



GEOLOGI DI DAERAH BATU CERMIN, SAMARINDA UTARA, KOTA SAMARINDA, KALIMANTAN TIMUR

Dian Mangalik¹

1) Fakultas Teknik/Program Studi Teknik Geologi, Universitas Mulawarman

Corresponding author: E-mail dmangalik20@gmail.com

ABSTRACT

Batu Cermin is located in Kelurahan Sempaja Utara, Samarinda Utara District, Samarinda City, East Kalimantan Province, within the Lower Kutai Basin. This area exhibits a complex stratigraphic and structural geology, featuring outcrops from the Pulau Balang Formation and Bebuluh Formation. Field observations identified lithological similarities between these formations, highlighting the distinctive characteristics of different depositional environments. Geological mapping in Batu Cermin was conducted to obtain detailed data on lithology, morphology, slope gradients, drainage patterns, and structural geology. This process involved a combination of field observations and satellite imagery analysis. The mapping results provide a comprehensive understanding of the dominant lithology, geological history, and the relationships between formations within the study area. A total of 34 observation stations were distributed over a 1 km² area, focusing on lithological, morphological, and structural geological observations. Based on the mapping results, the Batu Cermin area consists of three primary rock units: Batu Cermin Mudstone Unit, Batu Cermin Limestone Unit, and Batu Cermin Sandstone Unit. These three units exhibit a conformable stratigraphic relationship. Geomorphologically, Batu Cermin shows a monocline ridge (S11), forming steep hills with a dendritic drainage pattern, as well as denudational features such as eroded hills (D1) and nearly flat plains (D5) with gentle to moderate slopes. The main geological structure in this area includes shear joints, which formed as a result of dominant stresses oriented in a Southeast-Northwest direction, with additional stress from the Northeast-Southwest, indicating tectonic activity that has influenced the region.

Keywords: Mapping, Geology, Batu Cermin, Samarinda.

ABSTRAK

Batu Cermin terletak di Kelurahan Sempaja Utara, Kecamatan Samarinda Utara, Kota Samarinda, Provinsi Kalimantan Timur, dalam Cekungan Kutai Bawah. Daerah ini memiliki susunan stratigrafi dan struktur geologi yang kompleks, yang mencakup singkapan Formasi Pulau Balang dan Formasi Bebuluh. Pengamatan di lapangan mengidentifikasi kesamaan litologi di antara formasi-formasi ini, memperlihatkan ciri khas dari lingkungan pengendapan yang berbeda. Pemetaan geologi di Batu Cermin dilakukan untuk memperoleh data rinci mengenai litologi, morfologi, kemiringan lereng, pola aliran sungai, dan struktur geologi. Proses ini melibatkan kombinasi observasi lapangan dan analisis citra satelit. Hasil pemetaan ini memberikan gambaran lengkap mengenai litologi dominan, sejarah geologi, serta hubungan antar formasi di wilayah penelitian. Sebanyak 34 stasiun pengamatan tersebar di area seluas 1 km², dengan fokus pada pengamatan litologi, morfologi, dan struktur geologi. Berdasarkan hasil pemetaan, wilayah Batu Cermin terdiri dari tiga satuan batuan utama, yaitu Satuan Batulanau Batu Cermin, Satuan Batugamping Batu Cermin, dan Satuan Batupasir Batu Cermin. Ketiga satuan ini memiliki hubungan stratigrafi yang selaras. Dari segi geomorfologi, wilayah Batu Cermin memperlihatkan punggung monoklin (S11) yang membentuk perbukitan curam dengan pola aliran dendritik, serta bentuk asal denudasional berupa perbukitan terkikis (D1) dan dataran nyaris (D5) yang landai hingga miring. Struktur geologi utama di daerah ini mencakup kekar gerus (*shear joint*), yang terbentuk akibat gaya dominan berorientasi Tenggara-Barat Laut, dengan tambahan gaya dari Timur Laut-Barat Daya, mengindikasikan aktivitas tektonik yang mempengaruhi daerah tersebut.

Kata Kunci: Pemetaan, Geologi, Batu Cermin, Samarinda.

PENDAHULUAN

Daerah Batu Cermin, yang terletak di Kelurahan Sempaja Utara, Kecamatan Samarinda Utara, Kota Samarinda, Provinsi Kalimantan Timur, secara geologi merupakan bagian integral dari Cekungan Kutai, salah satu cekungan sedimen terbesar di Indonesia. Cekungan Kutai secara umum terbagi menjadi dua sub-cekungan utama, yakni Cekungan Kutai Atas dan Cekungan Kutai Bawah, dengan Cekungan Kutai Bawah mencakup wilayah yang lebih rendah, termasuk dataran pesisir hingga kawasan lepas pantai, yang berpusat di sekitar Delta Mahakam. Pembentukan cekungan ini berlangsung pada era Tersier, khususnya sejak Eosen hingga masa kini, sebagai hasil dari proses subsiden tektonik yang intensif, yang menyebabkan akumulasi sedimen dalam jumlah besar di area ini.

Cekungan Kutai mencakup sekitar 165.000 km², dan merupakan salah satu cekungan Tersier terdalam di Indonesia yang diperkirakan mengandung sedimen Tersier hingga 12.000 m. Cekungan ini dibatasi oleh Pegunungan Mangkalihat barat daya sampai timur-tenggara dan Mangkalihat di sebelah utara yang kemudian membatasi Cekungan Kutai dengan Cekungan Tarakan. Adang Flexure berarah Barat Daya membatasi Cekungan Kutai bagian selatan dengan Cekungan Barito. Di sebelah barat dan barat laut, Cekungan Kutai dibatasi oleh Tinggian Kuching dan sebelah timur cekungan meluas ke selat Makassar (Peterson, 1998).

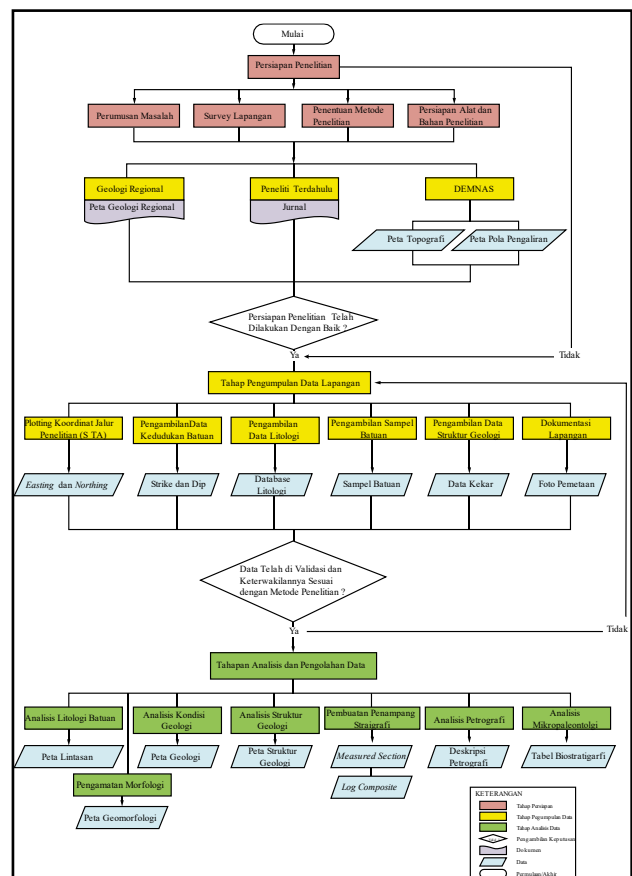
Mengacu pada geologi regional yang dipublikasikan oleh Pusat Penelitian Pengembangan Geologi (PPPGe), daerah Batu Cermin berada pada Lembar Geologi Regional Samarinda (Satyana, 1995). Daerah Batu Cermin secara pelamparan litologi memperlihatkan litologi batugamping sebagai litologi yang dominan yang tersebar dari utara hingga selatan. Batugamping sebagai salah satu sumber penting bahan bangunan di wilayah Samarinda dan sekitarnya, terutama untuk keperluan bahan pondasi bangunan. Singkapan batugamping di daerah ini umumnya berorientasi dari timur laut hingga barat daya, mengikuti pola struktur geologi regional. Namun, tingginya permintaan batugamping untuk keperluan pembangunan telah berdampak signifikan terhadap ketersediaan sumber daya ini, dengan cadangan yang berangsur habis akibat eksploitasi yang intensif.

Hingga saat ini, belum ada penelitian geologi yang secara mendalam menelaah karakteristik dan potensi batugamping di wilayah Batu Cermin, sehingga penelitian komprehensif yang berfokus pada batugamping di daerah ini sangat diperlukan, baik untuk tujuan edukasi maupun untuk upaya konservasi dan pengelolaan sumber daya yang lebih baik. Analisis lebih lanjut mengenai aspek litologi,

morfologi, dan struktur geologi batugamping di Batu Cermin juga penting dalam memahami sejarah pengendapan dan dinamika geologi regionalnya.

METODE

Metode pembuktian atau penalaran analitik yang diterapkan dalam penelitian ini adalah metode deduktif. Proses penalaran ini dimulai dari penetapan satu atau lebih premis yang didasarkan pada prinsip-prinsip ilmiah, hukum geologi, atau referensi geologi yang diakui secara luas, di mana kebenaran dari premis tersebut akan semakin kuat seiring dengan penerapan kriteria yang berlaku secara terstruktur. Dalam konteks pemerolehan data, terdapat beberapa langkah krusial yang harus ditempuh untuk memastikan kualitas dan validitas data yang diperoleh. Metode pemerolehan data dibagi menjadi dua tahapan utama, yakni tahap persiapan dan tahap pengambilan data.



Gambar 1. Diagram Alir Rancangan Penelitian

Pada tahap pengambilan data primer, yang merupakan sumber utama dari informasi geologi, data diakuisisi secara langsung dari objek lapangan yang diamati, seperti *outcrop* (singkapan) melalui metode pemetaan geologi. Proses pengambilan data primer mencakup beberapa langkah sistematis, seperti pemetaan koordinat stasiun pengamatan, pengumpulan data geomorfologi untuk memahami morfologi lahan, pengukuran dan analisis struktur geologi (misalnya kekar, sesar, dan lipatan), serta pendeskripsian

litologi secara rinci. Pengamatan stratigrafi dilakukan untuk memahami hubungan stratigrafi antar lapisan batuan, diikuti oleh pengambilan sampel batuan untuk dianalisis lebih lanjut di laboratorium. Seluruh tahapan ini dilengkapi dengan dokumentasi lapangan yang mencakup pencatatan visual, baik melalui foto maupun sketsa, guna memastikan bahwa seluruh data yang dikumpulkan dapat dipertanggungjawabkan dan memberikan representasi yang akurat terhadap kondisi geologi di lokasi penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemetaan daerah Batu Cermin merupakan suatu kegiatan yang penting dalam memahami karakteristik geologi wilayah tersebut. Kegiatan ini tidak hanya bertujuan untuk mengidentifikasi potensi sumber daya alam, tetapi juga untuk memahami dinamika lingkungan yang ada. Dalam konteks ini, pemetaan dapat dilakukan dengan berbagai metode, termasuk survei lapangan dan penggunaan teknologi pemetaan modern seperti GIS (*Geographic Information System*). Pembahasan Dalam pembahasan mengenai pemetaan daerah Batu Cermin, beberapa aspek yang perlu diperhatikan meliputi jenis peta yang digunakan, teknik pemetaan, dan analisis data yang diperoleh. Peta yang dihasilkan dari pemetaan ini dapat memberikan informasi yang berharga tentang topografi, komposisi batuan, dan keberadaan sumber daya mineral. Selain itu, pemetaan juga membantu dalam perencanaan penggunaan lahan dan mitigasi risiko bencana alam yang mungkin terjadi di daerah tersebut.

