

GEOLOGI DAN STUDI PROVENAN BATUPASIR FORMASI JATEN, DAERAH PANDEAN DAN SEKITARNYA, KECAMATAN DONGKO, KABUPATEN TRENGGALEK, PROVINSI JAWA TIMUR

Eliau Mukti Prabowo, Sugeng Widada, Ediyanto

Prodi Teknik Geologi, Fakultas Teknologi Mineral, UPN "Veteran" Yogyakarta
Jl. SWK (104) Lingkar Utara, Condongcatur, Depok, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta, 55283

Sari – Daerah penelitian secara administratif berada di daerah Pandean dan sekitarnya, Kecamatan Dongko, Kabupaten Trenggalek, Provinsi Jawa Timur. X: 557250 mE – 562250 mE dan Y: 9089000 mN – 9094000 mN. Luas daerah penelitian 5 km². Metode penelitian yang digunakan yaitu akuisi, analisis, dan sintesis. Pola pengaliran di daerah penelitian yaitu *subtrellis, subparallel*. Bentuk lahan di daerah penelitian yaitu lereng structural (S1), perbukitan struktural (S2), lembah structural (S3), tubuh sungai (F1). Stratigrafi daerah penelitian dari tua ke muda yaitu Satuan breksi-vulkanik – Mandalika berumur Oligosen akhir – Miosen awal, Satuan batugamping – Campurdarat Miosen awal (N4-N8), Satuan batupasir – Jaten Miosen awal (N8), dan endapan Aluvial. Struktur geologi yang berkembang *left slip fault*. Studi mengenai *provenance* dilakukan dengan mengambil sample batuan pada Satuan batupasir – Jaten yang kemudian dilakukan analisis petrografi. Hasil plot diagram QFL dan QmFLt pada sample batupasir Satuan Batupasir Jaten pada daerah telitian menunjukkan menunjukkan bahwa sumber batupasir pada Satuan Batupasir Jaten termasuk ke lingkungan *Volcanic Island Arc* dengan sublingkungan *Dissected Arc*. Hasil plot diagram QpLvLs dan QmPK Model tektonik kedudukan batuan asal Satuan Batupasir Jaten berasal dari zona Arc Orogen Sources dengan tingkat maturity batupasir sedang. Hasil plot paleoclimate menggunakan diagram QFL *Paleoclimate* pada daerah telitian diketahui bahwa sebagian besar sumber batuan asal berasal dari iklim *semi-arid* atau semi-kering.

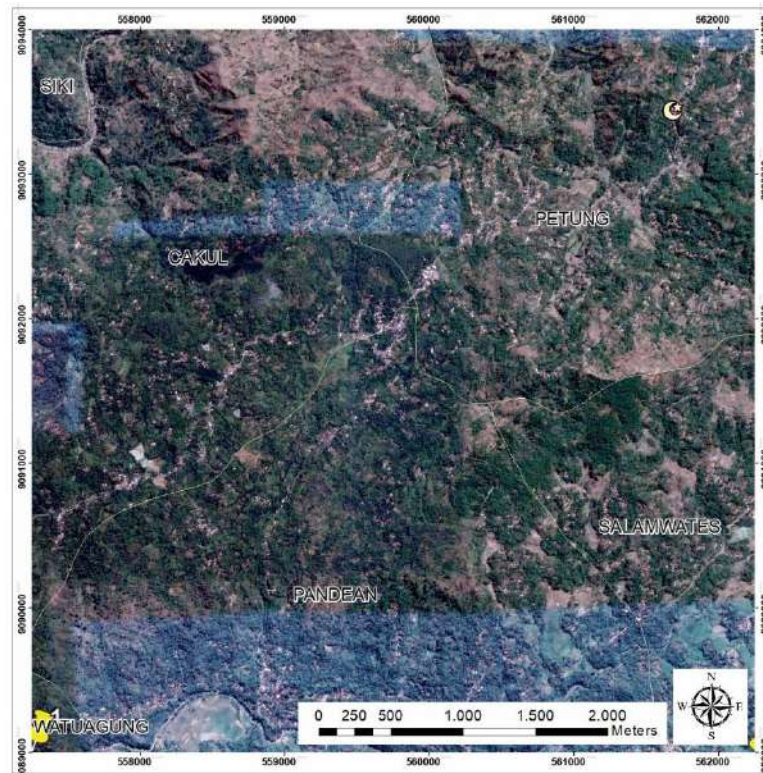
Kata Kunci : Batupasir, Jaten, Geologi, Trenggalek, *Provenance*

PENDAHULUAN

Geologi Pulau Jawa telah banyak dipelajari secara sistematis dan luas. Penyelidikan geologi, baik untuk kepentingan eksplorasi migas, mineral ataupun untuk kepentingan ilmiah telah banyak dilakukan. Namun pemahaman menyeluruh Geologi Jawa terkhusus Pegunungan Selatan masih terbatas. Banyak aspek yang masih perlu dikaji tentang perkembangan Pulau Jawa, baik masalah stratigrafi, sedimentasi, dan perkembangan cekungan maupun tektonik dan vulkanisme. Selama ini eksplorasi untuk Formasi Jaten kebanyakan hanya dilakukan di daerah Pacitan dan sekitarnya. Namun menurut Samodra dkk. (1992). Terdapat batuan Formasi Jaten di daerah Trenggalek Jawa Timur. Penelitian ini bertujuan untuk mengumpulkan informasi provenan pada Formasi Jaten yang berada di Trenggalek Jawa Timur.

