

GEOLOGI DAN STUDI ANALISIS KIMIA
SERTA SUMBERDAYA BATUGAMPING SEBAGAI BAHAN BAKU SEMEN
FORMASI CAMPURDARAT
DAERAH PELEM DAN SEKITARNYA
KECAMATAN CAMPURDARAT KABUPATEN TULUNGAGUNG
JAWA TIMUR

Muthia Risty ¹⁾, Mustafa Luthfi ²⁾, Mohammad Syaiful ²⁾

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi geologi daerah Pelem dan sekitarnya, Kecamatan Campurdarat, Kabupaten Tulungagung, Provinsi Jawa Timur. Penelitian mencakup geomorfologi, stratigrafi, struktur geologi dan sejarah geologi. Satuan geomorfologi di daerah penelitian adalah Satuan Geomorfologi Perbukitan Patahan, Satuan Geomorfologi Perbukitan Homoklin, dan Satuan Geomorfologi Dataran Aluvial. Jentera geomorfik termasuk ke dalam dewasa. Satuan batuan yang terdapat di daerah penelitian mulai dari tua ke muda yaitu Satuan Batuan Batupasir, Breksi dan Lava Andesit (Formasi Mandalika) yang berumur Oligosen Akhir – Miosen Awal (N2 - N4), diendapkan pada Bathial Atas. Secara tidak selaras diendapkan Satuan Batuan Batugamping sisipan Batupasir Gampingan dan Batulempung Karbonan (Formasi Campurdarat) yang berumur Miosen Awal – Miosen Tengah (N7-N13) diendapkan pada Neritik Tengah. Secara tidak selaras di atasnya akibat proses orogenesis pada Kala Pliosen diendapkan Satuan Endapan Aluvial yang menutupi batuan dibawahnya dengan batas bidang erosi. Struktur geologi yang berkembang di daerah penelitian adalah patahan. Pembentukan struktur geologi di daerah penelitian terjadi dalam satu periode tektonik, yaitu pada Kala Miosen Tengah sampai Plio-Plistosen dengan arah gaya utama N5°E atau arah umum Utara – Selatan. Studi analisis kimia batugamping serta sumberdaya batugamping untuk bahan baku semen, berdasarkan hasil analisa geokimia unsur terhadap 3 conto sampel batugamping. Maka batuan ini memenuhi syarat untuk bahan baku semen. Dan penghitungan sumberdaya batugamping didapatkan 10.138.341.718 ton.

Kata Kunci: Geologi, Tulungagung, Formasi Campurdarat, Formasi Mandalika

I. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Secara fisiografi, wilayah Tulungagung merupakan daerah perbukitan yang terletak pada Zona Pegunungan Selatan (van Bemmelen, 1949). dan secara geologi daerah ini merupakan busur vulkanik kala Eosen - Miosen yang endapannya terdiri dari batuan-batuan silisiklastik, vulkaniklastik, vulkanik dan karbonat dengan kedudukan umum perlapisannya miring ke selatan. Terdapat perbedaan pendapat dari peneliti terdahulu mengenai litologi penyusun Formasi Mandalika, salah satunya menurut Samodra,dkk (1992)

Formasi Mandalika tersusun oleh litologi berupa perulangan breksi gunungapi, lava, tuf, bersisipan batupasir dan batulanau. Sedangkan menurut Sjarifudin dan Hamidi (1992) Formasi Mandalika tersusun oleh litologi lava andesit-basal, latit porfir, riolit dan dasit. Berdasarkan kondisi geologi tersebut dan adanya perbedaan pendapat penulis tertarik untuk mengambil penelitian geologi di daerah tersebut. Hal ini yang menjadi latar belakang mengapa penelitian geologi di daerah Pelem dan sekitarnya, Kecamatan Campurdarat, Kabupaten Tulungagung, Provinsi Jawa Timur dilakukan dan dipilih sebagai lokasi pemetaan geologi.

1.2 Maksud dan Tujuan

Penelitian geologi dan studi khusus yang dilakukan memiliki maksud untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam menyelesaikan studi sarjana strata satu pada Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Pakuan Bogor.

Adapun tujuan penelitian adalah untuk mengetahui kondisi geologi daerah Pelem dan sekitarnya, Kecamatan Campurdarat, Kabupaten Tulungagung, Provinsi Jawa Timur yang mencakup geomorfologi, stratigrafi, struktur geologi, dan perkembangan sejarah geologi,

1.3 Metode Penelitian

Metode penelitian yang dipakai dalam penelitian mencakup:

(a) data primer yaitu penelitian lapangan berupa pemetaan geologi permukaan, analisa Laboratorium dan studio serta penulisan laporan.

(b) data sekunder yaitu kajian pustaka. Laporan geologi yang telah diterbitkan mengenai daerah penelitian yang dipublikasikan oleh beberapa penelitian terdahulu, yaitu :

1. Van Bemmelen, R.W., (1949). "The Geology of Indonesia", The Hague Martinus Nijhoff, vol IA, Netherlands.
2. Martodjojo. S, dan A. Pulunggono (1994) Geotektonik Pulau Jawa Sejak Akhir Mesozoik Hingga Kuarter, Makalah Seminar Geologi, Jurusan Teknik, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
3. Samodra, dkk (1992), *Geologi regional lembar Tulungagung*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi (P3G), Bandung, Indonesia.

1.4 Letak, Luas dan Kesampaian Daerah Penelitian

Secara administratif daerah penelitian termasuk ke dalam 16 (enam belas) desa yaitu Campurdarat, Pelem, Wates, Pojok, Tanggung, Kresikan, Tanggunggunung, Ngepoh, Tenggarejo, Pakisrejo, Winong, Joho, Pakisaji, Jabon, Pagersari, dan betak, 3 (tiga) kecamatan yaitu Campurdarat, Tanggunggunung, dan Kalidawir, dan 1 (satu) Kabupaten yaitu Tulungagung, Provinsi Jawa Timur. Secara geografis daerah penelitian terletak pada lintang dan bujur sebagai berikut: 8°12'48" LS - 8°12'46" LS dan 111°51'48" BT - 111°55'57" BT. Daerah penelitian memiliki luasan wilayah 7 km x 7 km atau 49 km². Daerah penelitian termasuk kedalam Peta Geologi Regional lembar Tulungagung, dengan skala 1:100.000 (Samodra, dkk 1992) yang diterbitkan oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Bandung yang sekarang menjadi Badan Geologi, dan Peta Rupabumi Indonesia lembar Kalidawir No. 1507-542 dengan skala 1:25.000 yang diterbitkan oleh Badan Koordinasi Survey dan Pemetaan Nasional (BAKOSURTANAL) yang sekarang menjadi Badan Informasi Geospasial (BIG).