Geomorfologi Batu Cermin

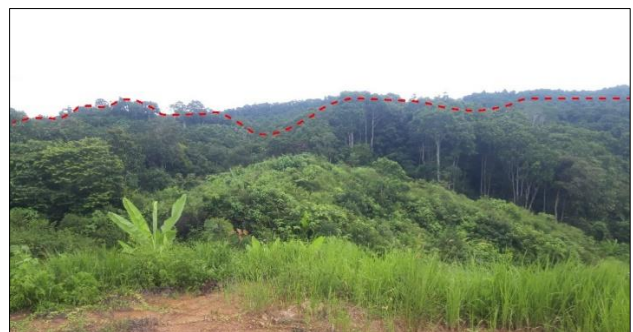
Geomorfologi pada daerah Batu Cermin dianalisis dengan mengkombinasikan berbagai aspek, baik secara kasat mata di lapangan saat pengambilan data maupun melalui pengolahan data-data sekunder yang diolah dan dianalisis dengan memanfaatkan software canggih. Proses ini melibatkan pengamatan langsung terhadap karakteristik fisik wilayah, seperti bentuk permukaan tanah dan pola aliran air, yang memberikan wawasan awal mengenai morfologi daerah tersebut.

Beberapa faktor yang mempengaruhi pembentukan morfologi di daerah penelitian ini sangat beragam. Faktor-faktor tersebut mencakup pengaruh endogen yang berkaitan dengan struktur geologi, yang berarti bahwa aktivitas tektonik di bawah permukaan bumi berperan penting dalam membentuk bentuk-bentuk tanah yang ada. Selain itu, faktor eksogen juga memberikan kontribusi signifikan dalam pembentukan morfologi, di mana iklim dan kondisi cuaca berperan dalam proses erosi dan sedimentasi yang membentuk lanskap. Dari pemahaman mengenai faktor-faktor tersebut, dilakukan pengkajian yang mendalam dengan menggunakan data-data yang

mencakup pola kontur, kemiringan lereng, pengamatan bentang alam, bentuk lembah, serta struktur geologi yang bekerja di daerah tersebut. Selain itu, pola pengaliran air dan tingkat erosi yang terjadi juga dianalisis untuk mendapatkan gambaran yang lebih komprehensif mengenai dinamika geomorfologi di daerah Batu Cermin. Dalam menentukan satuan geomorfologi pada daerah penelitian, pendekatan yang digunakan mengacu pada klasifikasi menurut Verstappen (1983). Klasifikasi ini mempertimbangkan berbagai aspek geomorfologi itu sendiri, termasuk morfologi, morfogenesis, dan morfoasosiasi.

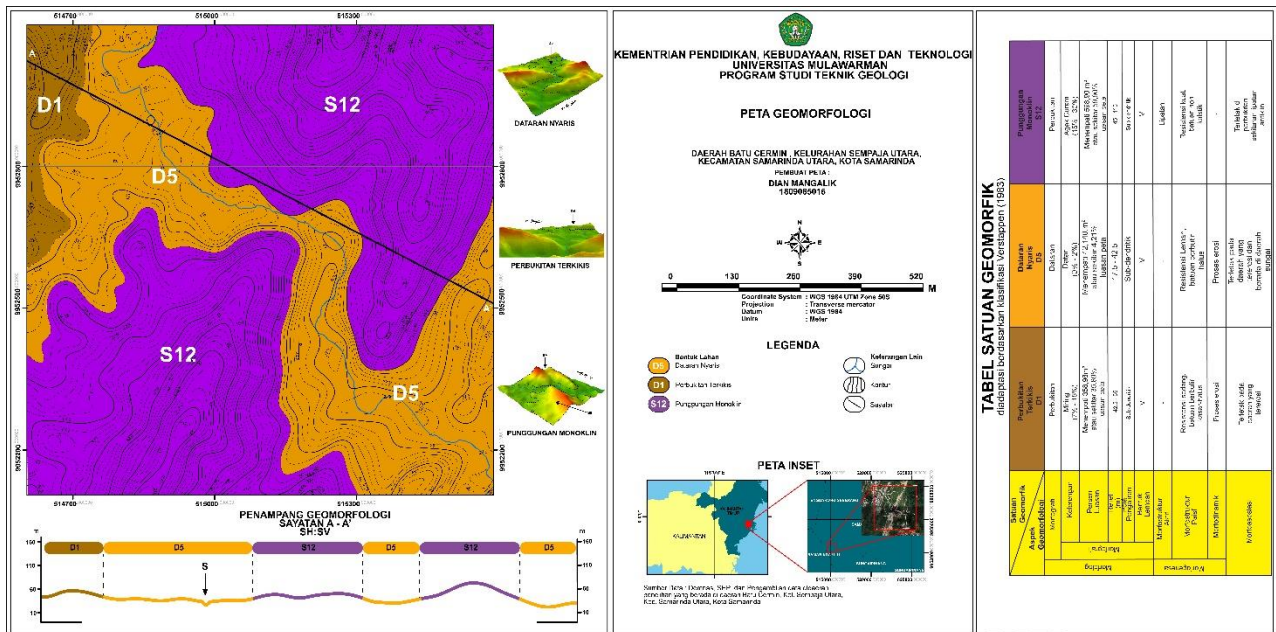
a. Satuan Bentuk Lahan Perbukitan Terkikis

Satuan bentuk lahan perbukitan terkikis ditandai dengan warna coklat tua dan diberi simbol (D1). Bentuk lahan perbukitan terkikis ini menempati area seluas 358,96 m², yang setara dengan sekitar 35,89% dari total luasan daerah penelitian. Lokasi ini terletak di bagian barat, di mana morfologi yang ada berupa bukit-bukit yang memiliki kemiringan curam, berkisar antara 7% hingga 15%. Perbedaan ketinggian di area ini bervariasi antara 42,5 hingga 55 mdpl, yang menunjukkan adanya variasi topografi yang signifikan. Secara morfogenesis, bentuk lahan ini dipengaruhi oleh proses erosi yang berlangsung, yang didukung oleh dominasi batuan dengan tingkat resistensi sedang, yang terdiri dari batupasir halus hingga kasar. Proses erosi ini sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor eksternal, seperti iklim dan vegetasi yang masih sangat lebat di daerah tersebut. Vegetasi yang lebat berperan penting dalam melindungi permukaan tanah, namun seiring waktu, akar-akar tanaman dapat merusak resistensi batuan, sehingga mempercepat proses erosi.



Gambar 2. Bentuk Lahan Perbukitan Terkikis

Dari pengamatan yang dilakukan, tidak ditemukan morfostruktur aktif di area ini, yang dapat disimpulkan bahwa bentuk lahan tersebut lebih banyak dipengaruhi oleh proses eksogen. Hal ini menunjukkan bahwa faktor-faktor luar, seperti cuaca dan aktivitas manusia, memiliki dampak yang signifikan terhadap pembentukan dan perubahan morfologi lahan di daerah penelitian ini.



Gambar 3. Peta Geomorfologi

b. Bentuk lahan dataran nyaris

Bentuk lahan dataran nyaris ini ditandai dengan warna coklat muda yang diberi simbol (D5). Luasan bentuk lahan ini mencakup 358,96 m², yang setara dengan sekitar 35,89% dari total luasan daerah penelitian. Persebaran bentuk lahan dataran ini terletak di pertengahan lokasi penelitian, membentang dari arah barat laut hingga tenggara.



Gambar 4. Bentuk Lahan Perbukitan Terkikis

Dalam hal morfografi, bentuk lahan ini ditandai oleh karakteristik dataran yang memiliki kemiringan yang datar, berkisar antara 0% hingga 2%, serta perbedaan relatif ketinggian yang bervariasi antara 17,5 hingga 42,5 mdpl. Dari perspektif morfogenesis, bentuk lahan dataran nyaris ini tidak dikontrol oleh morfostruktur aktif, melainkan merupakan hasil dari proses erosi yang kuat. Proses ini didukung oleh karakteristik batuan yang memiliki resistensi lemah, dengan dominasi batulanau yang mudah tererosi. Selain itu, campur tangan manusia juga memainkan peran penting dalam pembentukan bentuk lahan ini. Aktivitas manusia, terutama penambangan masif yang dilakukan di daerah tersebut, serta pembangunan

pemukiman, turut berkontribusi terhadap perubahan dan perkembangan morfologi lahan. Dengan adanya interaksi antara proses alami dan kegiatan manusia, bentuk lahan dataran nyaris ini mengalami transformasi yang signifikan. Menggambarkan kondisi fisik dan aspek-aspek lain dari area tersebut. Analisis ini memberikan pemahaman yang lebih mendalam mengenai dinamika geomorfologi dan faktor-faktor yang membentuk lanskap di daerah penelitian.

c. Bentuk Lahan Punggungan Monoklin

Bentuk lahan punggungan monoklin ditandai dengan pemberian warna ungu pada tabel satuan geomorfik, yang diberi simbol (S12). Luasan bentuk lahan ini mencakup 598,90 m², yang setara dengan sekitar 59,90% dari total luasan daerah penelitian. Morfologi bentuk lahan ini cenderung agak curam, dengan kemiringan berkisar antara 15% hingga 30%. Punggungan monoklin ini memperlihatkan bagian bukit yang terbentuk oleh lapisan-lapisan batuan yang memiliki struktur miring searah, menciptakan pola geomorfologi yang khas. Secara keseluruhan, bentuk lahan ini memiliki resistensi batuan yang kuat, karena terdiri dari batuan non-klastik, yaitu batugamping, yang dikenal dengan ketahanan terhadap proses erosi. Perbedaan relatif ketinggian batuan di area ini berkisar antara 45 hingga 115 mdpl, yang terletak di bagian utara hingga selatan peta. Hal ini menunjukkan adanya variasi ketinggian yang signifikan di daerah tersebut, yang berkontribusi pada kompleksitas morfologi.

