



Studi Lingkungan Pengendapan Formasi Jaten pada Daerah Pandean, Dongko, Kabupaten Trenggalek, Jawa Timur

Elian Mukti Prabowo *, Dhea Puja Lestari, Arhananta, Heza Putra Maulana Aji Sakti, Abdullah Khafid Ma'ruf

Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta

*e-mail: elianmukti15@gmail.com

DOI: [leave as blank](#)

Info Artikel

Diserahkan:

17 Juni 2022

Direvisi:

1 Juli 2022

Diterima:

5 Agustus 2022

Diterbitkan:

12 Agustus

Abstrak

Geologi zona Pegunungan Selatan telah banyak dipelajari secara sistematis dan luas. Namun pemahaman mengenai geologi Jawa terkhusus pada Zona Pegunungan Selatan masih terbatas. Penelitian mengenai stratigrafi di Trenggalek dalam kurun waktu 1992-2022 belum ada yang membahas mengenai lingkungan pengendapan dari formasi Jaten. Lokasi penelitian berada di Kecamatan Dongko yang meliputi Desa Cakul, Desa Petung, Desa Salamwates dan Desa Pandean, yang berada di Kabupaten Trenggalek, Provinsi Jawa Timur. Metode penelitian terdiri dari pengambilan data di lapangan dan analisis laboratorium untuk mengetahui zona *bathymetry* dan lingkungan pengendapan pada daerah penelitian. Satuan batuan pada daerah penelitian dapat dibagi menjadi 3 dari tua kemuda Satuan breksi-vulkanik – Mandalika, Satuan batugamping – Campurdarat, Satuan batupasir – Jaten. Struktur yang berkembang pada daerah penelitian adalah sesar mendatar kiri pada daerah Pandean dan Cakul. Berdasarkan hasil analisis penampang stratigrafi terukur lingkungan pengendapan pada daerah penelitian berupa darat dan laut. Satuan breksi-vulkanik – Mandalika terendapkan pada lingkungan pengendapan darat dengan fasies proksimal, Satuan batugamping – Campurdarat terendapkan pada lingkungan pengendapan laut dengan fasies karbonat yaitu *slope* dan *platform margin reefs* pada zona batimetri neritik tepi – neritik luar, Satuan batupasir – Jaten terendapkan pada lingkungan transisi dengan fasies *tidal flat* pada *Intertidal zone*.

Kata kunci: fasies, lingkungan pengendapan, Jaten, *tidal flat*

Abstract

The geological zone of the Southern Mountains has been studied systematically and extensively. However, the study of the geology of Java, especially in the Southern Mountain Zone, is still limited. Studies on stratigraphy of Trenggalek in the period 1992-2022 has not discussed the depositional environment of the Jaten Formation. The research location is in Dongko District which includes Cakul Village, Petung Village, Salamwates Village, and Pandean Village, which located in Trenggalek Regency, East Java Province. The research method consists of collecting data in the field and laboratory analysis to determine the bathymetric zone and the depositional environment in the research area. The rock units in the research area are divided into 3 units from old to young, Breccia-volcanic unit – Mandalika, Limestone unit – Campurdarat, Sandstone unit – Jaten. The geological structure that develops in the research area is a left-lateral strike slip fault in the Pandean and Cakul areas. Results based on the analysis of the stratigraphic cross section of the depositional environment in the research area are continental and marine. The breccia-volcanic unit – Mandalika was deposited in a continental environment with proximal facies, Limestone unit

– Campurdarat was deposited in an open marine environment with carbonate facies, namely slope and platform margin reefs in the bathymetry zone of edge neritic – outer neritic. Sandstone unit – Jaten deposited at transition with tidal flat facies in the Intertidal zone.

Keywords: facies, environment, Jaten, tidal flat

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Geologi zona Pegunungan Selatan telah banyak dipelajari secara sistematis dan luas. Namun pemahaman mengenai geologi Jawa terkhusus pada Zona Pegunungan Selatan masih terbatas. Banyak aspek yang masih perlu dikaji tentang perkembangan Pulau Jawa, baik masalah stratigrafi, sedimentasi, dan litologi.

Formasi Jaten memiliki sebaran yang cukup luas mulai dari Pacitan hingga Trenggalek, penelitian pada formasi Jaten kebanyakan berada di daerah Pacitan dan sekitarnya, sedangkan pada daerah Trenggalek belum ada yang membahas mengenai lingkungan pengendapan dari formasi Jaten.

1.2. 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 dapat dilihat pada Gambar 1.



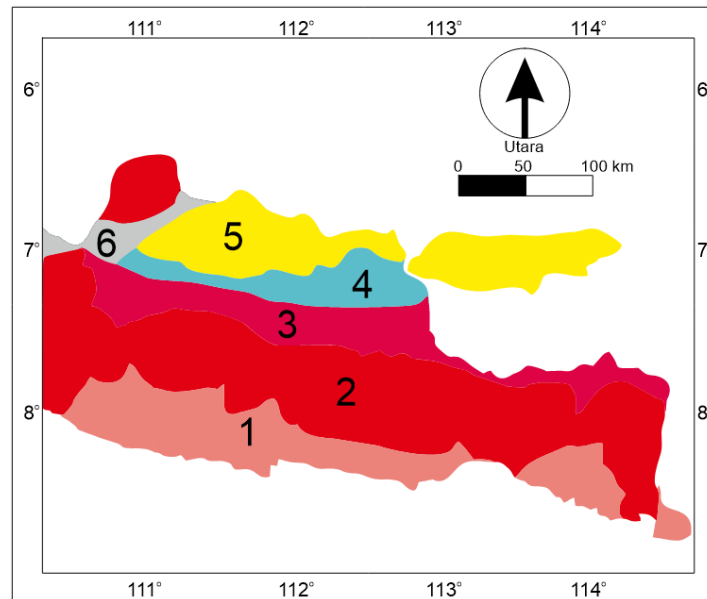
Gambar 1. Lokasi dan administrasi daerah penelitian

2. Metodologi

Metode yang digunakan pada penelitian ini terdiri atas pemetaan geologi permukaan, pembuatan profil, dan analisis laboratorium.

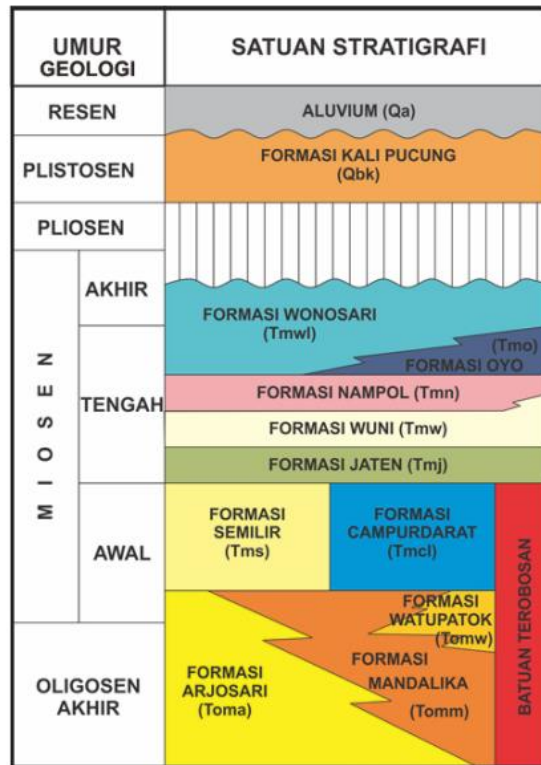
Geologi Regional

Daerah penelitian termasuk dalam Zona Pegunungan Selatan Bagian Timur yang terdiri dari endapan vulkanik berumur Oligo-Miosen dan endapan karbonat berdasarkan Van Bemmelen[1].