II. Kondisi Geologi

2.1 Geomorfologi

Berdasarkan fisiografi Regional Jawa Bagian Tengah menurut Van Bemmelen, (1949), daerah penelitian masuk ke dalam Zona Pegunungan Selatan.

Dari kenampakan ciri-ciri bentang alam di daerah penelitian secara umum mempunyai bentuk morfologi perbukitan dan lembah yang memanjang relatif Timurlaut-Baratdaya, yang tersusun oleh batupasir, breksi dan lava andesit dan batugamping sisipan batupasir gampingan dan batulempung karbonan. Perbukitan dan lembah ini dikontrol oleh struktur geologi yang berkembang dan perbedaan litologi yang menempatinya.

Klasifikasi geomorfologi secara genetik oleh Lobeck (1939) dan konsep yang dikemukakan Thornbury (1969) dalam bukunya "*Principal of Geomorphology*" yang meliputi aspek struktur, proses dan juga tahapan, maka geomorfologi daerah penelitian dikelompokkan menjadi 3 (tiga) Satuan Geomorfologi, yaitu:

2.1.1. Satuan Geomorfologi Perbukitan Patahan

Satuan geomorfologi perbukitan patahan secara genetik satuan ini dikontrol oleh struktur geologi berupa patahan. Dimana dicirikan oleh perbukitan memanjang Timurlaut - Baratdaya yang disusun oleh batuan batupasir, breksi gunungapi, lava andesit, batugamping, batupasir gamping, dan batulempung karbonan yang terpatahkan yang sudah membentuk gawir-gawir terjal hasil dari struktur patahan. Satuan geomorfologi ini menempati $\pm 50\%$ dari luas daerah penelitian dan pada peta geomorfologi diberi warna ungu. Berdasarkan bentang alam pada satuan ini menunjukkan bentuk bukit yang telah mengalami perubahan bentuk diakibatkan oleh proses erosi dan pelapukan, maka jentera geomorfik satuan ini termasuk dalam stadia geomorfik dewasa.



Gambar 1. Morfologi perbukitan yang memperlihatkan perbukitan offside di Desa Pelem dari arah barat laut ke tenggara.



Gambar 2. Morfologi perbukitan patahan berupa gawir terjal hasil dari struktur patahan di Desa Pelem dari arah barat laut ke tenggara



Gambar 3. Hasil proses eksogen yaitu erosi lembah di daerah pakisrejo

2.1.2. Satuan Geomorfologi Perbukitan Homoklin

Satuan geomorfologi perbukitan homoklin secara genetik satuan ini dikontrol oleh kemiringan batuan yang seragam dan resistensi batuan terhadap erosi. Membentuk perbukitan memanjang relatif ke arah barat laut -tenggara yang disusun oleh batuan batupasir, breksi gunungapi, lava andesit, batugamping, batupasir gamping, dan batulempung karbonan. Satuan geomorfologi ini menempati $\pm 40\%$ dari luas daerah penelitian dan pada peta geomorfologi diberi warna merah muda. Berdasarkan bentang alam pada satuan ini menunjukkan bentuk bukit yang telah mengalami perubahan bentuk diakibatkan oleh proses erosi dan pelapukan, maka jentera geomorfik satuan ini termasuk dalam stadia geomorfik dewasa.



Gambar 4. Morfologi perbukitan homoklin yang memperlihatkan kemiringan yang seragam di Desa Pagersari dari arah baratdaya ke timurlaut.



Gambar 5. Hasil proses eksogen yaitu pelapukan organisme di daerah Winong

2.1.2. Satuan Geomorfologi Dataran Aluvial

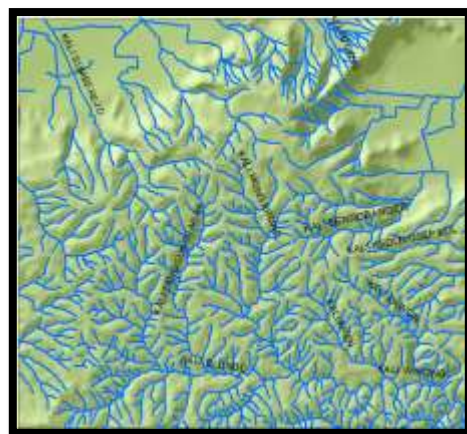
Genetika sungai geomorfologi dataran aluvial terbentuk dari hasil pengendapan sungai dengan bentangalam berupa dataran. Satuan geomorfologi dataran aluvial di daerah penelitian tersebar di bagian barat dan timur daerah penelitian. Menempati sekitar $\pm 10\%$ dari luas daerah penelitian dan pada peta geomorfologi diberi warna abu – abu. Morfometri satuan ini dicirikan oleh bentuk bentang alam berupa dataran.



Gambar 6. Dataran Aluvial dijumpai di Desa Pelem

2.1.3. Pola Aliran Sungai

Pola aliran sungai yang berkembang di daerah penelitian adalah pola aliran sungai rektangular yaitu pola yang saling tegak lurus antara sungai utama dan anak – anak sungainya. Pola rektangular umumnya berkembang pada batuan yang resistensi terhadap erosinya mendekati seragam, namun dikontrol oleh kekar yang mempunyai dua arah dengan sudut saling tegak lurus. Kekar pada umumnya kurang resisten terhadap erosi sehingga memungkinkan air mengalir dan berkembang melalui kekar-kekar membentuk suatu pola pengaliran dengan saluran salurannya lurus-lurus mengikuti sistem kekar. Dijumpai pada daerah yang terpatokkan yang dikendalikan oleh struktur geologi kekar dan sesar.