Bentuk lahan punggungan monoklin ini dikontrol oleh morfostruktur aktif, yang secara garis besar berupa lipatan. Proses geologi yang membentuk lipatan ini menciptakan

deformasi pada lapisan batuan, yang membuatnya terlihat lebih menarik secara visual. Selain itu, terdapatnya kekar juga mendukung kehadiran morfostruktur ini, yang berfungsi sebagai jalur aliran air dan berkontribusi terhadap pembentukan bentang alam di sekitarnya.



Gambar 5. Bentuk lahan punggungan monoklin

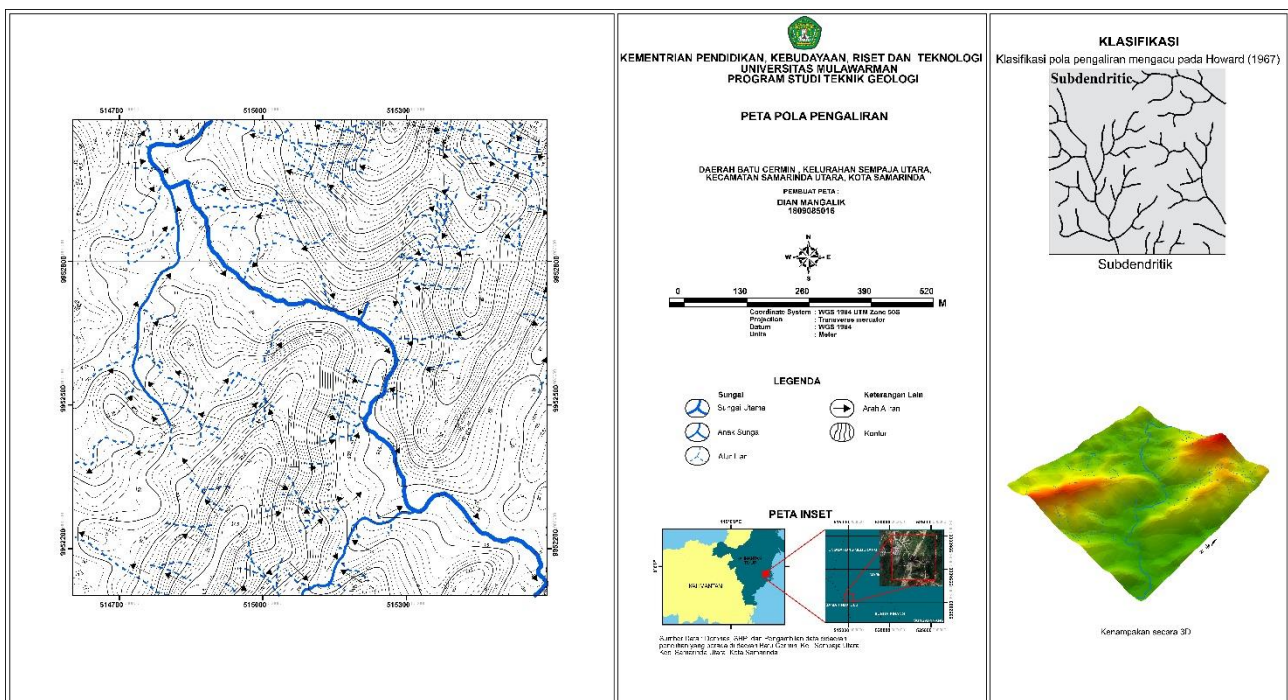
Pola Pengaliran Batu Cermin

Pola pengaliran mengindikasikan suatu informasi penting mengenai kondisi geografi dan geologi di daerah penelitian. Pola dan ciri yang terdapat dalam bentuk polanya memiliki makna yang mendalam, yang dapat memberikan wawasan tentang karakteristik lingkungan. Pola aliran sungai, misalnya, dapat digunakan untuk menginterpretasikan keadaan batuan penyusunnya, termasuk jenis dan komposisi batuan tersebut, serta resistensi batuan penyusun terhadap proses erosi yang terjadi.

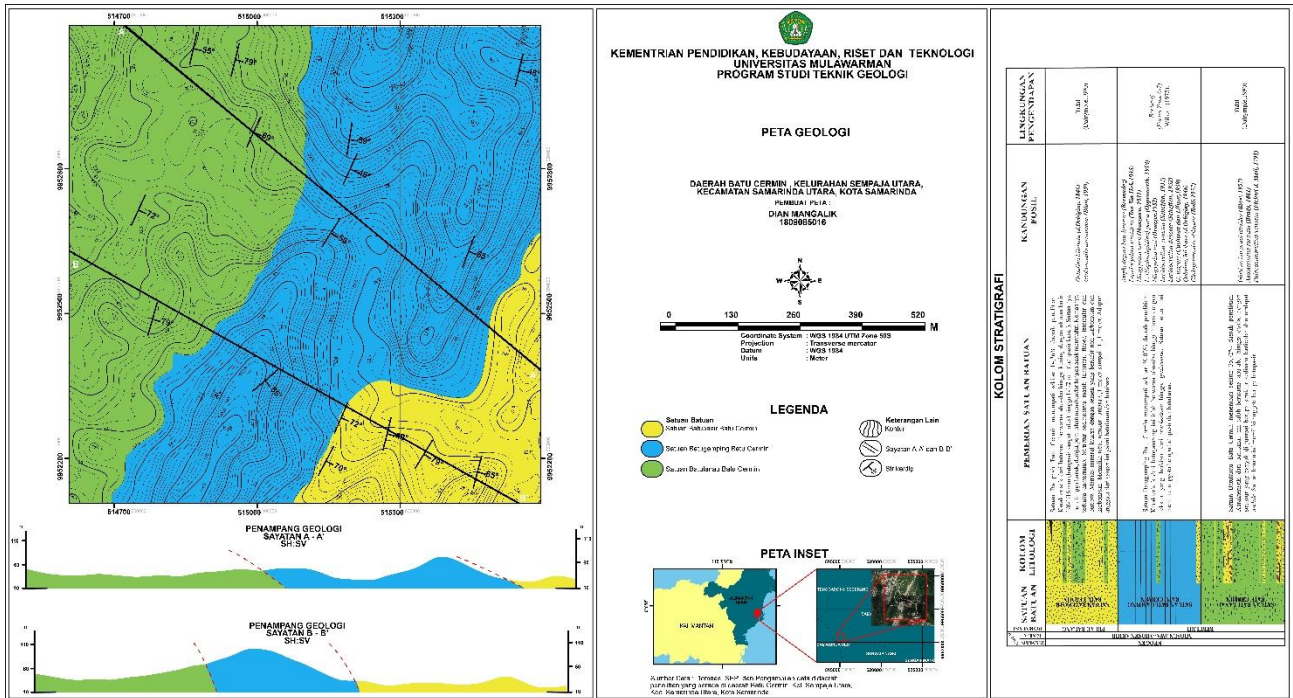
Pola pengaliran juga mencerminkan topografi daerah tersebut, yang mencakup kemiringan lereng, ketinggian, dan bentuk permukaan tanah. Proses atau gaya yang membentuk topografi, seperti aktivitas tektonik atau pengaruh iklim, juga dapat terlihat dari pola aliran sungai. Dengan demikian, analisis pola pengaliran tidak hanya memberikan informasi tentang aliran air, tetapi juga tentang interaksi kompleks antara berbagai faktor geologis dan lingkungan.

Menurut Howard (1967), pola pengaliran dapat didefinisikan sebagai kumpulan jalur-jalur pengaliran yang terbentuk dari aliran air, di mana bagian terkecilnya adalah batuan yang mengalami pelapukan. Hal ini menunjukkan bahwa tidak semua bagian dari batuan tersebut ditempati oleh sungai secara permanen, melainkan ada bagian yang mungkin hanya teraliri air pada saat-saat tertentu, seperti saat hujan atau banjir. Dengan memahami pola pengaliran ini, kita dapat lebih memahami dinamika hidrologi dan geologi di daerah penelitian, serta bagaimana faktor-faktor tersebut saling berinteraksi dalam membentuk lanskap yang ada. Analisis pola pengaliran dilakukan di daerah Batu Cermin dengan menggabungkan analisis dari pengamatan sungai di lapangan dan pengolahan pada software Arcgis.

Klasifikasi pola pengaliran yang digunakan yaitu menurut Howard (1967) dengan analisis yang didapatkan yaitu pola pengaliran subdendritik. Pola pengaliran subdendritik merupakan pola aliran ubahan dari dendritik.



Gambar 6. Pola Pengaliran



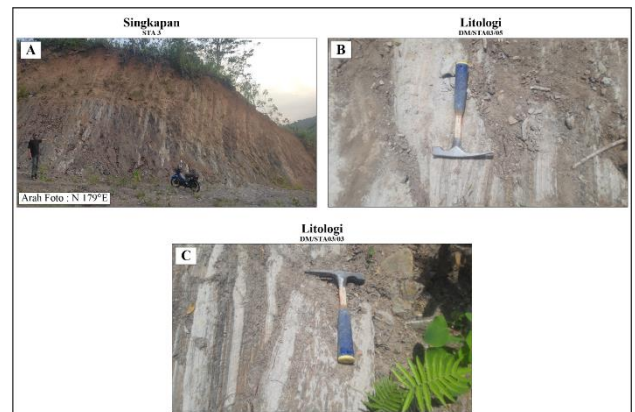
Gambar 8. Peta Geologi

Penggolongan dan pembagian satuan ini didasarkan pada dominasi batuan dan ciri-ciri litologi yang dapat diamati di lapangan. Namun, analisis sayatan tipis (*Thin Section*) tetap dilakukan untuk mendapatkan penamaan batuan secara mikroskopis menggunakan klasifikasi Mount (1985) dan untuk pengamatan petrografi batugamping mengacu pada klasifikasi Dunham (1962) dan Embry & Clovan (1971). Stratigrafi di daerah penelitian dapat dikelompokkan menjadi 3 (tiga) satuan batuan dengan urutan dari tua hingga muda yakni:

a. Satuan Batulanau Batu Cermin,

Satuan Batulanau Batu Cermin menempati sekitar 35,72% dari luas total daerah penelitian. Satuan batulanau ini dapat ditemukan di arah barat dari daerah penelitian, yang ditandai dengan pemberian warna hijau pada peta geologi. Keberadaan satuan ini menunjukkan bahwa karakteristik geologi wilayah tersebut cukup bervariasi. Pola kedudukan satuan batulanau ini relatif berarah Utara-Selatan, dengan besaran kemiringan yang telah diukur berkisar antara 55° hingga 79°. Ini menunjukkan bahwa area tersebut memiliki kemiringan yang cukup curam, yang mungkin mempengaruhi proses erosi dan pengendapan di sekitarnya. Karakteristik dari satuan batuan ini mencakup warna yang didominasi oleh abu-abu hingga coklat, yang memberikan indikasi tentang komposisi mineral dan proses pembentukan batuan tersebut. Selain warna, struktur yang sering dijumpai pada satuan batulanau ini meliputi laminasi, lenticular, serta adanya *nodule*. Adanya struktur-struktur ini menunjukkan bahwa satuan batulanau ini terbentuk melalui proses sedimentasi yang kompleks, yang

dipengaruhi oleh faktor-faktor lingkungan seperti arus air dan aktivitas biologis.