Lokasi penelitian

Secara administratif daerah penelitian berada di Kecamatan Dongko yang meliputi Desa Cakul, Desa Petung, Desa Salamwates dan Desa Pandean, yang berada di Kabupaten Trenggalek, Provinsi Jawa Timur dengan koordinat 557250 – 562250 mE dan 9089000 – 9094000 mS dengan luas pemetaan yaitu 25 km²



Gambar 1. Lokasi dan administrasi daerah penelitian

METODE

Metode penelitian terdiri atas 3 tahapan yaitu akuisisi, analisis, dan sintesis. Tahap akuisisi dilakukan pengambilan data-data awal berupa data primer (pemetaan geologi, pengamatan pola pengaliran dan geomorfologi, penampang stratigrafi terukur, dan pengambilan data struktur geologi) dan data sekunder (penelitian terdahulu). Tahap analisis terdiri atas analisis pola pengaliran, geomorfologi, litologi, petrografi, paleontologi, stratigrafi, dan struktur geologi. Tahap sintesis menghasilkan peta pola pengaliran, peta geomorfologi, peta geologi, dan analisis *provenance* batupasir Jaten.

GEOLOGI REGIONAL

Berdasarkan pembagian fisiografi Jawa Timur oleh Van Bemmelen (1949), daerah penelitian termasuk dalam Zona Pegunungan Selatan Jawa Timur. Berdasarkan Stratigrafi Pegunungan Selatan bagian timur (Samodra dkk. 1990) dan Peta Geologi Lembar Tulungagung (Samodra dkk., 1992), urutan stratigrafi daerah penelitian dari tua ke muda yaitu Formasi Mandalika, Formasi Campurdarat, Formasi Jaten, dan Endapan aluvial. Berdasarkan Evolusi Tektonik Tersier Pulau Jawa (Prasetyadi, 2007), tektonik regional Jawa dimulai dari Kapur akhir hingga Neogen. Terdapat 3 pola struktur utama pada daerah penelitian terdiri dari Struktur Meratus yang berarah timur laut – barat daya terbentuk pada umur Kapur Akhir – Eosen Awal. Kedua, Struktur Sunda berarah Utara – Selatan terbentuk pada umur Eosen Awal - Oligosen Awal dan struktur Jawa-Sakala yang berarah barat – timur terbentuk pada umur oligosen akhir.

GEOLOGI DAERAH PENELITIAN

Pola Pengaliran

Berdasarkan pengamatan lapangan, pola pengaliran yang dijumpai di daerah penelitian adalah sub-trelis dan sub-paralel.

Pola Pengaliran sub-paralel

Pola pengaliran ini memiliki bentuk alur liar yang cenderung satu arah. Mengalir pada perbukitan dan lereng yang curam dengan arah selatan – utara, dan tenggara – barat laut menuju tubuh sungai diluar kavling. Pola pengaliran ini berada pada satuan breksi Formasi Mandalika dan satuan batupasir jaten yang telah mengalami sesar sehingga menyebabkan topografi lereng yang curam. Faktor pengontrol pola pengaliran ini merupakan

struktur geologi berupa kekar dan sesar serta lithologi yaitu batupasir dan breksi dengan tingkat resistensi sedang - tinggi.

Pola Pengaliran sub-trelis

Pola pengaliran ini memiliki bentukan alur liar seperti tulang daun dengan alur liar yang cenderung tegak lurus dengan tubuh sungai. Mengalir pada perbukitan dan lembah yang curam dengan arah barat laut - tenggara menuju tubuh sungai di bagian selatan daerah penelitian. Pola pengaliran ini berada pada satuan batugamping Formasi Campurdarat, dan satuan batupasir jaten yang telah mengalami sesar sehingga menyebabkan topografi perbukitan dan lembah yang curam. Faktor pengontrol pola pengaliran ini merupakan struktur geologi berupa kekar dan sesar serta lithologi yaitu batugamping dan batupasir dengan tingkat resistensi sedang.

Geomorfologi

Berdasarkan aspek-aspek geomorfologi yang diamati yaitu morfologi, morfogenesis, dan morfoasosiasi, maka bentuklahan pada daerah penelitian dapat dibagi menjadi 4 satuan bentuklahan yaitu lereng struktural(S1), perbukitan structural (S2), lembah structural (S3), dan tubuh sungai (F1).

Tabel 1. Pemerian satuan geomorfologi daerah penelitian

BENTUK ASAL	SIMBOL	MORFOLOGI		MORFOGENESA			BENTUK LAHAN
		MORFOGRAFI	MORFOMETRI	MORFOSTRUKTUR AKTIF	MORFOSTRUKTUR PASIF	MORFODINAMIS	
Struktural	S1	Lereng	- Kemiringan lereng 30o-40o - Menempati 20% luasan pada peta	Sesar dan kekar	Tersusun dari batupasir, tuff, breksi, dan lava dengan tingkat resistensi sedang-kuat	Erosi dan pelapukan	Lereng struktural
Struktural	S2	Perbukitan	- Kemiringan lereng 20o-40o - Menempati 43% luasan pada peta	Sesar dan kekar	Tersusun dari batupasir, tuff, shale, batugamping, konglomerat, breksi dan lava dengan tingkat resistensi sedang-kuat	Erosi dan pelapukan	Perbukitan struktural
Struktural	S3	Lembah	- Kemiringan lereng 15o-30o - Menempati 30% luasan pada peta	Sesar dan kekar	Tersusun dari batupasir, tuff, shale, batugamping konglomerat, dan lava dengan tingkat resistensi sedang-kuat	Erosi dan pelapukan	Lembah struktural
Fluvial	F1	Lembah	- Kemiringan lereng <8o-30o - Menempati 7% luasan pada peta	Sesar dan kekar	Tersusun dari batupasir, tuff, shale, batugamping konglomerat, dan lava dengan tingkat resistensi sedang-kuat	Erosi dan pelapukan	Tubuh sungai



Gambar 2. Bentuk lahan daerah penelitian; (A) Bentuk asal struktural (B) bentuk asal struktural, (C) bentuk asal fluvial

Bentuk Asal Struktural

Bentuk asal struktural adalah bentuk asal yang proses pembentukannya dikontrol oleh struktur geologi seperti sesar dan kekar. Pada daerah penelitian, terdapat 3 bentuk asal struktural yang dijumpai yaitu bentuklahan lereng struktural (S1), perbukitan structural (S2) dan lembah structural (S3).

Bentuk Asal Fluvial

Bentuk asal Fluvial adalah bentuk asal yang proses pembentukannya dikontrol oleh proses aliran seperti aliran sungai. Pada daerah penelitian, terdapat 1 bentuk asal fluvial yang dijumpai yaitu bentuklahan tubuh sungai (F1).