Gambar 2. Sketsa peta fisiografi Jawa Tengah (Van Bemmelen, 1949)[1]: 1. Pegunungan Selatan 2. Depresi dan Gunungapi Kuater, 3. Antiklinorium Kendeng, 4. Randublatung Zone, 5. Antiklinorium Rembang-Madura, 6. Dataran Aluvial Jawa Utara

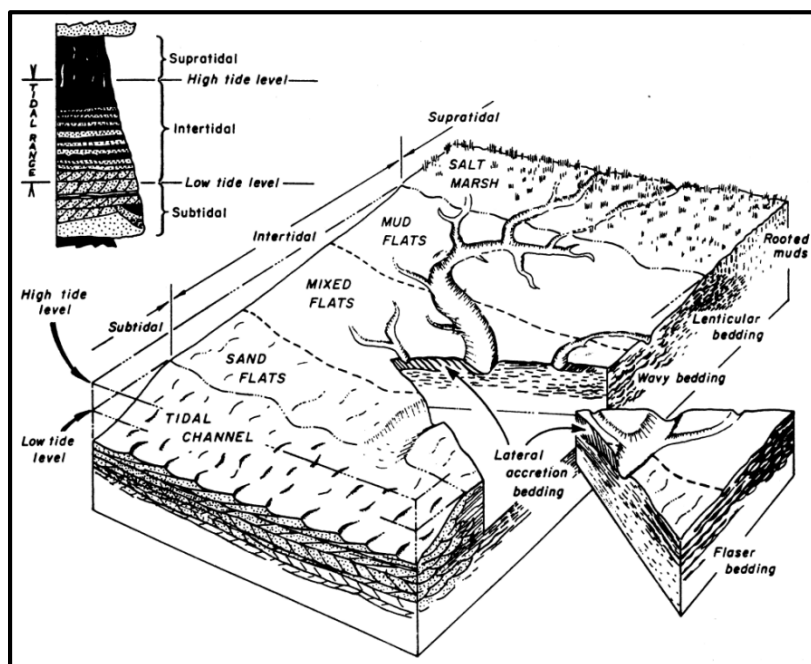
Stratigrafi Pegunungan Selatan dibedakan menjadi dua bagian, yaitu bagian barat dengan tatanan stratigrafi Pegunungan Selatan bagian Barat (Parangtritis – Wonosari) dan bagian timur (Wonosari – Pacitan). Daerah penelitian sendiri termasuk kedalam stratigrafi Pegunungan Selatan bagian Timur. Menurut Samodra [2] daerah penelitian terdiri atas tiga formasi dari tua ke muda yaitu formasi Mandalika, formasi Campurdarat, dan formasi Jaten. Formasi Jaten terdiri atas batupasir kuarsa, batulempung, konglomerat, sisipan lignit dan tuf, serta batugamping seperti terlihat pada Gambar 2.



Gambar 3. Stratigrafi Pegunungan Selatan bagian Timur [3]

2.1. Lingkungan Pengendapan

Penentuan lingkungan pengendapan pada daerah penelitian dilakukan dengan melihat hasil analisis profil yang kemudian disesuaikan dengan diagram lingkungan pengendapan silisiklastik menurut Dalrymple (1992), diagram lingkungan pengendapan vulkanik Bogie dan Mackenzie (1998), dan analisis mikropaleontologi yang kemudian disesuaikan dengan zona *bathymetry* menurut Barker [4].

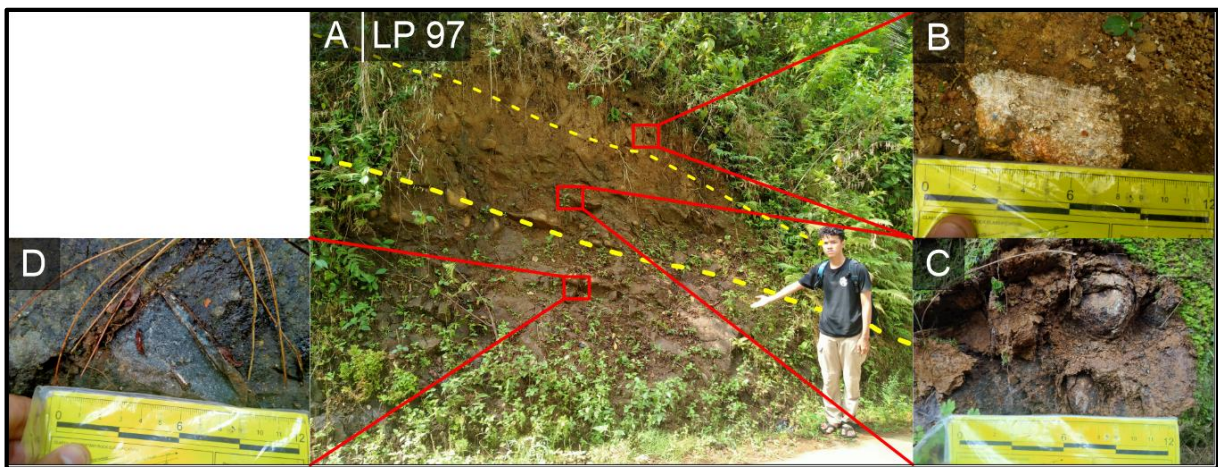


Gambar 4. Blok diagram silisiklastik pada lingkungan tidal flat menurut (Dalrymple [5] dalam Walker & James [6])

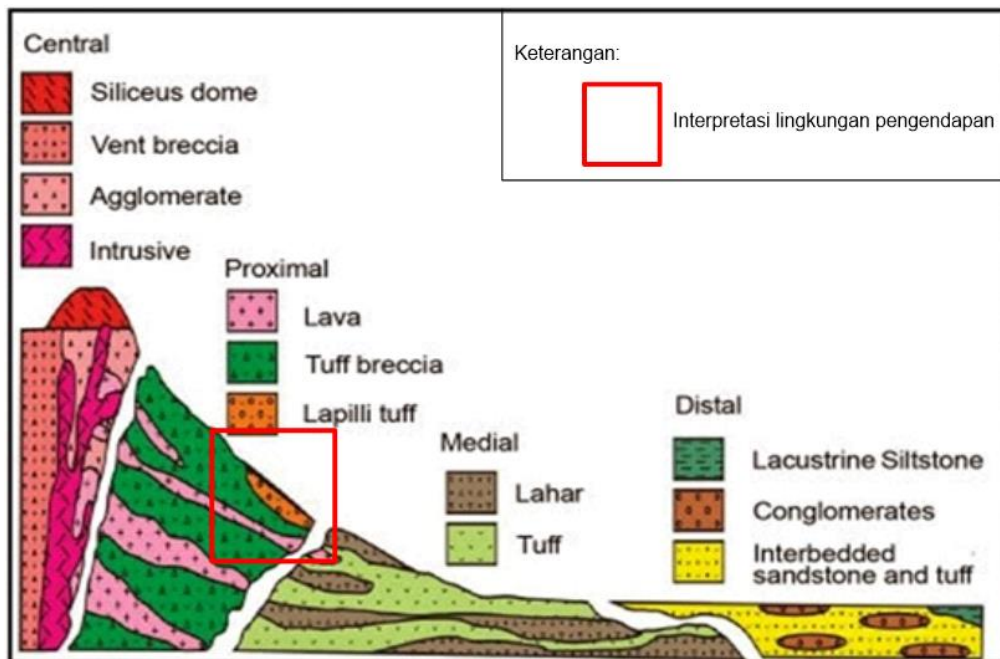
Pada peta geologi daerah penelitian (Gambar 6), berdasarkan *fieldcheck* yang dilakukan, satuan batuan di lokasi penelitian dapat dibagi menjadi 3 satuan batuan dari tua ke muda yaitu Satuan breksi vulkanik – Mandalika, Satuan batugamping – Campurdarat, dan Satuan batupasir – Jaten. Struktur geologi yang berkembang pada daerah penelitian adalah sesar mendatar kiri Pandean dan sesar mendatar kiri Cakul.

