

LAPORAN
PENELITIAN UNGGULAN FAKULTAS (PUF)

SEDIMENTOLOGI DAN ICHNOLOGI FORMASI HALANG DAERAH
BANYUMAS JAWA TENGAH

TIM PENELITIAN

Firman Herdiansyah, S.T., M.T.	(0310068805)	Ketua
Ir. Dewi Syavitri, M.Sc., Ph.D.	(0308016702)	Anggota
Dr. Ir. Muhammad Burhannudinnur, M.Sc., IPU.	(0310106704)	Anggota
Dr. Ir. Moehammad Ali Jambak, M.T.	(0321016301)	Anggota
Putu Deva Ananta Adistanay	072001800041	Anggota



TEKNIK GEOLOGI
Fakultas Teknologi Kebumihan dan Energi
UNIVERSITAS TRISAKTI
2023/2024



**LEMBAR PENGESAHAN LAPORAN PENELITIAN
TAHUN AKADEMIK 2023/2024
0772/PUF/FTKE/2023-2024**

- 1. Judul Penelitian** : SEDIMENTOLOGI DAN ICHNOLOGI FORMASI HALANG
: DAERAH BANYUMAS JAWA TENGAH
- 2. Skema Penelitian** : Penelitian Unggulan Fakultas (PUF)
- 3. Ketua Tim Pengusul**
- a. Nama : Firman Herdiansyah, S.T., M.T.
- b. NIDN : 0310068805
- c. Jabatan/Golongan : Asisten Ahli/III-B
- d. Program Studi : TEKNIK GEOLOGI
- e. Perguruan Tinggi : Universitas Trisakti
- f. Bidang Keahlian : Sedimentologi & Stratigrafi, Geologi Migas
Jl. Dahlia IV no.04 RT 002/005 Beji Depok
- g. Alamat Kantor/Telp/Fak/surel : firman.herdiansyah@trisakti.ac.id
- 4. Anggota Tim Pengusul**
- a. Jumlah anggota : Dosen 3 orang
- b. Nama Anggota 1/bidang keahlian : Ir. Dewi Syavitri, M.Sc., Ph.D./Biostratigrafi
- c. Nama Anggota 2/bidang keahlian : Dr. Ir. Muhammad Burhannudinnur, M.Sc., IPU./Petroleum Geology
- d. Nama Anggota 3/bidang keahlian : Dr. Ir. Moehammad Ali Jambak, M.T./Geologi
- e. Jumlah mahasiswa yang terlibat : 1 orang
- f. Jumlah alumni yang terlibat : 0 orang
- g. Jumlah laboran/admin : 0 orang
- 5. Waktu Penelitian**
- Bulan/Tahun Mulai : September 2023
- Bulan/Tahun Selesai : Juli 2024
- 6. Luaran yang dihasilkan** :
- Hak Kekayaan Intelektual
 - Publikasi di Conference Series Bereputasi
- 7. Biaya Total** : Rp30.000.000,-
(Tiga Puluh Juta)

Dekan



Dr. Suryo Prakoso, S.T., M.T.
NIDN: 0324017002

Jakarta, 09 Oktober 2024
Ketua Tim Pengusul



Firman Herdiansyah, S.T., M.T.
NIDN: 0310068805

Direktur



Prof. Dr. Ir. Astri Rinanti, M.T., IPM., ASEAN Eng.
NIDN: 0308097001

IDENTITAS PENELITIAN

Skema Penelitian	: Penelitian Unggulan Fakultas (PUF)
Judul Penelitian	: SEDIMENTOLOGI DAN ICHNOLOGI FORMASI HALANG DAERAH BANYUMAS JAWA TENGAH
Fokus Penelitian	: Green Energy
Rumpun Penelitian	: Green Engineering/ Technology
Mata Kuliah yang terkait	: Sedimentologi & Stratigrafi
Topik Pengabdian kepada Masyarakat yang terkait	: Batuan laut dangkal dan laut dalam di kabupaten Banyun