Stratigrafi

Satuan Breksi-Vulkanik Mandalika

Satuan Breksi-vulkanik Mandalika disusun oleh, breksi-vulkanik dengan fragmen andesit, lava andesit, dan batupasir tuffan. Satuan ini didominasi breksi – vulkanik dengan ciri memiliki warna segar abu-abu dan warna lapuk abu-abu kecoklatan, ukuran butir bongkah (>256mm) dengan derajat pemilahan terpilah buruk dan derajat pembundaran menyudut (angular), kemas matrix supported, dengan komposisi fragmen andesit, tuff, klorit, litik yang tertanam pada matrik berukuran pasir dan semen silika, struktur sedimen masif.



Gambar 3. Foto singkapan satuan breksi-vulkanik Mandalika

Satuan Batugamping Campurdarat

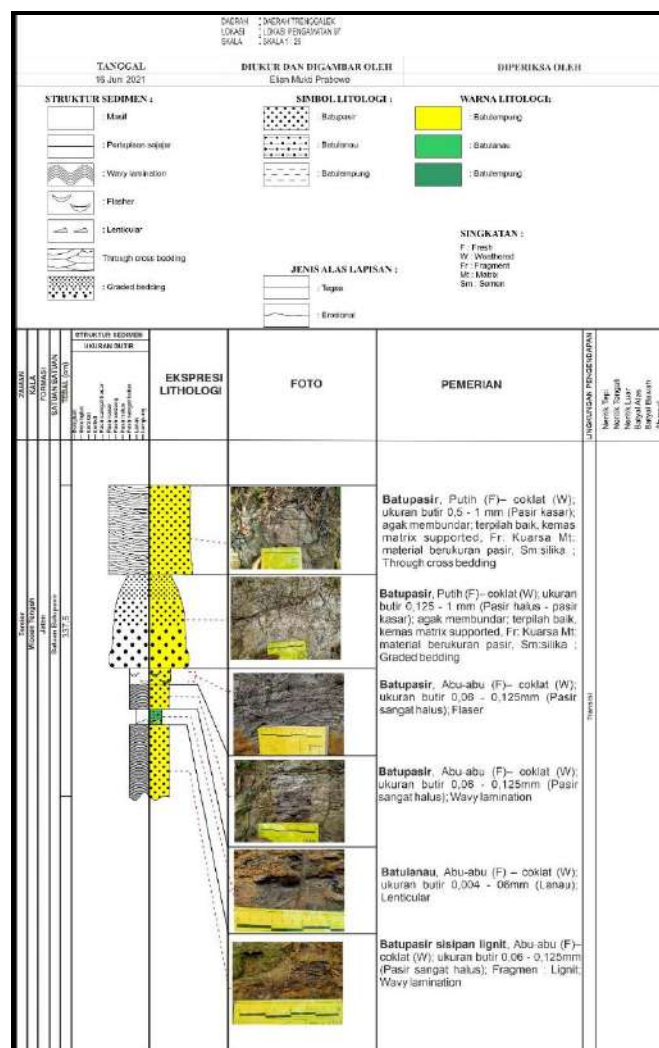
Satuan batugamping Campurdarat terdiri dari litologi packstone, wackstone dan batugamping terumbu. Satuan ini didominasi oleh batugamping *packstone* dan *wackstone* dengan ciri memiliki warna segar putih dan warna lapuk abu-abu kecoklatan, berukuran butir arenit (0,062mm-2mm) dengan keadaan butiran setengah utuh, derajat pemilahan terpilah baik dan kemas grain supported, komposisi yang terkandung pada batuan yaitu allochem interklas, kalsit yang tertanam pada mikrit berukuran pasir sangat halus dengan sparit karbonat, struktur sedimen masif. Terdapat banyak fosil foraminera yang saling bersinggungan satu sama lain. Di beberapa tempat menunjukkan adanya perlapisan sejajar.



Gambar 4. Foto singkapan satuan Batugamping Campurdarat

Satuan Batupasir Jaten

Satuan Batupasir Jaten pada daerah penelitian tersusun atas batupasir, batupasir tuffan, lignit, batupasir sisipan lempung, konglomerat, dan batupasir sisipan gamping. Satuan ini didominasi oleh batupasir dengan ciri warna segar putih dan warna lapuk putih kecoklatan, berukuran butir pasir halus–pasir sangat kasar (0,125 -2mm), derajat pemilahan terpilah baik, derajat pembundaran menyudut tanggung (subangular), kemas matrix supported, komposisi batuan berupa fragmen kuarsa, plagioklas, dan litik yang tertanam dalam matriks berukuran lanau, semen silika, struktur sedimen perlapisan.



