan nilai 3 ditempati jarak kurang dari 200m.

5. Kemiringan Lereng

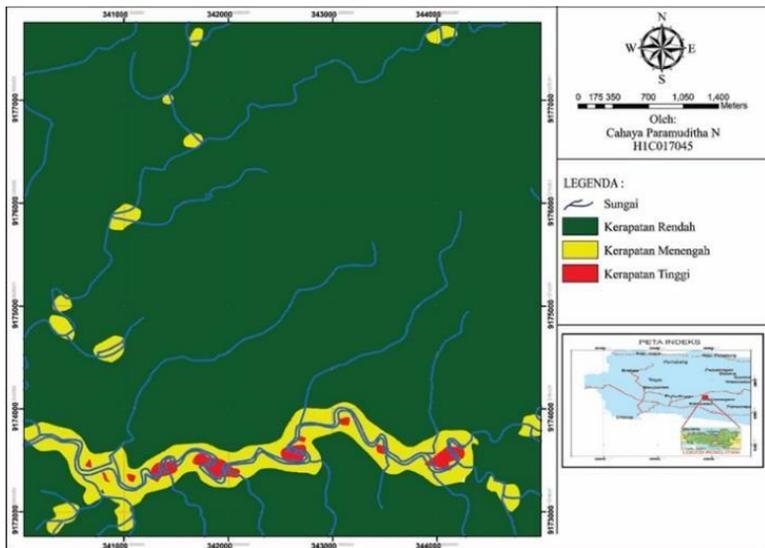
Berdasarkan data spasial yang digunakan, kemiringan lereng daerah penelitian berkisar dari 0% sampai 140%. Pada parameter ini, digunakan penyederhanaan tingkat ketererengan berdasarkan klasifikasi ketererengan Van Zuidam (Van Zuidam, 1985) yang terdiri dari 7 kelas kemudian penulis kelompokkan menjadi 3 kelas. Pertama tingkatan nilai rendah dengan nilai 1 ditempati kemiringan 0-15%, kedua tingkatan nilai sedang dengan nilai 2 ditempati kemiringan 15-30%, ketiga tingkatan nilai tinggi dengan nilai 3 ditempati kemiringan 30-140%.



Gambar 10. Peta Parameter Kemiringan Lereng

6. Kerapatan Sungai

Kerapatan sungai merupakan parameter yang menunjukkan tingkat kerapatan anak sungai dalam suatu DAS (Khairun, dkk., 2017). Struktur geologi mempengaruhi tingkat kerapatan sungai. Pada tingkat kerapatan sungai yang tinggi, proses erosi berlangsung lebih cepat dari tingkat kerapatan sungai yang rendah (Zaenurrohman dan Permanajati, 2019). Pengelompokan kelas kerapatan sungai mengacu pada kelas kerapatan sungai Zaenurrohman (2019) yang terdiri dari 3 kelas. Pertama tingkatan nilai rendah dengan nilai 1 ditempati kerapatan sungai rendah, kedua tingkatan nilai sedang dengan nilai 2 ditempati kerapatan sungai sedang, ketiga tingkatan nilai tinggi dengan nilai 3 ditempati kerapatan sungai tinggi.



Gambar 11. Peta Parameter Kerapatan Sungai

7. Analytical Hierarchy Process

Pembobotan pada tiap parameter faktor kerentanan gerakan tanah di daerah penelitian menggunakan metode Analytical Hierarchy Process (AHP) yaitu dengan cara memberikan penilaian berdasarkan nilai tingkat kepentingan suatu parameter (Saaty, 1988). Parameter yang memiliki tingkat kepentingan atau skala prioritas tertinggi akan mendapatkan bobot nilai paling tinggi dari parameter lain, kemudian nilai

bobot tiap parameter ditampilkan ke dalam bentuk matriks perbandingan berpasangan (Tabel 1).

Tabel 1. Parameter Skala Prioritas Analytical Hierarchy Process

(n)	n1	n2	n3	n4	n5	n6
n1	1	0.50	0.50	0.50	0.33	0.25
n2	2	1	1	0.50	0.67	0.33
n3	2	1	1	0.50	0.75	0.50
n4	2	1	1	1	0.75	0.50
n5	3	2	2	2	1	0.50
n6	4	3	2	2	2	1
Total	1	0.50	0.50	0.50	0.33	0.25

Keterangan: n1 : Curah Hujan
n2 : Litologi
n3 : Tata Guna Lahan
n4 : Kerapatan Sungai
n5 : Buffering Struktur
n6 : Kemiringan Lereng

Tabel 2. Matriks Perbandingan Berpasangan Parameter

(n)	n1	n2	n3	n4	n5	n6	Jumlah	Bobot
n1	0.07	0.06	0.07	0.08	0.06	0.08	0.42	0.07
n2	0.14	0.12	0.13	0.08	0.12	0.11	0.70	0.11
n3	0.14	0.12	0.13	0.08	0.14	0.16	0.77	0.13
n4	0.14	0.12	0.13	0.15	0.14	0.16	0.85	0.14
n5	0.21	0.24	0.27	0.31	0.18	0.16	1.37	0.23
n6	0.29	0.35	0.27	0.31	0.36	0.32	1.90	0.32
Jumlah							6.00	1.00
a								

Kemudian (Tabel 2) merupakan matriks perbandingan berpasangan parameter gerakan tanah. Berdasarkan matriks ini, maka didapatkan bobot setiap parameter. Setiap parameter memiliki bobot yang baik apabila memiliki nilai CR (Consistency Ratio) < 0,1. Perhitungan nilai CR didapatkan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$CI = \frac{\{\lambda_{max} - n\}}{n - 1} = \frac{\{6.07 - 6\}}{6 - 1} = 0,07/5 = 0,01$$

$$CR = CI/RI = 0,01/1,24 = 0,01$$

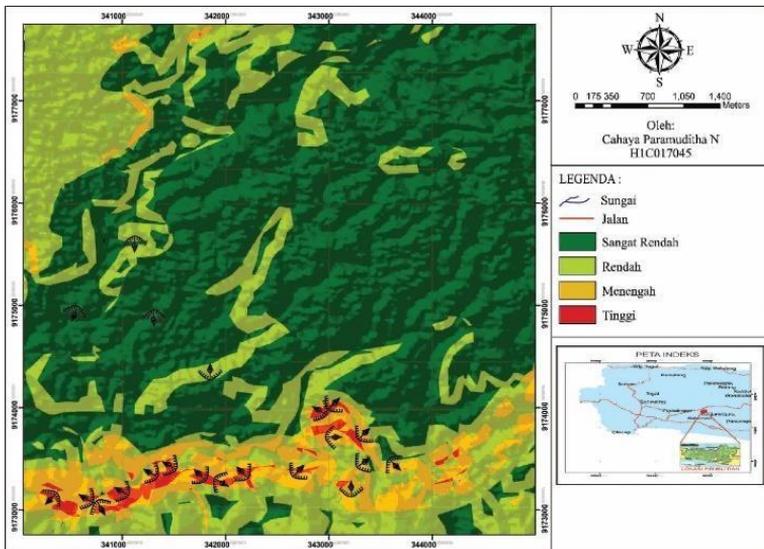
Hasil skoring tingkat kerentanan gerakan tanah di daerah penelitian merupakan hasil perhitungan dari bobot parameter faktor ancaman gerakan tanah dikalikan dengan nilai kelas sub parameter ancaman gerakan tanah (Tabel 3).

Tabel 3. Hasil Skoring Tingkat Kerentanan Gerakan Tanah

No	Parameter	Sub Parameter	Nilai Kelas	Bobot	Skoring
1	Curah hujan	< 2000 mm/tahun	1	0.07	0.07
		2000-000 mm/tahun	2		0.14
		>3000 mm/tahun	3		0.21
2	Litologi		1	0.11	0.11
		Breksi Laharik dan Melange	2		0.22
		Batupasir dan Alluvial	3		0.33
3	Tata guna lahan	Pertanian Lahan Kering Campur	1	0.13	0.13
		Pemukiman	2		0.26
		Sawah	3		0.39
4	Kerapatan Sungai	Rendah	1	0.14	0.14
		Menengah	2		0.28
		Tinggi	3		0.42
5	Buffering struktur	>300 m	1	0.23	0.23
		200 - 300m	2		0.46
		<200 m	3		0.69
6	Kemiringan lereng	0 - 15%	1	0.32	0.32
		15 - 70%	2		0.64
		70 - 140%	3		0.96

8. Zonasi Kerentanan Gerakan Tanah

Peta zonasi kerentanan gerakan tanah pada daerah penelitian merupakan peta yang dibuat dengan proses tumpang tindih (*overlay*) dari tiap peta parameter yang sudah diberi nilai skoring pada setiap peta. Penulis membagi tingkat kerentanan gerakan tanah menjadi tingkat kerentanan gerakan rendah, tingkat kerentanan gerakan sedang, dan tingkat kerentanan gerakan tanah tinggi (SNI, 2005). Hasil dari peta zona kerentanan gerakan tanah digabungkan dengan titik ancaman gerakan tanah berdasarkan data pengamatan langsung di daerah penelitian. Pada daerah penelitian ditemukan sebanyak 21 titik ancaman gerakan tanah dengan tingkat kerentanan yang beragam (Gambar 12).



Gambar 12. Peta Zona Kerentanan Gerakan Tanah Daerah Penelitian

a. Zona Kerentanan Sangat Rendah.

Zona kerentanan gerakan tanah sangat rendah; meliputi 35% dari luas daerah penelitian. Daerah ini terdiri dari lereng datar 0-30%. Litologi yang menyusun pada zona tingkat kerentanan gerakan tanah sangat rendah yaitu mayoritas breksi Laharik. Zona ini mayoritas tidak dekat dengan struktur geologi sehingga jauh dari pengaruh struktur di daerah penelitian. Zona ini memiliki 2 titik ancaman gerakan tanah yang ditemukan saat melakukan pemetaan langsung.

b. Zona Kerentanan Rendah

Zona tingkat kerentanan gerakan tanah rendah; meliputi 30% dari luas daerah penelitian. Daerah ini terdiri dari lereng 0-30%. Litologi yang menyusun pada zona tingkat kerentanan gerakan tanah rendah yaitu alluvial, mélange, batupasir, dan sebagian breksi Laharik dengan kondisi batuan segar hingga sangat lapuk. Zona ini sebagian dekat dengan struktur geologi sehingga beberapa dikarenakan pengaruh dari struktur yang ada didekatnya. Zona ini memiliki 2 titik ancaman gerakan tanah yang ditemukan saat melakukan pemetaan langsung.

c. Zona Kerentanan Menengah

Zona kerentanan gerakan tanah menengah; meliputi 20% dari luas daerah penelitian. Daerah ini terdiri dari lereng 0-70%. Litologi yang menyusun pada zona tingkat kerentanan gerakan tanah menengah yaitu sebagian alluvial, melange dan batupasir, kondisi batuan lapuk hingga sangat lapuk. Zona ini sangat dekat dengan struktur geologi sehingga pengaruh dari struktur yang ada didekatnya juga cukup besar untuk membuat zona ini banyak ditemukan titik longsor. Zona ini memiliki 5 titik ancaman gerakan tanah yang ditemukan saat melakukan pemetaan langsung.

d. Zona Kerentanan Tinggi

Zona tingkat kerentanan gerakan tanah tinggi; meliputi 15% dari luas daerah penelitian. Daerah ini terdiri dari lereng 0-70%. Litologi yang menyusun pada zona tingkat kerentanan gerakan tanah tinggi yaitu melange dan batupasir kondisi batuan lapuk hingga sangat lapuk. Zona ini sangat dekat dengan struktur geologi sehingga pengaruh dari struktur yang ada didekatnya juga cukup besar untuk membuat zona ini banyak ditemukan titik longsor. Zona ini memiliki 12 titik ancaman gerakan tanah yang ditemukan saat melakukan pemetaan langsung.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan pemetaan dan pengamatan langsung, daerah penelitian memiliki 4 zona kerentanan gerakan tanah, yaitu zona kerentanan gerakan tanah sangat rendah mencakup 35% luas daerah penelitian, zona kerentanan gerakan tanah rendah mencakup 30% luas daerah penelitian, zona kerentanan gerakan tanah menengah mencakup 20% luas daerah penelitian, dan zona kerentanan gerakan tanah tinggi mencakup 15% luas daerah penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Anbalagan, R., 1992. Landslide Hazard Evaluation and Zonation Mapping in Mountainous Terrain. Engineering Geology, Vol. 32: 269-277.
- Bayuaji, D. G., Nugraha, A. L., Sukmono, A., 2016, Analisis Penentuan Zonasi Risiko Bencana Tanah Longsor Berbasis SIG, Jurnal Geodesi Undip, Vol.5, No.1.