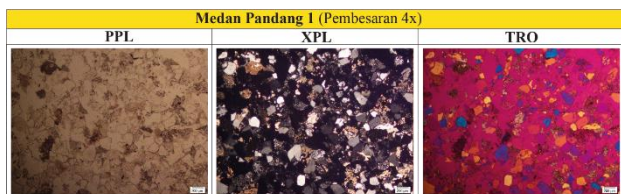


Gambar 9. Kenampakan Singkapan yang Didominasi Batupasir Dalam Satuan Batulanau Batu Cermin, STA 3.

Satuan Batulanau Batu Cermin tersusun dari batulanau dan batupasir dengan warna batulanau berupa abu-abu dan coklat dengan beberapa STA terdapat batulanau yang karbonatan, ukuran butir batulanau yaitu 0,004-0,06 mm dengan struktur sedimen yang sangat berkembang pada batulanau daerah penelitian yaitu lenticular dimana lenticular bedding disusun oleh *ripples* pasir yang terisolasi yang seluruhnya dikelilingi oleh lumpur dan beberapa STA tidak memperlihatkan struktur sedimen (masif). Batulanau merupakan batuan yang dominan pada daerah ini dengan ketebalan keseluruhan pada daerah tersebut dengan batulanau yang memiliki ketebalan yang besar dengan beberapa STA yang tidak memperlihatkan adanya kontak batuan yang kemudian setelah diamati dengan melakukan

pendeskripsian dengan mengacu pada ukuran butirnya diketahui merupakan batulanau.

Mengacu pada sayatan tipis batupasir halus pada STA 3 menurut klasifikasi Mount (1985), diketahui komponen silisiklastiknya lebih besar di bandingkan komponen karbonat, komponen pasirnya lebih besar dari pada komponen lumpur (*mud*) dan komponen *micrite* tidak lebih besar dari allochem maka batuan dengan nomor sampel DM/STA03/01 adalah *Micritic Sandstone*.



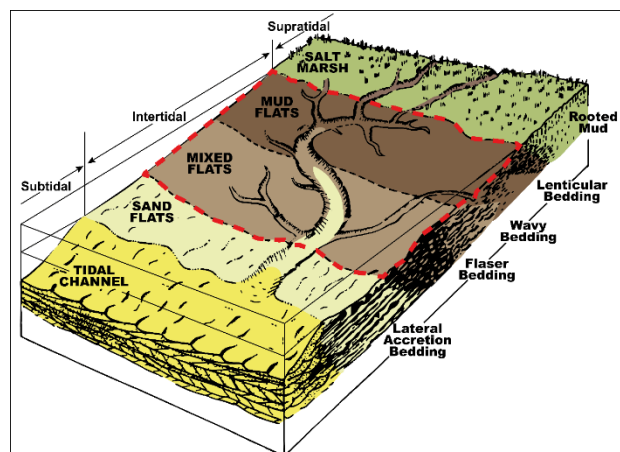
Gambar 10. Kenampakan Batupasir Secara Mikroskopis Sampel DM/STA03/01 Pada STA 3 yang ada pada medan pandang 1.

Batulanau dengan kode sampel DM/STA01/01 di didapatkan beberapa microfossil berupa fosil foraminifera planktonik *Globigerina praebulloides* (Blow, 1957) dan *Globorotalia kugleri* (Bolli, 1957), fosil foraminifera bentonik yaitu *Anomalina rostrata* (Brady, 1881) dan *Palaeonummulites venosus* (Fichtel & Moll, 1798), berdasarkan kedudukan stratigrafinya Satuan Batulanau Batu Cermin merupakan satuan batuan yang lebih tua mengacu pada penentuan umur relatif Satuan Batulanau Batu Cermin mewakili Formasi Bebuluh yaitu Miosen Awal – Miosen Tengah (Te5-Tf2) yang berdasarkan pada Zonasi Blow (1969) berada pada zona (P4-N14), dan menjadi satuan batuan tertua pada daerah penelitian. Informasi lingkungan paleobatimetri dari sampel fosil foraminifera yang telah dideskripsi kemudian dimasukkan ke dalam tabel fossil list agar dapat ditarik lingkungan paleobatimetri relatifnya. Berdasarkan hasil penarikan lingkungan paleobatimetri relatif maka dapat diketahui bahwa lingkungan paleobatimetri Satuan Batulanau Batu Cermin yaitu *Middle Shelf- Outer Shelf*

Penentuan lingkungan pengendapan pada Satuan Batulanau Batu Cermin mengacu pada beberapa hasil pengamatan berupa MS (*Measured Section*) dan analisis jalur *log composite* yang memperlihatkan perubahan karakter fisik, kimia, biologi dan struktur sedimen yang berkembang. *Log composite* A diketahui asosiasi fasies berupa intertidal ditandai dengan struktur sedimen yang sering dijumpai yaitu struktur lentikular yaitu sedimen berbutir halus mendominasi dan pasir dapat muncul sebagai kumpulan bentuk *ripples* yang terisolasi (Collinson, J dkk., 2006). Struktur flaser sering dijumpai

pada batupasir yang merupakan penciri lingkungan pengendapan tidal pada zona intertidal serta didapati konkresi (*Concretions*) atau nodul pada daerah penelitian berupa konkresi siderit ($FeCO_3$) yang melimpah pada batupasir dengan ciri bulat atau lonjong dengan tekstur keras.

Konkresi siderit mengindikasikan bahwa ada pengaruh air laut yang berpengaruh. Konkresi siderit ($FeCO_3$) tersusun atas unsur besi yang berasal dari darat, kemudian terendapkan pada lingkungan yang mendukung aktivitas bikarbonat yaitu lingkungan transisi hingga laut yang selanjutnya terakumulasi. Semakin melimpah konkresi siderit maka lingkungan pengendapannya semakin mendekati laut (Aditama, G dkk., 2018). Hasil pengamatan dari aspek penentuan lingkungan tersebut memiliki kesamaan dengan lingkungan pengendapan Tidal yang dikemukakan Dalrymple, (1990) dalam buku *Facies Models Response to Sea Level Change* oleh Walker and James, (1992) dapat disimpulkan bahwa Satuan Batulanau Batu Cermin terendapkan pada *Tidal* dengan asosiasi pengendapan pada Zona Intertidal (*Mud Flats-Mixed Flats*).

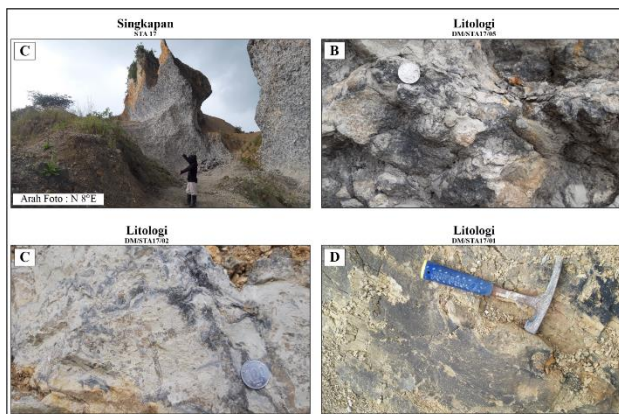


Gambar 11. Lingkungan Pengendapan Satuan Batulanau Batu Cermin Terendapkan Pada *Tidal* Dengan Asosiasi Pengendapan Pada Zona Intertidal (*Mud Flats-Mixed Flats*) (Garis Putus-Putus Merah), Dalrymple, (1990).

Pada pengamatan data di lapangan pada Satuan Batulanau Batu Cermin yang masuk dalam Formasi Bebuluh yang mengacu pada pengamatan umur microfossil yaitu Miosen Awal – Miosen Tengah (Te5-Tf2). Hubungan stratigrafi Satuan Batulanau Batu Cermin berdasarkan arah jurus dan kemiringan batuan menunjukkan penyebaran litologi satuan ini yaitu menerus sesuai arah jurus dan kemiringan batuan (*strike/dip*) yang terukur di lapangan dan secara suksesi vertikal tidak memperlihatkan adanya ketidakselarasan, sehingga dapat disimpulkan bahwa hubungan stratigrafi adalah selaras.

b. Satuan Batugamping Batu Cermin

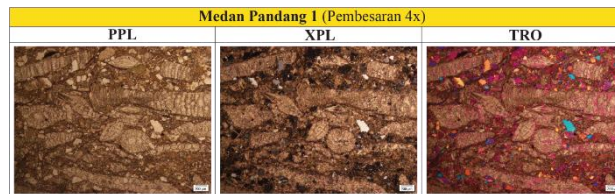
Satuan Batugamping Batu Cermin menempati sekitar 50,26% dari luas total daerah penelitian, menunjukkan keberadaan yang signifikan dalam konteks geologi wilayah ini. Satuan batugamping ini tersebar dari arah utara hingga selatan pada peta dan terletak di bagian tengah daerah penelitian yang ditandai dengan pemberian warna biru pada peta geologi. Penempatan satuan ini di tengah area penelitian menunjukkan peran pentingnya dalam membentuk karakteristik geologi umum wilayah tersebut. Pola kedudukan satuan batuan Batugamping Batu Cermin relatif berarah Utara-Selatan, yang memberikan indikasi tentang proses geologis yang mungkin telah mempengaruhi pembentukannya. Dengan kemiringan yang telah diukur berkisar antara 59° hingga 85°, dapat disimpulkan bahwa batuan ini berada dalam posisi yang relatif tegak. Kondisi ini menunjukkan bahwa satuan batugamping ini telah mengalami sedikit deformasi atau perubahan yang signifikan, yang sering kali berkaitan dengan aktivitas tektonik di daerah tersebut. Satuan Batugamping Batu Cermin tersusun dari batugamping, batupasir dan batulanau. Pada satuan batugamping ini ditemukan banyak fosil baik itu makro maupun mikro dengan bentuk dan ukuran serta jenis yang beragam. Batugamping merupakan litologi dominan pada satuan ini, dengan warna lapuk abu-abu kehitaman dan warna segar abu-abu dengan struktur pejal. Jenis fosil yang sering ditemukan berupa fosil makro seperti coral yang dalam bentuk pecahan-pecahan dengan bentuk bercabang dan tegak (*branching*).



Gambar 12. Kenampakan Singkapan Batugamping pada Satuan Batugamping Batu Cermin, STA 17.

Pengamatan petrografi menunjukkan kandungan bioklas sangat melimpah pada sayatan dengan penyusun utamanya adalah foraminifera bentonik yang memiliki ukuran rata-rata >2 mm yang menandakan sayatan memiliki tekstur bioklastika fragmental, memiliki bentuk butir meruncing dengan pemilahan buruk dan hubungan antar butir mengambang serta bergerigi. Mengacu pada klasifikasi Dunham (1962) yang disempurnakan oleh Embry & Clovan (1971) diketahui batuan masuk sebagai *wackestone* dengan beberapa butir memiliki ukuran yang

>2mm dapat dideskripsi sebagai *floatstone* menurut klasifikasi Embry & Clovan (1971).