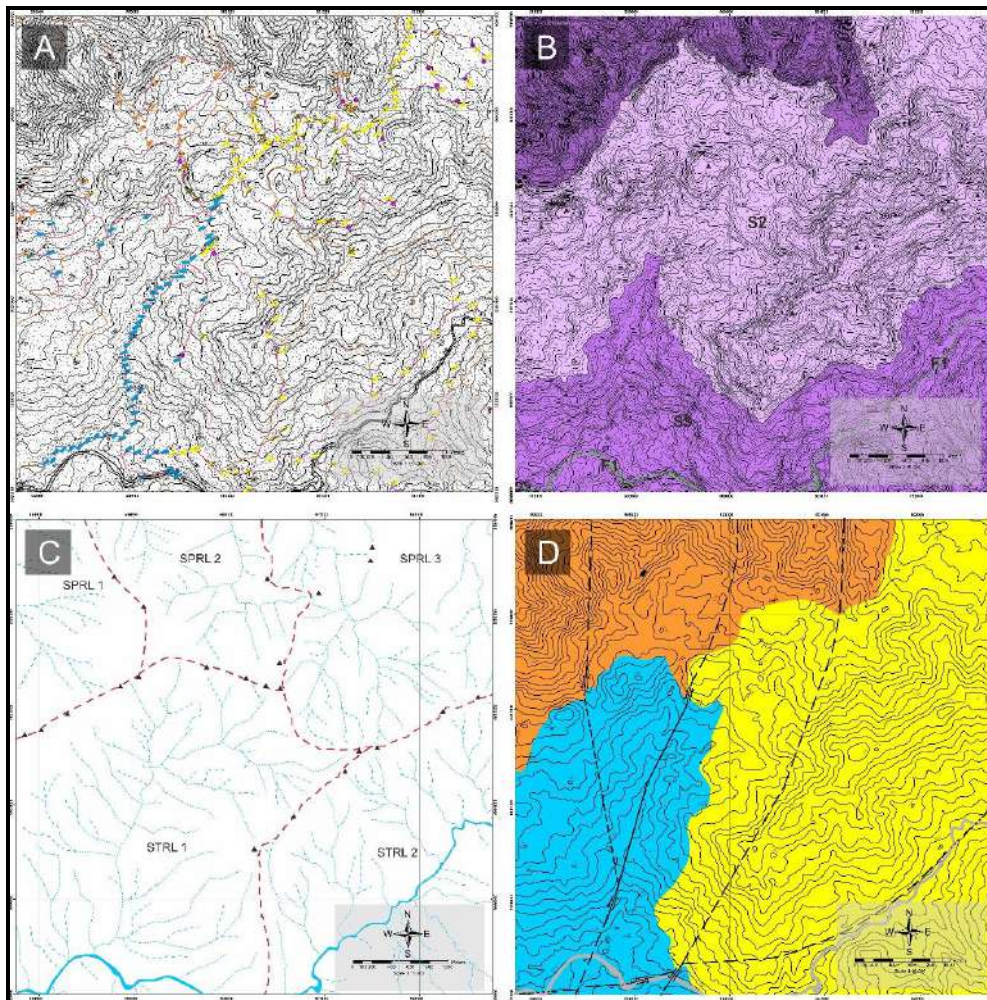
Gambar 5. Profil LP 55 satuan batupasir Jaten

Endapan Aluvial

Berdasarkan pengamatan di lapangan, endapan aluvial disusun oleh material lepas hasil lapukan dari batuan yang telah mengalami transportasi dan belum mengalami kompaksi. Endapan aluvial memiliki ukuran butir yang beragam, serta terdiri atas berbagai jenis lapukan batuan.



Gambar 6. Singkapan endapan alluvial



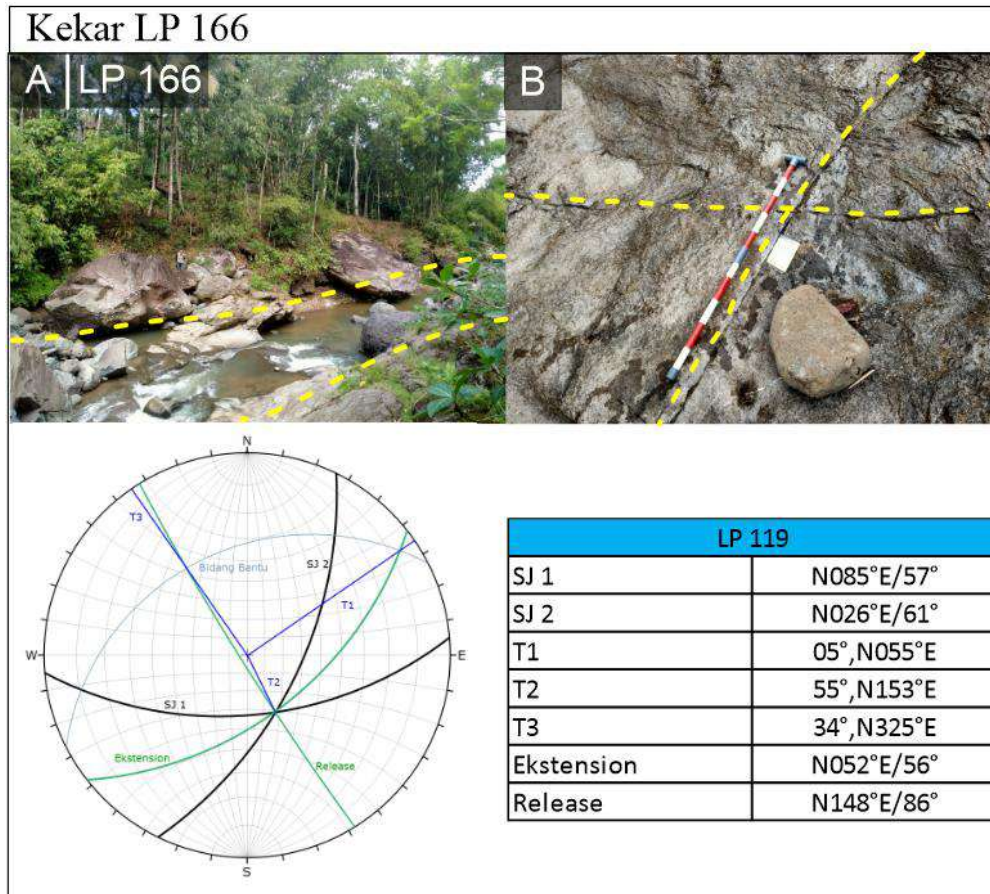
Gambar 7. Peta daerah penelitian; (A) pola lintasan dan lokasi pengamatan, (B) geomorfologi, (C) pola pengaliran, dan (D) geologi

Struktur Geologi

Struktur geologi yang berkembang pada daerah penelitian dipengaruhi oleh tektonik Pulau Jawa. Berdasarkan bukti yang dijumpai dilapangan pada beberapa lokasi pengamatan struktur geologi yang berkembang pada daerah penelitian berupa struktur kekar dan sesar. Analisa struktur geologi dilakukan menggunakan metode stereografis setelah mendapatkan data di lapangan.