Tim Peneliti

Peneliti	NIK/ NIM	Posisi	Status	Program Studi	Fakultas
Firman Herdiansyah, S.T., M.T.	3202	Ketua	Dosen Universitas Trisakti	TEKNIK GEOLOGI	FTKE
Ir. Dewi Syavitri, M.Sc., Ph.D.	1977	Anggota	Dosen Universitas Trisakti	TEKNIK GEOLOGI	FTKE
Dr. Ir. Muhammad Burhannudinnur, M.Sc., IPU.	1978	Anggota	Dosen Universitas Trisakti	TEKNIK GEOLOGI	FTKE
Dr. Ir. Moehammad Ali Jambak, M.T.	1897	Anggota	Dosen Universitas Trisakti	MAGISTE R TEKNIK GEOLOGI	FTKE
Putu Deva Ananta Adistanay	07200180 0041	Anggota	Mahasiswa Universitas Trisakti	TEKNIK GEOLOGI	FTKE

Lokasi dan atau Tempat Penelitian	: BANYUMAS, Wangon, Banjarnegara, Banjarnegara, Jawa Tengah
Masa Penelitian	
Mulai	: September 2023
Berakhir	: Juli 2024
Dana diusulkan	: Rp30.000.000,-
Sumber Pendanaan	: 5.2.03.08.01
Target Kesiapterapan Teknologi	: TKT 3
Produk Inovasi	:
Luaran	: Hak Kekayaan Intelektual Publikasi di Conference Series Bereputasi

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Lembar Pengesahan	ii
Identitas Penelitian	iii
DAFTAR ISI	1
DAFTAR TABEL	2
DAFTAR GAMBAR.....	3
RINGKASAN PENELITIAN	4
BAB 1. PENDAHULUAN.....	5
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	6
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	15
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	17
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	30
DAFTAR PUSTAKA.....	31
LAMPIRAN 1. ROAD MAP PENELITIAN	32
LAMPIRAN 2. LUARAN PENELITIAN	34

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Tata waktu dan Tempat Penelitian.....	15
--	----

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Lokasi penelitian yang disimpulkan berdasarkan peta morfologi (Van Bammelen, 1949), peta indeks, dan peta topografi.....	6
Gambar 2.2 Lokasi penelitian Posisi Cekungan Banyumas pada peta adalah garis yang berwarna biru (Purwasatriya, 2019).....	7
Gambar 2.3 Model fasies endapan turbidit (Bouma, 1962)	8
Gambar 2.4 Model fasies sekuen kipas bawah laut (Walker, 1978)	10
Gambar 2.5 Asosiasi fasies secara vertikal pada lingkungan laut dalam (Stow, 1984)	12
Gambar 2.6 Blok diagram iknofasies (Michael J. Benton dan David A. T. Harper, 2009 modifikasi Ekdale, dkk., 1984)	14
Gambar 2.7 Peta geologi regional daerah penelitian (Kastowo, 1996).....	15
Gambar 4.1 Foto singkapan B1.1 batupasir masif	18
Gambar 4.2 Foto singkapan B2.1 Parallel Lamination	18
Gambar 4.3 Foto singkapan B2.1 Batupasir Cross Lamination.....	18
Gambar 4.4 Foto singkapan C2.1 Perselingan batupasir dan batulempung.....	19
Gambar 4.5 Foto singkapan D1.1 Batulanau Masif	19
Gambar 4.6 Foto singkapan E1.1 Batulempung	19
Gambar 4.7 Foto singkapan F2.1 Endapan Koheren	20
Gambar 4.8 Foto fosil jejak pada Lintasan Kali Ci Mande L1.1	21
Gambar 4.9 Foto fosil jejak pada Lintasan Kali Ci Mande L1.2	22
Gambar 4.10 Foto fosil jejak pada Lintasan Ci Mande L1.3	23
Gambar 4.11 Foto fosil jejak pada Lintasan Ci Mande L1.4	24
Gambar 4.12 Foto fosil jejak pada Lintasan Kali Panaruban L2.1	25
Gambar 4.13 Foto fosil jejak pada Lintasan Kali Panaruban L2.2	26
Gambar 4.14 Foto fosil jejak pada Lintasan Kali Panaruban L2.3	27
Gambar 4.15 Kolom Stratigrafi Lintasan Kali Ci Mande 0 - 55 m.....	28
Gambar 4.16 Kolom Stratigrafi Lintasan Kali Panaruban 0 - 55 m.....	29