Gambar 13. Kenampakan Batugamping *Floatstone* Secara Mikroskopis Sampel DM/STA17/02 pada medan pandang 1 pada STA 17.

Mengacu pada analisis paleontologi yang dilakukan pada pengamatan petrografi menganalisis sayatan pada sampel batuan dari Satuan Batugamping Batu Cermin, yang di amati dari sampel dengan kode DM/STA12/04, DM/STA15/01, DM/STA15/03, DM/STA17/02, DM/STA17/04, DM/STA18/02 dan DM/STA34/03. Diketahui pada pengamatan didapatkan foraminifera planktonik berupa, *Globorotalia mayeri* (Cushman dan Ellisor, 1939), *Orbulina bilobata* (d.Orbiginy, 1846), *Globigerinoides obliquus* (Bolli,1957) dan *Praeorbulina transitoria* (Blow,1959). Pada satuan Batugamping Batu Cermin ditemukan adanya keterdapatan foraminifera bentonik yaitu *Amphistegina bowdenensis* (Bermudez), *Lepidocyclina stratifera* (Tan Sin Hok,1935), *Miogypsina kotoi* (Hanzawa, 1931), *Lepidocyclina (Nephrolepidina) parva* (Oppenoorth, 1918), *Miogypsina tani* (Drooger,1952), *Lepidocyclina robusta* (Scheffen, 1932), *Miogypsina sp.*, *Lepidocyclina sp.*, *Amphistegina sp.* dan *Lepidocyclina delicata* (Scheffen, 1932). Berdasarkan hasil penarikan umur relatifnya maka dapat diketahui bahwa umur relatif dari Satuan Batugamping Batu Cermin berada pada umur Miosen Awal hingga Miosen Akhir (Tf1 – Tf2) yang berdasarkan pada zonasi Blow (1969) berada pada zona (N7 – N16).

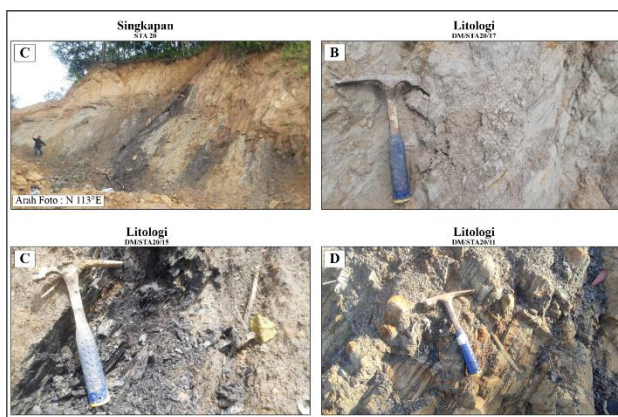
Diamati dari kelimpahan organisme euphotic sebagai butir utama penyusun batuan, seperti kerangka coral yang *branching* dan yang pada umumnya masih utuh atau sebagian kecil terpecah yang menjadi penciri daerah *back reef* penciri yaitu organisme *euphotic* yaitu hadirnya foraminifera seperti *Lepidocyclina sp.*, *Amphistegina sp.*, dan *Miogypsina sp.*, serta hadir pula moluska.

Pada pengamatan data di lapangan, Satuan Batugamping Batu Cermin yang mewakili Formasi Bebuluh menunjukkan indikasi umur fosil yang berkisar antara Miosen Tengah hingga Miosen Akhir. Hasil pengamatan fosil yang ditemukan memiliki kemiripan dengan fosil yang terdapat pada Formasi Bebuluh, yang memberikan petunjuk penting mengenai periode geologi di mana batuan ini terbentuk. Penentuan umur ini sangat

krusial dalam memahami sejarah geologi daerah tersebut dan bagaimana perubahan lingkungan telah mempengaruhi pembentukan batuan. Hubungan stratigrafi antara Satuan Batugamping Batu Cermin dan Satuan Batulanau Batu Cermin berdasarkan pengamatan di lapangan menunjukkan adanya kontak tegas dengan litologi batupasir, yang merupakan anggota dari Satuan Batulanau Batu Cermin. Temuan ini mengindikasikan bahwa kedua satuan batuan tersebut memiliki hubungan yang sama dan dapat disimpulkan bahwa hubungan stratigrafi antara Satuan Batugamping Batu Cermin dan Satuan Batulanau Batu Cermin adalah selaras.

c. Satuan Batupasir Batu Cermin

Satuan Batupasir Batu Cermin menempati sekitar 14,26% dari keseluruhan satuan batuan yang terdapat di peta geologi daerah penelitian. Satuan batupasir ini tersebar di bagian tenggara pada peta geologi, yang ditandai dengan penggunaan warna kuning sebagai simbol untuk satuan ini. Penempatan warna kuning ini tidak hanya berfungsi sebagai identifikasi visual, tetapi juga memberikan informasi penting mengenai distribusi geologi di wilayah tersebut. Pola kedudukan Satuan Batupasir Batu Cermin relatif berarah Utara-Selatan, yang menunjukkan orientasi geologis yang konsisten di area ini. Kemiringan yang telah diukur berkisar antara 62° hingga 72°, yang berarti bahwa batuan ini berada dalam posisi yang relatif tegak. Kondisi ini menunjukkan bahwa satuan batupasir ini mungkin telah mengalami sedikit deformasi atau pengaruh dari proses geologi yang lebih besar.



Gambar 14. Kenampakan Singkapan Pada Satuan Batupasir Batu Cermin STA 20.

Litologi batupasir pada Satuan Batupasir Batu Cermin memiliki warna lapuk dan segar yang bervariasi, warna lapuk yang sering dijumpai pada litologi batupasir yaitu coklat gelap dan abu-abu tua, warna segarnya yaitu coklat dan abu-abu. Ukuran butirnya bervariasi dari batupasir sangat halus (0,125 – 0,25 mm) hingga batupasir sedang (0,25 – 0,5 mm). Pada beberapa STA setelah dilakukan pengamatan dengan meneteskan HCL 0,1 M

memperlihatkan reaksi dengan busa yang menandakan material penyusunnya terdiri dari sedimen karbonat (CaCO₃) contoh pada STA 20 yang didominasi batupasir karbonatan. Pada STA 20 terdapat sisipan tipis batubara dengan tebal terukur 0,2 m dengan karakteristik karakteristik dari batubara berwarna hitam dengan kilap kusam, cerat coklat, pecahan *sheet*, belahan sempurna. Ditemukan juga jejak fosil berupa *burrows* dengan panjang 7 cm. Struktur sedimen yang berkembang pada litologi batupasir yaitu struktur flaser.

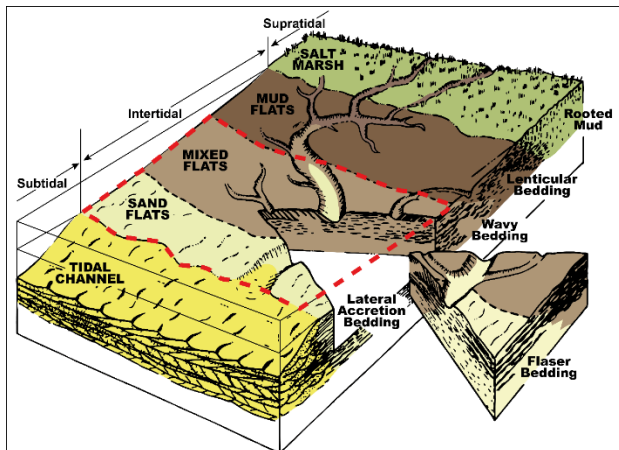
Mengacu pada klasifikasi yang dikemukakan oleh Mount (1985), analisis menunjukkan bahwa komponen silisiklastik dalam sampel batuan lebih dominan dibandingkan dengan komponen karbonat. Selain itu, proporsi komponen pasir juga lebih besar dibandingkan dengan komponen lumpur (*mud*), sementara komponen micrite tidak melebihi ukuran dari *allochem*. Berdasarkan karakteristik tersebut, batuan dengan nomor sampel DM/STA20/18 dapat dikategorikan sebagai *Micritic Sandstone*, yang ditampilkan pada. Dominasi komponen silisiklastik menunjukkan bahwa lingkungan pengendapan batuan ini mungkin dipengaruhi oleh proses erosi yang kuat, di mana material dari daratan terbawa ke dalam sistem sedimen. Hal ini juga dapat mengindikasikan adanya fluktuasi dalam kondisi lingkungan, seperti perubahan iklim atau aktivitas geologi yang mempengaruhi pola sedimentasi.



Gambar 15. Kenampakan Batupasir Secara Mikroskopis Sampel DM/STA20/18 Pada STA 20.

Berdasarkan analisis paleontologi yang dilakukan pada Satuan Batupasir Batu Cermin, umur relatif dari satuan ini dapat ditentukan melalui studi terhadap foraminifera planktonik yang telah dipreparasi. Penelitian ini mengidentifikasi keterdapatannya mikrofosil pada sampel dengan kode DM/STA/23/01, yang merupakan bagian dari litologi batupasir. Proses preparasi dan pengamatan petrografi yang teliti menghasilkan dua fosil mikrofosil planktonik yang utuh, yaitu *Orbulina bilobata* (D'Orbigny, 1846) dan *Globorotalia acostaensis* (Blow, 1959). Deskripsi mikrofosil yang ditemukan dapat menginformasikan mengenai umur fosil tersebut kemudian dimasukkan ke dalam tabel *Sample Preparation Procedure*. Dari analisis tersebut, dapat ditarik kesimpulan bahwa umur relatif dari Satuan Batupasir Batu Cermin

terendapkan pada umur Miosen Akhir hingga Pliosen Akhir. Berdasarkan zonasi yang dikemukakan oleh Blow pada tahun 1969, satuan ini berada pada zona N16 – N22, yang menunjukkan bahwa lingkungan pengendapan berlangsung dalam kondisi yang mendukung keberadaan foraminifera planktonik tersebut.



Gambar 16. Lingkungan Pengendapan Satuan Batupasir Batu Cermin Terendapkan Pada Tidal Dengan Asosiasi Pengendapan Pada Zona Intertidal (Mixed Flats-Sands Flats) (Garis Putus-Putus Merah), Dalrymple, (1990).