Satuan breksi – vulkanik Mandalika

Satuan breksi – vulkanik Mandalika disusun oleh, breksi-vulkanik dengan fragmen andesit, lava andesit dan batupasir tuffan. Satuan breksi-vulkanik Mandalika memiliki umur Oligosen akhir – Miosen awal. Hubungan stratigrafi antara Satuan breksi-vulkanik Mandalika terhadap Satuan Batugamping Campurdarat dan Satuan Batupasir Jaten adalah tidak selaras (*nonconformity*). Lingkungan pengendapan satuan batuan ini adalah lingkungan pengendapan darat yaitu pada lereng gunungapi dapat dicirikan oleh fasies gunungapi proksimal menurut model lingkungan pengendapan Bogie dan Mackenzie [7]



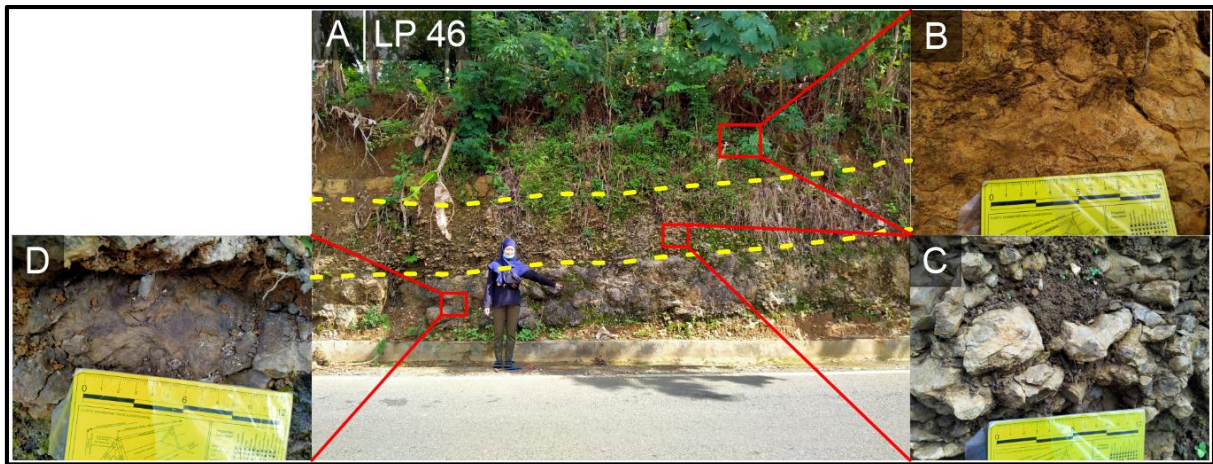
Gambar 6. Kenampakan singkapan satuan breksi-vulkanik Mandalika LP97 Daerah Cakul, Kecamatan Dongko, Kabupaten Trenggalek. (A) Foto singkapan breksi andesit dengan lava andesit dengan azimuth N 086° E. (B) Foto litologi batupasir tuffan pada singkapan LP97. (C) Foto litologi breksi andesit pada singkapan LP97. (D) Foto litologi lava andesit pada singkapan LP97.



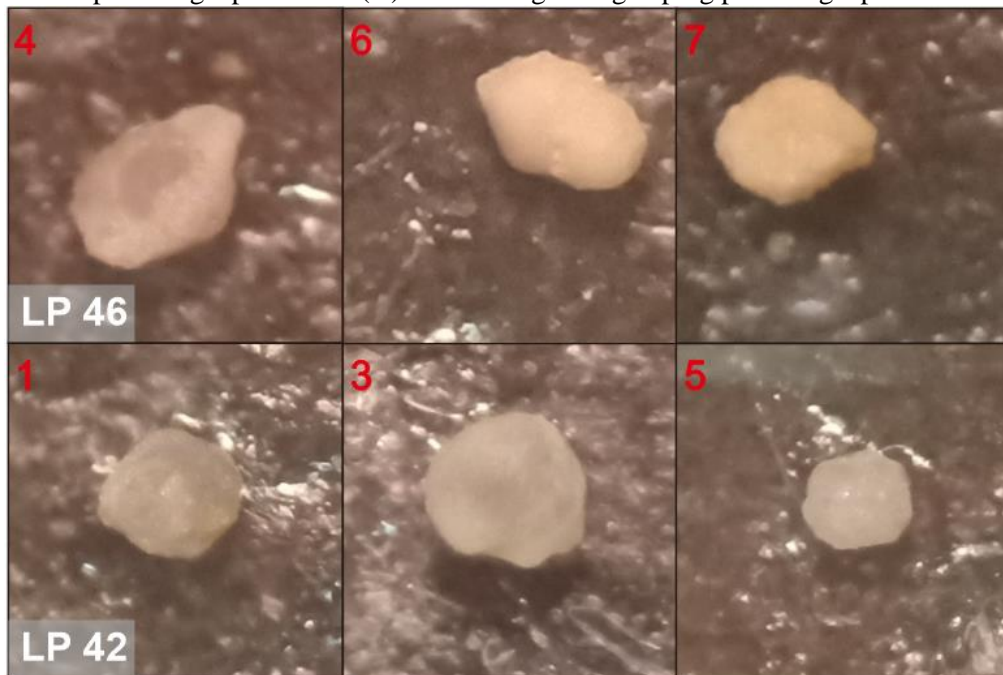
Gambar 7. Model lingkungan pengendapan vulkanik satuan breksi – vulkanik Mandalika daerah penelitian (Bogie dan Mackenzie, 1998)

Satuan batugamping – Campurdarat


Satuan ini terbentuk dari batugamping klastik yaitu *Wackstone* dan *Packstone* sedangkan nonklastik berupa batugamping terumbu ditemukan di beberapa tempat. Satuan batugamping – Campurdarat memiliki umur Miosen awal (N4-N8) pada lokasi penelitian (Gambar 8 & Gambar 9). Hubungan stratigrafi antara Satuan Batugamping Campurdarat dengan Satuan Batupasir Jaten adalah menjemari. Sedangkan hubungan stratigrafi Satuan Batugamping Campurdarat diendapkan secara tidak selaras di atas (*nonconformity*) Satuan breksi-vulkanik Mandalika. Berdasarkan hasil analisis profil dan mikrofosil Satuan batugamping Campurdarat termasuk dalam dua bagian fasies karbonat yaitu *slope* dan *platform margin reefs* pada zona batimetri neritik tepi – neritik luar.




Gambar 8. Kenampakan singkapan satuan Batugamping Campurdarat LP46 Daerah Cakul, Kecamatan Dongko, Kabupaten Trenggalek. (A) Foto singkapan batugamping Campurdarat dengan azimuth N 322° E. (B) Foto litologi batugamping pada singkapan LP46. (C) Foto litologi batugamping terumbu pada singkapan LP46. (D) Foto litologi batugamping pada singkapan LP46.



Gambar 9. (A) Foto fosil foraminifera plankton pada batugamping LP 46, (B) Foto fosil foraminifera plankton pada batugamping LP 42.