RINGKASAN PENELITIAN

Formasi Halang di daerah Banyumas Jawa Tengah memiliki perdebatan lingkungan pengendapan oleh beberapa peneliti. Oleh beberapa peneliti Formasi ini disimpulkan memiliki lingkungan pengendapan laut dalam berdasarkan karakter megaskopis dan mikroskopisnya, tetapi penelitian terbaru yang dilakukan menghasilkan kesimpulan bahwa tidak semua Formasi Halang diendapkan pada lingkungan laut dalam. Penelitian ini diharapkan dapat menambahkan bukti-bukti bahwa tidak semua Formasi Halang memiliki lingkungan pengendapan laut dalam. Dalam hal ini peneliti membahas dalam pandangan karakteristik suksesi vertikal, fosil, dan ichnologi. 2 lintasan stratigrafi terukur (measuring section) di daerah Kali Cimande dan Kali Panaruban diteliti secara detil mulai dari variasi tekstur, mikrofosil, struktur sedimen serta kehadiran dan keberagaman fosil jejak pada setiap lapisannya. Penelitian terkait stratigrafi dan mekanisme pengendapan Formasi Halang sendiri telah banyak dilakukan tetapi masih sedikit pembahasan terkait fosil jejak untuk penentuan lingkungan pengendapan Formasi Halang, sehingga fungsi fosil jejak yang terdapat pada formasi ini kurang dimaksimalkan. Oleh karena itu, penelitian terkait fosil jejak dirasa perlu untuk menjadi suatu parameter yang digunakan untuk menjadi dasar dalam menentukan mekanisme pengendapan dan lingkungan pengendapan dari Formasi Halang. Dengan penelitian ini maka perkembangan kesimpulan bagaimana sistem pengendapan Formasi Halang ditinjau dari data dan beberapa aspek yang dilakukan oleh peneliti. Selain itu, pada Subcekungan Banyumas juga ditemukan beberapa oil seepage. Hal ini menandakan bahwa sistem petroleum yang aktif. Penelitian pribadi penulis sebelumnya merupakan pembahasan dari aspek suksesi vertikal, struktur sedimen, fosil dan petrografi. Untuk kasus ini akan ditambahkan variabel Iknologi untuk memperkuat kesimpulan pada penelitian sebelumnya. Luaran telah di presentasikan pada proceeding ICEMINE 2023 serta hasilnya telah di HKI kan.

Kata Kunci :

Formasi Halang, ichnologi, stratigrafi terukur, sistem pengendapan

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Daerah penelitian masuk kedalam Subcekungan Banyumas, dimana Subcekungan ini memiliki kompleksitas. Mulai dari lingkungan pengendapan yang dari beberapa ahli memiliki kesimpulan yang berbeda, serta litologi yang sangat variatif. Beberapa peneliti menyimpulkan bahwa Formasi Halang terendapkan pada lingkungan laut dalam dengan mekanisme turbidit (Muhaldiyono, 1973), dimana terdiri dari fasies submarine fans (kipas bawah laut). Bagian bawah dari Formasi Halang terdiri dari batulempung dengan fasies dataran banjir dan batupasir yang terperangkap pada dataran banjir (Kastowo dan Suwarna, 1996). Sedangkan bagian atas dari Formasi Halang merupakan karakter dari sedimen turbidit pada kipas bawah laut bagian distal (Walker dan James, 1992). Lain daripada itu juga ada kesimpulan bahwa Cekungan Banyumas terdiri dari flysch dan mollase yang terkait dengan kemiringan yang disebabkan oleh kaki gunung api bawah laut dan terjadi proses erosi (Purwasatriya dkk., 2019). Dari perbedaan tersebut maka penelitian ini dilakukan untuk memberikan analisis dan bukti untuk memperkuat teori bahwa tidak semua Formasi Halang merupakan sedimen laut dalam. Beberapa bukti lapangan menunjukkan adanya ciri-ciri sedimen yang diendapkan pada laut dangkal. Studi ini akan mengintegrasikan ciri-ciri fisik dan biologi yang didapatkan berdasarkan observasi lapangan.