Gambar 7. Pola aliran sungai daerah penelitian

2.2. Stratigrafi

Tabel 1. Kolom Stratigrafi Regional Lembar Tulungagung Menurut Samodra, dkk (1992)

UMUR		SATUAN STRATIGRAFI	
KUARTER	HOLOSEN	Qa	
	PLISTOSEN	Qpww	
TERSIER	PLIOSEN		
		Akhir	Tmww (F. Wonosari)
	Tengah	Tmn (F. Nampol)	
	MIOSEN	Tmjj (F. Jaten)	Tmww (F. Wuri)
		Awal	Tmcd (F. Campurdarat)
OLIGOSEN	Toma (F. Arjosari)		

Berdasarkan ciri litologi, data lapangan, dan kesamaan fisik pada daerah penelitian dijumpai batupasir gampingan selang-seling Satuan Batupasir sisipan Breksi dan Lava Andesit yang merupakan ciri Formasi Mandalika, dan Satuan Batuan Batugamping sisipan Batupasir gampingan dan Batulempung karbonan merupakan ciri Formasi Campurdarat. Berdasarkan hasil pengukuran dan pengamatan ciri – ciri batuan yang tersingkap dilapangan dan kesebandingannya terhadap stratigrafi regional, maka daerah penelitian dapat dibagi menjadi tiga satuan batuan, yaitu dengan urutan dari yang paling tua ke muda sebagai berikut:

Tabel 2. Kolom Stratigrafi Daerah Penelitian

Umur	Litologi	Satuan Batuan atau Formasi	Lingkungan Pengendapan
Holosen		Satuan Endapan Akvial	Darat
Plistosen	N 23		
	N 22		
	N 21		
Pliosen	Akhir N 20		
	Awal N 19		
Miosen	N 18		
	N 17		
	N 16		
	N 15		
	N 14		
	Tengah N 12	Satuan Batuan Batugamping sisipan Batupasir Gampingan dan Batulempung Karbonan (Formasi Campurdarat)	Neritik Tengah (20m-100m)
	N 11		
	N 10		
	N 9		
	N 8		
Awal	N 7		
	N 6		
Oligosen	N 5		
	N 4		
	N 3	Satuan Batuan Batupasir Breksi, dan Lava Andesit (Formasi Mandalika)	Bathial Atas (200m - 400m)
	N 2		

2.2.1. Satuan Batupasir, Breksi dan Lava Andesit

Penamaan satuan batuan ini didasarkan atas kehadiran batupasir, breksi dan lava andesit. Menempati 30% luas daerah penelitian. Menyebar di bagian utara daerah penelitian. berdasarkan hasil pengukuran rekonstruksi penampang geologi ketebalannya yaitu 2500 m. Satuan ini umumnya tersingkap dalam kondisi segar – lapuk. Pada bagian bawah satuan ini dicirikan oleh batupasir dengan ketebalan berkisar 50 cm - 1 m. Bagian tengah satuan dicirikan oleh breksi dengan ketebalan berkisar 40 cm – 2 m. Bagian atas satuan ini dicirikan oleh lava andesit dengan ketebalan lapisan berkisar 2 m – 20 m.

Untuk menentukan umur satuan batuan ini didasarkan pada kehadiran foraminifera Plankton yang terkandung dalam conto batuan yang diambil di MR 57. Dari hasil pengamatan mikroskop dengan munculnya fosil indeks *Globorotalia Cf opima* hidup pada N2 dan punah pada N4 maka kisaran umur yang didapat adalah N2 – N4 atau pada kala Oligosen Akhir - Miosen Awal.

Untuk menentukan lingkungan pengendapan berdasarkan keterdapatannya foraminifera benton yang terkandung dalam contoh batuan yang

diambil pada MR 57, muncul dan punahnya *Siphotextularia mestayerae* dan *Pseudonodosaria discreta* pada Bathial Atas maka lingkungan pengendapan satuan ini berada pada Zona Bathial Atas dengan kedalaman 200 – 400 meter. berdasarkan klasifikasi lingkungan menurut *Phleger* (1954).

Hubungan Satuan Batuan Batupasir, Breksi dan Lava Andesit dengan satuan batuan yang ada di bawahnya tidak diketahui dikarenakan tidak tersingkap di daerah penelitian, sehingga dapat dikatakan bahwa satuan ini merupakan satuan paling tua di daerah penelitian, sedangkan hubungan stratigrafi dengan satuan batuan yang ada di atasnya yaitu Satuan Batuan Batugamping sisipan Batupasir gamping dan Batulempung karbonan adalah tidak selaras karena tidak adanya rumpang waktu pengendapan. Satuan Batuan Batupasir, Breksi, dan Lava Andesit di daerah penelitian memiliki ciri litologi yang sama dengan Formasi Mandalika (Samodra, dkk., 1992), dengan demikian penulis menyatakan satuan ini sebagai **Formasi Mandalika**. (tabel 3)



Gambar 8. Singkapan Batupasir yang di jumpai di Desa Pelem MR 56.



Gambar 9. Singkapan Breksi yang di jumpai di Desa Winong MR 46.



Gambar 10. Singkapan Lava Andesit yang di jumpai di Desa Pelem MR 108

2.2.2. Satuan Batugamping sisipan Batupasir gampingan dan Batulempung karbonan

Penamaan satuan ini didasarkan pada singkapan-singkapan batuan yang dijumpai di daerah penelitian berupa batugamping sisipan batupasir gamping dan batulempung karbonan. Satuan ini tersebar di bagian selatan daerah penelitian yang menempati 60% dari luas daerah penelitian. Berdasarkan hasil pengukuran rekonstruksi penampang geologi ketebalannya yaitu ± 300 m. Satuan ini umumnya tersingkap dalam kondisi segar – lapuk. Pada bagian bawah satuan ini dicirikan oleh batugamping dengan ketebalan berkisar 30 cm - 10 m. Bagian tengah satuan dicirikan oleh batupasir gampingan dengan ketebalan berkisar 30 cm – 2 m. Bagian atas satuan ini dicirikan oleh batulempung

karbonan dengan ketebalan lapisan berkisar 20 cm – 60 m.

Untuk menentukan umur satuan batuan ini didasarkan pada kehadiran foraminifera plankton yang terkandung dalam contoh batuan yang diambil di MR 100 dan MR 88. Dari hasil pengamatan mikroskop dengan munculnya *Globorotalia bimagaie* pada N7 – N9 dan punahnya *Globorotalia mayeri* pada N7 – N13. Maka kisaran umur satuan yang didapat adalah N7 – N13 atau pada kala Miosen Awal bagian akhir – Miosen Tengah bagian akhir. Penentuan lingkungan pengendapan pada satuan ini berdasarkan hasil analisis foraminifera bentonik yang terdapat di MR 88 dimana ditentukan oleh muncul dan punahnya fosil *Bullimina ovula D'Orbigny* pada neritik tengah maka lingkungan pengendapan satuan ini berada pada kisaran kedalaman 20 – 100 m (Neritik Tengah) berdasarkan klasifikasi lingkungan menurut *Phleger* (1954).