 LABORATORIUM MIKROPALEONTOLOGI PROGRAM STUDI TEKNIK GEOLOGI, FAKULTAS TEKNOLOGI MINERAL UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" YOGYAKARTA																										
Formulir Analisis Mikrofosil																										
Preparasi Contoh	Mesh	Sayatan	Smear	Jenis Fosil yang diperiksa : Foraminifera		Tanggal : 10 Oktober 2021		No. sampel : Sampel 45																		
Pengawetan Fosil	Buruk	Sedang	Baik	Lokasi Pengambilan :		Litologi :		Satuan Batuan :																		
Kelimpahan fosil dalam sampel				Formasi : Campurdarat		Penganalisa : Elian		Berat Sampel : + - 10 gram																		
Jarang		Sedang		Melimpah																						
No	Umur			Oligosen	Miosen						Pliosen		Plistosen													
					Awal			Tengah			Akhir															
Spesies Foraminifera Plankton			Jml	P20 N1	P21 N2	P22 N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11	N12	N13	N14	N15	N16	N17	N18	N19	N20	N21	N22	N23
4.	<i>Globigerina sellii</i>			R																						
6.	<i>Globigerinoides primordius</i>			R																						
7.	<i>Globigerina venezuelana</i>			R																						

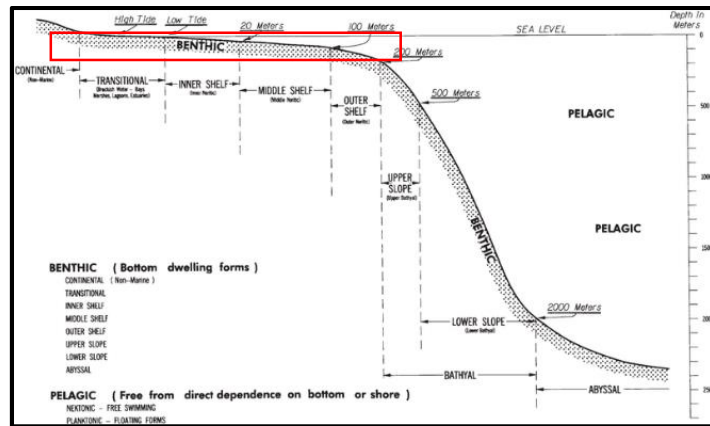
 LABORATORIUM MIKROPALEONTOLOGI PROGRAM STUDI TEKNIK GEOLOGI, FAKULTAS TEKNOLOGI MINERAL UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" YOGYAKARTA																										
Formulir Analisis Mikrofosil																										
Preparasi Contoh	Mesh	Sayatan	Smear	Jenis Fosil yang diperiksa : Foraminifera		Tanggal : 10 Oktober 2021		No. sampel : Sampel 42																		
Pengawetan Fosil	Buruk	Sedang	Baik	Lokasi Pengambilan :		Litologi :		Satuan Batuan :																		
Kelimpahan fosil dalam sampel				Formasi : Campurdarat		Penganalisa : Elian		Berat Sampel : + - 10 gram																		
Jarang		Sedang		Melimpah																						
No	Umur			Oligosen	Miosen						Pliosen		Plistosen													
					Awal			Tengah			Akhir															
Spesies Foraminifera Plankton			Jml	P20 N1	P21 N2	P22 N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11	N12	N13	N14	N15	N16	N17	N18	N19	N20	N21	N22	N23
1.	<i>Globigerinatella insueta</i>			R																						
3.	<i>Praeorbulina cf. glomerosa</i>			R																						
5.	<i>Praeorbulina curva</i>			R																						

Gambar 10. Hasil penarikan umur menggunakan analisa mikropaleontologi LP 46 (atas), Hasil penarikan umur menggunakan Analisa mikro paleontologi LP 42 (bawah).

No	Lingkungan Bathimetri		Transisi	Neritik			Batial		Abisal	Hadal
	Spesies Foraminifera Bentos	Jml		Tepi	Tengah	Luar	Tepi	Luar		
				0	20	100	200	500	2000	4000
4.	<i>Elphidium crispum</i> (12,8-14,6m)		R							
1.	<i>Cibicides lobatulus</i> (15,8m)		R							

No	Lingkungan Bathimetri		Transisi	Neritik			Batial		Abisal	Hadal
	Spesies Foraminifera Bentos	Jml		Tepi	Tengah	Luar	Tepi	Luar		
				0	20	100	200	500	2000	4000
2.	<i>Tubinella funalis</i> (36,6-109,8m)		R							
4.	<i>Elphidium crispium</i> (12,8-14,6m)		R							

Gambar 11. Hasil penarikan zona batimetri menggunakan analisa mikropaleontologi LP 46 (atas) & LP 42 (bawah) berdasarkan zona batimetri Barker (1960) [8].



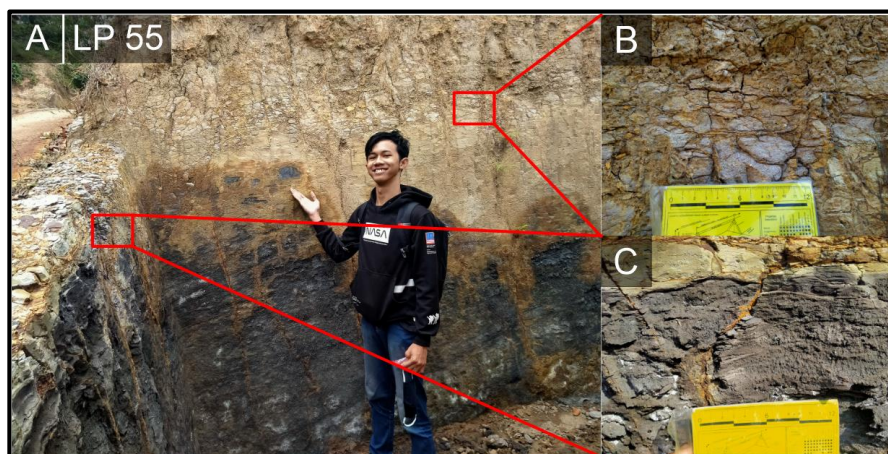
Gambar 12. Batimetri Satuan batugamping – Campurdarat pada daerah penelitian menurut zona batimetri Barker (1960)

Satuan batupasir – Jaten

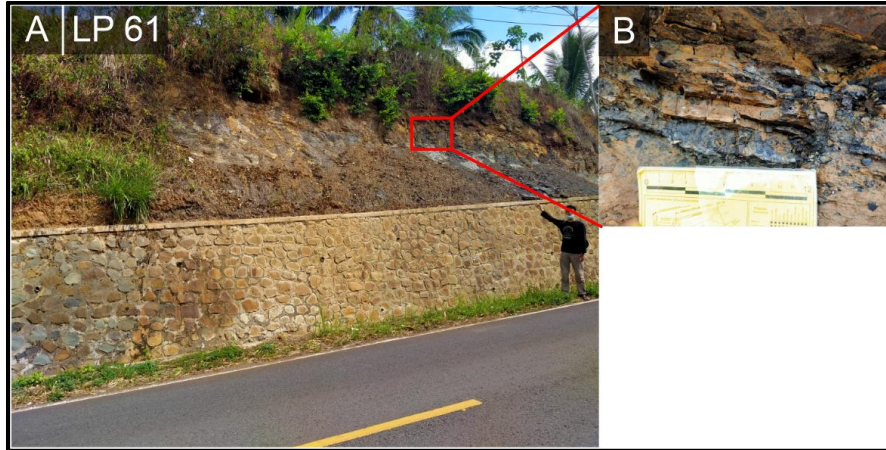
Satuan Batupasir Jaten pada daerah penelitian tersusun atas konglomerat (Gambar 4), batulempung (Gambar 5), lignit (Gambar 6), batupasir kuarsa (Gambar 7), batupasir karbonatan dan batupasir tuffan. Satuan batupasir Jaten memiliki umur awal Miosen tengah (N8).