1.2. Perumusan Masalah

Penelitian ini dilakukan dengan studi dan analisis integrasi dari beberapa data lapangan. Dari data tersebut kemudian diinterpretasikan dan digunakan untuk menjawab permasalahan utama yang ada pada Formasi Halang di daerah Banyumas sehingga didapat pemahaman baru. Secara rinci ruang lingkup pembahasan atau Batasan masalah tersebut meliputi: penentuan batas area penelitian, analisis stratigrafi dan fasies serta dinamika sedimentasi dari hasil observasi lapangan, data fosil, jejak fosil dan petrografi untuk menambah interpretasi dalam penentuan lingkungan pengendapan. Dengan kasus ini maka permasalahan yang ada di dalam penelitian ini berkaitan dengan peta jalan yang direncanakan, dimana penelitian sedimentasi laut dangkal dan laut dalam dikaitkan untuk menyelesaikan faktor-faktor yang belum terselesaikan.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah melakukan analisis integrasi dari berbagai data yang didapat mulai dari stratigrafi terukur, struktur sedimen, mikro makrofosil, fosil jejak, dan petrografi untuk menjawab permasalahan yang ada. Dari hasil analisis tersebut dijadikan sebagai dasar untuk menentukan langkah selanjutnya dalam kelanjutan penentuan lingkungan pengendapan dan sistem pengendapan Formasi Halang. Tujuan dari penelitian ini adalah: Menentukan fasies, lingkungan pengendapan dan dinamika sedimentasi pada Formasi target penelitian.

1.4. Batasan Penelitian

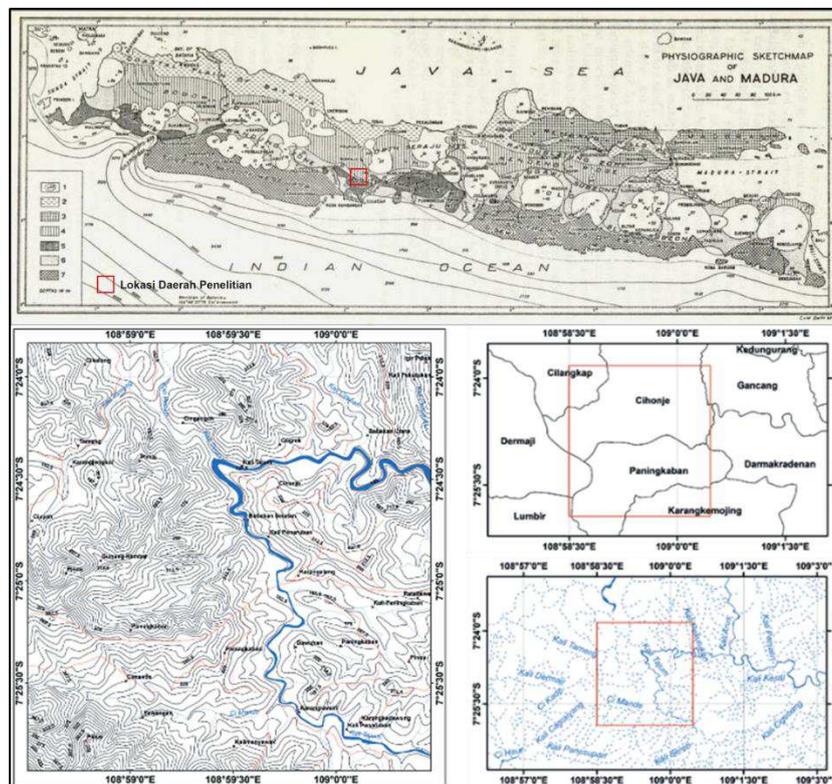
Penelitian ini menggunakan data data lapangan berupa data singkapan dari 2 lintasan stratigrafi terukur yang pada penelitian sebelumnya belum dilakukan. Selain melakukan interpretasi litostratigrafi, penelitian ini juga melakukan interpretasi lingkungan dan sistem pengendapan dengan menambahkan parameter iknologi.