Hubungan stratigrafi Satuan Batuan Batugamping sisipan Batupasir gampingan dan Batulempung karbonan dengan satuan di bawahnya yaitu Satuan Batuan Batupasir, Breksi dan Lava Andesit adalah tidak selaras, karena kedudukan jurus tidak seragam dan adanya rumpang waktu, hubungan stratigrafi dengan satuan yang ada di atasnya yaitu satuan Endapan Aluvial tidak selaras atau dibatasi bidang erosi. Berdasarkan atas ciri litologi pada Satuan Batuan Batugamping sisipan Batupasir gampingan dan Batulempung karbonan di daerah penelitian memiliki kesamaan dengan Formasi Campurdarat (Samodra, dkk., 1992), sehingga dengan demikian penulis menyatakan Satuan Batuan Batugamping sisipan Batupasir gampingan dan Batulempung karbonan di daerah penelitian dapat dibandingkan dengan **Formasi Campurdarat (tabel 3)**.



Gambar 11. Singkapan batugamping terumbu di Desa Pakisrejo MR 15



Gambar 12. Singkapan batupasir gampingan di Desa Winong MR 117



Gambar 13. Singkapan batulempung karbonan di Desa Tanggunggunung MR 112

2.2.3. Satuan Endapan Aluvial

Penamaan satuan ini didasarkan pada material aluvial sungai yang berukuran lempung, pasir sampai bongkah yang bersifat lepas hasil sedimentasi dan pengendapan. Satuan ini tersebar di sekitar Sungai Sumberejo pada bagian barat laut dan timurlaut daerah penelitian. Satuan ini menempati $\pm 10\%$ dari luas daerah penelitian. Satuan endapan ini umumnya menempati daerah datar. Satuan endapan ini disusun material aluvial sungai berukuran lempung, pasir, kerikil, kerakal sampai bongkah dengan bentuk membulat – menyudut tanggung. Proses pengendapan satuan endapan ini masih berlangsung sampai sekarang.

Umur Satuan Endapan Aluvial adalah Holosen dan hubungan stratigrafi satuan ini dengan satuan yang lebih tua di bawahnya dibatasi oleh bidang erosi.



Gambar 14. Endapan Aluvial pada Sungai Sumberejo

2.2.4. Kesebandingan Stratigrafi Daerah Penelitian dengan Peneliti Terdahulu

Berdasarkan dari pengelompokan satuan batuan yang terdapat di daerah penelitian, penulis dapat menyembandingkan hubungan stratigrafi daerah penelitian dengan peneliti terdahulu (Samodra, dkk., 1992) dengan melihat kolom kesebandingan stratigrafi (**Tabel 3**).

Satuan yang terdapat di daerah penelitian mulai dari yang tua ke muda adalah Satuan Batuan Batupasir, Breksi, dan Lava Andesit

sebanding dengan Formasi Mandalika. Satuan Batuan Batugamping sisipan Batupasir gampingan dan Batulempung karbonan sebanding dengan Formasi Campurdarat.

2.3. Stuktur Geologi

Berdasarkan hasil pengamatan lapangan di daerah penelitian yang meliputi pengukuran jurus dan kemiringan lapisan batuan serta dijumpai indikasi-indikasi struktur geologi berupa bidang sesar, breksiasi, dan kedudukan acak. Dapat diketahui bahwa struktur geologi yang berkembang pada daerah penelitian adalah struktur patahan. Untuk mempermudah dalam pengenalan dari setiap struktur – struktur geologi yang berkembang pada daerah penelitian, maka penamaannya disesuaikan dengan nama – nama lokasi dan geografis yang ada di daerah penelitian.

2.2.2. Stuktur Patahan

Berdasarkan hasil pengamatan unsur-unsur struktur geologi di daerah penelitian dapat diketahui bahwa di daerah penelitian terdapat 2 (dua) sesar mendatar, yaitu :

a. Sesar Mendatar Pojok

Penamaan Sesar Mendatar Pojok dikarenakan sesar mendatar ini ditemukan di Desa Pojok. Satuan yang dilewati sesar ini adalah Satuan Batuan Batupasir, Breksi dan Lava Andesit dan Satuan Batuan Batugamping sisipan Batupasir gampingan dan Batulempung karbonan. Sesar ini berarah baratdaya – timurlaut. Adapun indikasi sesar mendatar di daerah penelitian adalah :

a. Bidang sesar, berpa cermin sesar dengan arah $N220^{\circ}E/80^{\circ}$ dengan gores garis 45° , $N280^{\circ}E$ dengan pitch 50° dijumpai di Desa Pojok MR 51

b. Breksiasi dengan arah $N215^{\circ}E$ dijumpai di Kali Coban MR 02



Gambar 15. Bidang sesar berupa gores garis di Desa Pojok MR 51



Gambar 17. Bidang sesar berupa gores garis di Kali Pelem MR 118



Gambar 16. Breksiasi di Kali Coban MR 02



Gambar 18. Breksiasi di Kali Joho MR 55

b. Sesar Mendatar Pelem

Penamaan Sesar Mendatar Pelem dikarenakan sesar mendatar ini ditemukan di Desa Pelem. Satuan yang dilewati sesar ini adalah Satuan Batuan Batupasir, Breksi dan Lava Andesit dan Satuan Batuan Batugamping sisipan Batupasir gampingan dan Batulempung karbonan.. Sesar Mendatar ini berkembang dibagian utara daerah penelitian. Sesar ini memanjang berarah hampir baratdaya – timurlaut. Adapun indikasi adanya sesar naik di daerah penelitian adalah :

- a. Bidang sesar, berupa cermin sesar dengan arah $N 240^{\circ} E / 160$ dengan gores garis 35° , $N 340^{\circ} E$, pitch 30° dijumpai di Kali Pelem MR 107
- b. Breksiasi dengan arah $N 220^{\circ} E$ dijumpai di Kali Joho MR 58

2.4. Mekanisme dan Umur Pembentukan Struktur Geologi Pada Daerah Penelitian

Untuk mengetahui arah gaya utama yang membentuk struktur geologi di daerah penelitian maka penulis menentukan arah gaya utama adalah tegak lurus dari kedudukan jurus lapisan dimana diperoleh arah gaya utama $N 5^{\circ} E$ atau arah utara – selatan.

