

GEOLOGI DAN KENDALI FASIES BATUGAMPING TERHADAP KUALITAS SEMEN DI DAERAH PAGER KIDUL DAN SEKITARNYA, KECAMATAN SUDIMORO, KABUPATEN PACITAN, PROVINSI JAWA TIMUR

Fadlillah Ahdiyati, Bambang Kuncoro, Bambang Prastistho

Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknologi Mineral
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta
Jl. SWK 104, Condong Catur 55283, Yogyakarta, Indonesia
Fax/Phone: 0274-487816; 0274-486403

SARI - Lokasi penelitian ini secara administrasi berada di daerah Desa Pager Kidul, Kecamatan Sudimoro, Kabupaten Pacitan, Provinsi Jawa Timur. Secara geografis daerah penelitian terletak pada X= 534500mE- 539500mE dan Y= 9086000mN- 9091500mN. Luas daerah penelitian dengan luas 5 km x 5,5 km dengan skala 1:12.500. Geomorfologi terdiri atas 4 bentukan asal dan 9 bentuklahan. Bentuk asal struktural terdiri dari satuan bentuklahan gawir garis sesar (S1) dan perbukitan struktural (S2). Bentuk asal karst terdiri dari satuan bentuklahan perbukitan karst (K1) dan lembah karst (K2). Bentuk asal fluvial terdiri dari satuan bentuklahan tubuh sungai (F1), dataran limpah banjir (F2), dan dataran aluvial (F3). Bentuk asal marine terdiri atas satuan bentuklahan pantai landai (M1) dan pantai terjal (M2). Stratigrafi di daerah penelitian berdasarkan kesatuan ciri litologi yang dominan daerah penelitian dapat dikelompokkan menjadi lima satuan tak resmi. Dari tua ke muda yaitu Satuan batupasir-tufan Arjosari (Oligosen Akhir- Miosen Awal), Satuan breksi Mandalika (Oligosen Akhir-Miosen Awal), Satuan batugamping Wonosari (Miosen Tengah- Miosen Akhir) dan satuan endapan aluvial (Holosen).

Daerah Pager Kidul terdiri atas 19 litofasies yaitu *large foraminifera packstone* (Pl), *algae floatstone* (Oa), *lithoclast floatstone* (Oc), *branching coral bafflestone* (Lb), *benthic foraminifera grainstone* (Gt), *large foraminifera floatstone* (Ol), *mollusca packstone* (Pm), *benthic foraminifera wackestone* (Wt) *benthic foraminifera miliolid packstone* (mdPt), *planktonic foraminifera miliolid wackestone* (mdWk), *massive head coral miliolid framestone* (mdFh), *branching coral miliolid bafflestone* (mdLb), *benthic foraminifera miliolid wackestone* (mdWt), *algae framestone* (Fa), *massive head coral framestone* (Fh), *platy coral bindstone* (Bp) *lithoclast grainstone* (Gc), *large foraminifera grainstone* (Gl) dan *algae packstone* (Pa). Litofasies tersebut terkumpul pada 4 asosiasi fasies yaitu, *reef flat*, *reef flat lagoon*, *reef growth* dan *reef sediment slope*, sehingga Satuan batugamping Wonosari terendapkan pada *middle shelf patch reef complex*.

Asosiasi fasies dapat dijadikan kendali dalam menentukan kualitas semen. Pada daerah penelitian batugamping dengan kualitas cukup baik berada pada asosiasi fasies *reef sediment slope* dengan kadar CaO 51,8%- 53,3% dan MgO 0,25%- 0,59%. Batugamping dengan kualitas baik berada pada asosiasi fasies *reef flat* dengan kadar CaO 52,6%- 53,3% dan MgO 0,3%- 0,43%. Batugamping dengan kualitas sangat baik berada pada asosiasi *reef growth* dengan kadar CaO 52,7%- 54,7% dan MgO 0,2%- 0,42%.

Kata-kata kunci: litofasies, kadar CaO, kualitas, batugamping

PENDAHULUAN

Menurut Samodra (1992) Formasi Wonosari memiliki litologi yang beragam seperti batugamping terumbu, batugamping berlapis, batugamping kepingan, batugamping pasiran dan napal. Ditinjau dari aspek ekonomis, kandungan senyawa kimia CaO dan MgO yang terdapat di dalam batugamping memiliki kegunaan yang tinggi, salah satunya sebagai bahan baku pembuatan semen. Berdasarkan penjelasan di atas, penulis merasa penting melakukan penelitian dengan judul: Geologi dan Kendali Fasies Batugamping Terhadap Kualitas Semen di Daerah Pager Kidul dan Sekitarnya, Kecamatan Sudimoro, Kabupaten Pacitan, Provinsi Jawa Timur.

Maksud dari penelitian ini adalah melakukan pemetaan detail mengenai fasies batugamping dan menghubungkan dengan kualitas semen bersamaan pemetaan geologi. Kegiatan pemetaan geologi meliputi pengukuran, pengamatan, dan pemilahan data-data geologi secara detail. Tujuan dari penelitian ini adalah Mengetahui model geologi daerah penelitian, geomorfologi, stratigrafi, serta mengetahui jenis dan pola penyebaran fasies batugamping dan kendali fasies terhadap kualitas semen pada daerah Pager Kidul dan sekitarnya, Kecamatan Sudimoro, Kabupaten Pacitan, Provinsi Jawa Timur.

Lokasi penelitian ini secara administrasi berada di daerah Desa Pager Kidul, Kecamatan Sudimoro, Kabupaten Pacitan, Provinsi Jawa Timur. Secara geografis daerah penelitian menempati koordinat X= 534500mE- 539500mE dan Y= 9086000mN- 9091500mN, dengan luas 5x5,5 km. Daerah penelitian dapat dijangkau dengan menggunakan kendaraan roda dua maupun roda empat.