- Brahmantyo, B., & Bandono. (2006). Klasifikasi Bentuk Muka Bumi (Landform) untuk Pemetaan Geomorfologi pada Skala 1:25.000. *Jurnal Geoplika* volume 1, no. 2: 71-78.
- Condon, W., Pardyanto, I., Ketner, K., Amin, T., Gafoer, S., & Samodra, H. (1996). Peta Geologi Lembar Banjarnegara dan Pekalongan Skala 1:100.000. P3 Geologi, Bandung.
- Darmawan, K., Hani'ah., Suprayogi, A., 2017., Analisis Tingkat Kerawanan Banjir Di Kabupaten Sampang Menggunakan Metode Overlay Dengan Scoring Berbasis SIG, *Jurnal Geodesi Undip*, Vol.6 No.1.
- Dewi, T. S., Kusumayudha, S. B., Purwanto, H. S., 2017. Zonasi Rawan Bencana Tanah Longsor Dengan Metode Analisis GIS: Studi Kasus Daerah Semono dan Sekitarnya, Kec. Bagelen, Kab. Purworejo, Jawa Tengah. *Jurnal Mineral, Energi dan Lingkungan* vol. 1, no. 1, p. 50-59.
- Hall, R., 2012. Late Jurassic-Cenozoic reconstructions of the Indonesian region and the Indian Ocean. *Tectonophysics*, pp.1-41.
- Kahirun, Baco, L., Hasani, U.O., 2017. Karakteristik Morfometri Menentukan Kondisi DAS Soraya. *Ecogreen*, Vol. 3 No. 2.
- Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia., 2007, Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor : 22 /Prt/M/2007 Tentang Pedoman Penataan Ruang Kawasan Rawan Bencana Longsor, Departemen PU Direktorat Jenderal Penataan Ruang.
- Standar Nasional Indonesia. 2005. Penyusunan Peta Zonasi Gerakan Tanah SNI 13-71242005. ICS 07.060, Badan Standardisasi Nasional.
- Saaty, T. L., 1988. *Multicriteria Decision Making: The Analytic Hierarchy Process*, University of Pittsburgh, USA.
- Van Zuidam, R., 1985. *Aerial Photointer-pretation in Terrain Analysis and Geomorphologic Mapping*. The Hague: Smits.
- Varnes, D. J., 1978. Slope Movement Types and Process. Special Report 176; Landslides; Analysis Control. Eds R. L. Schuster and R. J. Krizek. Transport Research Board, National Research Council, Washington D. C.

Zaenurrohman, J.A. dan Permanajati, I. 2019. Zona Kerentanan Gerakan Tanah di Daerah Kedungbanteng Menggunakan Analytical Hierarchy Process (AHP). Prosiding Seminar Nasional “Pengembangan Sumber Daya Pedesaan dan Kearifan Lokal Berkelanjutan IX”. Purwokerto.

TEKTONIK PEMBENTUKAN INTRUSI BATUAN BEKU DYKE DAN SILL PADA FORMASI HALANG DI DAERAH KESUGIHAN, CILACAP-JAWA TENGAH

Asmoro Widagdo *¹

*email: asmoro.widagdo@unsoed.ac.id

*Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Jenderal
Soedirman, Purwokerto

Abstrak— Keterkaitan adanya batuan beku basal dalam bentuk intrusi dyke dan sill dalam Formasi Halang di daerah Cilacap-Jawa Tengah dan tektonik yang mengontrolnya memerlukan penjelasan. Penelitian dilakukan melalui serangkaian pekerjaan lapangan. Penelitian lapangan dilakukan melalui pengukuran elemen-elemen struktur geologi seperti bidang perlapisan batuan, kekar/joint, sesar/fault dan lipatan. Peta geologi dan penampang memberikan informasi sebaran intrusi batuan beku di daerah kajian. Analisis data kekar, sesar dan lipatan akan menghasilkan informasi gaya-gaya (stress) pembentuk struktur geologi kekar, sesar dan lipatan. Dengan demikian hubungan antara sebaran intrusi batuan beku dengan struktur geologi/tektonik yang mengontrolnya dapat diketahui. Intrusi sill di daerah kajian mengikuti arah perlapisan batuan dengan kedudukan $N97^{\circ}E/28^{\circ}S$ atau memiliki pelamparan/strike berarah barat-timur dan kemiringan/dip landai kearah selatan sebesar 28° . Dyke memiliki kedudukan $N275^{\circ}E/80^{\circ}N$ atau memiliki strike barat-timur dengan kemiringan hampir tegak kearah utara. Gaya utama pembentuk struktur kekar, sesar dan lipatan di daerah kajian relatif berarah utara-selatan. Gaya ini menciptakan sesar naik berarah barat-timur yang kemudian menjadi saluran pembentukan intrusi dyke.

Kata kunci — intrusi, sill, tektonik, perlapisan, basal.

I. PENDAHULUAN

Daerah penelitian berada di sisi selatan Pegunungan Serayu Selatan tepatnya di Kecamatan Kesugihan, Kabupaten Cilacap-Jawa Tengah. Di daerah ini dijumpai batuan beku intrusi berjenis *dyke* dan *sill* yang menerobos batuan Formasi Halang (Djuri, dkk. 1996). Beberapa tubuh batuan intrusi basal dijumpai dengan pelamparan barat-timur dan menjadi sumber bahan bangunan (Sehah, dkk. 2020) yang penting di daerah ini. Kehadiran batuan intrusi ini telah menarik beberapa peneliti untuk mengungkapkan genesa kehadirannya. Purwasatriya (2021) menggambarkan kehadiran batuan intrusi ini sebagai bagian dari fasies gunung api proksimal pada Kala Miosen-

Tengah-Akhir (Rizal, dkk. 2019) pada lingkungan bawah laut (Praptisih dan Kamtono, 2011).

Intrusi *dyke* di daerah kajian tersusun atas batuan beku basal (Sehah, dkk. 2016 dan Sehah, dkk. 2020) dengan orientasi arah yang tertentu. Menurut Priest (1990), kecenderungan orientasi arah intrusi *dyke* (vertikal) kemungkinan terkonsentrasi pada arah kompresional maksimum (σ_1) atau kompresional menengah (σ_2) dari gaya utama regional atau dapat juga searah dengan gaya kompresional terlemah (σ_3). Arah gaya terkuat atau σ_1 biasanya horisontal pada daerah tektonik kontraksional (pada Gambar 1 berasal dari selatan Pulau Jawa) yang dicirikan oleh kehadiran sesar mendatar atau sesar naik yang tidak searah dengan intrusi *dyke* (vertikal). Pada daerah dengan rezim gaya ekstensional, σ_1 umumnya berarah vertikal menghasilkan sesar normal, tegak lurus (*perpendicular*) terhadap σ_3 namun paralel/searah dengan intrusi vertikal *dyke* (Priest, 1990).

Sill terbuka sejajar dengan tegangan utama terkecil atau σ_3 , orientasi horizontal *sill* menunjukkan bahwa σ_3 adalah vertikal, yang merupakan tipikal untuk daerah tegangan tektonik kompresional (Galland, 2018) seperti di bagian selatan Pulau Jawa (Gambar 1). Spacapan, dkk. (2017) mengemukakan bahwa kehadiran *sill* secara sistematis berhubungan dengan pemendekan lateral (*lateral shortening*) oleh sesar naik atau lipatan pada batuan di sekitarnya. Sesar naik dan lipatan dihasilkan oleh adanya gaya utama horizontal, pada kasus yang terjadi di Pulau Jawa hal ini berasal dari desakan Lempeng Samudera Hindia di sebelah selatan (Wagner, 2008; Hall, 2009; Bachri, 2014) seperti ditunjukkan dalam (Gambar 1).



Gambar 1. Lokasi daerah penelitian terletak di Pulau Jawa bagian tengah.

II. METODE

Penelitian dilakukan melalui pemetaan batuan di sekitar lokasi kajian dan pengukuran unsur struktur geologi. Pemetaan geologi menghasilkan pola sebaran batuan sedimen, *sill* dan *dyke* di daerah kajian. Pengukuran struktur geologi dilakukan dengan mengukur kedudukan bidang perlapisan batuan sedimen (*strike* dan *dip*), kedudukan batuan intrusi, kedudukan bidang kekar/joint dan kedudukan bidang sesar/patahan/fault. Analisis peta geologi dan data kedudukan bidang perlapisan batuan akan menghasilkan orientasi gaya-gaya utama (σ_1 /gaya terkuat, σ_2 /gaya menengah dan σ_3 /gaya terlemah) pembentuknya. Demikian pula analisis kekar dan sesar akan menghasilkan orientasi gaya-gaya utama pembentuk.

Orientasi gaya-gaya utama pembentuk berbagai struktur geologi di daerah kajian kemudian dihubungkan dengan pola persebaran dan kedudukan batuan intrusi *sill* dan *dyke*. Hal ini akan menghasilkan hubungan sebaran intrusi *sill* dan *dyke* dengan tektonik yang pernah bekerja pada pembentukan *sill* dan *dyke*.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Batuan sedimen di daerah kajian berupa perlapisan batupasir dan batulempung yang secara umum memiliki komposisi tufaan. Formasi Halang ini tersusun atas perselingan batupasir, batulempung, napal, dan tuff (Gambar 2) dengan sisipan breksi. Formasi ini diperkirakan berumur Miosen Tengah-Pliosen Awal (15-3,2 juta tahun lalu). Terbentuknya Formasi Halang dipengaruhi oleh arus turbid dan pelengseran bawah laut. Formasi ini diendapkan sebagai sedimen tubidit (Rizal dkk., 2016) pada zona batial atas (200-500 meter). Berdasarkan pengamatan lapangan, dijumpai lapisan tipis batu lempung hitam dengan ketebalan 0,75 meter dijumpai pada bagian tengah formasi ini.

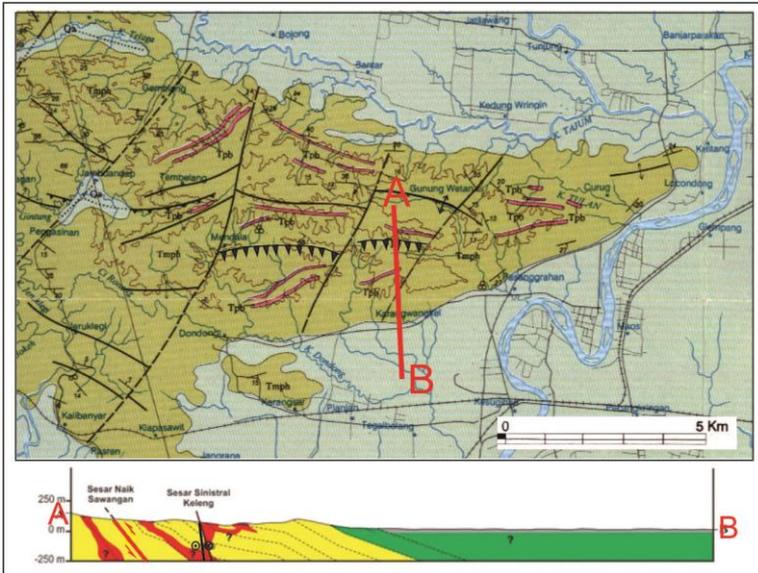


Gambar 2. Batupasir tufaan dan batulempung tufaan dengan kemiringan kearah selatan.