Dalam menentukan umur struktur geologi, penulis menggunakan umur dari satuan batuan dimana struktur geologi tersebut berada. Umur struktur geologi akan lebih muda dibanding umur satuan batuan yang terpatahkan. Dimana stuktur geologi daerah penelitian berumur Miosen Tengah (N14). Struktur geologi yang terbentuk di daerah penelitian berupa struktur patahan, kejadian tektonik yang menyebabkannya terbentuk proses struktur geologi tersebut.

Urut – urutan pembentukan struktur geologi didaerah penelitian diawali dengan pembentukan stuktur patahan yang berumur Miosen Tengah (N14) – Plio Plistosen (N23) berupa Sesar Mendatar Pojok dan Sesar Mendatar Pelem diakibatkan gaya yang kuat kemudian terpatahkan oleh pensesaran berupa sesar Sesar Mendatar Pojok dan sesar Mendatar Pelem. Dengan demikian umur struktur geologi yang terjadi di daerah penelitian terdapat 1(satu) kali pembentukan, seiring dengan berkembangnya aktivitas tektonik yang terjadi didaerah penelitian.

2.5. Sejarah Geologi

Sejarah geologi daerah penelitian dimulai pada kala Oligosen Akhir (N2) diendapkan Satuan Batuan Batupasir, Breksi, dan Lava Andesit sampai pada kala Miosen Awal (N4), satuan ini berada pada lingkungan pengendapan neritik luar dengan kedalaman 200 – 400 meter. Pada N5 – N6 terjadi regresi sehingga terjadi pengangkatan dari bathial atas menjadi neritic tengah, kemudian secara tidak selaras diendapkan Satuan Batuan Batugamping sisipan Batupasir gampingan dan Batulempung karbonan sampai pada kala Miosen Awal (N7) sampai Miosen Tengah (N13), berada pada lingkungan Neritik Tengah pada kedalaman 20 – 200 meter.

Pada kala Miosen Tengah (N15) daerah penelitian kembali mengalami aktivitas tektonik “orogenesis” yang mengakibatkan Satuan Batuan Batupasir, Breksi, dan Lava Andesit dan Satuan Batuan Batugamping sisipan Batupasir gampingan dan Batulempung Karbonan terpatahkan membentuk Sesar Mendatar Pojok dan Sesar Mendatar Pelem dan terjadinya pengangkatan dari neritik tengah menjadi darat. Saat ini pada daerah penelitian yang telah menjadi daratan terjadi proses pelapukan baik secara kimiawi maupun mekanis serta proses erosi dan sedimentasi. Proses-proses tersebut menghasilkan endapan alluvial sungai berumur resen yang merupakan hasil rombakan batuan yang lebih tua.

III. Analisa Kimia serta Sumberdaya Batugamping Sebagai Bahan Baku Semen Formasi Campurdarat

3.1.1. Dasar Teori

Bahan galian merupakan unsur-unsur maupun senyawa kimia, mineral-mineral, bijih-bijih dan segala macam batuan termasuk batu-batu mulia yang merupakan endapan-endapan alam yang tidak dapat diperbarui kembali. Berdasarkan kaitannya bahan galian sebagai bahan baku industri, menurut Peraturan Pemerintah No. 27 tahun 1980, bahan galian dibagi menjadi 3 (tiga) golongan yaitu:

- Bahan galian strategis (Golongan A) : bitumen cair, lilin bumi, aspal, batubara
- Bahan Galian Vital (Golongan B) : zircon, emas, perak, seng, besi, khlor
- Bahan Galian yang Tidak Termasuk Keduanya (Bahan galian C) : asbes, talk, mika, batukapur, dolomit, kalsit

Jenis –jenis bahan galian yang ada di daerah penelitian termasuk kedalam bahan galian golongan C, hal ini didasarkan pada jenis bahan galian di daerah penelitian yaitu bahan galian batukapur.

3.2. Maksud dan Tujuan

Maksud dari penlitian ini adalah memetakan daerah yang memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku semen. Sedangkan tujuan dari penelitian ini adalah untuk memberikan informasi dan data mengenai batugamping yang terdapat di daerah penelitian.

3.3. Analisis Kimia Batugamping

Menurut (Duda, 1976), bahan baku semen adalah mineral yang mengandung komponen-komponen utama semen, yaitu CaO , SiO_2 , Al_2O_3 dan Fe_2O_3 dan senyawa oksida lain yang jumlahnya hanya beberapa persen dari berat semen adalah MgO , SO_3 , Na_2O dan K_2O . Berdasarkan kadar CaCO_3 , batukapur yang dapat digunakan sebagai bahan baku pembuat semen, terdiri dari batugamping dengan kadar CaCO_3 minimal 50%. Sedangkan komposisi kimia batugamping yang menjadi syarat untuk bahan baku semen dapat dilihat pada tabel 6.1. semen memiliki 3 kelompok bahan baku yaitu:

1. Bahan baku utama yaitu bahan baku yang mengandung oksida-oksida kalsium, silica dan alumina. Seperti Calcareous yaitu batuan alam yang mengandung senyawa CaCO_3 atau oksida kalsium seperti batukapur, chalk, dan marl. Argillaceous yaitu batuan alam yang mengandung oksida silica dan alumina, jenis nya dibedakan berdasarkan kandungan silica pasir, lempung dan ukurannya. Terdapat pula senyawa lain seperti oksida besi, kalsium, natrium, titanium, chromium, mangan dan phosphor. Batuan alam yang termasuk argillaceous dan paling banyak digunakan adalah tanah liat dengan golongan kaolinit dan montmorillonite
2. Bahan baku korektif yaitu tambahan pada bahan baku utama apabila pada pencampuran bahan baku memenuhi kualitatif dan kuantitatif. Bahan baku korektif yang digunakan mengandung oksida silica, oksida alumina, oksida besi yang diperoleh dari pasir silica, tanah liat, dan pasir besi
3. Bahan baku tambahan yaitu bahan baku yang apabila pencampuran secara kuantitatif dan kualitatif belum seimbang.