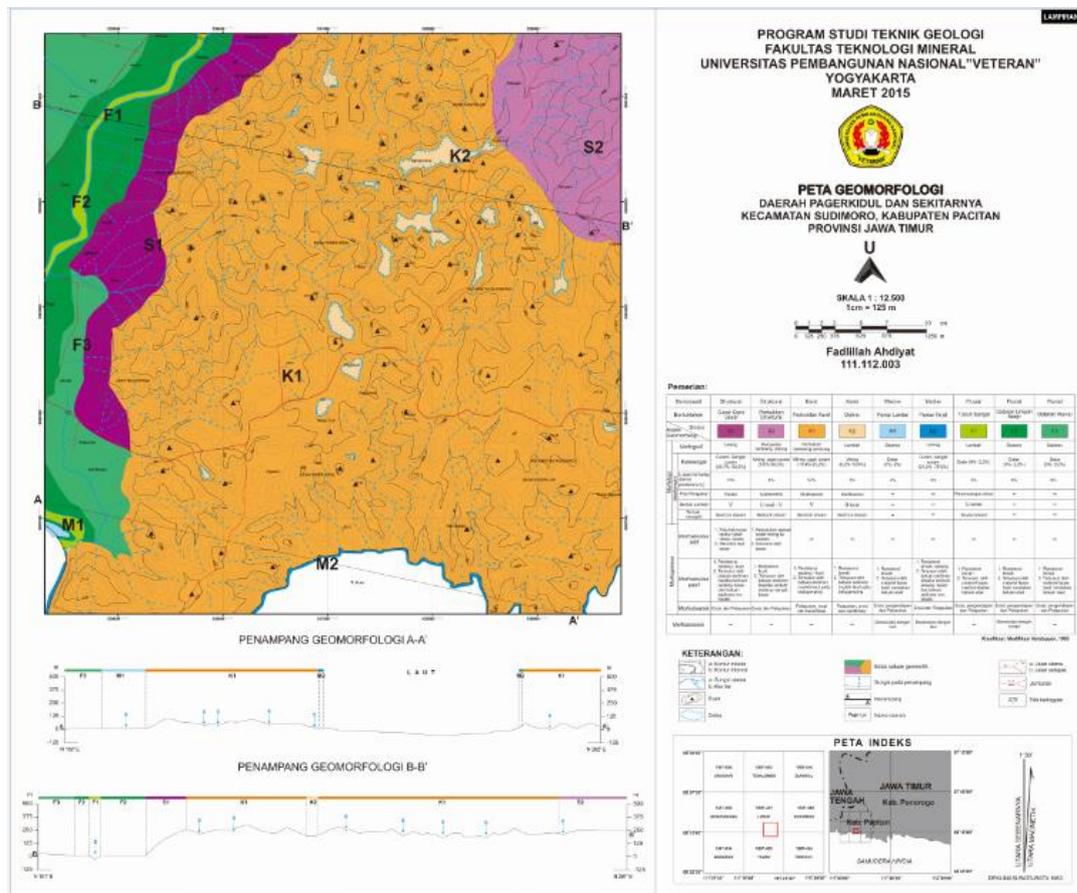
METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini menggunakan tahapan yaitu akuisisi merupakan perolehan data awal atau bahan-bahan yang dipakai sebagai dukungan penelitian ini yaitu kajian pustaka, pemetaan geologi, permecontohan, dan pengamatan fasies karbonat. Analisis merupakan penelaahan dan penguraian atas data hingga menghasilkan simpulan akhir. Sintesa merupakan hasil dari analisis sehingga menjadi kesatuan yang selaras dalam membangun model yang didapatkan.

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Geomorfologi

Adapun pembahasan pola pengaliran secara menyeluruh mencakup parameter-parameter seperti jenis pola pengaliran dasar dan ubahan, penyimpangan aliran, bentuk lembah, tempat mengalirnya, dan tekstur pengaliran. Penulis membagi pola pengaliran di daerah penelitian menjadi pola pengaliran dasar berupa pola pengaliran paralel dan multibasinal, serta pola pengaliran ubahan berupa pola pengaliran subdendritik. Berdasarkan analisa citra SRTM, peta topografi, pola pengaliran dan didukung oleh hasil pengamatan lapangan dengan berbasis klasifikasi Zuidam (1983), maka daerah penelitian dapat dibagi menjadi 4 bentukan asal dan 9 bentuklahan, yaitu (**Gambar 1**):



Gambar 1. Peta Geomorfologi Daerah Pager Kidul

Bentuklahan Gawir Garis Sesar (S1)

Aspek morfologi: secara morfografi terdiri atas lereng terjal dengan arah gawir utara- selatan (**Gambar 2**). Secara morfometri gawir ini berlereng curam- sangat curam (26,7%- 83,2%) dengan perbedaan elevasi elevasi 80-350 mdpl. Bentuk lembah relatif menyerupai V. Aspek morfogenesis terdiri atas: Secara morfostruktur aktif pola kelurusan kontur relatif memanjang utara- selatan, dan dikontrol oleh sesar. Secara morfostruktur pasif berdasarkan perbedaan pola kontur, maka diinterpretasi terdapat 2 litologi penyusun. Pola kontur sejajar memiliki kelurusan utara selatan

diinterpretasikan disusun oleh batuan sedimen berbutir sedang-kasar. Pola kontur di selatannya menunjukkan topografi karst yang ditandai oleh adanya bukit-bukit kerucut, uvala/ dolina dan mata air, diinterpretasi disusun oleh batugamping. Secara morfodinamik dipengaruhi oleh proses pelapukan, erosi dan pelarutan.