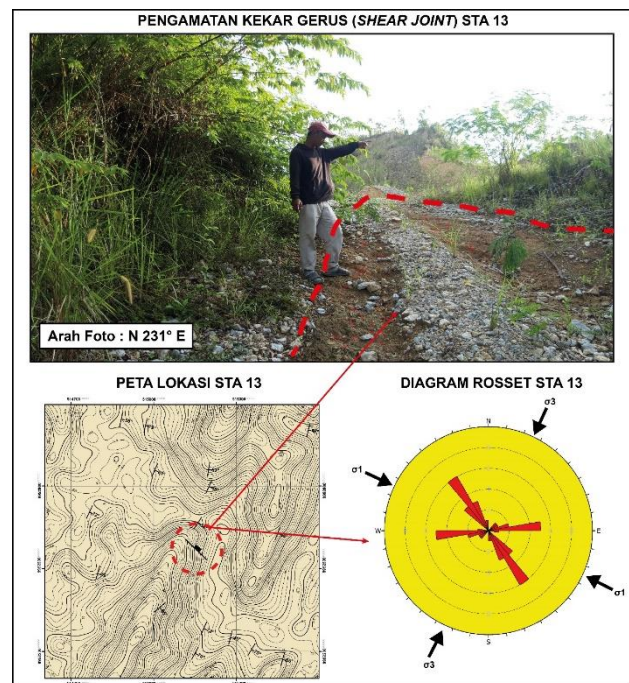
Pada STA 20 ditemukan aktivitas fosil berupa fosil jejak (*ichnofossil*) yang ditemukan berada pada litologi batupasir yang memiliki struktur flaser, ciri utama dari ichnofossil yaitu vertical *burrowing* dengan ciri utama tersebut dapat diketahui jenisnya yaitu ichnofossil ophiomorpha. Hasil pengamatan dari aspek penentuan lingkungan tersebut memiliki kesamaan dengan lingkungan pengendapan Tidal yang dikemukakan Dalrymple, (1990) dalam buku *Facies Models Response to Sea Level Change* oleh Walker and James, (1992) dapat disimpulkan bahwa Satuan Batupasir Batu Cermin terendapkan pada dengan asosiasi lingkungannya berada di Zona Intertidal (Mixed Flats-Sands Flats).

Pada pengamatan data di lapangan, Satuan Batupasir Batu Cermin yang termasuk dalam Formasi Pulau Balang menunjukkan indikasi umur mikrofosil yang berkisar pada Miosen Akhir. Karakteristik batuan yang ditemukan pada satuan ini memiliki kesamaan yang signifikan dengan batuan yang terdapat dalam Formasi Pulau Balang, yang mencerminkan proses sedimentasi yang serupa dan kondisi lingkungan yang mungkin telah mempengaruhi pembentukan batuan tersebut. Hubungan stratigrafi antara Satuan Batupasir Batu Cermin dan Satuan Batugamping Batu Cermin berdasarkan pengamatan di lapangan menunjukkan adanya kontak tegas dengan litologi Batugamping. Kontak ini mengindikasikan bahwa terdapat interaksi yang jelas antara kedua satuan batuan, di mana Satuan Batupasir Batu Cermin berada dalam posisi yang

tertindih secara selaras dengan Satuan Batugamping Batu Cermin.

Struktur Geologi Batu Cermin

Struktur geologi daerah penelitian secara garis besar struktur geologi yang berkembang yaitu antiklin diketahui dengan bagian terusan bagian barat daerah penelitian terdapat kemenerusan atau pelamparan litologi yang sama. Pada daerah penelitian hanya ditemukan sayap antiklin diperkuat dengan strike dan dip yang didominasi ke satu arah yaitu ke arah timur dengan dip yang hampir tegak dengan kisaran dip $40^{\circ} - 85^{\circ}$. Struktur geologi yang dijumpai di daerah penelitian berupa struktur kekar yang terdapat pada STA 13, diidentifikasi berupa kekar gerus (*shear joint*) ditandai dengan ciri-ciri pengamatan di lapangan yaitu membentuk pola saling berpotongan dan membentuk sudut lancip.



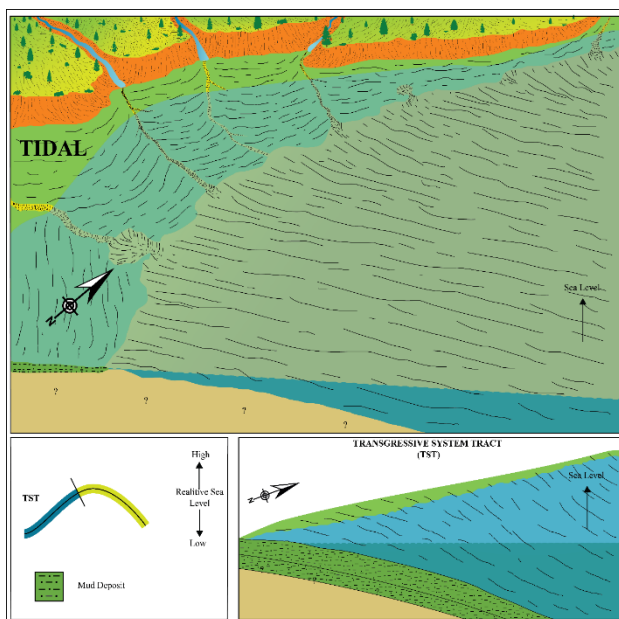
Gambar 17. Pengamatan Kekar Pada STA 13

Pada STA 13 ditemukan 15 pasang kekar gerus yang kemudian diolah dan dianalisis dengan software geologi struktur yaitu Dips dalam bentuk diagram Rosset yang kemudian didapatkan arah tegangan utama (σ_1) $N112^{\circ}E/83^{\circ}$ atau $N292^{\circ}E/83^{\circ}$ dengan arah relatif barat laut – tenggara dan arah tegangan minimum (σ_3) $N30^{\circ}E/51^{\circ}$ atau $N210^{\circ}E/51^{\circ}$ dengan arah relatif barat daya – timur laut.

Sejarah Geologi Batu Cermin

Sejarah geologi daerah Batu Cermin, yang terletak di Kecamatan Samarinda Utara, Kota Samarinda, Provinsi Kalimantan Timur, dimulai dengan diendapkannya Satuan

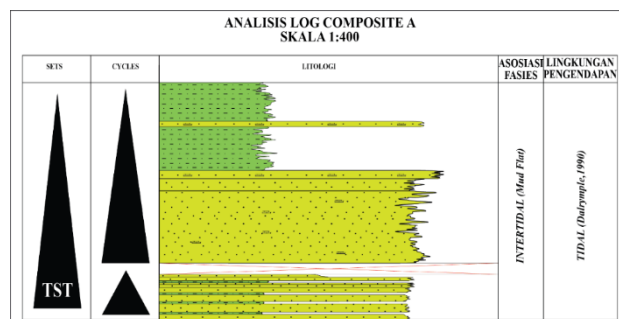
Batulanau Batu Cermin. Satuan batuan ini merupakan satuan tertua yang teridentifikasi dalam daerah penelitian dan terdiri dari dua litologi utama, yaitu batulanau dan batupasir. Material penyusun dari Satuan Batulanau Batu Cermin mencakup batulanau non-karbonatan serta batupasir karbonatan. Dalam komposisi geologis ini, teridentifikasi adanya nodul yang berupa kongresi siderit ($FeCO_3$), yang menandakan proses diagenesis yang telah terjadi. Struktur sedimen yang terbentuk menunjukkan pola lenticular dan flaser, yang mencerminkan kondisi sedimentasi yang dinamis dan variabel. Melalui pengamatan petrografis terhadap satuan batulanau Batu Cermin, ditemukan *Micritic Sandstone* pada sampel DM/STA03/01. Dari analisis paleontologi, dapat disimpulkan bahwa Satuan Batulanau Batu Cermin terendapkan pada umur Miosen Awal. Proses pengendapan ini terjadi dalam lingkungan *Tidal*, lebih spesifiknya pada *Intertidal Mud Flat*, yang sangat dipengaruhi oleh fluktuasi pasang surut air laut.



Gambar 18. Fase Pengendapan Awal Pembentukan Satuan Batulanau Batu Cermin Selama Fase *Transgressive System Tract* (TST).

Proses pengendapan Satuan Batulanau Batu Cermin awalnya terbentuk dalam kondisi transgresi, yaitu ketika air laut mengalami kenaikan. Pada fase ini, pengaruh pasang surut air laut sangat signifikan, yang menyebabkan fluktuasi muka air laut yang berulang. Dalam konteks ini, sistem sedimentasi yang berlangsung adalah *Transgressive System Tract* (TST), di mana periode kenaikan muka air laut relatif lebih cepat dibandingkan dengan laju suplai sedimen. Selama fase transgresi ini, volume akomodasi meningkat, yang memungkinkan pengendapan material sedimen di daerah yang lebih tinggi. Ciri khas dari proses ini adalah pengendapan yang bergerak menuju daratan, di

mana sedimen yang terendapkan terdiri dari batulanau dan batupasir. Proses ini menciptakan lingkungan sedimentasi yang dinamis, di mana kondisi fisik dan kimia air laut berperan penting dalam menentukan karakteristik sedimen yang terendapkan. Pengendapan Satuan Batulanau Batu Cermin tidak hanya mencerminkan interaksi antara air laut dan daratan, tetapi juga menunjukkan bagaimana perubahan lingkungan dapat mempengaruhi proses sedimentasi dan akumulasi material.

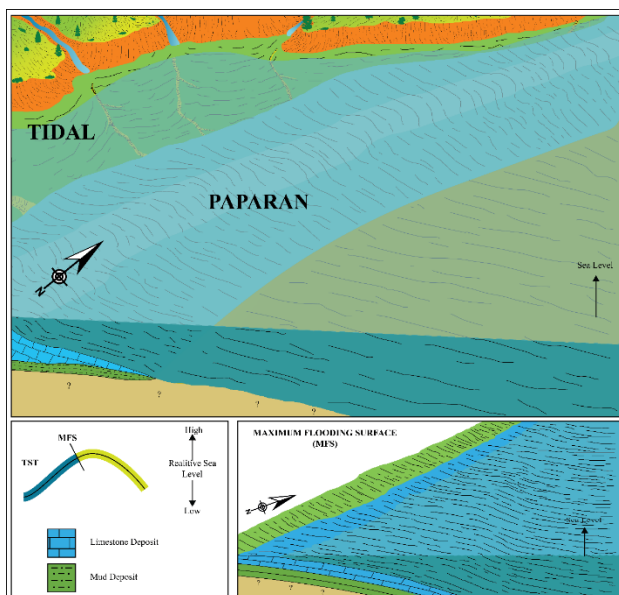


Gambar 19. Analisis Log Composite A

Pola pengendapan yang terbentuk selama fase ini cenderung menunjukkan karakteristik menghalus ke atas atau retrogradasi, di mana laju sedimentasi lebih lambat dibandingkan dengan laju pembentukan ruang akomodasi. Data dari *log composite A* memberikan informasi penting bahwa pada pengukuran di STA 2 dan STA 3, yang keduanya memiliki umur sedimentasi yang sama dan tidak terpengaruh oleh struktur geologi yang lebih besar, menunjukkan pola *fining upward* atau penghalusan ke atas. Hal ini menunjukkan transisi ukuran butir sedimen yang semakin kecil seiring dengan perubahan kondisi lingkungan. Hasil pengamatan dari *log composite A* memperlihatkan bahwa batuan yang terendapkan memiliki rentang umur yang beragam, mulai dari yang lebih tua hingga yang lebih muda, yang terdiri dari batupasir hingga batulanau. Proses ini mencerminkan dinamika lingkungan sedimentasi yang kompleks, di mana pengendapan batupasir yang lebih kasar terjadi pada fase awal, diikuti dengan pengendapan batulanau yang lebih halus, mengindikasikan adanya perubahan dalam energi dan kondisi deposisional. Peningkatan air laut terus berlangsung, yang pada akhirnya mengakibatkan laju pengendapan sedimen semakin berkurang dan menghasilkan sedimen berukuran halus. Fase *Transgressive System Tract* (TST) ini berkontribusi pada pembentukan paparan karbonat terbatas yang dikenal sebagai *Platform Rimmed Shelf*. Pada masa ini, kondisi lingkungan sangat mendukung pertumbuhan berbagai organisme, yang ditandai dengan peningkatan muka air laut. Lingkungan yang mendukung tersebut terutama terletak di daerah laut dangkal (*Shallow Marine*), di mana ketersediaan sinar matahari sangat mencukupi. Hal ini

menciptakan kondisi yang optimal untuk fotosintesis, yang pada gilirannya mendukung pertumbuhan organisme laut. Sanitasi yang baik dan suhu yang relatif stabil juga berperan penting dalam menciptakan habitat yang kondusif bagi kehidupan.