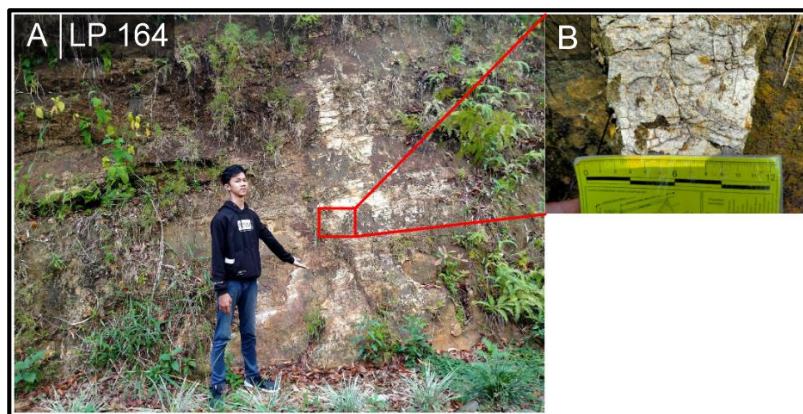
Gambar 13. Kenampakan singkapan satuan batupasir Jaten LP111 Daerah Pandean, Kecamatan Dongko, Kabupaten Trenggalek. (A) Foto singkapan konglomerat Jaten dengan azimuth N 346° E. (B) Foto litologi konglomerat pada singkapan LP 111



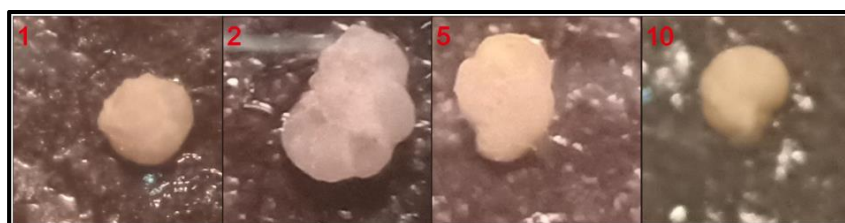
Gambar 14. Kenampakan singkapan satuan batupasir Jaten LP 55 Daerah Petung, Kecamatan Dongko, Kabupaten Trenggalek. (A) Foto singkapan batupasir Jaten dengan azimuth N 312° E. (B) Foto litologi batupasir dengan struktur *crossbedding* pada singkapan LP 55. (C) Foto litologi batupasir dengan struktur *lenticular* pada singkapan LP 55.



Gambar 15. Kenampakan singkapan satuan batupasir Jaten LP 61 Daerah Petung, Kecamatan Dongko, Kabupaten Trenggalek. (A) Foto singkapan lignit Jaten dengan azimuth N 192° E. (B) Foto litologi lignit pada singkapan LP 61.



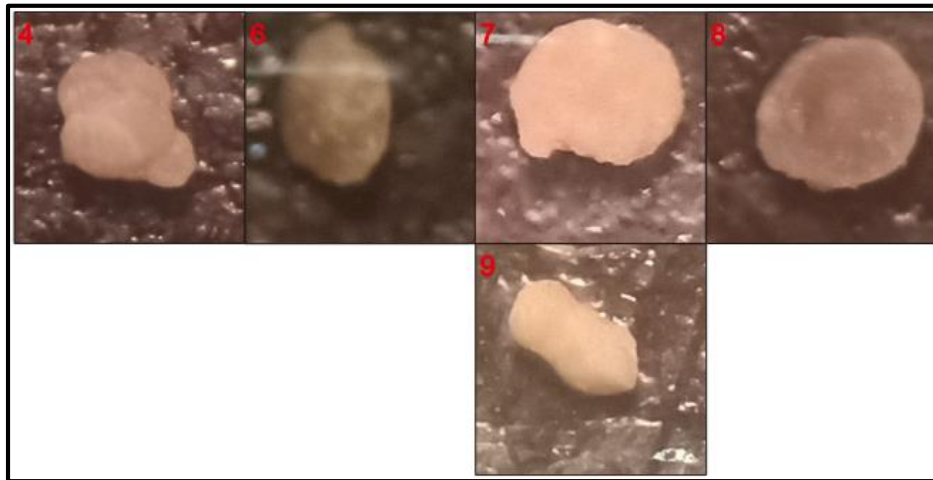
Gambar 16. Kenampakan singkapan satuan batupasir Jaten LP 164 Daerah Petung, Kecamatan Dongko, Kabupaten Trenggalek. (A) Foto singkapan batupasir kuarsa Jaten dengan azimuth N 243° E. (B) Foto litologi batupasir kuarsa pada singkapan LP 164.



Gambar 17. Foto fosil foraminifera plankton pada konglomerat LP 111

Preparasi Contoh		Mesh	Sayatan	Smear	Jenis Fossil yang diperiksa	Tanggal	No. sampel																		
		Buruk	Sedang	Baik	Foraminifera	10 Oktober 2021	Sampel 162																		
Kelimpahan fossil dalam sampel		Formasi			Penganalisa																				
		Jaten			Eliau																				
Umur		Berat Sampel																							
		+ - 10 gram																							
No	Spesies Foraminifera Plankton	Jml	Oligosen																						
			Awal					Miosen					Pliosen					Plistosen							
			P20	P21	P22	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11	N12	N13	N14	N15	N16	N17	N18	N19	N20	N21	N22	N23
2.	<i>Globorotalia bermudezi</i>	R																							
1.	<i>Praeorbulina glomerosa</i>	R																							
5.	<i>Globorotalia sp.</i>	R																							
10.	<i>Globorotalia archaeomenardii</i>	R																							

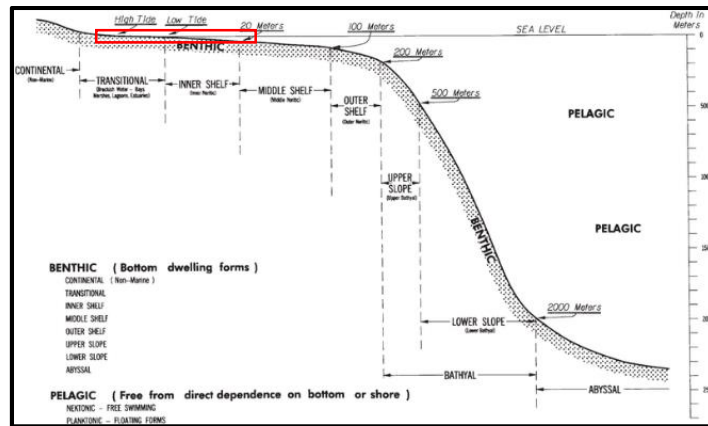
Gambar 18. Hasil penarikan umur menggunakan analisa mikropaleontologi LP 111



Gambar 19. Foto fossil foraminifera bentos pada konglomerat LP 111.

No	Lingkungan Bathimetri	Transisi	Neritik			Batial		Abisal	Hadal
			Tepi	Tengah	Luar	Tepi	Luar		
Spesies Foraminifera Bentos		Jml	0	20	100	200	500	2000	4000
4.	<i>Anomalina colligera</i> (67,7m)	R			•				
6.	<i>Amphistegina gibbosa</i> (15,18m)	R		•					
7.	<i>Elphidium macellum</i> (10,98m)	R		•					
8.	<i>Amphistegiana quoyii</i> (21,9m)	R		•					
9.	<i>Nodosaria calomorpha</i> (10,98m)	R		•					
Barker, 1960									