Gambar 2. Kenampakan morfologi bentuklahan gawir garis sesar pada daerah penelitian (S1), arah kamera N 093°E

Bentuklahan Perbukitan Struktural (S2)

Aspek morfologi: secara morfografi terdiri atas kumpulan bukit dan lembah dengan lereng berbentuk cekung (**Gambar 3**). Secara morfometri perbukitan ini berlereng miring- agak curam (8,9%- 20,6%) dengan perbedaan elevasi 190- 400 mdpl. Bentuk lembah relatif menyerupai V. Aspek morfogenesis terdiri atas: Secara morfostruktur aktif kedudukan lapisan relatif miring ke arah selatan, dan dikontrol oleh sesar. Secara morfostruktur pasif berdasarkan pola kontur, maka diinterpretasi disusun oleh batuan sedimen klastik berbutir sedang-sangat kasar. Secara morfodinamik dipengaruhi oleh proses pelapukan dan erosi.



Gambar 3. Kenampakan morfologi bentuklahan perbukitan struktural pada daerah penelitian (S2), arah kamera N 118°E

Bentuklahan Perbukitan Karst (K1)

Aspek morfologi: secara morfografi terdiri atas kumpulan bukit dan lembah dengan lereng cembung yang sebarannya setempat-setempat (**Gambar 4**). Secara morfometri perbukitan ini berlereng miring- agak curam (10,4%- 23,2%) dengan perbedaan elevasi elevasi 150- 320 mdpl. Bentuk lembah relatif menyerupai V. Aspek morfogenesis terdiri atas: Secara morfostruktur pasif ditandai oleh topografi karst yang ditandai oleh adanya bukit- bukit kerucut, uvala/ dolina, dan mata air, sehingga dapat diinterpretasi disusun oleh batuan mudah larut yaitu batugamping. Secara morfodinamik dipengaruhi oleh proses pelapukan, kartstifikasi dan erosi.



Gambar 4. Kenampakan morfologi bentuklahan perbukitan karst pada daerah penelitian (K1), arah kamera N 131°E

Bentuklahan Dolina (K2)

Aspek morfologi: secara morfografi terdiri atas kumpulan lembah-lembah yang sebarannya setempat-setempat (**Gambar 5**). Secara morfometri dolina/ uvala ini berlereng miring (8,2%- 13,6%) dengan perbedaan elevasi 150- 200 mdpl. Bentuk lembah relatif menyerupai V. Aspek morfogenesis terdiri atas morfostruktur pasif ditandai oleh topografi karst, sehingga dapat diinterpretasi disusun oleh batuan mudah larut yaitu batugamping. Secara morfodinamik dipengaruhi oleh proses pelapukan, kartstifikasi dan erosi.



Gambar 5. Kenampakan morfologi bentuklahan dolina pada daerah penelitian (K2), arah kamera N 286°E

Bentuklahan Pantai Landai (M1)

Aspek morfologi: secara morfografi terdiri atas dataran (**Gambar 6**). Secara morfometri pantai ini berlereng datar (0% - 2%) dengan perbedaan elevasi 0-12,5 mdpl. Aspek morfogenesis terdiri atas: Secara morfostruktur pasif disusun oleh material lepas hasil rombakan dari batuan asal. Secara morfodinamik dipengaruhi oleh erosi, pelapukan dan pengendapan. Aspek morfoasosiasi dari bentuklahan ini adalah berasosiasi dengan laut.



Gambar 6. Kenampakan morfologi bentuklahan pantai landai pada daerah penelitian (M1), arah kamera N 083°E

Bentuklahan Pantai Terjal (M2)

Aspek morfologi: secara morfografi terdiri atas lereng yang langsung kontak dengan laut (**Gambar 7**). Secara morfometri pantai ini berlereng curam- sangat curam (21,2% - 78%) dengan perbedaan elevasi elevasi 0-100 mdpl. Aspek morfogenesis terdiri atas: Secara morfostruktur pasif ditinjau dari adanya topografi karst pada sekitar bentuk lahan ini, maka diinterpretasi disusun oleh batugamping. Secara morfodinamik dipengaruhi oleh erosi, dan pelapukan. Aspek morfoasosiasi: bentuklahan ini berasosiasi dengan laut.



Gambar 7. Kenampakan morfologi bentuklahan pantai terjal pada daerah penelitian (M2), arah kamera N 099°E

Bentuklahan Tubuh Sungai (F1)

Aspek morfologi: secara morfografi terdiri atas lembah yang memanjang dengan arah timur laut- barat daya (**Gambar 8**). Secara morfometri lembah ini berlereng datar (0% - 2,2%) dengan perbedaan elevasi 0-12,5 mdpl. Bentuk lembah relatif menyerupai U. Aspek morfogenesis terdiri atas: Secara morfostruktur pasif disusun oleh material lepas hasil rombakan dari batuan asal. Secara morfodinamik dipengaruhi oleh erosi, pelapukan dan pengendapan.



Gambar 8. Kenampakan morfologi bentuklahan tubuh sungai pada daerah penelitian (F1), arah kamera N 183°E

Bentuklahan Dataran Limpah Banjir (F2)

Aspek morfologi: secara morfografi terdiri atas dataran yang berada terletak disepanjang tubuh sungai, dimana merupakan material hasil luapan banjir dari sungai (**Gambar 9**). Secara morfometri dataran ini berlereng datar (0% - 2,2%) dengan perbedaan elevasi 0-12,5 mdpl. Aspek morfogenesis terdiri atas: Secara morfostruktur pasif disusun oleh material lepas hasil rombakan dari batuan asal. Secara morfodinamik dipengaruhi oleh erosi, pelapukan dan pengendapan. Aspek morfoasosiasi: bentuklahan ini berasosiasi dengan sungai.