Keberadaan organisme euphotic, seperti koral dan bryozoa, sangat melimpah pada periode ini. Bukti dari aktivitas biologis ini dapat ditemukan dalam bentuk fosil yang terawetkan dengan baik di singkapan batugamping di daerah penelitian. Fosil-fosil tersebut memberikan wawasan penting mengenai ekosistem yang ada pada masa lalu dan menunjukkan interaksi antara organisme dengan lingkungan fisik mereka.

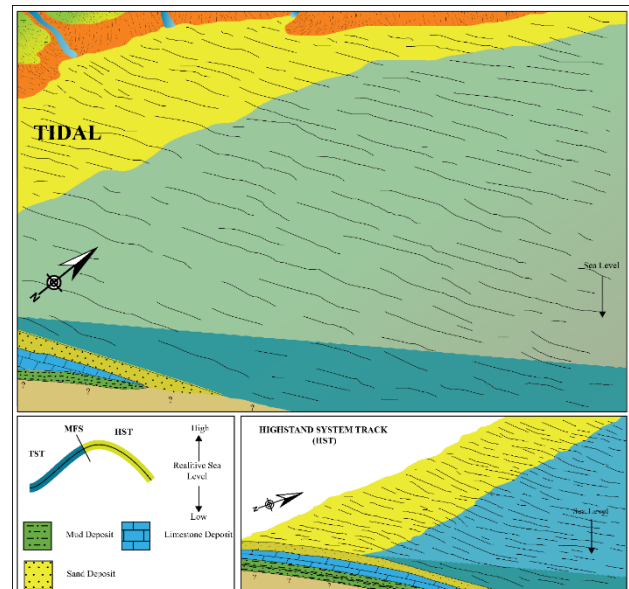


Gambar 20. Fase Pengendapan Kedua Pembentukan Satuan Batugamping Batu Cermin Selama Fase *Maximum Flooding Surface* (MFS).

Permukaan air laut yang terus mengalami peningkatan menghasilkan terbentuknya paparan karbonat, yang pada akhirnya mengarah pada fase yang mencapai puncaknya, di mana air laut perlahan mengalami fase penurunan atau regresi. Proses ini menandai berakhirnya fase pengendapan *Transgressive System Tract* (TST), yang terletak pada fase *Maximum Flooding Surface* (MFS). MFS merupakan titik maksimum pembanjiran yang terjadi selama periode transgresi, di mana lingkungan laut mencapai kedalaman yang optimal untuk akumulasi sedimen karbonat. Ketika penurunan muka air laut terjadi, banyak organisme yang tidak dapat bertahan hidup, sehingga mengakibatkan kematian atau pengendapan sisa-sisa organisme yang mati. Proses ini berkontribusi pada pembentukan batugamping (*Limestone Deposit*), di mana material organik yang terakumulasi mengalami diagenesis dan litifikasi. Selama fase regresi ini, kondisi lingkungan berubah, yang

mengakibatkan penurunan laju sedimentasi dan perubahan dalam komposisi sedimen yang terendapkan.

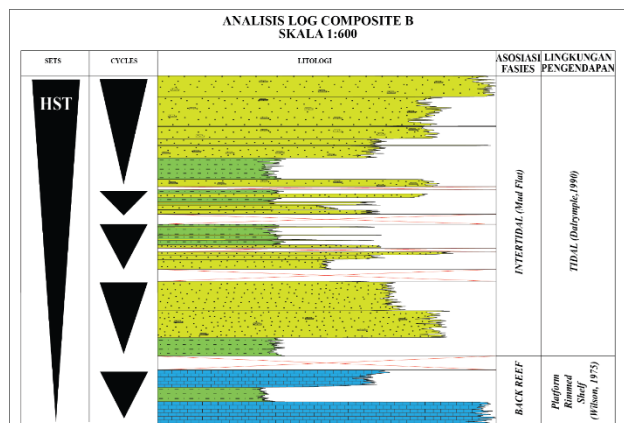
Penurunan muka air laut atau regresi ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Satyana dkk. (1999), yang mengacu pada kolom stratigrafi awal regresi yang dimulai dari Miosen Tengah. Penelitian ini memberikan wawasan penting mengenai dinamika lingkungan dan proses geologis yang terjadi di daerah tersebut, serta dampaknya terhadap ekosistem laut yang ada pada masa itu.



Gambar 21. Fase Pengendapan Ketiga Pembentukan Satuan Batupasir Batu Cermin Selama Fase *Highstand System Track* (HST).

Peningkatan air laut yang telah mencapai titik maksimum ditandai dengan adanya fase *Maximum Flooding Surface* (MFS). Pada tahap ini, perlahan-lahan muka air laut mulai mengalami penurunan, yang mengakibatkan pengendapan batugamping mulai terbentuk. Proses ini berasal dari akumulasi sisa-sisa organisme yang mati, yang kemudian membentuk suatu paparan karbonat terbatas (*Platform Rimmed Shelf*). Seiring dengan penurunan muka air laut yang berlangsung secara bertahap, suplai sedimen dari daratan membawa sedimen berukuran halus hingga sedang. Hal ini kemudian berkontribusi pada pengendapan Satuan Batupasir Batu Cermin, yang menandakan transisi ke fase *Highstand System Track* (HST). Pada fase ini, pola pengendapan yang terbentuk bersifat progradasional, yang berarti bahwa kecepatan pengendapan lebih besar dibandingkan dengan kecepatan pembentukan ruang akomodasi. Pola *coarsening upward* juga terlihat pada pengendapan ini, di mana ukuran butir sedimen semakin kasar ke arah batuan yang lebih muda. Pola ini menunjukkan dinamika lingkungan sedimentasi yang berlangsung, di mana perubahan energi

lingkungan dapat memengaruhi ukuran dan komposisi sedimen yang terendapkan. Analisis lebih lanjut menunjukkan kesesuaian antara pola pengendapan ini dengan hasil pengukuran log composite dari berbagai titik, seperti STA 15, STA 27, STA 23, STA 22, dan STA 20.

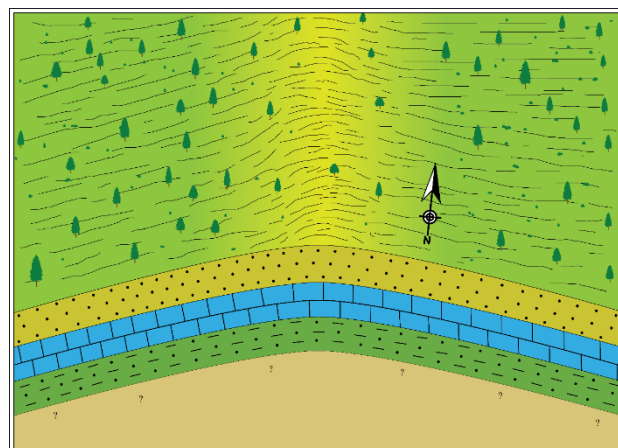


Gambar 22. Analisis Log Composite B

Fase *Highstand System Track* (HST) terbentuk ketika muka air laut mengalami penurunan relatif, di mana laju pembentukan ruang akomodasi menjadi lebih kecil dibandingkan dengan laju suplai sedimen yang terus berlangsung. Dalam kondisi ini, proses sedimentasi menjadi lebih dominan, sehingga menghasilkan pengendapan batupasir yang menjadi satuan batu muda di daerah penelitian. Pengendapan batupasir ini memiliki karakteristik tertentu, di mana struktur sedimen yang terbentuk menunjukkan pola flaser dan lenticular. Kedua pola ini mencerminkan kondisi sedimentasi yang dinamis dan perubahan lingkungan yang terjadi selama fase HST. Struktur flaser menunjukkan adanya lapisan sedimen yang mengalami fluktuasi energi, sedangkan struktur lenticular menandakan pengendapan yang terjadi dalam kondisi yang lebih tenang. Selain itu, terdapat juga aktivitas ichnofossil yang terlihat dalam bentuk *burrows*. *Burrows* ini merupakan jejak aktivitas organisme yang menggali atau bergerak di dalam sedimen, menunjukkan interaksi antara biota dan lingkungan sedimentasi.

Pada kala Miosen Akhir, semua batuan yang terdapat di daerah penelitian, yaitu satuan batulanau, satuan batugamping, dan satuan batupasir, telah mengalami proses pengendapan secara horizontal. Proses ini mencerminkan kondisi sedimentasi yang stabil, di mana material sedimen terakumulasi dalam lingkungan yang relatif tenang. Namun, setelah fase pengendapan tersebut, daerah ini mengalami proses deformasi yang signifikan, khususnya di Cekungan Kutai. Deformasi tektonik yang berlangsung secara masif ini mengakibatkan perubahan morfologi geologi, termasuk pembentukan struktur geologi seperti antiklin dan sinklin. Aktivitas tektonik ini menunjukkan

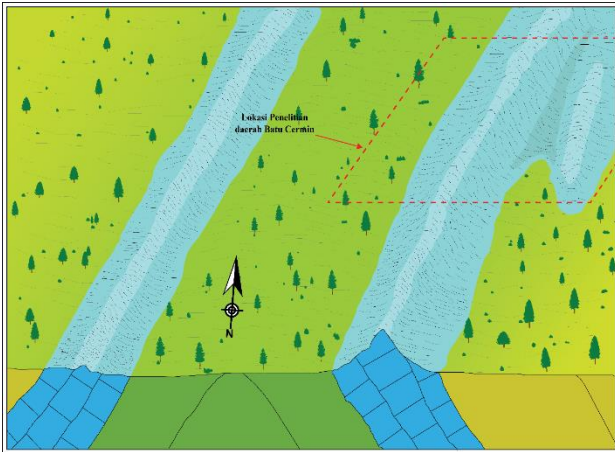
adanya tekanan dan gaya yang bekerja pada lapisan batuan, menyebabkan batuan tersebut terlipat dan terangkat. Di daerah penelitian, khususnya di Batu Cermin, Pembentukan antiklin ini merupakan indikasi bahwa lapisan batuan telah mengalami kompresi, yang menyebabkan lapisan-lapisan batuan yang lebih tua terangkat ke posisi yang lebih tinggi, sementara lapisan yang lebih muda tertekan ke bawah.