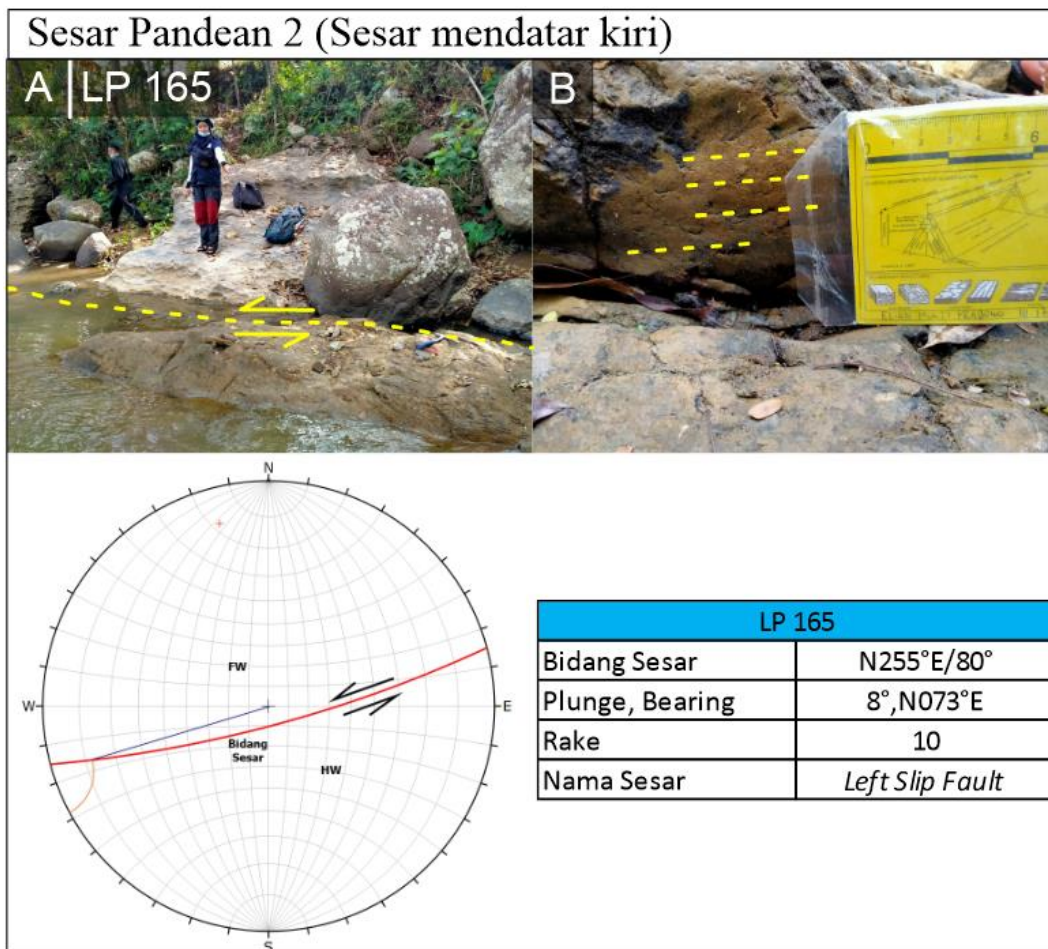
Gambar 20. Hasil penentuan zona batimetri menggunakan analisa bentos LP 111



Gambar 21. Batimetri Satuan batupasir – Jaten pada daerah penelitian menurut zona batimetri Barker (1960)

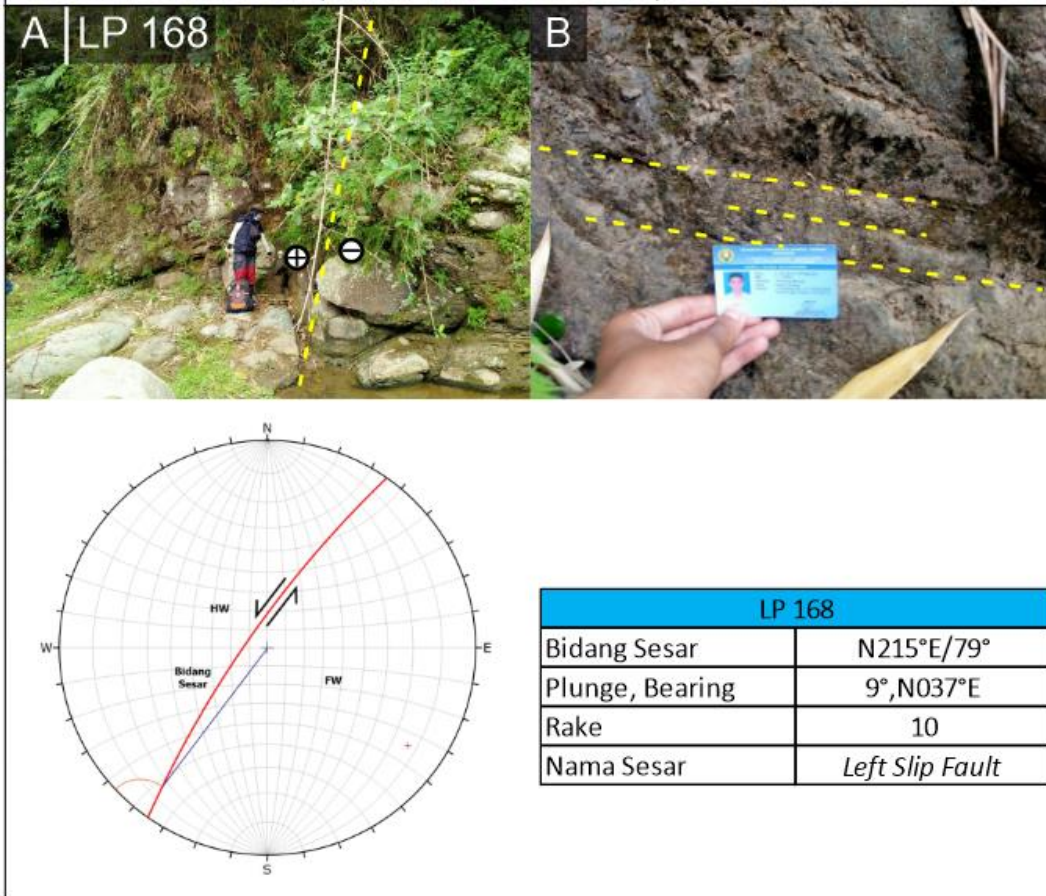
Struktur Geologi

Struktur geologi daerah penelitian didapatkan tiga sesar utama yaitu Sesar mendatar kiri Pandean dengan arah timur – barat (Gambar), Sesar mendatar kiri Pandean dengan arah timur laut – barat daya (Gambar), dan sesar mendatar kiri Cakul dengan arah utara – selatan (Gambar).

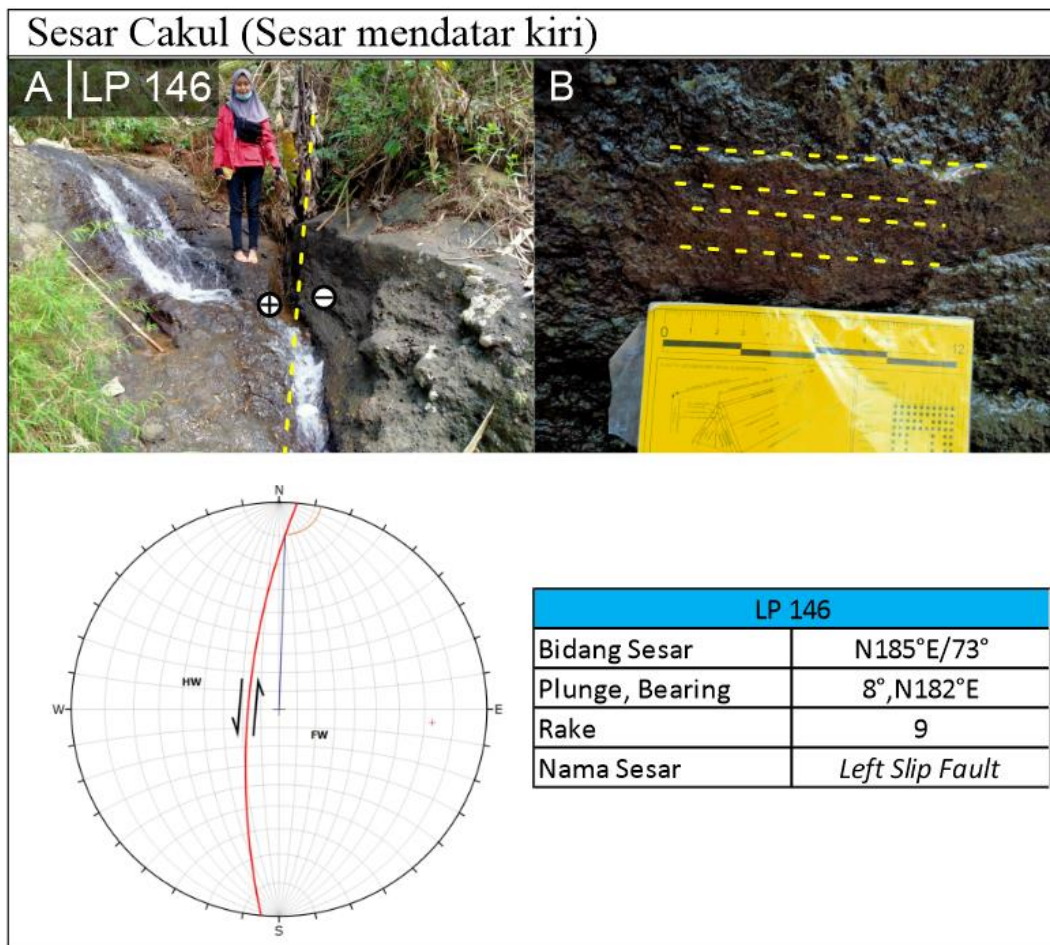


Gambar 22. (A) Singkapan Sesar LP 165; (B) Bidang sesar dan gores garis Sesar Pandean; Hasil analisa stereografis sesar LP 165.