Gambar 9. Kenampakan morfologi bentuklahan dataran limbah banjir pada daerah penelitian (F2), arah kamera N 243°E

Bentuklahan Dataran Aluvial (F3)

Aspek morfologi: secara morfografi terdiri atas dataran (**Gambar 10**). Secara morfometri dataran ini berlereng datar (0%- 2,6%) dengan kisaran elevasi 0-12,5 mdpl. Aspek morfogenesis terdiri atas: Secara morfostruktur pasif disusun oleh material lepas hasil rombakan dari batuan asal. Secara morfodinamik dipengaruhi oleh erosi, pelapukan dan pengendapan.



Gambar 10. Kenampakan morfologi bentuklahan dataran aluvial pada daerah penelitian (F3), arah kamera N 265°E

Geologi Pager Kidul

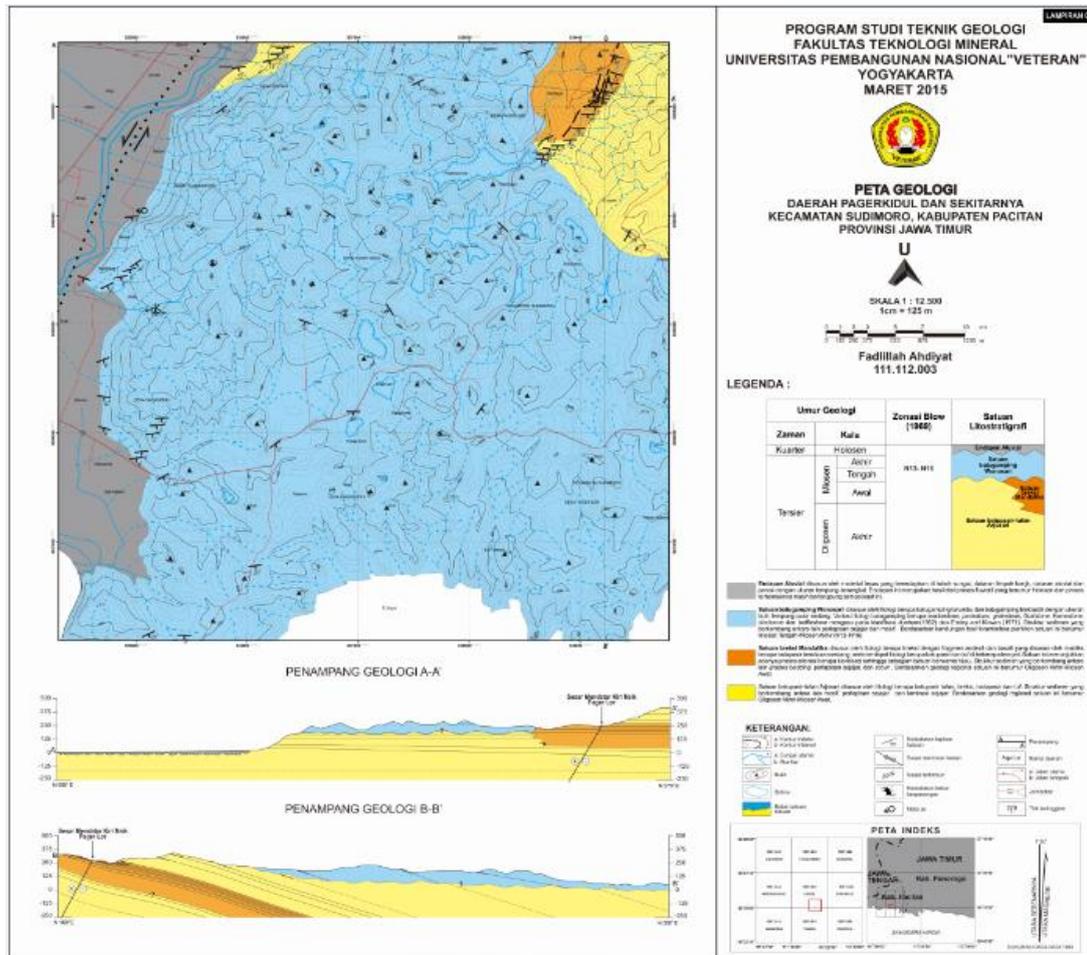
Stratigrafi daerah Pager Kidul dan sekitarnya terdiri atas 4 satuan batuan, berturut-turut dari tua ke muda adalah, satuan batupasir Arjosari, satuan breksi Mandalika, satuan batugamping Wonosari, dan satuan endapan alluvial (**Gambar 11**):

Satuan batupasir-tufan Arjosari

Litologi yang hadir pada satuan ini adalah batupasir tufan, batupasir, dan breksi. Tebal satuan ini 597,862-726,32 m. Berdasarkan sampel yang dianalisis, tidak ditemukan mikrofosil (*barren*). Mengacu Samodra (1992) pada batugamping ditemukan foraminifera besar yang berumur Oligosen Akhir-Miosen Awal. Berdasarkan analisa fasies penampang stratigrafi yang di lakukan penulis, Satuan batupasir-tufan Arjosari diendapkan di lingkungan *Smooth to Channeled of Suprafan Lobes* pada bagian *Mid Fan* (Walker, 1984). Kontak antara Satuan batupasir-tufan Arjosari dan Satuan batugamping Wonosari adalah tidak selaras. Kontak antara Satuan batupasir-tufan Arjosari dan Satuan breksi Mandalika adalah selaras menjari.