Gambar 3. Batuan beku intrusi *sill* miring ke selatan yang dijumpai di dasar sungai Keleng di daerah kajian (Oktavia, 2021).

Pada Gambar 4 disajikan peta geologi daerah Kesegihan, yang tersusun atas batuan intrusi basalt (Tpb) dan batuan Formasi Halang (Tmph). Batuan intrusi basalt merupakan jenis batuan beku dengan warna hitam (Gambar 3), memiliki tekstur afanitik, dengan bentuk kristal anhedral hingga euhedral. Tersusun atas mineral plagioklas, feldspar, hornblende, olivin, magnetit. Batuan intrusi ini terbentuk sebagai batuan terobosan *dyke* (retas) dan *sill* (retas lempeng), berumur Pliosen Akhir (3,2-1,8 juta tahun lalu).



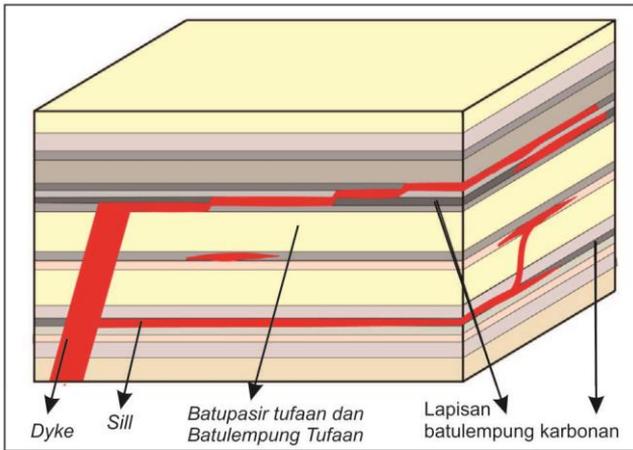
Gambar 4. Sebaran *sill* mengikuti *strike line* Formasi Halang yang membentuk antiklin.

Lintasan magma pembentuk *dyke* sepanjang kerak dan litosfer dikontrol oleh susunan *stress-field* kerak litosferik dan lokal *stress-field* serta rekahan yang diakibatkan seperti oleh sesar normal, sesar naik dan sesar mendatar (Thouret, 1999). Pembentukan *dyke* dan *sill* (Tpb) di daerah kajian berhubungan dengan sesar dan rekahan regangan yang memungkinkan magma mengalir dan mengisi ruangan yang ada. Struktur geologi akibat tektonik yang telah ada sebelumnya seperti sesar dan kekar memiliki kontribusi terhadap pembentukan intrusi *dyke* (Dimas, et al, 2005).

Dalam lingkungan tektonik kontraksional seperti di daerah selatan Pulau Jawa ini, magma bermigrasi ke arah atas (*upward*). Sebagian besar membeku sebagai tubuh intrusi. Namun demikian, kantong magma besar yang berumur panjang dengan kecepatan produksi tinggi (Tibaldi, 2005) memungkinkan cukup magma untuk mencapai permukaan dibawah mega-tekanan yang tinggi melawan gaya tektonik utama horizontal (σ_1) dari dorongan subduksi Lempeng Samudera Hindia di selatan.

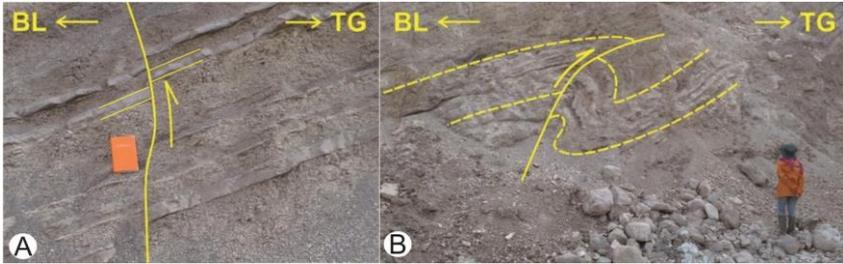
Keaktifan magmatisme sangat erat hubungannya dengan kegiatan tektonika pada Kala Pliosen Akhir (3,2-1,8 juta tahun lalu).

Selama kegiatan tektonika daerah itu masih berlangsung maka hal itu dapat menyebabkan reaktivasi kegiatan magmatisme atau vulkanisme. Adanya gerak-gerak tektonik, maka gunung api Pliosen Akhir dapat menunjukkan aktivitas magmatisme di bawah permukaan melalui pembentukan intrusi *dyke*.



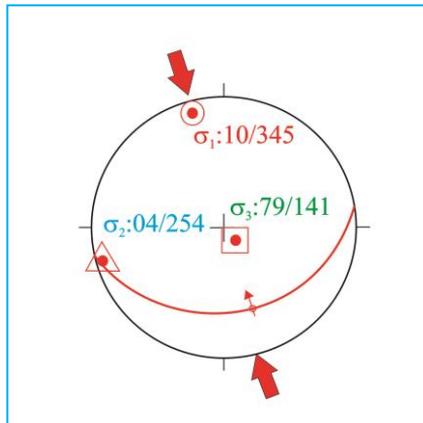
Gambar 5. Model intrusi *dyke* dan *sill* yang menerobos batulempung karbonan di daerah penelitian.

Secara klasik, vulkanisme berasosiasi dengan tektonik ekstensional, karena ini memungkinkan magma bergerak ke atas sepanjang retakan vertikal, tegak lurus (*perpendicular*) dengan tegangan utama terlemah (σ_3). Hal ini terjadi pada lempeng tektonik divergen saja dan pada daerah tektonik konvergen seperti di selatan Pulau Jawa kontrol tektonik menjadi berbeda. Kadang menjadi pertanyaan bagaimana magma dapat bergerak ke atas dalam kondisi tekanan atau stres dengan σ_2 (*stres* utama menengah) dan σ_1 (*stress* utama maksimum) berada pada bidang horisontal. Kondisi ini menghalangi pergerakan sepanjang retakan vertikal dan magma akan bergerak horisontal pada kasus ini. Magma bergerak dalam kerak yang rapuh (*brittle crust*) sepanjang bidang vertikal/subvertikal yang tegak lurus (*perpendicular*) terhadap σ_2 , merupakan zona sesar naik berasosiasi dengan σ_3 vertikal. Kemungkinan magma dapat juga bergerak melalui area-area *dilational* lokal yang berasosiasi dengan struktur *ramp* dan *flat*.



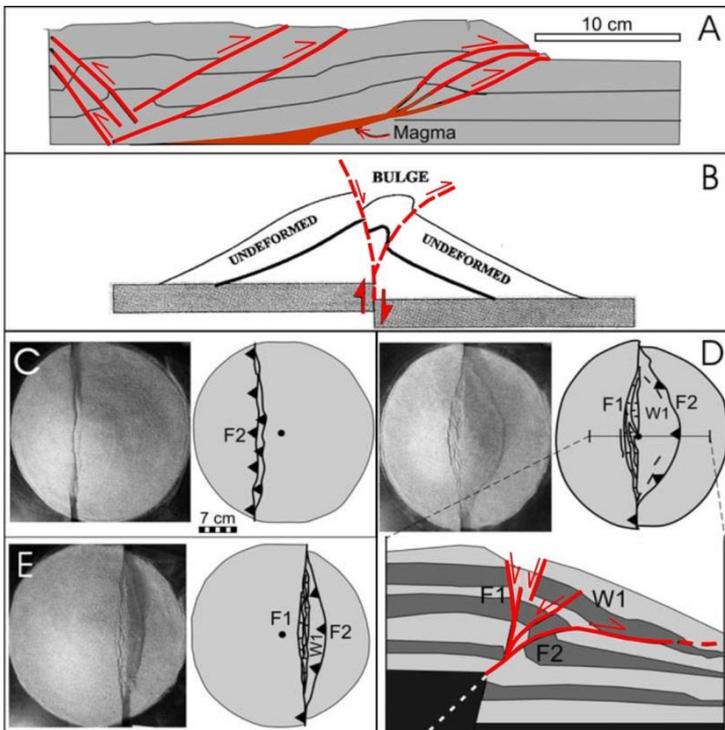
Gambar 6. Singkapan sesar naik pada koordinat 7,5819°S dan 109,1081°E (Oktavia, 2021)

Kegiatan magmatisme di daerah subduksi akan meningkat secara signifikan dengan terjadinya aktifitas tektonik. Peningkatan aktivitas magmatisme pembentuk *dyke* dan *sill* dalam jangka waktu yang lama disebabkan karena upaya peregangan (*relaxation*) pada daerah kompresional yang berkaitan dengan zona subduksi di selatan Jawa. Pengurangan tegangan kompresional setelah pembentukan antiklin, memungkinkan magma bergerak melewati jalur yang tercipta menuju kedalaman yang lebih dangkal. Pertumbuhan *dyke* dan *sill* dikontrol oleh tektonik regangan dan tekanan akibat penunjaman lempeng di selatan Jawa. Sesar-sesar dan sebaran dike dapat memberikan informasi penting mengenai gaya-gaya utama yang bekerja di daerah kajian. Sibrant, et al., 2015 menyebutkan bahwa terjadinya evolusi tektono-magmatis suatu daerah sangat dipengaruhi oleh evolusi stress dan deformasi regional yang terjadi di daerah tersebut.



Gambar 7. Analisis data sesar naik barat-timur di daerah kajian.

Analisis stereografis terhadap data sesar naik dengan kedudukan *strike/dip* $N80^{\circ}E/35^{\circ}S$ atau memiliki *strike line* barat-timur dan kemiringan ke selatan ditunjukkan pada Gambar 7. Sesar naik ini memiliki sudut pitch 83° dan membuka ke arah tenggara. Hasil analisis ini menunjukkan bahwa sesar ini terbentuk oleh gaya kompresional terkuat (s_1) yang relatif horizontal dari arah Utara-Selatan dengan kedudukan *plunge/trend* sebesar $10^{\circ}/N345^{\circ}E$ (Gambar 7). Gaya terlemah pada pembentukan sesar ini berada pada arah vertical dengan *plunge/trend* sebesar $79^{\circ}/N141^{\circ}E$. Struktur ini menghasilkan intrusi *sill* di daerah kajian mengikuti arah perlapisan batuan dengan kedudukan $N97^{\circ}E/28^{\circ}S$ atau memiliki pelampan/*strike* berarah barat-timur dan kemiringan/*dip* landai ke arah selatan sebesar 28° . *Dyke* memiliki kedudukan $N275^{\circ}E/80^{\circ}N$ atau memiliki *strike* barat-timur dengan kemiringan hampir tegak ke arah utara.



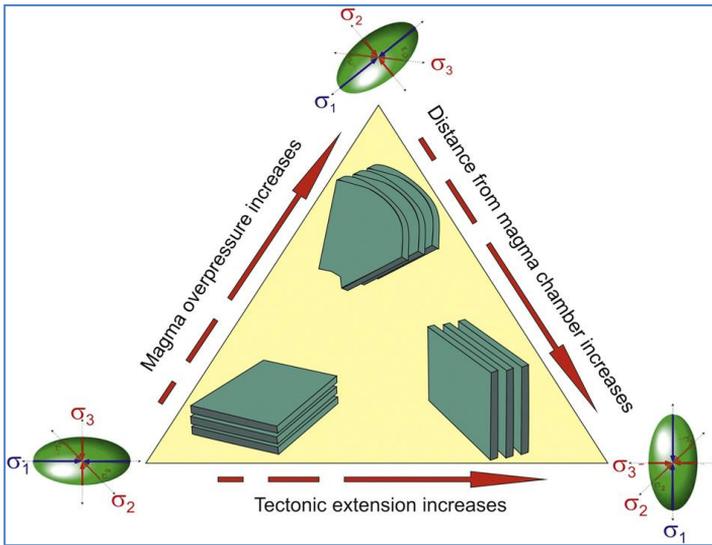
Gambar 8. Model vulkanisme pada seting tektonik kontraksional (Tibaldi, et al, 2010).