Tabel 4. komposisi kimia batugamping pembentuk bahan baku semen (Duda, 1976)

No	Komponen	Komposisi (%)
1	SiO_2	0,76-4,75
2	Al_2O_3	0,71-2,00
3	Fe_2O_3	0,36-1,47
4	MgO	0,30-1,48
5	CaO	49,8-55,6
6	LOI	39,65-44,05

Menurut SNI 15-2049-2004. Semen Portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen portland terutama

yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat. Campuran tersebut membentuk *clinker* yang kemudian ditambah dengan gypsum maka akan terbentuk semen portland. Komposisi semen portland yang baik menurut Tjokrodinuljo, 1996 yaitu batukapur 60-67%, pasir silica 17-25%, alumina 0,3-0,8%, tanah liat 0,3-0,8%, magnesia 0,3-0,8% dan sulfur 0,3-0,8%. Sedangkan menurut Kardiyono, 1996 menyebutkan 4 unsur yang paling penting adalah Trikalsium Silikat (3CaO , SiO_2), Dikalsium Silikat (2CaO , SiO_2), Trikalsium Aluminat (3CaO , Al_2O_3), Tetrakalsium Aluminoforit (4CaO , Al_2O_3 , FeO_3)

Tabel 5. Jenis komposisi kimia semen portland SNI 15-2049-2004

No	Uraian	Jenis Semen Portland (%)				
		I	II	III	IV	V
1	SiO_2 , Minimum	-	20,0	-	-	-
2	Al_2O_3 , Maksimum	-	6,0	-	-	-
3	Fe_2O_3 , Maksimum	-	6,0	-	6,5	-
4	MgO , Maksimum	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0

Jenis dan penggunaan Semen Portland SNI 15-2049-2004 dibagi dalam 5 jenis, yaitu :

1. Jenis I, semen yang dalam keperluan kontruksi umum yang tidak memakai persyaratan khusus terhadap panas hidrasi dan kekuatan tekan awal. Dapat digunakan untuk bangunan rumah pemukiman, gedung-gedung, perkerasan jalan, struktur rel, dan lain-lain.
2. Jenis II, semen ini digunakan untuk kontruksi bangunan dari beton massa yang memerlukan ketahanan sulfat dan panas hidrasi sedang. Biasanya bangunan dipinggir laut, bangunan bekas tanah rawa, saluran irigasi,

Kode Sempel	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	MgO %	Jenis Semen Portland
MR16	2,42	1,46	0,78	0,47	I - III - IV - V
MR 39	2,58	1,17	0,81	0,82	I - III - IV - V
MR 86	1,13	1,21	0,68	0,76	I - III - IV - V

landasan jembatan, saluran irigasi, dan beton massa untuk dam-dam.

- Jenis III, semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan awal yang tinggi dalam fase setelah pengikatan terjadi. Biasanya digunakan pada pembuatan jalan beton, bangunan-bangunan tingkat tinggi, bangunan-bangunan dalam air yang tidak memerlukan ketahanan terhadap serangan sulfat.
- Jenis IV, semen portland yang digunakan untuk keperluan konstruksi yang memerlukan jumlah dan kenaikan panas harus diminimalkan. Semen jenis ini akan diperoleh tingkat kuat beton dengan lebih lambat ketimbang Portland tipe I. Digunakan untuk struktur beton massif.
- Jenis V, biasanya digunakan pada bangunan-bangunan yang mengandung sulfat melebihi 0,20% dan selalu berhubungan dengan saluran limbah industri, konstruksi dalam air, jembatan, terowongan, pelabuhan, dan pembangkit tenaga nuklir.

3.3.1. Metode Analisa Kimia

Analisis kimia dilakukan untuk mengetahui kandungan senyawa apa saja yang akan dianalisis, analisis kimia ini diperuntukkan pada batugamping yang diambil sebagai bahan studi khusus. Dalam melakukan analisis kimia ini penulis menggunakan analisis kimia dengan metode AAS dan Gravimetri.

a. Metode AAS (Atom Absorption Spectrofotometer)

Merupakan suatu metode analisis kimia dimana prinsip kerjanya didasarkan atas pengamatan panjang gelombang yang diserap oleh suatu unsur. Metode AAS ini digunakan untuk mengidentifikasi kadar Al₂O₃, Fe₂O₃, FeO, MgO, K₂O, Na₂O, dan CaO.

b. Metode Analisis Gravimetri

Merupakan suatu proses isolasi dan pengukuran berat suatu unsur atau senyawa tertentu. Tahap awal dari analisis gravimetri adalah pemisahan komponen yang ingin diketahui dari komponen-komponen lain yang terdapat dalam suatu sample, kemudian dilakukan pengendapan yaitu transformasi konstituen kedalam bentuk senyawa stabil dan murni yang dapat diukur. Metode gravimetri ini digunakan untuk mengidentifikasi kadar H₂O, LOI, dan SiO₂.

3.3.2. Analisa Kimia Batugamping Daerah Penelitian

Dari tiga sampel batugamping yang diambil di daerah penelitian dengan lokasi yang berbeda-beda dipilih secara acak, kemudian dilakukan analisa kimia terhadap tiga sampel batuan tersebut, dan diperoleh hasil pada table berikut.

Tabel 6. Hasil analisa kandungan kimia batugamping daerah penelitian

Kode Sempel	UNSUR KIMIA (%)										
	%SiO ₂	%Al ₂ O ₃	%Fe ₂ O ₃	%FeO	%MgO	%CaO	%K ₂ O	%Na ₂ O	%P ₂ O ₅	%LOI	%H ₂ O
MR 16	2,42	1,46	0,78	0,12	0,18	53,13	0,47	0,047	0,008	39,70	1,38
MR 39	2,58	1,17	0,81	0,20	0,14	52,43	0,82	0,065	0,005	38,95	1,76
MR 86	1,13	1,21	0,68	0,4	0,13	54,86	0,76	0,053	0,006	39,67	1,52

Tabel 7. Jenis komposisi kimia semen Portland daerah penelitian

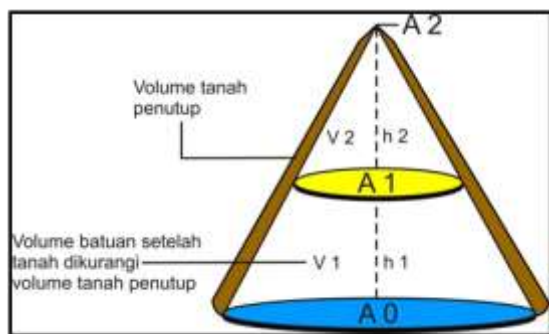
Dari sampel batugamping yang terdapat di lapangan dan dikesebandingkan komposisi semen portlan maka batugamping daerah penelitian memenuhi syarat untuk pembuatan semen.