Kekar

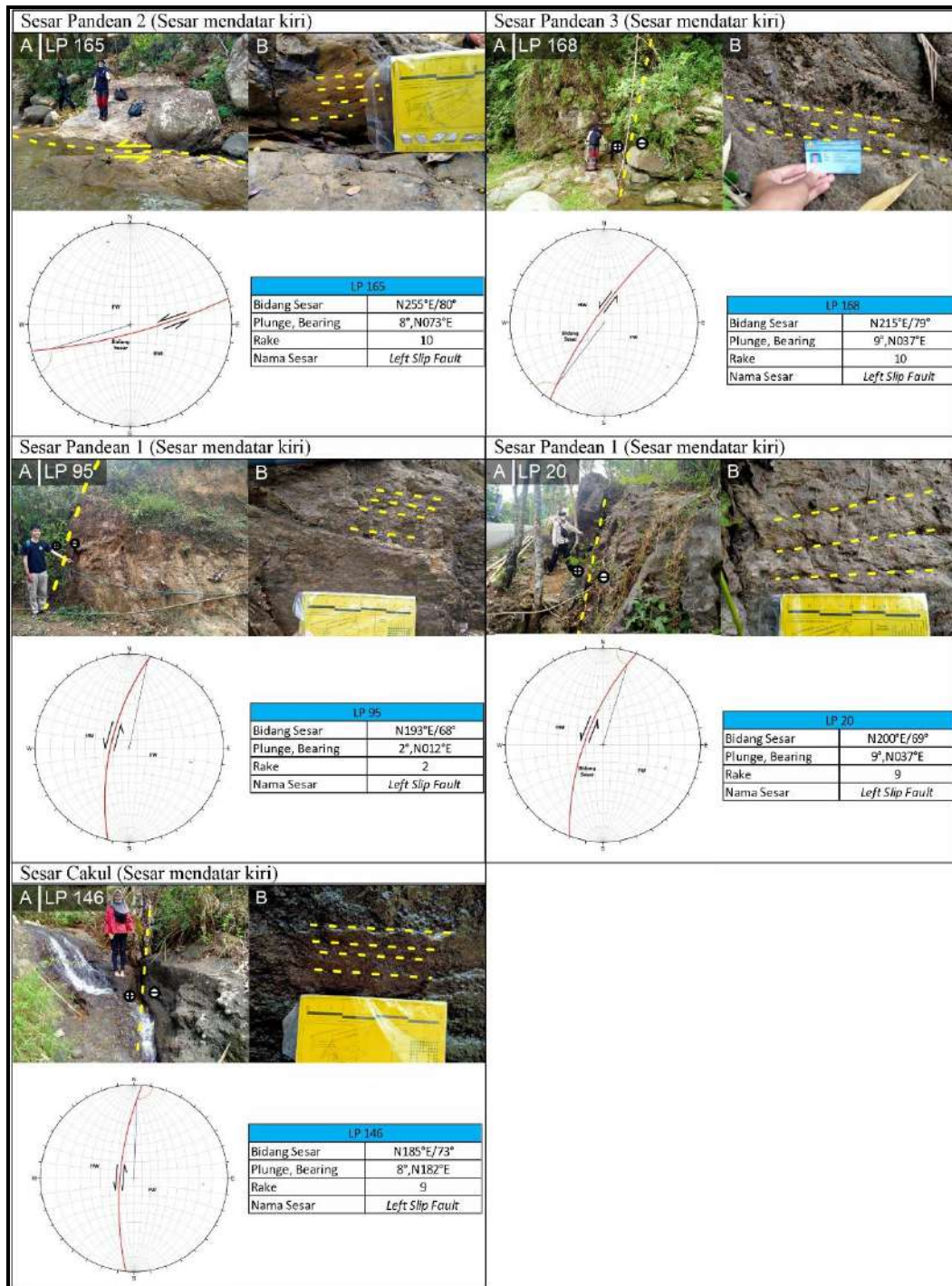
Pada daerah penelitian, terdapat satu kekar yang tersingkap pada 1 lokasi pengamatan. Berikut merupakan kekar yang terdapat di lokasi penelitian. Kekar ini ditemukan di Desa Pandean disepanjang sungai. Kekar ini terdapat pada LP 166 dengan litologi gamping. Jenis data yang diambil adalah shear joint berpasangan.



Gambar 4. (A) Singkapan Sesar LP 166; (B) Bidang sesar dan gores garis Sesar Pandean; Hasil analisa stereografis kekar LP 166.

Sesar

Pada daerah penelitian, terdapat empat sesar yang tersingkap pada 5 lokasi pengamatan. dengan 3 diantaranya berarah NNE-SSW pada LP 20, LP 95, LP 146, dan LP 168 dengan nama sesar *Left Slip Fault* (Rickard,1972) dan 1 ENE-WSW dengan nama sesar *Left Slip Fault* (Rickard, 1972).



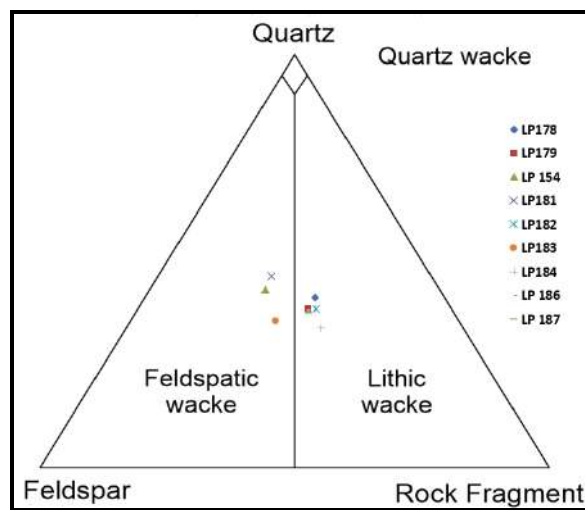
Gambar 5. Sesar pada daerah penelitian

PEMBAHASAN

Analisa petrografi dilakukan pada 9 sampel batupasir Satuan Batupasir Jaten. Peneliti mengamati warna, tekstur batuan, dan komposisi mineral.