Daerah Cilacap secara umum merupakan zona kontraksional yang berasosiasi dengan subduksi lempeng di selatan Pulau Jawa. Tibaldi, et al, (2010) menggambarkan model magmatisme pada seting tektonik ini yang berasosiasi dengan pembentukan sesar naik dan lipatan (Gambar 8). Pada Gambar A, menunjukkan pergerakan magma dibawah permukaan sepanjang bidang sesar naik. Gambar B menunjukkan pengaruh reaktivasi sesar vertikal pada batuan dasar dalam deformasi tubuh vulkanik di atasnya, menghasilkan dua *splay faults*, satu sesar normal dan yang lain sesar naik. Gambar C, D dan E merupakan foto dalam pandangan datar (sebelah kiri) dan jejak sesar (sebelah kanan) dari percobaan kerucut vulkanik yang menumpang diatas dasar sesar naik, miring ke kiri, dengan posisi berbeda terhadap puncak. Gambar C menunjukkan puncak kerucut vulkanik berlokasi pada blok footwall. Gambar D bagian atas menunjukkan puncak kerucut vulkanik diatas permukaan jejak sesar naik di bawahnya. Gambar D bagian bawah adalah penampang dari deformasi di dalam kerucut vulkanik. Gambar E merupakan Puncak kerucut vulkanik pada blok *hanging wall*.

Gambar 7 diatas menunjukkan pergerakan magma dalam kerak sepanjang bidang sesar naik, menggambarkan bahwa magma dapat menyebar mencapai permukaan dalam rezim tektonik yang dicirikan oleh deformasi kontraksional (Gambar 8. A). Sesar naik di bawah permukaan yang melengkung dalam pandangan datar, *vertical tension fractures* dapat terbentuk dalam bagian yang dangkal dari *hanging wall*, subparalel terhadap pemendekan yang terjadi Tibaldi, et al. (2010).

Gambar 8 diatas bagian B menjelaskan pengaruh sesar vertikal batuan dasar dalam proses destabilisasi kerucut vulkanik yang menumpang diatasnya. Hasil menunjukkan bahwa reaktivasi sesar batuan dasar menghasilkan pembentukan dua *splay fault* di dalam gunung api, sesar tersebut satu sesar turun dan satu sesar naik. Model percobaan dari kerucut vulkanik berlokasi diatas batuan dasar yang bersifat rapuh (*brittle*) dibawah deformasi regional yang bersifat kompresif menunjukkan bahwa pembebanan vulkanik menghasilkan pemisah tegangan dipengaruhi oleh pembelokan dan datarnya struktur kompresif regional. Meskipun *anticlinal thrust ridges* teramati disekitar banyak gunung api, pada umumnya diinterpretasikan karena gravitational spreading. Hasil penelitian menunjukkan tidak seperti itu, sebagaimana mereka juga dapat sebagai sebuah gejala dari kompresi regional (Tibaldi, et al., 2010).

Tibaldi (2015) menggambarkan system gaya-gaya tektonik dan hubungannya dengan kemiringan intrusi *sill/dyke* yang terbentuk (Gambar 9). Pucuk-pucuk segitiga merupakan lokasi *stress tensor* dengan orientasi yang berbeda-beda. Pucuk segitiga bagian atas memiliki σ_1 , σ_2 dan σ_3 bersudut miring (*oblique*), dibawah kondisi *stress field* ini saluran magma yang pipih miring ke arah pusat (*centrally-inclined sheets*) lebih akan terbentuk.



Gambar 9. Segitiga sistem gaya utama pada saluran magma bagian atas (Tibaldi, 2015).

Orientasi miring secara lokal σ_1 adalah fungsi dari bentuk dan overpressure dari kantung magma (*chamber*). Konsekuensi dari arah σ_1 menghasilkan susunan intrusi yang dapat mulai dari kantung magma yang berbentuk bola ke bentuk lembaran menyebar miring yang memusat (*centrally-inclined sheets diverging*) dengan kesamaan sudut dip. Dengan meningkatnya jarak dari kantung magma, dike dan intrusi miring dapat berbelok untuk mencapai keadaan setimbang mengikuti orientasi stress yang secara lokal memiliki σ_1 dan σ_2 horisontal sebagaimana di bagian kiri pucuk segitiga (Tibaldi, 2015).

Diatas bagian pusat kantung magma terdapat kemungkinan terbentuknya saluran magma vertikal atau sub-vertikal yang mengalirkan magma ke sumbu vulkanik. Kemungkinan ini meningkat

dengan hadirnya σ_3 horisontal di bawah sumbu vulkanik (puncuk kanan segitiga Gambar 9) yang dapat disebabkan oleh tektonik regional ekstensional atau deformasi lokal (Tibaldi, 2015). Dengan meningkatnya jarak dari kantung magma, pengaruh overpressure magma mulai berkurang dan intrusi lempuran dapat berubah sifatnya dari seperti lempuran yang miring ke dike secara vertikal menjadi secara lateral. *Dyke-dyke* ini dapat saling paralel satu sama lainnya, hingga membentuk sebuah kelompok *dyke* tegak lurus terhadap σ_3 regional, atau dapat berpola radial jika pengaruh tektonik regional kecil. Di atas kantung magma, kemiringan dike dapat menekuk hingga seperti *sill* mengikuti re-orientasi dari stress (puncuk sebelah kiri dari segitiga). Hal ini bisa terjadi disebabkan karena beberapa kondisi yang melibatkan kehadiran stress barriers dan kontras mekanika utama antar batuan yang berbeda (Tibaldi, 2015).

IV. PENUTUP

A. Kesimpulan

Gaya utama pembentuk struktur di daerah kajian relatif berarah utara-selatan. Gaya ini menciptakan struktur sesar naik berarah barat-timur dan *strike line* batuan sedimen berarah barat-timur mengikuti struktur antiklin. Sesar naik kemudian menjadi saluran vertikal magma atau *dyke* yang kemudian magma menerobos peralipan batuan sedimen membentuk *sill*.

B. Saran

Analisis lebih lanjut terhadap struktur lipatan antiklin/sinklin, struktur kekar, sesar normal dan sesar mendatar perlu dilakukan guna mengetahui pengaruh evolusi/perkembangan struktur geologi terhadap sebaran batuan beku *sill* dan *dyke* di daerah kajian. Hal ini akan mendukung kemudahan eksplorasi dan eksploitasi batuan ini selanjutnya.

V. UCAPAN TERIMA KASIH

Terselesaikannya penelitian dan publikasi ini, penulis menyampaikan terimakasih kepada rekan-rekan di Jurusan Teknik Geologi Universitas Jenderal Soedirman yang telah membantu dalam proses awal hingga akhir penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Bachri, S., 2014. Pengaruh Tektonik Regional Terhadap Pola Struktur Dan Tektonik Pulau Jawa. *Jurnal Geologi Sumberdaya Mineral*, Vol.15, No.4, p. 215-221.
- Dimas, A.C., Cerca, M., Rodriguez, S.R., and Watters, R.J., 2005. Geomorphological evidence of the influence of pre-volcanic basement structure on emplacement and deformation of volcanic edifices at the Cofre de Perote–Pico de Orizaba chain and implications for avalanche generation. *Geomorphology*, Vol. 72: 19-39.
- Djuri, M., Samodra, H., Amin, T.C. dan Gafoer, S., 1995. Peta Geologi Lembar Purwokerto dan Tegal, Jawa, Direktorat Geologi Lingkungan, Bandung.
- Galland, O., Bertelsen, H. S., Eide, C. H., Guldstrand, F., Haug, O.T., Leanza, H.A., Mair, K., Palma, O., Planke, S., Rabbel, O., Rogers, B., Schmiedel, T., Souche, A., Spacapan, J.B., 2018. Storage and Transport of Magma in the Layered Crust—Formation of Sills and Related Flat-Lying Intrusions. P. 113-138.
- Hall, R., 2009. Southeast Asia's Changing Palaeogeography. *Blumea* 54, p.148–161.
- Oktavia, N. A., 2021, Geologi dan Analisis Kestabilan. Tipe Longsoran dan Perkuatan Tambang Basalt di Daerah Karangjengkol dan Sekitarnya, Kecamatan Kesugihan Kabupaten Cilacap, Jawa Tengah. Jurusan Teknik Geologi UNSOED, Skripsi. (Tidak dipublikasikan).
- Praptisih dan Kamtono, 2011. Fasies Turbidit Formasi Halang di Daerah Ajibarang, Jawa Tengah, *Jurnal Geologi Indonesia*, Vol. 6 No.1: 13-27.
- Priest, G.R., 1990. Volcanic and Tectonic Evolution Of The Cascade Volcanic Arc, Central Oregon. *Journal Of Geophysical Research*, Vol. 95, No. B12.
- Purwasatriya, E.B., 2021. Sedimentologi dan Tektonostratigrafi Formasi Halang di Cekungan Banyumas serta Potensinya untuk Reservoir Hidrokarbon. *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral* , 153-163.

- Rizal, Y., Waluyo, G., Irawan, S.A., Rudyawan, A., 2016. Facies Study of the Halang Formation Turbidites in Cibalung Area., *Journal of Earth Science and Climatic Change*, 1-8
- Rizal, Y., Tampubolon, R.A. Santoso, W.D., 2019. Studi Diagenesis Batupasir Pada Asosiasi Fasies Channel-Fill Formasi Halang. *Bulletin Of Geology*, Vol. 3, No. 1, 279-291.
- Sehah, Raharjo, S. A., Priadi, P., 2016. Transformasi Pseudogravitasi Data Anomali Magnetik untuk Melokalisir Sumber Rembesan Minyak di Cipari Kab. Cilacap. *Wahana Fisika*, 99-110.
- Sehah, Raharjo, S. A., Prabowo, U.N., 2020. Interpretasi Sebaran Batuan Intrusi Basaltik Berdasar Analisis Gradien Horisontal Data Anomali Pseudogravitasi Di Desa Pekuncen Kec. Jatilawang, Kab.Banyumas. *Prosiding Sem.Nas. Pengembangan Sumber Daya Perdesaan dan Kearifan Lokal Berkelanjutan X*, pp. 74-85.
- Sibrant, A.I.R., Hildenbrant, A., Marquest, F.O., and Costa, A.C.G., 2015. Volcano-tectonic evolution of the Santa Maria Island (Azores): Implications for paleostress evolution at the western Eurasia–Nubia plate boundary. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, V. 291: 49-62.
- Spacapan, J.B., Galland, O., Leanza,H.A., and Planke, S., 2017. Igneous sill and finger emplacement mechanism in shale dominated formations: a field study at Cuesta del Chihuido, Neuquén Basin, Argentina. *Journal Of Geological Society*.
- Thouret, 1999. Volcanic geomorphology-an overview. *Earth-Science Reviews* 47. 95–131.
- Tibaldi, A., 2005. Volcanism in compressional tectonic settings: Is it possible?. *Geophysical research Letters*, Vol.32.
- Tibaldi, A., Pasquare, F., and Tormwy, D., 2010. Volcanism in Reverse and Strike-Slip Fault Settings. In S. Cloetingh, J. Negendank (eds.), *New Frontiers in Integrated Solid Earth Sciences*, International Year of Planet, p 315-345.
- Tibaldi, A., 2015. Structure of Volcano Plumbing Systems: A Review of Multi-parametric Effects. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 295: 85-135.