3.3.3. Perhitungan Sumberdaya Batugamping Daerah Penelitian

Batugamping di daerah penelitian merupakan sumberdaya pada tingkat spekulatif (Sukandarumidi, 1998). Hal ini berdasarkan pada hasil penelitian yang masih bersifat penelitian umum dan kajian pustaka. Perhitungan sumberdaya batugamping di daerah penelitian menggunakan 2 (dua) metode, yaitu metode kontur (Craft dan Hawkins, 1956) dan metode penampang (William C. Peters, 1978).

a. Metode Kontur

Dalam perhitungan volume digunakan metode kontur menurut B.C.Craft and M.F.Hawkins (1959). Dalam hal ini kontur yang dihitung adalah kontur pada ketinggian 100 – 350 mdpl. Untuk perhitungan volume dari masing-masing kontur, dilakukan dengan mengasumsikan bentuk atau tubuh penyebaran batugamping berupa tabung silinder segitiga



Gambar 19. Ilustrasi penghitungan sumberdaya menurut B.C.Craft dan M.F.Hawkins, (1959)

Rumus :

Puncak, $V_0 = 4/3 (A_0)$

Jika luas $A_0/A_1 < 0,5$ maka :

$V = 1/3 \cdot h (A_0 + A_1) + \sqrt{A_0 \times A_1}$ atau Piramida

Jika luas $A_0/A_1 > 0,5$ maka :

$V = 1/2 \cdot h (A_0 + A_1)$ atau Trapesium

Keterangan :

V = Volume cadangan

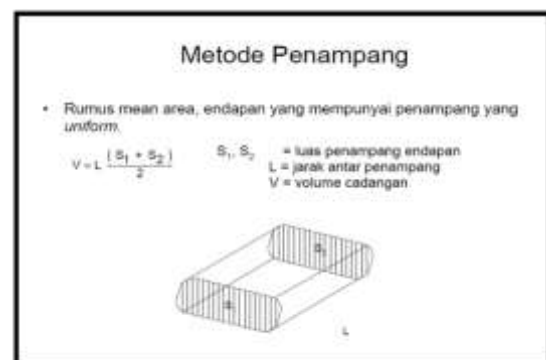
V_0 = Volume kontur puncak

A_0 = Luas kontur 0

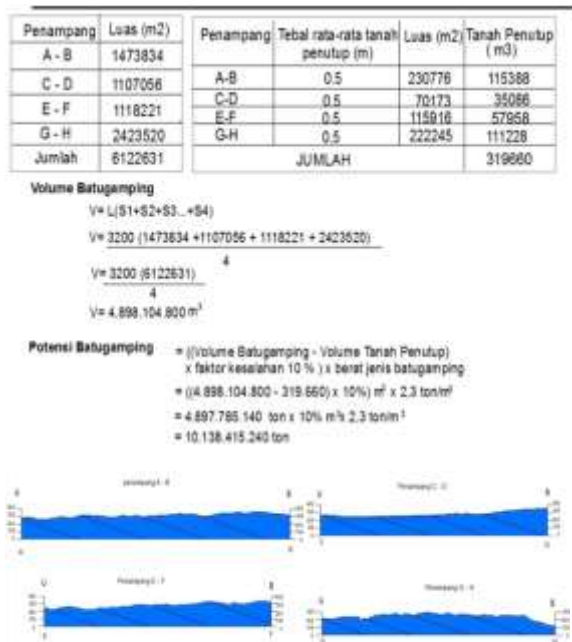
A_1 = Luas kontur 1

b. Metode Penampang

Metode penampang adalah salah satu metode estimasi cadangan secara konvensional, prinsip dari metode ini adalah dengan membagi beberapa section dengan interval tertentu, jarak yang sama atau berbeda sesuai dengan keadaan geologi. Dalam metode ini perhitungan volume sumberdaya dilakukan dengan mengetahui luas area masing-masing kemudian dikalikan dengan panjang blok. Volume total didapatkan dengan menjumlahkan masing-masing blok tersebut. Didasarkan atas pembuatan blok maka terdapat beberapa cara dari metode ini. Pengukuran luas ini dilakukan menggunakan 2 persamaan yaitu Main Area dan Frustum (Herlina. W., 2011). Perhitungan sumberdaya dilakukan dengan metode penampang menurut William C. Peters, *Exploration and Mining Geology* (1978). Metode penampang vertical menggambarkan kondisi endapan, bijih, tanah penutup (*overburden*) pada penampang-penampang vertical. Perhitungan luas masing – masing elemen tersebut dilakukan dengan rumus-rumus yang sesuai.



Gambar 20. Perhitungan Sumberdaya dengan Metode Penampang Berdasarkan perhitungan sumberdaya batugamping di daerah penelitian, maka diperoleh perhitungan sebagai berikut :



Gambar 21. Perhitungan sumberdaya dengan metode penampang

Volume Batugamping : **4.898.104.800 m³**

Volume Bersih :

Volume Kotor – Volume Tanah Penutup

4.898.104.800 m³ - 319.660 m³

4.897.785.140 m³

Faktor Kesalahan 10% : **489.810.480 m³**

Berat Jenis Batugamping : **2,3 ton/m³**

Sumberdaya Batugamping :

Volume Bersih – Faktor Kesalahan 10% x 2,3 ton/ m³ :

4.897.785.140 m³ - 489.810.480m³x2,3 ton/m³

4.407.974.660 m³x 2,3 ton/m³ :

10.138.341.718 ton/m³

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pemetaan geologi permukaan daerah Pelem dan sekitarnya Kecamatan Campurdarat Kabupaten Tulungagung provinsi Jawa Timur dan Studi analisis kimia dan sumberdaya batugamping