Satuan breksi Mandalika

Litologi yang hadir pada satuan ini adalah breksi, batupasir dan tuf. Data ketebalan Satuan breksi Mandalika: berkisar antara 155,3-240,75 m. Mengacu Samodra (1992), satuan breksi Mandalika berumur Oligosen Akhir-Miosen Awal. Berdasarkan analisa fasies penampang stratigrafi yang di lakukan penulis, Satuan breksi Mandalika diendapkan di lingkungan *Upper Fan Channel Fill* (Walker, 1984). Kontak antara Satuan batupasir-tufan Arjosari dan Satuan breksi Mandalika adalah menjari. Kontak antara Satuan breksi Mandalika dan Satuan batugamping Wonosari adalah tidak selaras.



Gambar 11. Peta Geologi Daerah Pager Kidul dan Sekitarnya

Satuan batugamping Wonosari

Litologi yang hadir pada satuan ini adalah *floatstone*, *framestone*, *packstone*, *wackestone*, *bafflestone*, *bindstone*, dan *grainstone*. Tebal satuan ini berkisar antara Data 54,02-126,89 m. Berdasarkan analisis foraminifera planktonik menunjukkan umur N13- N16. Berdasarkan sampel analisis foraminifera bentonik menunjukkan lingkungan neritik tengah hingga luar atau pada kedalaman 100-200 m. Kontak antara Satuan batupasir-tufan Arjosari dan Satuan batugamping Wonosari adalah tidak selaras. Kontak antara Satuan breksi Mandalika dan Satuan batugamping Wonosari adalah tidak selaras.

Satuan endapan aluvial

Endapan aluvial terdiri atas material lepas hasil rombakan dari batuan asal, kemudian tertransport melalui sungai oleh air, pada satuan ini didominasi butiran dengan ukuran lempung- kerakal, tebal satuan ini 2-3 m. Mengacu pada stratigrafi regional Samodra, 1992, endapan aluvial ini berumur Holosen dan masih berkembang sampai sekarang, satuan ini merupakan satuan yang paling muda pada daerah telitian. Lingkungan pengendapan dari endapan aluvial ini merupakan endapan darat. Hal ini dicirikan oleh endapan yang belum kompak dan merupakan hasil erosi dari batuan yang lebih tua. Menumpang tidak selaras dengan satuan dibawahnya.

Struktur Geologi

Sesar Mendatar Kiri Turun Lorok

Pola Sungai Lorok yang memiliki kelurusan timur laut- barat daya. Bentuk geomorfologi berupa lembah dan gawir garis sesar yang memanjang dengan pola kelurusan berarah barat daya-timur laut. Pola pengaliran paralel yang mengalir pada gawir garis sesar memiliki arah aliran barat laut-tenggara.

Sesar Mendatar Kiri Naik Pager Lor

Pola aliran Sungai Pager Lor yang mempunyai pola kelurusan berarah timur laut-barat daya dapat diinterpretasikan akibat adanya sesar mendatar. Ditemukan bukti sesar di Desa Pager Lor dan hasil pengukuran di lapangan didapatkan

bidang sesar dengan kedudukan N 204° E/68°, *gash fracture* dengan arah umum N 144°E/75° dan *shear fracture* dengan arah umum N 237°E/74° (**Gambar 12**)



Gambar 12. Foto kenampakan bidang sesar, *gash fracture* (garis kuning), dan *shear fracture* (garis merah), di Desa Pager Lor (LP 179), arah kamera N 189° E

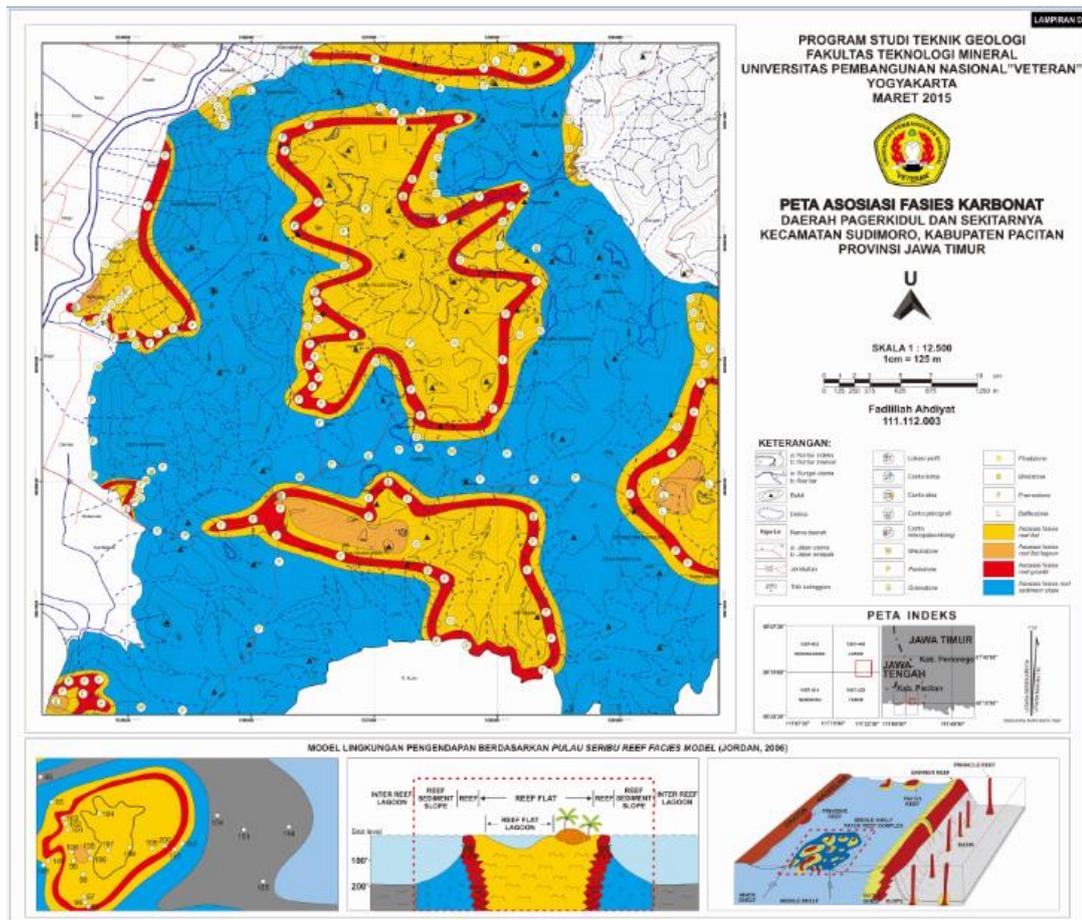
Kendali Fasies Batugamping Terhadap Kualitas Semen