1.5. Kaitan Penelitian dengan Road Map Penelitian Pribadi dan Road Map Penelitian Fakultas

Dengan kasus ini maka permasalahan yang ada di dalam penelitian ini berkaitan dengan peta jalan yang direncanakan, dimana penelitian sedimentasi laut dangkal dan laut dalam akan dikaitkan untuk menyelesaikan faktor-faktor yang belum terselesaikan.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

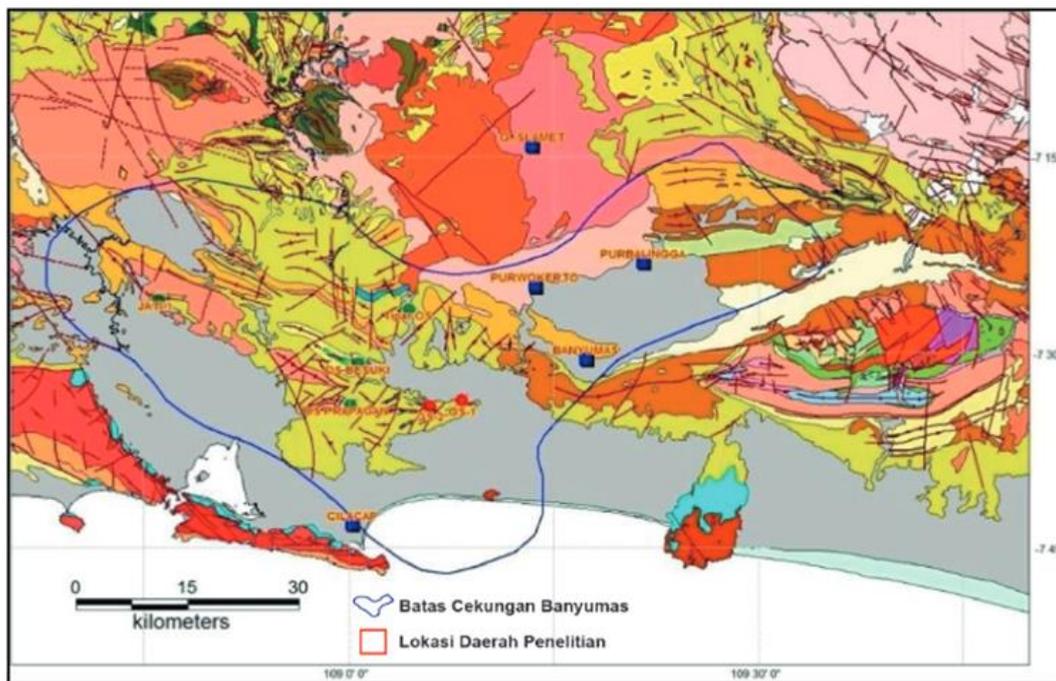
Daerah penelitian termasuk ke dalam provinsi Jawa Tengah yang secara fisiografis termasuk ke dalam Rangkaian Pegunungan Serayu Selatan atau Cekungan Banyumas (**Gambar 2.1**) merupakan cekungan busur depan dimana di bagian barat berbatasan dengan Zona Bogor dan di bagian timur berbatasan dengan Pegunungan Selatan (Van Bammelen, 1949). Perkembangan pola struktur splay, pull apart atau duplex yang disebabkan oleh sesar dextral tersebut mengakibatkan terbentuknya zona lemah dalam sistem trans-tensional. Pembentukan cekungan bawah laut pada Cekungan Banyumas tidak lepas dari pengaruh arah struktur utama yang berarah barat-timur memotong bagian tengah Jawa bagian barat mulai dari Bogor, Bandung, sampai Majalengka. Morfologi garis pantai di Jawa Tengah mengalami indentasi akibat dari proses tektonik trans-tensional 2 sesar geser Muria – Kebumen berarah timur laut – barat daya dan patahan Pamanukan – Cilacap berarah barat laut – Tenggara. Menurut (Satyana, 2007) turbidit vulkanoklastik diendapkan ke dalam cekungan ini menciptakan tampilan struktur diapirik. Tatanan stratigrafi yang kompleks pada Cekungan Banyumas disebabkan oleh pengaruh dari pengendapan sistem aliran gravitasi yang dipengaruhi juga oleh kehadiran endapan primer piroklastik dan epiklastik atau endapan turbidit volkaniklastik. Sumber endapan gravitasi diperkirakan berasal dari volkanisme busur belakang yang terletak di utara dari busur volkanik Akhir Miosen-Pliosen (Mukti, 2008).