untuk bahan baku semen formasi campurdarat maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Terdapat tiga karakteristik geomorfologi yang berkembang di daerah penelitian, yaitu: (1) Satuan Geomorfologi Perbukitan Patahan, (2) Satuan Geomorfologi Perbukitan Homoklin, (3) Satuan Geomorfologi Dataran Aluvial. Pola aliran sungai yang terdapat pada daerah penelitian adalah pola aliran sungai rectangular dengan tahapan erosi sungai dewasa, sedangkan jentera geomorfik daerah penelitian secara umum berada pada tahapan dewasa.
2. Berdasarkan litostratigrafi di daerah penelitian dibagi menjadi 3 (tiga) satuan stratigrafi dari tua ke muda yaitu :
 - Satuan Batuan Batupasir, Breksi, dan Lava Andesit yang berumur Oligosen akhir – Miosen Awal (N2 – N4) yang diendapkan pada lingkungan Bathial Atas dengan kedalaman 200 – 400 meter, berdasarkan ciri litologi satuan ini masuk ke dalam Formasi Mandalika.
 - Secara tidak selaras karena adanya rumpang waktu di atas Satuan Batuan Batupasir, Breksi, dan Lava Andesit diendapkan Satuan Batuan Batugamping sisipan Batupasir gampingan dan Batulempung karbonan yang berumur Miosen Awal – Miosen Tengah (N7 – N13) diendapkan di lingkungan Neritik Tengah dengan kedalaman 20-100 meter, berdasarkan ciri litologi satuan ini termasuk ke dalam Formasi Campurdarat.
 - Satuan Endapan Aluvial menutupi satuan di bawahnya yang dibatasi oleh bidang erosi.
3. Urut – urutan pembentukan struktur geologi di daerah penelitian diawali dengan pembentukan patahan yang berumur Miosen Tengah (N14) diakibatkan gaya yang kuat kemudian terpatahkan oleh pensesaran berupa sesar

mendatar pojok dan sesar mendatar pelem. Dengan demikian umur struktur geologi yang terjadi di daerah penelitian terdapat 1(satu) kali pembentukan, seiring dengan berkembangnya aktivitas tektonik yang terjadi di daerah penelitian. Arah gaya utama yang bekerja berarah N5°E atau Utara - Selatan.

4. Sejarah geologi daerah penelitian dimulai pada kala Oligosen Akhir - Miosen Awal (N2 – N4) diendapkan Satuan Batuan Batupasir, Breksi, dan Lava Andesit pengendapan Bathial atas. Secara tidak selaras di atasnya yaitu pada kala Miosen Akhir – Miosen Tengah (N7-N13) diendapkan Satuan Batuan Batugamping sisipan Batupasir gampingan dan Batulempung karbonan diendapkan pada Neritik tengah (20 - 100m) Pada kala Miosen Tengah (N14) terjadi aktivitas orogenesis menghasilkan struktur sesar mendatar.
5. Berdasarkan hasil analisa kimia batugamping dari 3 sample yang diambil secara acak di daerah penelitian, dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku industry semen Portland dengan jenis I, III, IV, V

Sumberdaya batugamping yang terdapat di daerah penelitian adalah 10.138.415.239 ton.

DAFTAR PUSTAKA

- Bakosurtanal, 2001, *Peta Rupabumi Digital Indonesia Lembar Kalidawir No. 1507-542* dengan skala 1:25.000, Badan Koordinasi Survey dan Pemetaan Nasional (Bakosurtanal), Edisi : 1 – 2001, Cibinong, Bogor, Indonesia.
- Bakosurtanal, 2003, *Peta Provinsi Jawa Timur* dengan skala 1:50.000, Badan Koordinasi Survey dan Pemetaan Nasional (Bakosurtanal), Cibinong, Bogor, Indonesia.
- Blow, W. H. and Postuma, J. A., 1969, *“Range Chart, Late Miosen to Recent Planktonic Foraminifera Biostratigraphy”*, Proceedings of The First.
- Brasier, M. D., 1980, *Microfossil*, First Published, GEORGE ALLEN & UNWIN LTD 40 Museum Street, London WC1A 1LU
- Davis, G.H., 1984, *Structural Geology of Rock and Regions*, by John Wiley & Sons, Inc in Canada.
- Dunham, R.J., 1962, *Classification of Carbonat Rock According to Depositional Texture*, Houston, Texas, USA.
- Moody J.D., dan Hill M.J., 1956, *Wrench Fault Tectonics*, *Bulletin of the Geological Society of America*.
- Sjarifudin, M.Z dan Hamidi, S., 1992, *Geologi Lembar Blitar, Jawa*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi (P3G), Bandung.
- Noor, D., 2014, *Geomorfologi*, Edisi Pertama, Penerbit Deepublish (CV. Budi Utama), Jalan Kaliurang Km 9,3 Yogyakarta, Indonesia.
- Noor, D., 2002, *Geologi Dasar*, Edisi Pertama, Penerbit Deepublish (CV. Budi Utama), Jalan Kaliurang Km 9,3 Yogyakarta, Indonesia.
- Noor, D., 2016, *Prinsip-prinsip Stratigrafi*, Edisi Pertama, Penerbit Deepublish (Khalifah Mediatama), Komplek Pemulang Elok, Jawa Barat, Indonesia.
- Phleger, Fred and Parker, L., 1951, *Foraminifera Species*, Part II, Scripps Institution of Oceanography, La Jolla, California, USA.
- Pringgoprawiro H., 1983, *Revisi Stratigrafi Cekungan Jawa Timur Utara Dan Paleogeografi*, Disertasi Doktor, ITB, Bandung, Indonesia.
- Pulonggono dan Martodjojo, 1994, *Perubahan Tektonik Paleogen-Neogen*

- Merupakan Peristiwa Tektonik Penting di Jawa.** Proceedings Geologi dan Geologi Teknik Pulau Jawa, ISBN, UGM Yogyakarta, Indonesia.
- Prajartoro, A., 1992, **Penelitian Geologi dalam Industri Semen**, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
- Rickard, M. J., 1971, **A Classification Diagram of Fold Orientations**, Geological Magazine, 108 (1), halaman 23-26.
- Samodra, H. dan Gafoer, 1992, **Geologi Lembar Tulungagung**, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi (P3G), Bandung, Indonesia.
- Simandjuntak, T.O., 2009, **Tektonika**, Pusat Survei Geologi Dept Energi dan Sumberdaya Mineral, **Bandung**.
- Thornbury W. D., 1989, **Principles of Geomorphology**, Second Edition, John Willey and Sons Inc., New York, USA.
- Van Bemmelen, R.W., 1949, **The Geology of Indonesia**, The Hague Martinus Nijhoff, Vol. 1A, Netherlands.

PENULIS

1. **Muthia Risty, ST**, Alumni (2018) Program Studi Teknk Geologi, Fakultas Teknik-Universitas Pakuan. (E-mail : mristy95@gmail.com)
2. **Ir. Mustafa Luthfi, MT**, Staf Dosen Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Teknik-Universitas Pakuan.
3. **Ir. Mohammad Syaiful, M.Si**, Staf Dosen Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Teknik-Universitas Pakuan.