Gambar 23. Fase Aktivitas Deformasi Tektonik Membentuk Antiklin Kemudian Perlahan Mengalami Erosi.

Proses deformasi tektonik yang berlangsung terus-menerus telah menghasilkan pembentukan struktur geologi yang signifikan, berupa perbukitan antiklin. Struktur ini ditandai pada lapangan dengan pengamatan bahwa sisi barat dan sisi timur daerah penelitian menunjukkan arah strike/dip yang berlawanan. Hal ini mengindikasikan adanya lipatan pada lapisan batuan yang terbentuk akibat tekanan dan gaya tektonik yang bekerja pada lapisan geologi. Seiring waktu, struktur antiklin ini telah mengalami proses erosi, di mana batuan pada daerah penelitian terkikis oleh agen-agen eksogen seperti air, angin, dan perubahan suhu. Erosi ini berperan penting dalam membentuk morfologi wilayah, sehingga hanya menyisakan sisi bagian sayap antiklin yang lebih tahan terhadap proses pengikisan.

Dalam konteks ini, sisa-sisa struktur yang terlihat saat ini mencerminkan sejarah geologis yang kompleks. Melalui analisis lebih lanjut, dapat diketahui bahwa arah *Strike* dan *dip* pada sisa sayap antiklin ini didominasi ke satu arah, yaitu ke arah timur. *Dip* yang hampir tegak menunjukkan bahwa lapisan batuan telah mengalami kompresi yang cukup kuat, menghasilkan morfologi perbukitan yang curam.



Gambar 24. Fase Terakhir Sejarah Geologi Daerah Penelitian Terdapat Pada Daerah Pengamatan Sekarang.

PENUTUP

Kesimpulan

Kondisi geomorfologi daerah penelitian terdiri dari dua bentuk asal yaitu struktural dengan bentuk lahan perbukitan antiklin dan denudasional dengan bentuk lahan perbukitan terkikis dan dataran nyaris. Kondisi geologi daerah penelitian terdiri dari tiga satuan batuan dari yang tertua yakni Satuan Batulanau Batu Cermin Satuan, Batugamping Batu Cermin dan Satuan Batupasir Batu Cermin. Pola pengaliran yang berkembang pada daerah penelitian adalah subdenritik. Terdapat juga struktur geologi berupa kekar dengan arah gaya dominan tenggara-barat laut serta gaya tambahan dari arah timur laut-barat daya.

Geologi daerah Batu Cermin di Samarinda Utara menunjukkan sejarah geologi yang kompleks, dimulai dengan pengendapan Satuan Batulanau pada masa Miosen Awal. Pengendapan ini terjadi di lingkungan intertidal yang dipengaruhi oleh fluktuasi pasang surut air laut, dengan fase transgresi *Transgressive System Tract* (TST) sebagai proses utama, di mana kenaikan muka air laut memungkinkan akumulasi sedimen. Pada puncaknya, terbentuk *Maximum Flooding Surface* (MFS), yang menandai kondisi optimal untuk akumulasi sedimen karbonat di lingkungan laut dangkal, disertai dengan pertumbuhan organisme seperti koral dan bryozoa. Seiring berjalannya waktu, terjadi fase regresi, ditandai dengan penurunan muka air laut, yang memicu transisi ke fase *Highstand System Tract* (HST). Pada fase ini, suplai sedimen daratan yang lebih besar dibandingkan dengan laju pembentukan ruang akomodasi menghasilkan pola pengendapan progradasional, di mana butiran sedimen semakin kasar ke atas (*coarsening upward*), mencerminkan lingkungan yang semakin dinamis. Pengendapan batupasir dengan struktur sedimen flaser dan lenticular terjadi dalam

kondisi energi yang bervariasi. Pada akhir Miosen, daerah ini mengalami deformasi tektonik yang signifikan, membentuk struktur antiklin yang mengalami kompresi kuat. Deformasi ini menyebabkan lipatan pada lapisan batuan, diikuti oleh proses erosi yang mengikis sebagian besar struktur, menyisakan bagian sayap antiklin yang lebih tahan terhadap erosi. Morfologi wilayah ini kini mencerminkan sejarah geologis yang penuh dinamika, dengan bukti arah *strike* dan *dip* yang menunjukkan kompresi intens pada lapisan batuan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditama, G., Pudjihardjo, H., & Hidayatillah, A. S., 2018, Relasi Kualitas Batubara dengan Lingkungan Pengendapan Pit South Pinang dan Sekitarnya, PT. Kaltim Prima Coal, Sangatta Utara, Kutai Timur, Kalimantan Timur, *Jurnal Geosains dan Teknologi*, 1(1), 34 – 40.
- Alam, D.W. Paterson, N. Syarifuddin, I. Busono & S.G. Corbin., 1997, *Reservoir Potential Of Carbonate Rocks In The Kutai Basin Region, East Kalimantan, Indonesia*, *Journal Of Asian Earth Sciences* 17 (1999) 203-214.
- Asis, J., & Jasin, B., 2015, *Miocene Larger Benthic Foraminifera from the Kalumpang Formation in Tawau, Sabah*, *Sains Malaysia*, pp. 1397-1405.
- Bachmann, M. & Hirsch, F., 2006, *Lower Cretaceous Carbonate Platform of the Eastern Levant (Galilee and the Golan Heights): Stratigraphy and Second-order Sea-level Change*. *Cretaceous Research* 27(4), 487-512, DOI:10.1016/j.cretres.2005.09.003.
- Bernoulli, D., Lukas H., Silvia S., & Petter S., 2007, *Miocene Shallow Water Limestones From São Nicolau (Cabo Verde): Caribbean-Type Benthic Fauna And Time Constraints For Volcanism*, Swiss.
- Blow, W. H., 1959, *Age, Correlation, And Biostratigraphy Of The Upper Tocuyo (San Lorenzo) And Pozon Formations, Eastern Falcon, Venezuela*, *Bulletins Of American Paleontology*, 39(178):67-251.
- Bolli, H. M. & Saunders, J. B., 1982, *Globorotalia mayeri and its relationship to Globorotalia siakensis and Globorotalia continuosa*, *Journal of Foraminiferal Research*. 12(1): 39-50.
- BouDagher-Fadel, M.K., 2000, *A Revision of Some Larger Foraminiferal of the Miocene of southeast Kalimantan*, University College London. London.
- BouDagher-Fadel, M.K., 2018. *Evolution and Geological Significance of Large Benthic Foraminifera*. UCL Press. London.
- BouDagher-Fadel, M.K., 2013, *Biostratigraphic and Geological Significance of Planktonic Foraminifera*, UCL Press. London.

- BouDagher-Fadel, M. K., & Lokier, S. W., (2005), *Significant Miocene Larger Foraminifera From South Central Jawa*, *Revue de Paléobiologie*, 24(1), 291-309.
- Brady, H.B., 1881, *Notes On Some Of The Reticularian Rhizopoda Of The Challenger Expedition, Part III, Quarterly Journal of Micro-scopical Science (New Series)*, Vol. 21, pp. 31 – 71 .
- Bronnimann P., 1951, *The Genus Orbulina D'Orbigny In The Oligo-Miocene Of Trinidad, B.W.I, Contributions From The Cushman Foundation*, pp. 132-138.
- Hesemeann, M., 2023, The Foraminifera.eu Database, <http://www.foraminifera.eu>, diakses pada 27 Agustus 2023.
- Hohenegger J.E., Yordanova, & Hatta A., 2000, *Remarks on West Pacific Nummulitidae (Foraminifera). Journal Of Foraminifera Research*, Vol 30: 3 - 28.
- Holbourn, Ann, Andrew S H., & Norman M., 2015, *Atlas of benthic foraminifera*, A John Wiley & Sons, Ltd, West Sussex.
- Hoskins, R. H., 1984, *The Taxonomy And Stratigraphic Record Of Globorotalia Mayeri Cushman And Ellisor In New Zealand, Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, 46: 203-216.
- Howard, A. D., 1976, *Drainage Analysis in Geologic Interpretation: A Summation, The American Association of Petroleum Geologist Bulletin*, LI(11), pp. 2246-2259.
- Isnaniawardhani, V., Muhamadsyah, F., & Sudradjat, A., 2018, *Foraminifera Assemblages As A Marker Of Mud Eruption Source In Ciuyah, Ciniru – Kuningan, West Jawa*, ISSN 0125-9849, e-ISSN 2354-6638 *Ris.Geo.Tam* Vol. 28, No.2, Desember 2018 (239-249).
- Jean & Debeny P., 2012, *A guide to 1,000 foraminifera from Southwestern Pacific: New Caledonia, Publication Scientifiques du Museum, Paris*.
- Kadar, D. 1986. *Neogene Planktonic Foraminiferal Biostratigraphy of The South Central Java Area Indonesia. Geological Research and Development Centre, Special Publication*, No. 5, 104h.
- Mount, J.F., 1985, *Mixed Siliciclastic And Carbonate: Aroposed First-Order Textural And Compositional Calssification, Sedimentology*, 32, p 435 – 442.
- Postuma, J.A., 1971, *Manual of Planktonic Foraminifera, Elsevier Publishing Company*. Amsterdam.
- Satyana, A.H., Nugroho, D., & Surantoko, I., 1999, *Tectonic controls on the hydrocarbon habitats of the Barito, Kutei, and Tarakan Basins, Eastern Kalimantan, Indonesia : Major Dissimilarities In Adjoining Basins, Journal of Asian Earth Sciences* 17. 111-121.
- Supriatna, Sukardi, S., Rustandi E. 1995. *Geological Map of Samarinda Sheet, Kalimantan. Geological Research and Development Centre: Bandung*.
- Van Zuidam, R.A., 1985, *Guide to Geomorphologic Aerial Photographs Interpretation and Mapping, Enschede The Netherlands*, 325 h.
- Verstappen, H., 1983, *Applied Geomorphology (Geomorphological Surveys for Environmental Development)*. Amsterdam et New York, Elsevier.
- Walker, Roger G., dan Noel P. James., 1992, *Facies Models: Response to Sea Level Change*. Canada: Geological Association of Canada,
- Yousef I, V., P Morozov, A. N Kolchugin, V., Sudakov, I. & Idrisov, A. Leontev., 2024, *Microfacies analysis and depositional environment of the Upper Devonian Dankovo-Lebedyansky sediments, Tatarstan, Volga-Ural Basin, Russia*.