Sesar Pandean 3 (Sesar mendatar kiri)



Gambar 23. (A) Singkapan Sesar LP 168; (B) Bidang sesar dan gores garis Sesar Pandean; Hasil analisa stereografis sesar LP 168.



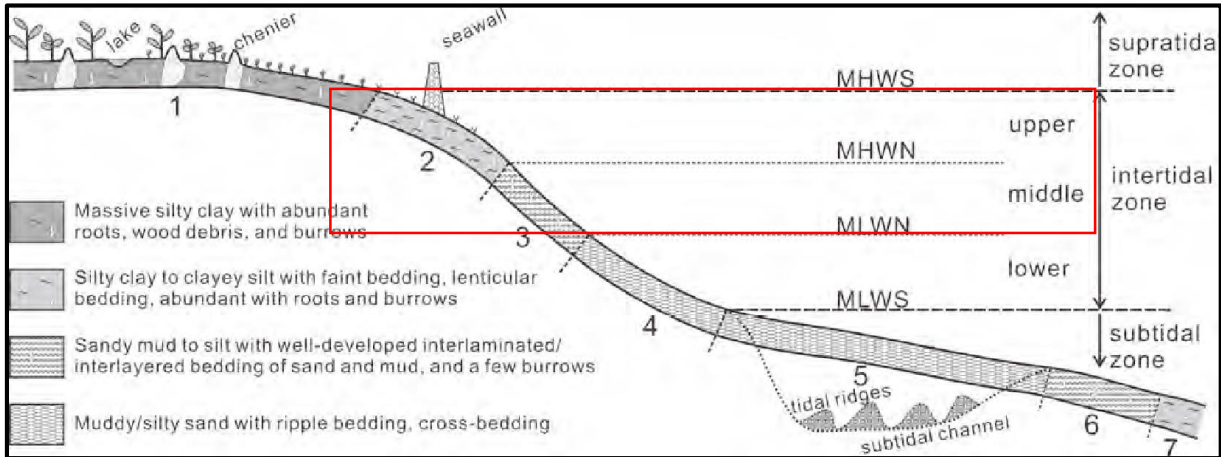
Gambar 24. (A) Singkapan Sesar LP 146; (B) Bidang sesar dan gores garis Sesar Cakul; Hasil analisa stereografis sesar LP 146.

3.2. Lingkungan pengendapan Satuan batupasir Jaten

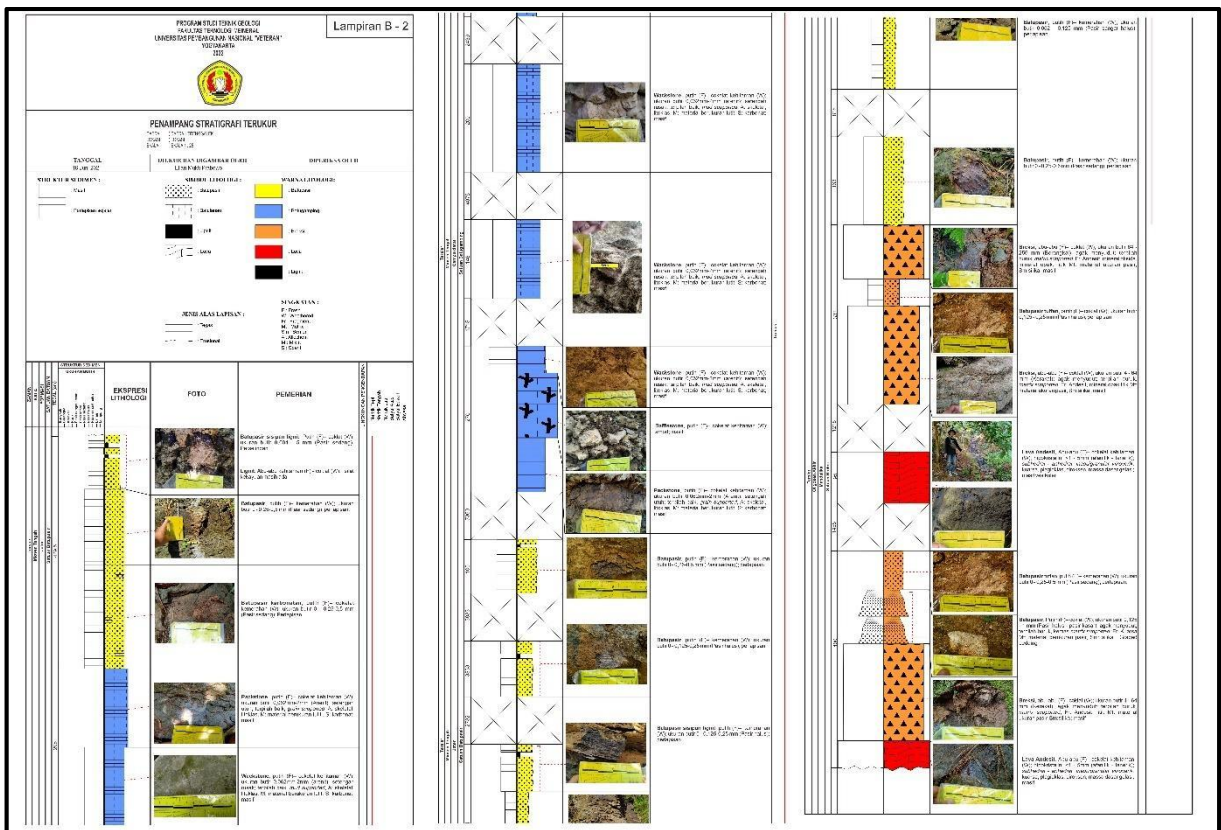
Berdasarkan analisis penampang stratigrafi terukur dan hasil analisis fosil didapati adanya satuan batupasir – Jaten yang secara kontak menjemari dengan Satuan Batugamping Campurdarat. Sedangkan Satuan Batupasir Jaten terendapkan secara tidak selaras (*nonconformity*) diatas Satuan breksi-vulkanik Mandalika. (Gambar)

Hasil analisa bentuk menunjukkan satuan batuan Jaten pada daerah penelitian termasuk dalam zona batimetri Neritik tepi (Barker 1960) (Gambar). Sedangkan hasil analisa profil sebagai berikut : diketahui bahwa proses pengendapan satuan batupasir – Jaten pada daerah penelitian terjadi pada lingkungan transisi dengan fasies *Intertidal zone*, dan *supratidal zone*.

- a. Pada bagian timur – barat kavling lintasan 2 (**Gambar 26**) diketahui satuan batupasir – Jaten terendapkan secara menjemari dengan satuan batugamping – Campurdarat dengan fasies MLWN terdiri dari pasir halus, *silt*, dan *mud* yang terendapkan antar lapisan yang mana menandakan *intertidal zone*.
- b. Pada bagian utara kavling pada lintasan 1 (**Gambar 27**) diketahui satuan batupasir – Jaten terendapkan dengan fasies yang mencirikan *intertidal zone*, yaitu :
 - MLWN dengan litologi terdiri dari batupasir dengan struktur *cross bedding* dan batulanau dengan struktur perlapisan bergelombang
 - MHWN dengan litologi terdiri dari batupasir sisipan lanau, batupasir sisipan lignit, serta adanya lanau dan lempung yang berstruktur *lenticular* dan *flasher*.