Wagner, D., Rabbel, W., Luehr, B.G., Wassermann, D., Walter, T.R., Kopp.H., Koulakov, I., Wittwer, A., Bohm, M., and Asch, G., 2018. Seismic Structure of Central Java. The Yogyakarta Earthquake of May 2006 Proceeding, p. 1-10.

IDENTIFIKASI FAKTOR GEOLOGI DAN ANTROPOLOGI PENYEBAB LONGSOR PADA JALUR JALAN ALTERNATIF PURBALINGGA-PEMALANG, JAWA TENGAH

Gentur Waluyo*¹

*email : gentur.waluyo@unsoed.ac.id

¹Jurusan Teknik Geologi, Universitas Jenderal Soedirman,
Purwokerto-Jawa Tengah

Abstrak— Bencana longsor merupakan ancaman terhadap infrastruktur jalan dan jembatan di jalur alternative yang menghubungkan Kabupaten Purbalingga dan Kabupaten Pemalang di Jawa tengah. Upaya identifikasi penyebab longsor pada jalur alternative yang menghubungkan dua kabupaten ini dilakukan guna menemukan penyebab longsor di sepanjang jalur ini. Kajian ini dilakukan melalui pengamatan lapangan terhadap titik longsor dan sekitarnya, yang meliputi jenis longsor, jenis batuan, formasi batuan, kelerengan, struktur geologi dan penggunaan lahan oleh warga. Bencana Longsor di sepanjang jalur alternative Purbalingga-Pemalang berjenis jatuhnya batuan dan rayapan tanah. Jenis longsor jatuhnya batuan dikontrol oleh jenis batuan breksi dan kelerengan yang terjal. Jenis longsor rayapan tanah dikontrol oleh penggunaan lahan sebagai persawahan, irigasi dan pemukiman di lereng pegunungan dan kelerengan yang terjal.

Kata Kunci : infrastruktur, pegunungan, longsor, morfologi, struktur.

I. PENDAHULUAN

Ancaman bahaya bencana tanah longsor berpengaruh besar terhadap kelangsungan kehidupan manusia (Mubekti dan Alhasanah, 2008), termasuk di dalamnya menjadi ancaman terhadap infrastruktur jaringan jalan yang dibuat manusia (Amukti, dkk., 2017 dan Madjid, 2018). Kejadian tanah longsor dapat merusak infrastruktur jaringan jalan, pipa dan kabel listrik, baik akibat gerakan material dibawahnya atau karena timbunan material hasil longSORan (Rahman, 2015). Terjadinya gerakan tanah yang berjalan lambat atau rayapan tanah (Naryanto, 2017) juga dapat menyebabkan penggelembungan (*tilting*) sehingga bangunan di atasnya tidak dapat digunakan lagi (Rahman, 2017). Bergeraknya tanah atau batuan akan menghasilkan pembentukan rekahan (*fracture*) pada tanah atau batuan (Permanajati dan Iswahyudi, 2018) yang selanjutnya menyebabkan fondasi

bangunan terpisah dan menghancurkan bangunan lainnya yang ada didalam tanah. Bencana longsor pada lereng dapat menyebabkan jaringan jalan rusak, terseret atau tertimbun material longsor dari atas/samping.



Gambar 1. Daerah kajian berada di bagian tengah Pulau Jawa

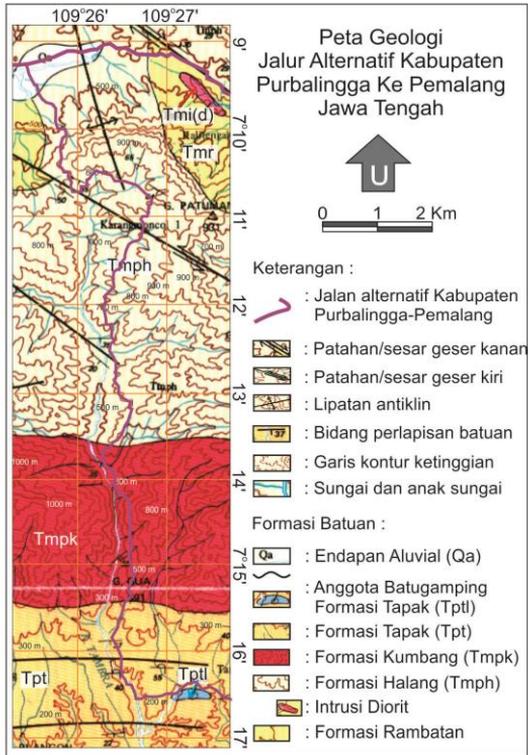
Mubekti dan Alhasanah (2008) menyebutkan bahwa faktor penyebab terjadinya tanah longsor secara alamiah meliputi morfologi permukaan bumi, penggunaan lahan, batuan/litologi, struktur geologi, curah hujan dan kegempaan. Selain faktor alamiah tersebut, bencana tanah longsor juga disebabkan oleh faktor aktivitas manusia atau antropologi yang mempengaruhi suatu bentang alam, seperti kegiatan pertanian, pembebanan lereng, pemotongan lereng, dan penambangan mineral/batuan (Abrauw, 2015 dan Mubekti dan Alhasanah, 2008).

Upaya identifikasi kontrol geologi dan antropologi penyebab longsor pada jalur jalan alternative Kabupaten Purbalingga-Kabupaten Pemalang perlu dilakukan guna mendukung upaya pencegahan dan penanggulangan longsor yang akan terjadi pada musim-musim hujan. Usaha-usaha mencegah kejadian longsor akan lebih murah daripada menanggulangi atau membangun kembali bangunan dan infrastruktur yang rusak (Mubekti dan Alhasanah, 2008) setelah longsor. Infrastruktur jaringan jalan mampu membantu menciptakan kelancaran pekerjaan dan meningkatkan aktivitas ekonomi rakyat (Sumaryoto, 2010), sehingga ancaman terhadap sebuah jalan juga menjadi ancaman bagi kesejahteraan warga. Jalur jalan Purbalingga-Pemalang ini terletak di bagian tengah Pulau Jawa (Gambar 1) yang

merupakan daerah tinggian dengan kelerengan dan curah hujan yang tinggi pada musim penghujan.

II. GEOLOGI REGIONAL

Daerah Kajian jalur jalan alternative dari Kabupaten Purbalingga ke Kabupaten Pemalang di utara, secara fisiografi termasuk dalam Antiklinorium Bogor-Serayu-Kendeng (van Bemmelen, 1949). Kelompok batuan penyusun bagian tengah Jawa ini antara lain terdiri atas batuan berumur Tersier (66 hingga 2,58 juta tahun lalu) yang terlipat kuat dengan struktur geologi utama berupa patahan dan lipatan (Djuri, dkk., 1995). Struktur antiklinorium Bogor-Serayu-Kendeng merupakan perlipatan mayor yang terdiri atas lipatan-lipatan kecil (antiklin-sinklin) yang berarah relatif barat-timur hingga baratlaut-tenggara (Gambar 2).



Gambar 2. Peta Formasi batuan pada jalur jalan alternative Kabupaten Purbalingga-Pemalang

Susunan urutan batuan (stratigrafi) pada jalur alternatif Purbalingga ke Pemalang terutama terdiri atas batuan gunungapi dan sedimen berumur Tersier (van Bemmelen, 1949). Lapisan Formasi Rambatan tersusun atas batupasir-karbonatan dan konglomerat yang bersisipan dengan lapisan tipis napal dan serpih yang menempati bagian bawah (Djuri, 1995). Bagian atas terdiri dari batupasir gampingan berwarna abu-abu terang, sampai kebiruan, mengandung kepingan batuan beku andesitik.

Lapisan Formasi Kumbang tersusun atas breksi-gunungapi, lava, intrusi batuan beku, dan tuf (abu gunung api) bersusunan andesitik hingga basaltik; batupasir tuf dan konglomerat, serta sisipan lapisan tipis magnetit (Djuri, 1995). Satuan batuan ini memiliki hubungan menjemari (berselang-seling dan seumur) dengan Formasi Halang. Kelompok batuan Formasi Halang tersusun atas batupasir-tufaan, konglomerat, napal, dan batulempung (Djuri, 1995). Di bagian bawah terdapat breksi vulkanik yang berkomposisi batuan andesitik.

Pada konstelasi geologi regional (Gambar 2) daerah jalur alternative Purbalingga - Pemalang termasuk dalam jajaran Pegunungan Serayu Utara. Jajaran pegunungan ini terbentuk akibat perlipatan dan patahan pada batuan berumur Tersier (66 hingga 2,58 juta tahun yang lalu). Lipatan terbentuk di Pegunungan Serayu Utara akibat gaya dorong (*compressional stress*) berarah Utara-Selatan yang berlaku di Jawa.

III. METODE

Data lapangan yang diamati di kajian identifikasi kontrol geologi dan antropologi penyebab longsor pada jalur jalan alternative ini meliputi jenis longsor, batuan penyusun, kelerengan, struktur geologi dan tata-guna lahan di lokasi longsor. Koordinat lokasi longsor direkam dengan GPS (*Global Positioning System*) untuk mengetahui posisinya pada peta topografi dan peta geologi regional. Pengamatan lapangan struktur geologi berupa bidang perlipatan batuan sedimen, sinklin, antiklin, patahan/sesar, rekahan gunting (*shear fracture*), rekahan tarik (*gash fracture*) dan kontak intrusi. Identifikasi struktur geologi regional juga dilakukan guna mengetahui pengaruhnya terhadap batuan di daerah kajian.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bencana tanah longsor di jalur alternatif Purbalingga - Peralang disebabkan oleh beberapa faktor yang ada di lokasi, antara lain: morfologi (kelerengan), litologi, struktur geologi, pelapukan, curah hujan, dan penggunaan lahan / antropologi. Faktor pengontrol longsor pada suatu lereng dikelompokkan menjadi faktor internal dan eksternal (Widagdo, dkk, 2014). Faktor internal terdiri dari kondisi geologi batuan dan tanah penyusun lereng, sudut kemiringan lereng (geomorfologi lereng terjal pada Gambar 3), air tanah/hidrogeologi dan struktur geologi. Sedangkan faktor dari luar (eksternal) yang disebut juga pemicu yaitu curah hujan (Hidayat, dkk. 2016; Susanti, dkk., 2017 dan Harmoko, 2018), vegetasi / tanaman penutup, penggunaan lahan pada lereng oleh manusia dan getaran gempa bumi.



Gambar 3: Pegunungan berlereng terjal pada batuan lava-breksi Formasi Kumbang.

Berdasar peta kerentanan gerakan tanahnya, suatu daerah dapat dikelompokkan dalam beberapa tingkat kerawanan (Arrisaldi dan Hidayat, 2017). Daerah kajian merupakan area dengan kerawanan sedang hingga tinggi. Struktur bidang perlapisan, lipatan, rekahan/kekar (Gambar 4) dan patahan serta penggunaan lahan sebagai sawah di lereng pegunungan (Gambar 5 dan 6) sebagai pemicu rayapan tanah di Formasi Rambatan, Halang dan Tapak.



Gambar 4. Rekanan/fracture yang intensif pada batupasir halus-batulempung Formasi Halang.

Keberadaan struktur-struktur geologi yang ada merupakan salah satu faktor penyebab bencana longsor di daerah kajian adalah k, yaitu adanya patahan-patahan mendatar kiri/kanan, lipatan-lipatan (sinklin dan antiklin) dan kontak intrusi batuan beku. Struktur-struktur geologi yang tergambar pada peta geologi regional (Djuri, 1995) merupakan struktur-struktur besar yang dapat teridentifikasi di lapangan. Keberadaan struktur besar akan diikuti oleh struktur-struktur geologi yang lebih kecil (lokal) orde selanjutnya (Gambar 4) yang menyebabkan lahan lebih labil termasuk pengontrol kejadian bencana longsor.