Gambar 2.1 Lokasi penelitian yang disimpulkan berdasarkan peta morfologi (Van Bammelen, 1949), peta indeks, dan peta topografi

Beberapa pendekatan geofisika dan sedimentologi sebelumnya membuktikan bahwa Kawasan Cekungan Banyumas dikontrol oleh sesar yang dipicu oleh subduksi relatif miring pada Oligo-Miosen Akhir. Secara garis besar daerah penelitian terdiri dari Formasi Halang dan disekitaran sungai terdapat juga endapan alluvial kuartar. Formasi Halang terdiri dari Formasi Halang bagian bawah dan Formasi Halang bagian atas. Keduanya merupakan fasies channel-overbank kipas atas sampai dengan basinal

(Permana dkk, 2011). Umur dari Formasi Halang pada Cekungan Banyumas yaitu Miosen Tengah bagian atas sampai dengan Miosen Akhir (Muhaldiyono, 1973). Pada oligo-Miosen Cekungan Banyumas merupakan cekungan back-arc atau island-arc, pada Mio-Pliosen merupakan cekungan intra-arc, dan pada Plio-Plistosen menjadi cekungan fore-arc (Purwasatriya dkk, 2018). Posisi Cekungan Banyumas dapat dilihat pada **Gambar 2.2**. Cekungan back-arc dan intra-arc merupakan kondisi yang cocok sebagai cekungan potensi hidrokarbon karena lingkungan yang sepi akan arus dan gelombang sehingga batuan sedimen halus dan material organik dapat terendapkan dan terawetkan. Teramatinya struktur utama berarah barat – timur memotong bagian tengah Jawa bagian barat mulai dari Bogor, Bandung sampai Majalengka yang kemudian memotong kelurusan pasangan Patahan Pamanukan-Karangbolong dan Patahan Gabon yang berarah barat laut - tenggara, memberikan gambaran baru mengenai struktur yang berpengaruh terhadap pembentukan cekungan bawah laut atau cekungan/sub-cekungan antar busur dalam Zona Cekungan Majalengka-Banyumas. Terdapat tiga busur magmatik di cekungan Banyumas, pertama busur magmatik Oligo-Miosen di cekungan Banyumas bagian selatan cekungan, kedua busur magmatik Mio-Pliosen di tengah cekungan, dan ketiga Busur magmatik Plio-Pleistosen di bagian utara cekungan (Purwasatriya dkk, 2018b). Cekungan atau sub-cekungan bawah laut yang terbentuk dalam zona Majalengka – Banyumas dipisahkan oleh produk kegiatan kegunungapian yang dicirikan oleh kehadiran endapan primer piroklastik dan epiklastik atau endapan turbidit volkanoklastik (Mukti dkk, 2008). Sumber endapan turbidit tersebut diperkirakan berasal dari volkanisme busur belakang yang terletak di utara dari busur volkanik Akhir Miosen-Pliosen (Mukti dkk, 2008). Endapan turbidit tersebut dikenal sebagai Formasi Halang berumur Akhir Miosen (Harun Satyana & Armandita, 2004), sedangkan (Lunt dkk., 2009) memasukan endapan turbidit tersebut kedalam Formasi Pemali berumur Akhir Miosen-Pliosen.



Gambar 2.2 Lokasi penelitian Posisi Cekungan Banyumas pada peta adalah garis yang berwarna biru (Purwasatriya, 2019)