Berdasarkan hasil pengamatan megaskopis dan mikrokopis pada 28 sayatan terpilih. Daerah penelitian terdiri dari 19 litofasies. Berdasarkan keragaman dari litofasies yang ada pada daerah penelitian, maka dapat di kelompokkan menjadi 4 asosiasi fasies. Ragam litofasies yang terkumpul pada asosiasi fasies dapat mencerminkan lingkungan pengendapan litologi batugamping pada Satuan batugamping Wonosari. Berdasarkan data litofasies dan asosiasi fasies yang ada pada daerah penelitian, Satuan batugamping Wonosari terendapkan pada *middle shelf patch reef complex*. Hasil uji kimia batugamping kemudian dikelompokkan berdasarkan litofasies dan asosiasi fasies batugamping menjadi 3 asosiasi fasies yaitu *reef growth*, *reef flat* dan *reef sediment slope* (**Tabel 1 dan Gambar 13**)

Tabel 1. Tabel hubungan fasies dan asosiasi fasies terhadap unsur kimia

NO	LP	Fasies	Asosiasi Fasies	CaO(%)	MgO(%)
1	26	Framestone	Reef Growth	53.6	0.41
2	32	Framestone		54.7	0.018
3	45	Framestone		52.7	0.58
4	81	Framestone		52.7	0.2
5	87	Framestone		54.1	0.4
6	92	Framestone		53.3	0.37
7	93	Framestone		51.5	0.46
8	94	Framestone		52.7	0.34
9	96	Framestone		53.3	0.31
10	149	Framestone		50.3	0.42
11	71	Packstone	Reef Flat	50.7	0.63
12	106	Floatstone		53.3	0.3
13	136	Bafflestone		53.9	0.43
14	197	Floatstone		52.6	0.35
15	2	Packstone	Reef Sediment Slope	53.3	0.59
16	47	Packstone		51.8	0.25

Berdasarkan 10 data uji kimia penulis melakukan pengelompokan dengan kontrol dari nilai CaO dan MgO yang sering muncul, sehingga didapati kadar CaO pada asosiasi *reef growth* adalah 52,7%- 54,7% dan kadar MgO 0,2%- 0,42%. D Data uji kimia,penulis melakukan pengelompokan dengan kontrol dari nilai CaO dan MgO yang sering muncul, sehingga didapati kadar CaO pada asosiasi *reef flat* adalah 52,6%- 53,3% dan kadar MgO 0,3%- 0,43%. Berdasarkan 2 data uji kimia, penulis melakukan pengelompokan dengan kontrol dari nilai CaO dan MgO yang sering muncul, sehingga didapati kadar CaO pada asosiasi *reef sediment slope* adalah 51,8%- 53,3% dan kadar MgO 0,25%- 0,59%. Berdasarkan hasil analisis asosiasi fasies terhadap kadar CaO dan MgO pada batugamping dengan kontrol dari aspek komposisi, tekstur, jenis air, dan lingkungan pengendapan, maka model kendali fasies batugamping terhadap kualitas semen pada daerah penelitian (**Tabel 2**), dapat dibangun dan dapat disimpulkan bahwa asosiasi fasies menjadi salah satu pengontrol untuk menentukan kualitas semen.



Gambar 13. Peta Fasies daerah Pager Kidul dan sekitarnya

Tabel 2. Tabel kendali fasies terhadap kualitas semen

Asosiasi Fasies	CaO (%)	MgO (%)	Kualitas Semen
<i>Reef Growth</i>	52,7- 54,7	0,31- 0,46	Sangat baik
<i>Reef Flat</i>	52,6- 53,3	0,3- 0,43	Baik
<i>Reef Sediment Slope</i>	51,8- 53,3	0,25- 0,59	Cukup baik

Sejarah Geologi

Kala Eosen Akhir-Oligosen Awal terjadi tumbukan mikrokontinen Jawa Timur yang mengakibatkan terjadinya proses deformasi di Pulau Jawa. Tumbukan mikrokontinen ini menyebabkan terjadinya subduksi di selatan mikrokontinen Jawa Timur, tumbukan ini dipicu oleh meningkatnya kecepatan pergerakan benua Australia ke arah utara (Prasetyadi, 2007). Subduksi ini mengakibatkan munculnya aktifitas vulkanisme yang berperan besar pada pembentukan zona gunungapi di bagian selatan Pulau Jawa. Selain terjadinya aktifitas vulkanisme, tektonik juga membentuk cekungan di daerah penelitian yang menjadi tempat mengendapnya material sedimen.