Sifat batuan yang mempengaruhi tingkat kerawanan bencana longsor, tidak hanya mencakup jenis atau kekerasan batuan saja, namun yang lebih penting adalah struktur batuan (Priyono dan Priyono, 2008). Struktur batuan yang berlapis (Singh, et.al., 2016) dengan kemiringan (*dip*) searah dengan arah sudut lereng akan mempunyai tingkat kerawanan yang lebih tinggi. Batuan yang keras dan masih segar pun dapat juga menjadi rawan longsor bila mempunyai banyak (Gambar 4) rekanan (*joint*) yang searah dengan arah sudut (Singh, et.al., 2016) lereng/kemiringan lereng.



Gambar 5. Sawah bergerak akibat longsor jenis rayapan tanah di lereng pegunungan.

Jenis batuan keras dan banyak rekahan akan menjadi rawan bila menumpang di atas batuan lunak yang mempunyai sifat kembang kerut (Singh, et al., 2016). Kawasan dengan tanah yang tebal dan terletak pada topografi tinggi di utara (Formasi Rambatan dan Halang) juga relatif rawan terhadap longsoran karena daerah ini sangat potensial untuk mengalami penambahan beban massa karena tanah umumnya mempunyai kemampuan menyerap air hujan yang relatif tinggi dibandingkan dengan batuan segar. Batulempung Formasi Halang di utara sebagai batuan dasar daerah kajian memiliki sifat plastis dan telah mengalami banyak rekahan. Kondisi ini menyebabkan pelapukan kimiawi intensif, yang pada gilirannya akan menghasilkan lapisan tanah (*soil*) yang tebal.



Gambar 6. Potensi longsor pada sawah di lereng terjal.

Tabel 1. Karakter geologi di daerah penelitian

No Lokasi	Jenis Longsor	Jenis Batuan	Formasi Batuan	Le-reng	Struktur Geologi
1	Rayapan	Batupasir-batulempung	Formasi Tapak	20°	Perlapisan, lipatan, kekar
2	Rayapan	Batupasir-batulempung	Formasi Tapak	25°	Perlapisan, lipatan, kekar
3	Jatuhan batuan	Breksi vulkanik	Formasi Kumbang	30°-80°	Perlapisan, kekar
4	Jatuhan batuan	Breksi vulkanik	Formasi Kumbang	30°-80°	Perlapisan, kekar
5	Jatuhan batuan	Breksi vulkanik	Formasi Kumbang	40°-80°	Perlapisan, kekar
6	Rayapan	Batupasir-batulanau	Formasi Halang	30°	Perlapisan, Kekar, sesar
7	Rayapan	Batupasir-batulanau	Formasi Halang	34°	Perlapisan, Kekar, sesar
8	Rayapan	Batupasir-batulanau	Formasi Halang	40°	Perlapisan, Kekar, sesar
9	Rayapan	Baulempung	Formasi Rambatan	35°	Perlapisan, Kekar, sesar, kontak intrusi
10	Rayapan	Batulempung	Formasi Rambatan	30°	Perlapisan, Kontak intrusi

Terobosan magma andesit hadir di daerah kajian sebagai batuan intrusi baik berupa *sill* (intrusi mengikuti bidang perlapisan batuan) maupun *dyke* (intrusi vertical) kecil. Rombakan andesit hasil runtuhan atau longsoran purba juga dijumpai di bagian lereng bagian atas. Kehadiran batuan terobosan/intrusi ini terupama *sill* dan endapan tallus/runtuhan menyebabkan lapisan tanah dan batulempung (Formasi Rambatan dan Halang) di bawahnya terbebani dan dapat bergerak bila dipicu oleh hujan lebat pada musim penghujan.

Struktur rekahan batuan berkembang intensif pada batuan dasar di daerah kajian. Kondisi ini berkaitan dengan struktur sesar utama, yang mengapit daerah kajian di selatan dan utara, yang berupa patahan sinistral (mendatar megiri). Efek hadirnya kekar dan sesar ini menyebabkan lereng menjadi sangat labil (Brideau, et.al., 2009), terlebih bila diatasnya terbebani oleh material tanah yang tebal.

Tabel 2. Karakter tebal tanah, air tanah dan antropologi di daerah penelitian

No Lokasi	Tebal Tanah	Air Tanah	Jenis Tanaman	Penggunaan Lahan
1	0,5-3 meter	Dangkal	Tanaman budidaya	Ladang, pemukiman, sawah
2	1-3,5 meter	Dangkal	Tanaman budidaya	Ladang, pemukiman, sawah
3	0,5 meter	Dalam	Tanaman keras	Hutan lindung
4	0,5 meter	Dalam	Tanaman keras	Hutan lindung
5	0,5 meter	Dalam	Tanaman keras	Hutan lindung
6	0,5-1 meter	Dangkal	Tanaman budidaya	Ladang, saluran irigasi dan sawah
7	0,3-1,5 meter	Dangkal	Tanaman budidaya	Ladang, saluran irigasi dan sawah
8	1-3 meter	Dangkal	Tanaman budidaya	Ladang, saluran irigasi dan sawah
9	0,5-2 meter	Dangkal	Tanaman budidaya	Ladang, pemukiman
10	0,5-2,5 meter	Dangkal	Tanaman budidaya	Ladang, pemukiman

Rekahan/kekar terbuka atau kekar tarik terbentuk dengan arah utara-selatan memotong batulempung dan batulanau di area longsor. Rekahan ini berhubungan dengan zona transtensional/tarikan akibat adanya dua patahan mendatar kiri di sekitar daerah kajian. Rekahan ini umumnya terisi oleh mineral kalsit dan kuarsa yang berwarna putih. Kehadiran rekahan terbuka ini menyebabkan batuan dasar kurang stabil. Beberapa rekahan tanah terbentuk searah dengan kekar tarik pada batuan dasar yakni pada Formasi Halang.

Alih fungsi lahan menjadi sawah pada lereng terjal (Gambar 5 dan 6) di daerah penelitian dilakukan pada Formasi Rambatan dan Halang. Karakter batupasir dan batulempung formasi ini akan mudah bergerak apabila terdapat beban di atasnya yang berupa sawah dan air. Soil yang tebal pada bagian ini akan mudah bergerak dengan jenis gerakan rayapan tanah. Gerakan tanah ini telah merusak jaringan jalan, persawahan, ladang dan area pemukiman.

Adanya area persawahan pada daerah berlereng terjal menuntut adanya pembuatan saluran irigasi (Gambar 7). Kehadiran saluran ini turut meningkatkan resiko gerakan tanah. Aliran air menyebabkan erosi dan pembebanan lereng. Resapannair pada lapisan

tanah yang berlebih akan meningkatkan resiko pergerakan tanah di daerah ini.



Gambar 7. Saluran irigasi yang dibuat pada lereng terjal meningkatkan resiko longsor.

Kejadian bencana tanah longsor yang merusak jalan, area persawahan dan pemukiman baik secara langsung tidak langsung menyebabkan terjadinya degradasi (penurunan) kualitas lingkungan fisik maupun sosial masyarakat. Hal ini akan menyebabkan roda kehidupan tidak berjalan seperti sebelum bencana (Martini, 2011). Kerusakan bangunan (Gambar 8) warga, mengharuskan mereka tinggal di tempat pengungsian hingga kenyamanan dan produktifitas hidup menjadi terganggu.



Gambar 8. Bangunan berat akan membebani lereng hingga tanah bergerak dan bangunan rusak.

V. PENUTUP

A. KESIMPULAN

Kondisi geologi penyebab longsor yang dijumpai di sekitar daerah kajian berupa bidang perlapisan batuan yang miring searah lereng, rekahan batuan, jalur patahan dan bidang kontak intrusi. Struktur geologi kemiringan bidang perlapisan dan kekar intensif dijumpai pada batulempung-batupasir Formasi Rambatan dan Halang. Struktur ini telah mempercepat pelapukan pada batulempung-batupasir hingga membentuk struktur soil yang tebal.

Alih fungsi lahan menjadi persawahan, saluran irigasi dan bangunan berat pada lereng terjal telah mengganggu kestabilan lereng, menyebabkan rayapan tanah dan merusak infrastruktur jalan.

B. SARAN

Perlu dilakukan upaya-upaya edukasi terhadap masyarakat agar tidak melakukan hal-hal yang membebani lereng, seperti membuat persawahan, kolam ikan, saluran irigasi dan bangunan berat di lokasi-lokasi rawan longsor.

VI. UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian identifikasi kontrol geologi dan antropologi penyebab longsor pada jalur jalan ini dibantu oleh Departemen ESDM kantor Banjarnegara-Jawa Tengah dalam pengumpulan data lapangan. Terimakasih juga kami sampaikan kepada rekan-rekan di Jurusan Teknik Geologi Universitas Jenderal Soedirman yang telah membantu dalam proses pengambilan data lapangan dan penyusunan publikasi ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abrauw, R.D., 2017. Wilayah Rawan Longsor di Kota Jayapura. *Jurnal Geografi Lingkungan Tropik*. Vol. 1, No. 1: 14-28.
- Amukti, R., Mildan, D., Dinata, I.A., Isniarno, N.F. dan Wijaksana, I.K., 2017. Identifikasi Kerentanan Longsor Daerah Pangalengan Dengan Metode Slope Morphology. *Journal of Physical Science and Engineering*, Vol. 2, No. 1: 1-6.
- Arrisaldi, T. dan Hidayat, R., 2017. Kajian Pemanfaatan Wilayah Rawan Longsor Di Kecamatan Karangkoar, Kabupaten

Banjarnegara Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 22/PRT/M/2007 Dengan Modifikasi. Prosiding Seminar Nasional Geografi UMS, Surakarta.

- Brideau, MA, Yan, M. and Stead, D., 2009. The Role Of Tectonic Damage and Brittle Rock Fracture in The Development Of Large Rock Slope Failures. *Geomorphology* 103, 30-49, Elsevier.
- Djuri, M., Samodra, H., Amin, T.C. dan Gafoer, S., 1995. Peta Geologi Lembar Purwokerto dan Tegal, Jawa, Direktorat Geologi Lingkungan, Bandung.
- Harmoko, H.S.W., 2018. Analisis Kejadian Banjir dan longsor Di Wilayah Kabupaten Purbalingga Propinsi Jawa Tengah. Badan Meteorologi, Klimatologi Dan Geofisika Stasiun Klimatologi Kelas I Semarang.
- Hidayat, R., Sutanto, S.J. dan Munir, M.D., 2016. Kondisi Geologi dan Pola Hujan Sebagai Pemicu Longsor di Jawa Tengah Bagian Selatan Pada Juni 2016. *Jurnal Teknik Hidraulik*, Vol. 7, No. 2, Hal 147-146.
- Madjid, N.C., 2018. Analisis Metode Penghitungan dan Alokasi Anggaran Bencana Alam. *Simposium Nasional Keuangan Negara*, hal 1046-1065.
- Martini, 2011. Identifikasi Sumber Bencana Alam dan Upaya Penanggulangannya di Sulawesi Tengah. *Jurnal Infrastruktur*, Vol. 1, No. 2: 96-102.
- Mubekti dan Alhasanah, F., 2008. Mitigasi Daerah Rawan Tanah Longsor Menggunakan teknik Pemodelan Sistem Informasi Geografis. *Jurnal Teknik Lingkungan*, Vol. 9, No. 2 : 118-126.
- Naryanto, H.S., 2017. Analisis Kejadian Bencana Tanah Longsor Tanggal 12 Desember 2014 Di Dusun Jemblung, Desa Sampang, Kecamatan karangkobar, Kabupaten banjarnegara, Provinsi Jawa Tengah, *Jurnal Alami*, Vol. 1, No. 1, hal. 1-10.
- Permanajati, I. dan Iswahyudi, S., 2018. Zona Pelapukan Sebagai Pengontrol Longsoran Di Daerah Jingkat Dan Sekitarnya, Purbalingga. *The 8th University Research Colloquium, UMP, Purwokerto*.