Tabel 2. Persentase komposisi mineral utama

Satuan	Nama Sample	Persentase Komposisi Mineral Utama							
		Qm	Qp	F	L	Lt	Op	Oxd	Mat
Satuan Batupasir Jaten	LP178	28	0	17	23	23	0	10	22
	LP179	25	0	18	22	22	10	0	25
	LP 154	23	5	22	15	20	0	25	10
	LP181	20	7	18	13	20	0	5	37
	LP182	22	3	17	23	26	0	7	28
	LP183	17	4	21	17	21	0	6	35
	LP184	21	0	17	24	24	6	7	25
	LP 186	25	2	20	24	26	3	3	23
LP 187	22	2	18	22	24	2	5	29	



Gambar 6. Pemerian batupasir menggunakan segitiga QFRF (Pettijhon, 1972).

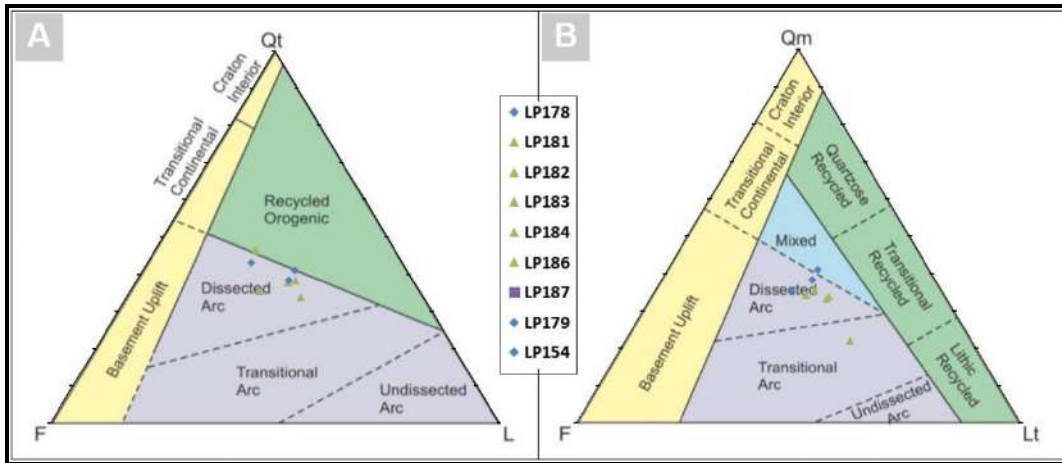
Penentuan batuan asal

Penentuan batuan asal pada Satuan Batupasir Jaten menggunakan beberapa parameter untuk diplotkan kedalam diagram, antara lain :

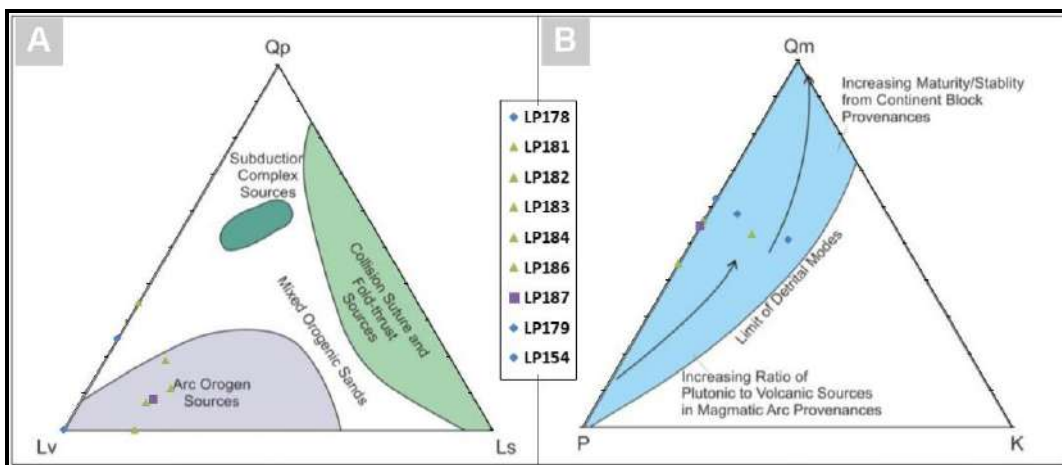
- a. Menentukan Sumber Batuan Asal dan Kedudukan Tektonik
 - Diagram QtFL (Quartz total, Feldspar, Lithic), digunakan untuk mengetahui asal batuan apakah berasal dari Continental, Arc, Orogenic (Dickinson dan Suczek,1979).
 - Diagram QmFL (Quartz monocrystalline, Feldspar, Lithic), sama seperti diagram QtFL, hanya saja untuk batuan asal vulkanik nantinya dijabarkan lebih detail (Dickinson dan Suczek, 1979).
- b. Menentukan Paleoclimate
 - Diagram QFRF (Quartz, Feldspar, Rare Fragment)), diagram ini digunakan untuk mengetahui batuan induk dari batupasir dan mengetahui iklim pada masa pengendapan (Nelson, 2007)