Gambar 25. Variasi profil silang morfologi dan sedimentologi dari *tidal flat*. (Dalrymple, 2010)



Gambar 26. Penampang Stratigrafi Terukur pada lintasan 2 (timur-barat) daerah penelitian memotong tiga satuan batuan.



PENAMPANG STRATIGRAFI TERUKUR

DAFTAR : DANCAR "SANGGAIK"
 LOKASI : LINGSI
 SKALA : 1 : 25

TANGGAL :
 16 Juni 2021

DIUKUR DAN DIGAMBAR OLEH
 Ekan Mukti Prabowo

DIPERIKSA OLEH

STRUKTUR SEDIMEN :

- : Mosaic
- : Pelatikan sejajar
- : Pelatikan bergetombang
- : Wavy lamination
- : Flaser
- : Lenticular
- : Through cross bedding
- : Graded bedding

SYMBOL LITOLOGI :

- : Batupasir
- : Batulanau
- : Batu lempung
- : Lignit

WARNA LITOLOGE :

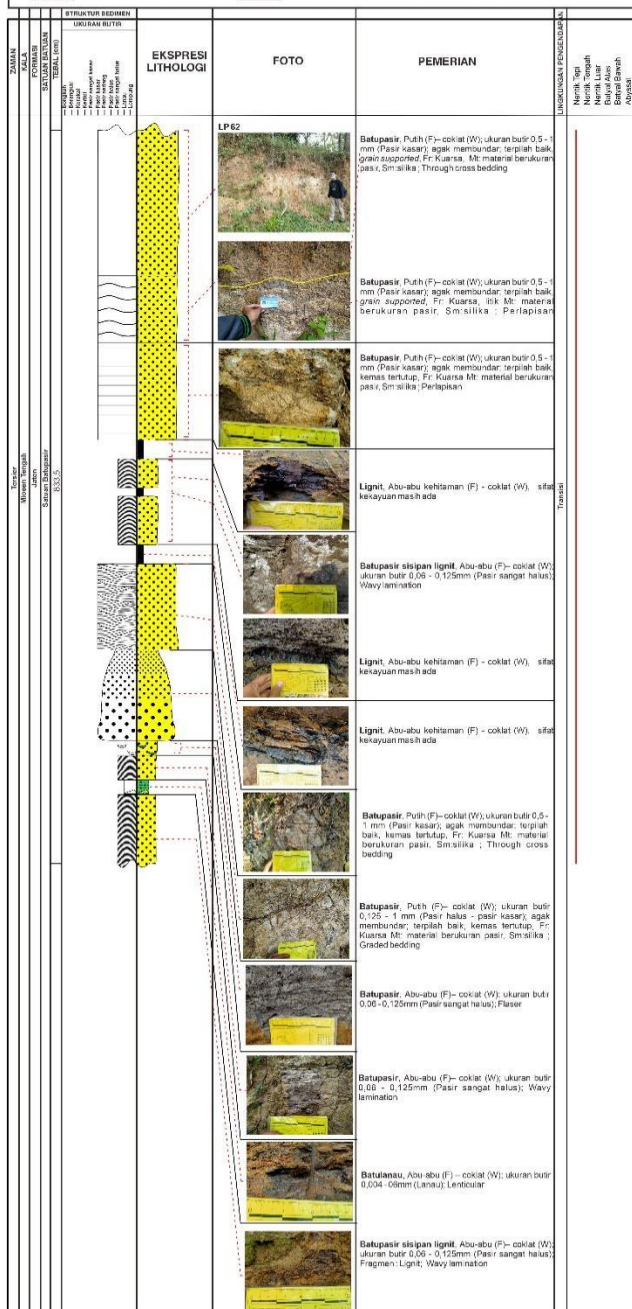
- : Batulempung
- : Batulanau
- : Batu lempung
- : Lignit

SINGKATAN :

- F : Fresh
- W : Weathered
- Fr : Fragment
- Mt : Matrix
- Sm : Silika

JENIS ALAS LAPISAN :

- : Tegap
- : Erosional



Gambar 27. Penampang Stratigrafi Terukur pada lintasan 1 (Utara kavling).

4. Kesimpulan

1. Lokasi penelitian terdiri atas 3 satuan batuan. Satuan breksi-vulkanik – Mandalika, Satuan batugamping – Campurdarat, dan Satuan batupasir – Jaten dilihat dari kesesuaian penciri litologi dengan peta geologi regional.
2. Lingkungan pengendapan Satuan breksi-vulkanik – Mandalika berada di lingkungan pengendapan darat dengan fasies gunung api proksimal.
3. Lingkungan pengendapan Satuan batugamping – Campurdarat berada di lingkungan pengendapan laut dengan dua bagian fasies karbonat yaitu *slope* dan *platform margin reefs* pada zona batimetri neritik tepi – neritik luar.
4. Lingkungan pengendapan Satuan batupasir – Jaten berada di lingkungan pengendapan laut dengan dua bagian fasies karbonat yaitu *supratidal zone*, dan *intertidal zone* pada zona batimetri neritik tepi – neritik luar.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada ITATS selaku penyelenggara acara yang memberikan kesempatan kepada kami. Terima kasih kepada Antasena Research Group yang telah membantu dalam proses pengambilan data penelitian.

Daftar Pustaka

- [1] Van Bemmelen, R. V. 1949. *The Geology of Indonesia*, Vol. 1A. Government Printing Office, The Hague, 732.
- [1] Barker, R. Wright., 1960. *Taxonomic Notes, Society of Economic Paleontologists and Mineralogist*, Tulsa, Oklahoma, U.S.A
- [2] Blow, W. H. (1969). Late Middle Eocene to Recent planktonic foraminiferal biostratigraphy. In *Proceedings of the First International Conference Planktonic Microfossils 1967* (Vol. 1, pp. 199-242). Eij Brill.
- [3] Daidu, F., Yuan, W., & Min, L. (2013). Classifications, sedimentary features and facies associations of tidal flats. *Journal of Palaeogeography*, 2(1), 66-80.
- [4] Dalrymple, R. W., 1992. Tidal depositional systems. In: Walker, R. G., James, N. P., (eds). *Facies Models: Response to Sea Level Change*. Geological Association of Canada, St. John's, 195-218.
- [5] Dalrymple, R. W., 2010. Tidal depositional systems. In: James, N. P., Dalrymple, R. W., (eds). *Facies Models 4*. Geological Association of Canada, St. John's, 201-232.
- [6] 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.
- [7] Groshong Jr, R. H., 2006. *3-D structural geology* (pp. 305-371). Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- [8] Samodra, H., Suharsono, Gafoer, dan T. Suwarti. 1992. *Peta Geologi Lembar Tulungagung*, Jawa Timur
- [9] Samodra, H., Gafoer, S., dan Tjokrosoepoetro, S. 1992. *Tatanan Stratigrafi dan Tektonik Pegunungan Selatan Jawa Timur Antara Pacitan – Ponorogo*, Bidang Pemetaan Geologi Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- [10] 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.
- [11]
- [12] Van Zuidam, R. A. 1983. *Guide to Geomorphologic Aerial Photographic Interpretation and Mapping*. International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation, Enschede.
- [14] Verstappen, Th., 1985. Applied Geomorphological Surveys And Natural Hazard Zoning, International Institute For Aerospace Survey And Earth Sciences (ITC), The Netherland. P.23-27.
- [15] Walker, Roger G., 1979. *Facies Models*, Geological Association of Canada.
- [16] Walker, R.G., 1992, *Facies Model, 2nd edition*, Geological Association of Canada Publishing Business and Economic Services Ltd, Toronto, Ontario, p. 141-245.