- Priyono, K.D. dan Priyono, 2008. Analisis Morfometri dan Morfostruktur Lereng Kejadian Longsor Di Kecamatan Banjarmangu, Forum Geografi, Vol. 22, No. 1, hal. 72-84.
- Rahman, A.Z., 2015. Kajian Mitigasi Bencana Tanah Longsor Di Kabupaten Banjarnegara. Jurnal Manajemen Dan Kebijakan Vol. 1, No. 1. Hal. 1-14.
- Rahman, A.Z., 2017. Kapasitas Daerah Banjarnegara Dalam Penanggulangan Bencana Alam Tanah Longsor, Jurnal Ilmu Sosial, Vol. 16, No. 1. Hal 1-8.
- Singh, PK., Das, R., Singh, TN. And Singh, KK., 2016. Landslide in fractured and stratified rocks: A case from Aizawl, Mizoram, India. Recent Advances in Rock Engineering (RARE), Atlantis Press, 375-380.
- Sumaryoto, 2010. Dampak Keberadaan Jalan tol Terhadap Kondisi Fisik, Sosial dan Ekonomi Lingkungannya. Journal of Rural and Development, Vol. 1, No. 2: 161-168.
- Susanti, P.D., Miardini, A. dan Harjadi, B., 2017. Analisis Kerentanan Tanah Longsor Sebagai Dasar Mitigasi Di Kabupaten Banjarnegara, Jurnal Penelitian Pengelolaan Daerah Aliran Sungai, Vol. 1. No.1, hal. 49-59.
- Widagdo, A., Jati, I.P., Waluyo, G., Purwasatriya, E.B. dan Suwardi, 2014. Struktur Geologi Daerah Longsor di Gunung Pawinihan, Kabupaten Banjarnegara, Jawa Tengah. Jurnal Dinamika Rekayasa Vol. 10 No. 2. Hal. 41-44.
- Van Bemmelen, 1949. The Geology of Indonesia, Vol. IA, General Geology of Indonesia and Adjacent Archipelagoes, Government Printing Office, The Hague.

TINJAUAN GEOLOGI TERHADAP FENOMENA LONGSOR DAN PERUBAHAN LINGKUNGAN DI DAERAH GUNUNG PAWINIHAN, KABUPATEN BANJARNEGARA- JAWA TENGAH

Rachmad Setijadi^{*1}

*e-mail: rachmad.setijadi@unsoed.ac.id

¹Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Jenderal
Soedirman, Purwokerto

***Abstrak**—Bencana tanah longsor dapat terjadi dengan berbagai penyebab. Permasalahan yang di kaji dalam penelitian ini terutama adalah untuk mengetahui hubungan lapisan batuan di daerah penelitian dengan longsor yang terjadi. Metode penelitian dilakukan dengan pengamatan dan pemetaan lapangan. Pengukuran kedudukan lapisan batuan dan penentuan hubungan stratigrafis antar batuan. Pengukuran kelerengan topografi dilakukan di peta dan dilapangan. Batuan di daerah penelitian tersusun atas batu lempung dengan sisipan pasir karbonatan sebagai batuan yang tua dan breksi vulkanik sebagai batuan yang lebih muda. Batu lempung merupakan batuan yang mudah tererosi. Erosi aktif pada batulempung memicu pergerakan masa breksi di atasnya. Mata air pada kontak lapisan lempung-breksi juga memicu terjadinya longsor. Longsor di daerah penelitian dipicu oleh adanya kontak ketidakselarasan antara breksi vulkanik dengan batuan dasar batulempung di bawahnya.*

***Kata kunci** — batulempung, breksi, longsor, lapisan.*

I. PENDAHULUAN

Ancaman bencana tanah longsor atau gerakan masa tanah/batuan merupakan salah satu bencana alam yang dapat menimbulkan kerugian harta dan jiwa manusia (Mubekti dan Alhasanah, 2008). Rusaknya tanah pertanian, pemukiman, jaringan jalan, jembatan, jaringan irigasi dan berbagai prasarana fisik lainnya merupakan kerugian yang dapat ditimbulkannya (Madjid, 2018; Rahman, 2015). Tanah longsor merupakan gerakan massa dari rombakan batuan dasar yang tipe gerakannya dapat meluncur (*sliding*) atau berputar (*slumping rotational*) yang disebabkan oleh gaya gravitasi (Sutikno, dkk, 2002).

Lokasi longsor berada di batas Desa Prendengan dan Sijeruk, Kecamatan Banjarmangu, Kabupaten Banjarnegara yang merupakan bagian dari wilayah Propinsi Jawa Tengah. Secara geografis, daerah penelitian berada di bagian tengah Propinsi Jawa Tengah yang secara geologi merupakan daerah pegunungan Serayu Utara. Kejadian bencana tanah longsor telah terjadi di daerah penelitian hingga memakan korban jiwa dan kerusakan berbagai infrastruktur.

Menurut Permanajati dan Iswahyudi (2018), longsor merupakan perpindahan material pembentuk lereng yang dapat berupa batuan, bahan rombakan, tanah, atau material campuran tersebut, bergerak ke bawah atau keluar lereng. Terjadinya tanah longsor dimulai dari adanya air yang meresap ke dalam tanah yang akan menambah bobot tanah. Jika air tersebut menembus sampai tanah kedap air yang berperan sebagai bidang gelincir, maka tanah menjadi licin (Hidayat, dkk. 2016) dan tanah pelapukan di atasnya akan bergerak mengikuti lereng dan keluar lereng.

Menurut Widagdo, dkk. (2014), menyebutkan bahwa faktor pengontrol terjadinya longsor pada suatu lereng dikelompokkan menjadi faktor internal dan eksternal. Faktor internal terdiri dari jenis/kondisi geologi batuan dan tanah penyusun lereng, sudut kemiringan lereng (geomorfologi lereng), air tanah/hidrologi dan struktur geologi. Sedangkan faktor dari luar (eksternal) yang disebut juga sebagai faktor pemicu yaitu curah hujan, vegetasi penutup, penggunaan lahan pada lereng, dan getaran gempa. Secara sederhana, tanah longsor terjadi bila gaya pendorong atau gaya penarik pada lereng lebih besar daripada gaya penahan. Gaya penahan umumnya dipengaruhi oleh kekuatan batuan dan kepadatan tanah. Sedangkan gaya pendorong dipengaruhi oleh besarnya sudut lereng, air, beban serta berat jenis tanah batuan.

Kondisi geologi yang meliputi stratigrafi batuan penyusun, struktur geologi yang ada dan morfologi yang terbentuk di daerah penelitian sangat khas dan dapat bertindak sebagai faktor pemicu terjadinya bencana (Widagdo, 2009). Penelitian ini dilakukan guna menjelaskan terjadinya fenomena tanah longsor dari sudut pandang geologi di daerah penelitian, terutama stratigrafi, struktur geologi dan geomorfologi terhadap perubahan lingkungan. Penelitian ini dilakukan pada penekanan kondisi struktur yang ada di daerah penelitan.

II. METODE

Kajian dilakukan melalui pengamatan dan pengumpulan data-data lapangan seperti jenis batuan, kedudukan bidang perlapisan, plotting dan deskripsi titik longsor, pengamatan morfologi dan pengukuran kelerengan dilakukan di lapangan. Selanjutnya digambarkan peta geologi daerah kajian dengan menempatkan semua fenomena geologi yang dihasilkan dari data lapangan. Dari peta geologi dapat digambarkan penampang geologi daerah penelitian, yang akan memberikan gambaran sebaran batuan, kelerengan dan hubungan antar batuan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Secara regional, geologi daerah penelitian dapat dilihat pada Peta Geologi Lembar Banjarnegara-Pekalongan (Condon, dkk., 1996), skala 1:100.000 edisi ke-2 terbitan Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi. Secara umum, litologi daerah penelitian berada pada batuan sediment laut dan batuan gunungapi/vulkanik. Secara geologi urutan stratigrafi batuan di daerah ini dari tua ke muda adalah perselingan batulempung-batupasir dan breksi vulkanik.



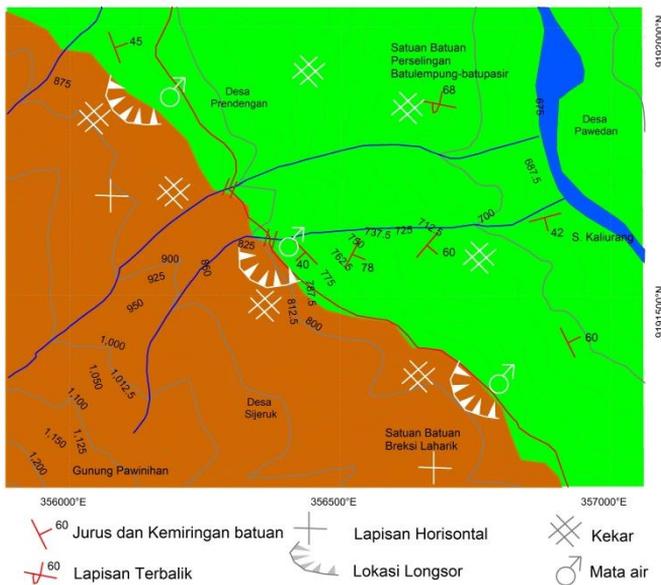
Gambar 1. Kenampakan litologi daerah penelitian

Satuan batuan perselingan batulempung-batupasir tersusun atas perselingan batulempung, batupasir, batupasir karbonatan dan napal yang berlapis baik (Gambar 1). Secara megaskopis, batulempung berwarna abu-abu terang hingga gelap, beberapa bagian bersifat karbonatan, terpilah baik, tidak kompak, terdapat struktur laminasi paralel dan *graded bedding*. Ketebalan batulempung mulai dari sekitar 5 - 90 cm. Batupasir berwarna abu-abu terang, beberapa bagian bersifat karbonatan, berukuran butir pasir sedang-halus, bentuk butir

membulat, terpilah baik, kompak, terdapat struktur laminasi paralel, struktur pembebanan/*load cast*, silang siur dan *graded bedding*. Ketebalan lapisan batupasir mulai dari sekitar 5 sampai 60 cm.

Satuan perselingan batulempung-batupasir di luasan daerah penelitian berkembang di bagian utara, sepanjang Sungai Kaliurang. Satuan batuan ini menyebar kearah barat laut dan tenggara daerah penelitian (Gambar 2). Sungai Kaliurang berkembang pada satuan batuan ini. Satuan batuan ini secara regional merupakan bagian dari Formasi Rambatan yang berumur Miosen Tengah (Condon, dkk, 1996). Lingkungan pengendapan batulempung-batupasir ini adalah pada neritik luar.

Satuan breksi vulkanik terdiri dari breksi dengan fragmen dominan berupa material andesit berukuran kerikil hingga bongkah. Bongkah berupa material volkanik dengan struktur kerak roti dan pecahan batuan lava. Bongkah-bongkah volkanik ini menunjukkan bentuk butir yang menyudut tanggung dan beberapa agak membulat. Dijumpai pula fragmen batupasir sedang, fragmen batulempung, yang berukuran kerakal. Matrik breksi berupa batupasir sedang hingga kasar dan tuf (Gambar 1).

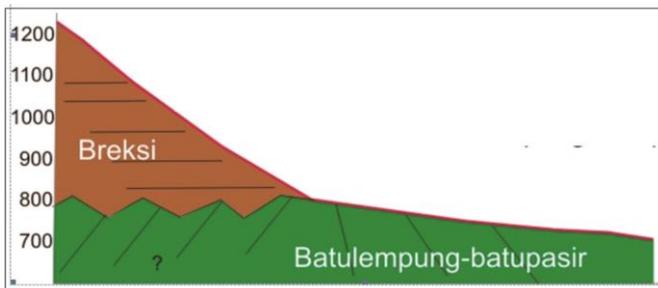


Gambar 2. Peta kondisi sebaran batuan dan kejadian longsor di daerah penelitian.