Kala Oligosen Tengah- Miosen Awal terjadi peningkatan aktifitas gunung api yang menghasilkan material vulkanik. Material vulkanik ini menjadi sumber dari Satuan breksi Mandalika dengan litologi breksi, batupasir dan tuf. Selain itu material vulkanik ini juga menjadi sumber dari Satuan batupasir-tufan Arjosari dengan litologi batupasir tufan, batupasir dan breksi. Kedua satuan ini terendapkan pada daerah penelitian secara menjari, dibuktikan dengan adanya kontak di utara daerah penelitian dimana Satuan batupasir-tufan Arjosari berumur lebih tua dari Satuan breksi Mandalika dan kontak di bagian tengah daerah penelitian ditemukan kontak dimana Satuan breksi Mandalika berumur lebih tua dari Satuan batupasir-tufan Arjosari. Kedua satuan ini diendapkan pada lingkungan laut dalam.

Kala Miosen Tengah terjadi pengangkatan yang menyebabkan terangkatnya daerah penelitian menjadi tinggian, sehingga terhentinya pengendapan Satuan batupasir-tufan Arjosari dan Satuan breksi Mandalika. Kala Miosen Tengah, muka air laut mengalami transgresi maksimum yang mengakibatkan daerah penelitian menjadi rendahan lagi dan terendapkan batulempung hitam di atas Satuan batupasir-tufan Arjosari dan Satuan breksi Mandalika. Kala Miosen Tengah- Miosen Akhir, ketika terjadinya transgresi diikuti juga dengan berhentinya fase vulkanisme pada daerah penelitian, sehingga memungkinkan untuk tumbuhnya coral- coral di daerah neritik, coral ini kemudian menjadi sumber dari Satuan batugamping Wonosari yang diendapkan secara tidak selaras di atas Satuan batupasir-tufan Arjosari dan Satuan breksi Mandalika

Kala Pliosen fase tektonik kembali terjadi sehingga mengakibatkan pengangkatan, pelipatan, dan persesaran khususnya pada daerah selatan Pulau Jawa. Pengendapan Satuan batugamping Wonosari berhenti dan kemudian terbentuk sesar mendarat berarah timur laut-barat daya yang memotong satuan batuan pada daerah penelitian. Akibat adanya proses tektonik ini, mengakibatkan terjadinya pengangkatan sehingga mulai terjadi proses pelapukan, erosi yang berlangsung sampai saat ini, hal ini dibuktikan dengan terendapkannya endapan aluvial pada kala Holosen. Endapan aluvial ini terendapkan dengan lingkungan darat.

KESIMPULAN

1. Daerah penelitian terdiri atas 4 bentukan asal dan 9 bentuklahan. Bentuk asal struktural terdiri dari satuan bentuklahan gawir garis sesar (S1) dan perbukitan struktural (S2). Bentuk asal karst terdiri dari satuan bentuklahan perbukitan karst (K1) dan lembah karst (K2). Bentuk asal fluvial terdiri dari satuan bentuklahan tubuh sungai (F1), dataran limpah banjir (F2), dan dataran aluvial (F3). Bentuk asal marine terdiri atas satuan bentuklahan pantai landai (M1) dan pantai terjal (M2).
2. Stratigrafi di daerah penelitian berdasarkan kesatuan ciri litologi yang dominan daerah penelitian dapat dikelompokkan menjadi lima satuan tak resmi. Dari tua ke muda yaitu Satuan batupasir- tufan Arjosari (Oligosen Akhir- Miosen Awal, Samodra, 1992), Satuan breksi Mandalika (Oligosen Akhir- Miosen Awal, Samodra, 1992), Satuan batugamping Wonosari (MiosenTengah- Miosen Akhir) dan satuan endapan alluvial (Holosen).
3. Struktur geologi yang berkembang di daerah penelitian adalah sesar mendarat kiri turun Lorok, sesar mendarat kiri naik Pager Lor, dan kekar dengan arah tegasan utama relatif utara- selatan.
4. Daerah penelitian terdiri atas 19 litofasies yaitu *large foraminifera packstone* (Pl), *algae floatstone* (Oa), *lithoclast floatstone* (Oc), *branching coral bafflestone* (Lb), *benthic foraminifera grainstone* (Gt), *large foraminifera floatstone* (Ol), *molusca packstone* (Pm), *benthic foraminifera wackestone* (Wt) *benthic foraminifera miliolid packstone* (mdPt), *planktonic foraminifera miliolid wackestone* (mdWk), *massive head coral miliolid framestone* (mdFh), *branching coral miliolid bafflestone* (mdLb), *benthic foraminifera miliolid wackestone* (mdWt), *algae framestone* (Fa), *massive head coral framestone* (Fh), *platty coral bindstone* (Bp) *lithoclast grainstone* (Gc), *large foraminifera grainstone* (Gl) dan *algae packstone* (Pa).
5. Litofasies tersebut terkumpul pada 4 asosiasi fasies yaitu, *reef flat*, *reef flat lagoon*, *reef growth* dan *reef sedimen slope*, sehingga Satuan batugamping Wonosari terendapkan pada *middle shelf patch reef complex*.
6. Asosiasi fasies dapat dijadikan kendali dalam menentukan kualitas semen. Pada daerah penelitian batugamping dengan kualitas cukup baik berada pada asosiasi fasies *reef sediment slope* dengan kadar CaO 51,8%- 53,3% dan MgO 0,25%- 0,59%. Batugamping dengan kualitas baik berada pada asosiasi fasies *reef flat* dengan kadar CaO 52,6%- 53,3% dan MgO 0,3%- 0,43%. Batugamping dengan kualitas sangat baik berada pada asosiasi *reef growth* dengan kadar CaO 52,7%- 54,7% dan MgO 0,2%- 0,42%.