Tabel 5.3. Komposisi mineral untuk parameter penentuan *provenance* batuan

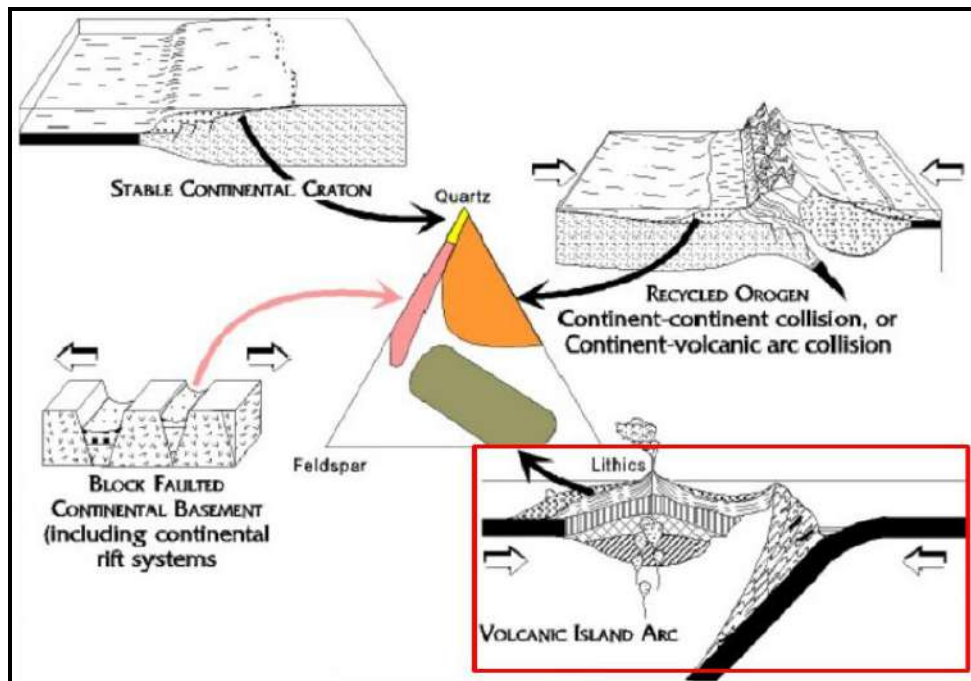
Satuan	Nama Sample	Persentase Komposisi Mineral Utama					Persentase Ulang Komposisi Q-F-L			Persentase Ulang Komposisi Qm-F-Lt			Persentase Ulang Komposisi Qp-Lv-LS			Persentase Ulang Komposisi Qm-P-K		
		Qm	Qp	F	L	Lt	Q	F	L	Qm	F	Lt	Qp	Lv	Ls	Qm	P	K
Satuan Batupasir Jaten	LP178	28	0	17	23	23	41	25	34	41	25	34	0	100	0	62	38	0
	LP179	25	0	18	22	22	38	28	34	38	28	34	0	100	0	58	35	7
	LP 154	23	5	22	15	20	43	34	23	35	34	31	25	75	0	51	27	22
	LP181	20	7	18	13	20	47	31	22	34	31	34	35	65	0	53	34	13
	LP182	22	3	17	23	26	38	26	35	34	26	40	12	69	19	56	44	0
	LP183	22	4	16	23	33	40	25	35	31	23	46	15	63	22	58	42	0
	LP184	21	0	17	24	25	34	27	39	33	27	40	0	83	17	55	39	5
	LP 186	25	2	20	24	25	38	28	34	36	29	36	8	77	15	56	44	0
LP 187	22	2	18	22	31	38	28	34	31	25	44	8	75	17	55	35	10	



Gambar 7. Hasil Plot Diagram QFL dan QmFLt (Dickinson & Suczek, 1979)

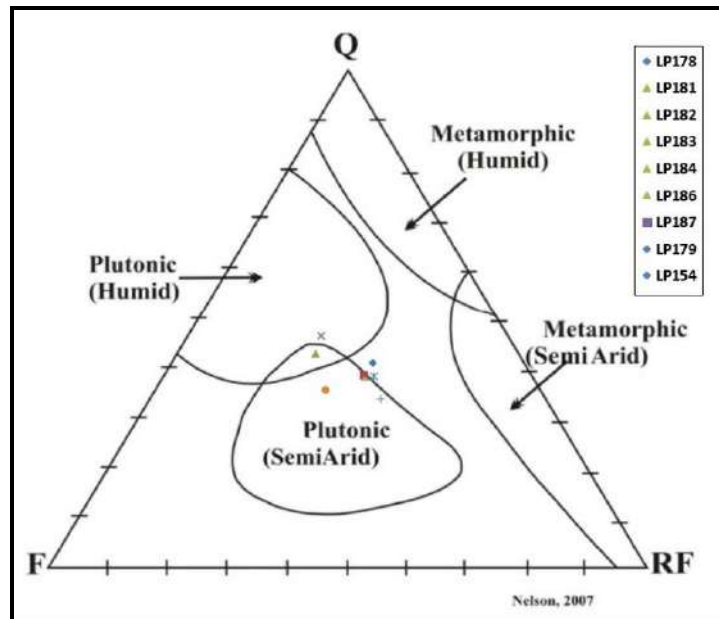


Gambar 8. Hasil Plot Diagram QpLvLs dan QmPK (Dickinson & Suczek, 1979)



Gambar 9. Ilustrasi Model Tektonik Daerah Provenan Berdasarkan Diagram QFL

Hasil plot diagram QFL dan QmFLt pada sample batupasir Satuan Batupasir Jaten pada daerah telitian menunjukkan menunjukkan bahwa sumber batupasir pada Satuan Batupasir Jaten termasuk ke lingkungan *Volcanic Island Arc* dengan sublingkungan *Dissected Arc*.



Gambar 10. Hasil plot *paleoclimate* pada Diagram QFL (Nelson,2007)

Berdasarkan hasil plot analisis sample Satuan Batupasir Jaten pada diagram QFL (Nelson,2007) Paleoclimate pada daerah telitian diketahui bahwa sebagian besar sumber batuan asal berasal dari iklim semi-arid atau semi-kering.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan pada daerah Pandean Dan Sekitarnya, Kecamatan Dongko, Kabupaten Trenggalek, Provinsi Jawa Timur sebagai berikut:

1. Pola pengaliran pada daerah penelitian dipengaruhi oleh struktur yang berkembang pada daerah penelitian terdiri 2 jenis yaitu pola pengaliran yaitu subtrellis, subparalel.
2. Daerah penelitian terdapat tiga bentuk asal yaitu Satuan Bentuk Asal Struktural yang terdiri atas Bentuk Lahan Lereng Struktural (S1), Perbukitan Struktural (S2), dan Lembah Struktural (S3). Satuan Bentuk Asal Fluvial terdiri dari Bentuk Lahan Tubuh Sungai (F1).
3. Pada daerah penelitian terdiri dari tiga satuan batuan dan satu lithodem, antara lain : Satuan Breksi Mandalika yang berumur Oligosen akhir -Miosen awal, Satuan Batugamping Campurdarat yang berumur Miosen Awal, Satuan Batupasir Jaten yang berumur Miosen Awal. Dimana Satuan Breksi Mandalika menempati 20% dari total luasan kavling, Satuan Batugamping Campurdarat menempati 32% dari total luasan kavling, Satuan Batupasir Jaten menempati 45% dari total luasan kavling, dan endapan alluvial menempati 3% dari total luasan kavling.
4. Terdapat dua jenis struktur geologi pada daerah penelitian yaitu berupa kekar dan sesar. Analisa kekar pada LP 166 menunjukkan orientasi arah N055°E. Sesar yang ditemukan pada LP 20 dan LP 95 yaitu Sesar Pandean 1 memiliki arah pergerakan mendatar kiri dengan nama sesar *Left Slip Fault*. LP 165 yaitu Sesar Pandean 2 memiliki arah pergerakan mendatar kiri dengan nama sesar *Left Slip Fault*. LP 168 yaitu Sesar Pandean 3 memiliki arah pergerakan mendatar kiri dengan nama sesar *Left Slip Fault*. LP 146 yaitu Sesar Cakul memiliki arah pergerakan mendatar kiri dengan nama sesar *Left Slip Fault*.
5. Potensi geologi yang ada pada daerah telitian terdiri dari potensi positif berupa batugamping yang ditambang oleh warga untuk bahan properti seperti pelapis lantai, meja, patung dan barang-barang bernilai seni lainnya. Potensi negatif pada daerah penelitian berupa gerakan tanah seperti longsor dikarenakan kelerengan yang curam.
6. Hasil plot diagram QFL dan QmFLt pada sample batupasir Satuan Batupasir Jaten pada daerah telitian menunjukkan menunjukkan bahwa sumber batupasir pada Satuan Batupasir Jaten termasuk ke lingkungan *Volcanic Island Arc* dengan sublingkungan *Dissected Arc*.
7. Hasil plot diagram QpLvLs dan QmPK Model tektonik kedudukan batuan asal Satuan Batupasir Jaten berasal dari zona *Arc Orogen Sources* dengan tingkat *maturity* batupasir sedang.
8. Hasil plot paleoclimate menggunakan diagram QFL *Paleoclimate* pada daerah telitian diketahui bahwa sebagian besar sumber batuan asal berasal dari iklim *semi-arid* atau semi-kering.

DAFTAR PUSTAKA

- Adams, Anthony E., William Scott MacKenzie, and Cyril Guilford., 2014. *Atlas of sedimentary rocks under the microscope*. Routledge.
- Barker, R. Wright., 1960. *Taxonomic Notes*, Society of Economic Paleontologists and Mineralogist, Tulsa, Oklahoma, U.S.A
- Blow, M. D., 1969. *Late Middle Eocene to Recent Planktonic Foraminiferal Biostratigraphy*, International Conference Planktonic Microfossils, First Edition, Genova, Proc. Leiden E. J. Bull. Vol. I, p. 199 – 422.
- Davis, G. H., Reynolds, S. J., & Cruden, A. R., 1996. Structural Geology of Rocks and Regions. *Economic Geology and the Bulletin of the Society of Economic Geologists*, 91(6), 1163.
- Dickinson, W.R., dan Suczek, C.A., 1979. Plate Tectonics and Sandstone Compositions, The American Association of Petroleum Geologists Bulletin, V. 63., No. 12, 2164-2182, 7 Fig., 1 Table
- Dunham, R.J., 1962. Classification of carbonate rocks according to depositional texture, p.108-121. In : Ham, W.E. (ed). Classification of carbonate rocks, Tulsa, Okla, Am. Assoc. Petrol. Geol. Mem.1, 279p
- Groshong Jr, R. H., 2006. *3-D structural geology* (pp. 305-371). Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Howard, A. D., 1967. Drainage analysis in geologic interpretation: a summation. *AAPG bulletin*, 51(11), 2246-2259.
- Komisi Sandi Stratigrafi Indonesia. 1996. Sandi Stratigrafi Indonesia. *Ikatan Ahli Geologi Indonesia*, 14.
- Nugroho, Bani. 2000. Parameter Stadia Sungai dan Stadia Daerah. Universitas Trisakti. Indonesia : Jakarta.
- Pulunggono, A., & Martodjojo, S., 1994. Perubahan tektonik paleogen-neogen merupakan peristiwa tektonik terpenting di Jawa. *Proc. Geologi dan Geoteknik Pulau Jawa, Yogyakarta*, h, 37-49.
- Sulandari, B., 2014. Geologi dan Studi *Provenance* Satuan Batupasir Jaten Daerah Bungur dan Sekitarnya, Kecamatan Tulakan, Kabupaten Pacitan, Provinsi Jawa Timur, *Jurnal Ilmiah Geologi Pangea*.
- Samodra, H., Suharsono, Gafoer, dan T. Suwanti. 1992. Peta Geologi Lembar Tulungagung, Jawa Timur
- Samodra, H., Gafoer, S., dan Tjokrosoepetro, S. 1992. Tatanan Stratigrafi dan Tektonik Pegunungan Selatan Jawa Timur Antara Pacitan – Ponorogo, Bidang Pemetaan Geologi Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Smyth, H., Hall, R., Hamilton, J., & Kinny, P. 2003. Volcanic Origin Of Quartz-Rich Sediments In East Java: *Proceedings, Indonesian Petroleum Association*. IPA03-G-014.
- Van Zuidam, R. A. 1983. *Guide to Geomorphologic Aerial Photographic Interpretation and Mapping*. International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation, Enschede.
- Van Bemmelen, R. V. 1949. The Geology of Indonesia, Vol. 1A. *Government Printing Office, The Hague*, 732.
- Verstappen, Th., 1985. Applied Geomorphological Surveys And Natural Hazard Zoning, International Institute For Aerospace Survey And Earth Sciences (ITC), The Netherland. P.23-27.
- Walker, Roger G., 1979. *Facies Models*, Geological Association of Canada.
- Walker, R.G., 1992. *Facies Model*, 2nd edition, Geological Association of Canada Publishing Business and Economic Services Ltd, Toronto, Ontario, p. 141-245.