Secara regional, satuan breksi vulkanik ini juga termasuk dalam kelompok batuan Gunung Api Jembangan. Di daerah penelitian satuan breksi vulkanik ini berkembang di bagian selatan membentuk bagian Gunung Pawinihan (Gambar 2). Kehadirannya dengan mudah dikenali dengan kenampakan garis kontur yang rapat pada peta. Umur relatif batuan ini adalah Plistosen (Condon, dkk, 1996). Lingkungan pembentukan breksi breksi vulkanik ini adalah pada lingkungan darat (Martodjojo, 1984).

Lokasi penelitian berada pada lereng utara bukit Pawinihan. Lokasi lereng ini memiliki kemiringan mengarah ke timur laut (Gambar 2). Secara elevasi, daerah kajian berada pada ketinggian antara 670 sampai 1.210 mdpl. Daerah puncak berada di sisi baratdaya dengan ketinggian 1.210 mdpl, yang merupakan bagian dari lereng pegunungan Pawinihan.

Unsur geologi yang dijumpai pada daerah penelitian ini adalah bidang perlapisan batuan (Gambar 1) dan kontak ketidakselarasan (Gambar 2). Bidang perlapisan dapat dengan mudah teramati pada lapisan batulempung-batupasir. Bidang perlapisan ini umumnya dijumpai dengan kemiringan/dipping yang terjal. Hal ini menunjukkan bahwa batuan batulempung-batupasir ini telah secara intensif terkena even tektonik. Bidang perlapisan tidak teramati dengan jelas pada breksi yang merupakan batuan muda. Diperkirakan breksi berumur Plistosen ini masih belum termiringkan. Satuan breksi vulkanik sebagai batuan yang lebih muda dijumpai menumpang secara tidakselaras menyudut diatas batulempung-batupasir. Batulempung-batupasir sebagai batuan tua dibawah memiliki kemiringan tinggi, sementara breksi menumpang diatasnya dan relatif datar.



Gambar 3. Penampang geologi baratdaya-timurlaut daerah kajian yang menunjukkan lapisan horizontal breksi vulkanik menumpang secara tak selaras di atas batulempung-batupasir.

Satuan batulempung-batupasir yang berumur sangat tua, yakni Miosen Tengah, memiliki riwayat dan rekaman tektonik yang kompleks. Pada batuan ini dijumpai perlapisan batuan yang hampir tegak dan bahkan telah mengalami pembalikan. Arah jurus dan kemiringan lapisan batuan yang sangat bervariasi menunjukkan adanya pelipatan yang intensif. Sifat batulempung yang mudah mengalami pengembangan maupun pengkerutan telah mempercepat proses pelapukan dengan adanya pelapukan fisik (Gambar 4) maupun kimia. Intensitas pelapukan fisik dan kimia ini pada gilirannya akan mempercepat proses erosi batuan. Proses pelapukan kimia pada satuan batuan breksi vulkanik lebih dominan dengan menghasilkan lapisan tanah yang tebal. Sifat batuan yang kompak mendorong erosi vertikal yang lebih dominan dibanding erosi lateral, hal ini menghasilkan kelerengan yang terjal di sekitar pola aliran.



Gambar 4. Pelapukan fisik dan erosi pada batulempung (kiri); Longsor pada tebing breksi di daerah penelitian (kanan)

Kejadian tanah longsor intensif terjadi pada batas litologi breksi vulkanik dengan batuan lempung-pasir (Gambar 3 dan 4). Erosi lateral pada batulempung yang intensif menyebabkan breksi pada batas satuan menjadi makin terdesak dan terganggu kestabilannya sehingga seakan menggantung. Sebagai upaya menjaga keseimbangan lereng dengan lereng pada batulempung maka breksi akan longsor dan akan berhenti ketika keseimbangan baru telah tercapai. Erosi lateral pada lempung akan selalu terjadi dan terus mendesak breksi, sehingga longsor baru akan selalu terjadi pada batas litologi breksi dengan lempung-pasir. Jenis longsor yang terjadi pada mulanya adalah *rockslide* dimana longsoran masa batuan breksi segar dekat kontak dengan batulempung, dengan gerakan tiba-tiba dan cepat. Gerakan ini mengganggu masa tanah lapukan di bagian lereng atas yang akan

tertarik membentuk jenis longsor landslide, jenis longsor translasi dimana tanah bergerak pada bidang gelincir yang rata.

Jenis batulempung di bagian bawah breksi vulkanik bersifat tak meluluskan aliran air tanah, sehingga air tidak dapat melewati lapisan batulempung di bawah. Air tanah yang telah meresap pada puncak dan lereng batuan breksi akan terhenti pada batas breksi-lempung. Pada akhirnya, hal ini akan menyebabkan timbulnya mata air di atas batulempung dan di bawah breksi. Kehadiran mata air permukaan ini akan mempercepat erosi pada batulempung dan menciptakan tebing yang akan mengganggu kestabilan lereng pada batuan breksi vulkanik di atasnya.

IV. PENUTUP

A. Kesimpulan

Kemiringan bidang perlapisan batuan sedimen yang tinggi dijumpai pada batulempung-batupasir sebagai batuan dasar. Struktur ini telah mempercepat terjadinya perubahan lingkungan melalui pelapukan fisik dan erosi batulempung-batupasir. Gangguan lingkungan akibat erosi vertikal dan lateral pada batulempung-batupasir terjadi karena hal ini mengganggu kestabilan lereng pada breksi di atasnya. Pada gilirannya untuk menjaga kelerengan maka breksi akan longsor dan terjadilah perubahan rona lingkungan.

B. Saran

Pencegahan erosi lateral akibat gerusan sungai terhadap satuan batuan batulempung-batupasir perlu dilakukan melalui rekayasa keteknikan hingga menjaga kestabilan lereng pada batuan breksi vulkanik. Dengan demikian rockslide dan landslide pada breksi vulkanik dapat dicegah.

V. UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kami sampaikan kepada rekan-rekan di Jurusan Teknik Geologi Universitas Jenderal Soedirman yang telah membantu dalam proses pengambilan data lapangan dan penyusunan publikasi ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Condon, W., H., Pardyanto L., Ketner, K.B., Amin, T. C., Gafoer, S., Samodra, H., 1996, Peta Geologi Lembar Banjarnegara-Pekalongan, skala 1:100.000, Edisi 2, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Hidayat, R., Sutanto, S.J. dan Munir, M.D., 2016. Kondisi Geologi dan Pola Hujan Sebagai Pemicu Longsor di Jawa Tengah Bagian Selatan Pada Juni 2016. *Jurnal Teknik Hidraulik*, Vol. 7, No. 2, Hal 147-146.
- Madjid, N.C., 2018. Analisis Metode Penghitungan dan Alokasi Anggaran Bencana Alam. *Simposium Nasional Keuangan Negara*, hal 1046-1065.
- Martodjojo, 1984, *Data Stratigrafi Pola Tektonik dan Perkembangan Cekungan pada Jalur Anjakan-Lipatan di Pulau Jawa*. *Prosiding Geologi dan Geoteknik Pulau Jawa*.
- Mubekti dan Alhasanah, F., 2008. Mitigasi Daerah Rawan Tanah Longsor Menggunakan teknik Pemodelan Sistem Informasi Geografis. *Jurnal Teknik Lingkungan*, Vol. 9, No. 2 : 118-126.
- Permanajati, I. dan Iswahyudi, S., 2018. Zona Pelapukan Sebagai Pengontrol Longsor Di Daerah Jingsang Dan Sekitarnya, Purbalingga. *The 8th University Research Colloquium, UMP, Purwokerto*.
- Rahman, A.Z., 2015. Kajian Mitigasi Bencana Tanah Longsor Di Kabupaten Banjarnegara. *Jurnal Manajemen Dan Kebijakan* Vol. 1, No. 1. Hal. 1-14.
- Sutikno, Huda, M., Sarwondo dan Triyono, 2002, Sistem Penanggulangan Bencana Alam Tanah Longsor Kabupaten Kulonprogo, dalam *Permasalahan dan Pengelolaan Bencana Sedimen di Indonesia*, Prosiding, Yogyakarta.
- Widagdo, A., 2009, Peranan Geologi Dalam Mitigasi Bencana Rawan Longsor di Daerah Karangjambu Kabupaten Purbalingga-JawaTengah, *Seminar Nasional "Implikasi Undang-undang Penataan Ruang No. 26 Tahun 2007 Terhadap Konsep Pengembangan Kota dan Wilayah Berwawasan Lingkungan"*, Universitas Brawijaya, Malang, Jawa Timur.

Widagdo, A., Jati, I.P., Waluyo, G., Purwasatriya, E.B. dan Suwardi, 2014. Struktur Geologi Daerah Longsor di Gunung Pawinihan, Kabupaten Banjarnegara, Jawa Tengah. Jurnal Dinamika Rekayasa Vol. 10 No. 2. Hal. 41-44.

Van Zuidam, R.A., 1983, *Aerial Photo-interpretation in Terrain Analysis and Geomorfologic Mapping*, Smits Publishers, The Hague, Netherlang, 442 h.

1. Eko Bayu Purwasatriya
Potensi Minyak Dan Gas Bumi Di Cekungan Banyumas
2. *Chusni Ansori, I.W. Warmada, Nugroho Imam Setiawan, Hery Jogaswara, Defry Hastria, Isyqi*
Penentuan Sumber Material Artefak Serta Hubungkait Pembentukan Situs Punden Berundak Di kawasan Geopark Karangsambung Karangbolong
3. *Adi Candra, Asmoro Widagdo, Siswandi*
Pengelolaan Dan Perlindungan Mata Air Dalam Upaya Penyediaan Air Yang Berkelanjutan
4. *Mochammad Aziz*
Model Penambangan Emas Skala Kecil Di Daerah Gumelar Dan Sekitarnya, Kabupaten Banyumas, Jawa Tengah
5. *Sachrul Iswahyudi*
Potensi Energi Baru dan Terbarukan Air Banyumas, Jawa Tengah
6. *Huzaely Latief Sunan*
Sebaran dan Potensi Batuan Intrusi Diorit sebagai Bahan Galian C daerah Pandansari dan Sekitarnya, Wanayasa, Banjarnegara
7. *Akhmad Khahlil Gibran*
Potensi Kebermanfaatan Logam Tanah Jarang di Batuan Sedimen Formasi Totogan, Karangsambung, Kebumen
8. *Cahaya Paramuditha Noviyani, Indra Permanajati, Januar Aziz Zaenurrohman*
Analisis Kerentanan Gerakan Tanah Menggunakan Analytical Hierarchy Process (AHP) Daerah Mertasari, Kecamatan Purwanegara-Banjarnegara
9. *Asmoro Widagdo*
Tektonik Pembentukan Intrusi Batuan Beku *Dyke* Dan *Sill* Pada Formasi Halang Di Daerah Kesugihan, Cilacap-Jawa Tengah
10. *Gentur Waluyo*
Identifikasi Faktor Geologi Dan Antropologi Penyebab Longsor Pada Jalur Jalan Alternatif Purbalingga-Pemalang, Jawa Tengah
11. *Rachmad Setijadi*
Tinjauan Geologi Terhadap Fenomena Longsor Dan Perubahan Lingkungan Di Daerah Gunung Pawinihan, Kabupaten Banjarnegara-Jawa Tengah



UNIVERSITAS JENDERAL SOEDIRMAN
Gd. UNSOED Press
Jalan Prof. Dr. H.R. Boenyamin 708 Purwokerto
Kode Pos 53122 Kotak Pos 115
Telepon (0281) 626070
Email: unsoedpresspwt@gmail.com

ISBN 978-623-465-035-8 (PDF)