DAFTAR PUSTAKA

- Blow, W.H., 1969. *Late Middle Eocene to Recent Planctonic Foraminifera Biostratigraphy*, Proc.First Int. Conf. Planctonic Micro Fossiles. E.J. Brill-Leiden.
- Boggs Jr., S., 2006, *Principle of Sedimentology and Stratigraphy 4th edition*. New Jersey. Pearson Education, Inc. hal 335-342.
- Bronto, S. dan Hartono, G., 2001. *Volcanostratigraphic development from Tertiary to Quaternary: A case study at Opak River, Watuadeg-Berbah, Yogyakarta*. Yogyakarta. 30th Annual Convention IAGI & 10th Geosea Regional Congress,158h.
- Choquette, P.W. and Pray, L.C., 1970. *Geologic Nomenclature and Classification of Porosity in Sedimentary Carbonates*. The American Association of Petroleum Geologist Bulletin. V.54. hal 207-250.
- Dunham, R.J. 1962., *Classification of Carbonate Rocks According to Depositional Texture*. The American Association of Petroleum Geologist bulletin, Memoir I, v.43, hal 108-123.
- Embry, A.F. and Klovan, J.E., 1971. *A late Devonian reef tract on northeastern Banks Island Northwest Territories*. Bulletin Canadian Petroleum Geologist, v.19. hal 730-781.

- Flügel, E., 2004, *Microfacies of Carbonate Rock*. New York. Springer, inc.
- Jordan, F.C., 2006. *The sedimentology of Kepulauan Seribu: A Modern Patch Reef Complex in The West Java Sea, Indonesia*. International Petroleum Association Bulletin.
- Koesoemadinata, R. P., 1981, *Prinsip-prinsip Sedimentasi*. Bandung. Departemen Teknik Geologi, ITB, 65-100.
- Komisi Sandi Stratigrafi Indonesia., 1996. *Sandi Stratigrafi Indonesia*. Jakarta. Ikatan Ahli Geologi Indonesia (IAGI).
- Morse, J.W. and Mackenzie F.T.. 1990. *Geochemistry of Sedimentary Carbonate*. Amsterdam. Elsevier.
- Moore, C.H., 1997, *Carbonate Diagenesis and Porosity*, El Sevier, Amsterdam
- Mukti, M.M., 2005. Carbonate Depositional Environment and Platform Morphology of the Wonosari Formation in the Area East of Pacitan. Riset-Geologi dan Pertambangan Jilid 16 No.2 hal. 29-38
- Nahrowi, dkk., 1978. *Geologi Pegunungan Selatan Jawa Timur*. Cepu. Bagian Eksplorasi PPPTMGB Lemigas.
- Pettijohn, E.J., 1975. *Sedimentary Rock*. New York. Harper International Pub.
- Pulunggono, A. & Martodjojo, S., 1994. *Perubahan tektonik paleogen – neogen merupakan peristiwa tektonik terpenting di Jawa, Proceeding Geologi dan Geotektonik pulau Jawa sejak Mesozoik Akhir hingga Kwartar*, Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknik, UGM, hal. 37 – 50
- Reijers, T.J.A., dan Hsu, K.J., 1986. *Manual of Carbonate Sedimentology: A Lexicographical Approach*. London. Academic Press Inc.
- Samodra, H., 1990. *Tatanan Stratigrafi dan Tektonik Pegunungan Selatan Jawa Timur Antara Pacitan dan Ponorogo*. Bandung. Bidang Pemetaan Geologi Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Samodra, H., Gafoer, S., dan Tjokrosapoetro, S., 1992. *Peta Geologi Lembar Pacitan, Jawa*. Bandung. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Samodra, H., & Surono. 2003, nilai strategis kawasan kars di Indonesia dan usaha pengelolaannya secara berkelanjutan. Ikatan Ahli Geologi Indonesia (IAGI). Laporan terbuka.
- Schole, P. A., Schole-Umer, D.S., 2003. *A Color Guide to the Petrography of Carbonate Rock: Grains, Texture, Porosity, and Diagenesis*. AAPG Memoir 77, Tulsa.
- Siregar, M.S, dkk., 2004. *Reef Facies Of The Wonosari Formation, South Of Central Java*. Riset-Geologi dan Pertambangan Jilid 14 No.1 hal 1-17.
- Supriatna, S dan M. Arifin., 1997. *Bahan Galian Industri*. Jakarta. Pusat Penelitian dan pengembangan teknologi Mineral.
- Setyowati, Indah., 2001. *Gamping: Potensi, Penambangan dan Pemanfaatan*. Klaten. Citra Aji Parama.
- Tucker, M.E., 2003, *Sedimentary Rock In the Field 3rd edition*, New York. John Willey & Son.
- Tucker, M.E., Wright, V.P., & Dickson, J.A., 1992, *Carbonate Sedimentology*. UK. Blackwell Publishing Company.
- Untung, M. & Sato, Y., 1978. *Gravity and Geological Studies in Java*. Indonesia Geological Survey of Indonesia. Special Publication no. 6, hal 7 – 14.
- Van Bemmelen, R.W., 1949. *The Geology of Indonesia*. Vol. IA: General Geology of Indonesia and Adjacent Archipelagoes. The Hague.
- Van Zuidam, R.A., 1983. *Guide to Geomorphology Aerial Photographic Interpretation and Mapping*, ITC. Enschede The Netherlands. hal 325.