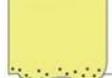
Pembentukan Formasi Halang dalam berbagai literatur diartikan sebagai hasil sedimentasi aliran gravitasi/arus turbidit di lingkungan laut dalam. Kehadiran dari iknofosil/jejak fosil pada batuan

formasi Halang di Kawasan Cipari mewakili proses interaksi organisme selama pengendapan Formasi Halang, dan dianggap sebagai respon adaptasi organisme dari lingkungan perubahan (Oryzavica dkk, 2016). Data lapangan dan deskripsi menunjukkan keanekaragaman pola dan jenis fosil jejak yang berkaitan dengan proses pengendapan Formasi Halang. Kehadiran ichnofosil di beberapa deposit akan membawa dampak buruk beberapa faktor penting yang dapat menjadi acuan dalam mempelajari sejarah pengendapan. Khususnya bagi paleo-kondisi aspek ekologi (fisika/kimia/ biologi) pada saat sedimen mulai mengendap. Dari pendekatan beberapa peneliti, Formasi Halang dibandingkan dengan 4 klasifikasi yaotu dengan model sebagai berikut:

Fasies Sekuen Bouma (1962)

Sekuen Bouma menggambarkan sukseksi struktur sedimen yang terendapkan oleh arus turbidit densitas rendah secara ideal. Sekuen ini terbentuk saat kekuatan arus yang turun kearah lereng mulai tidak ada atau menghilang. Sekuen Bouma memiliki 5 lapisan yang memiliki perbedaan struktur sedimen yang jelas pada setiap lapisannya. Lapisan ini diberi nama A, B, C, D, dan E; Lapisan A berada pada bagian paling bawah dari sekuen sedangkan Lapisan E merupakan bagian paling atas pada sekuen tersebut. Namun sangat sulit untuk menemukan sekuen bouma dari A sampai E dilapangan (**Gambar 2.3**). Pada model Sikuen Bouma ini fasies dari turbidit disusun oleh lima interval dengan ciri-ciri sebagai berikut:

- Interval Perlapisan Bersusun (Ta): Interval lapisan bersusun (graded bedding) terletak pada bagian bawah dari model fasies ini, memiliki tekstur pasir yang kadang-kadang memiliki sifat kerakalan atau kerikilan. Struktur perlapisan bersusun ini akan menjadi tidak jelas atau tidak ditemukan apabila batupasir yang menjadi penyusun interval ini terpilah dengan baik.
- Interval Laminasi Sejajar Bagian Bawah (Tb): Interval laminasi sejajar bagian bawah (lower interval of parallel lamination) tersusun atas perselingan antara batupasir dengan batulempung atau batulempung dan dipengaruhi oleh mekanisme arus traksi dari aliran atas di dataran dasar.
- Interval Riak Arus (Tc): Interval riak arus (interval of current lamination) merupakan laminasi arus yang terbentuk akibat dari arus turbidit dengan membentuk struktur sedimen ripples, wavy dan convoluted laminae.
- Interval Laminasi Sejajar Bagian Atas (Td): Interval laminasi sejajar bagian atas (upper interval of parallel lamination) tersusun atas perselingan antara batupasir halus dengan batulempung, struktur dari laminasi seajarnya tidak begitu jelas, apabila terkena pelapukan atau gangguan tektonik, bidang kontak dengan interval dibawahnya sangat jelas.
- Interval Pelitik (Te): Interval pelitik tersusun atas sedimen dengan ukuran butir lempungan dan tidak jelas kenampakan struktur sedimennya karena pada interval ini material pasir telah berkurang dan ukuran butirnya semakin menghalus.

	GRAIN SIZE	BOUMA (1962) DIVISIONS	INTERPRETATION
	Mud	e Laminated to homogeneous mud	Deposition from low-density tail of turbidity current + settling of pelagic or hemipelagic particles
	Silt	d Upper mud/silt laminae	Shear sorting of grains and flocs
	Sand	c Ripples, climbing ripples, wavy/convolute laminae	Lower part of lower flow regime of Simons et al. (1965)
	Sand	b Plane laminae	Upper flow regime plane bed
	Coarse Sand	a Structureless or graded sand to granule	Rapid deposition with no traction transport, possible quick (liquefied) bed

Gambar 2.3 Model fasies endapan turbidit (Bouma, 1962)

Model Fasies Walker (1976)

Dalam pendeskripsian fasies lingkungan pengendapan, Walker (1976) lebih menekankan pada penggunaan fasies association atau asosiasi dari beberapa fasies (**Gambar 2.4**); sehingga dapat menentukan posisi pengendapan suatu batuan sedimen pada model kipas bawah laut yang dikemukakan olehnya. Walker (1978) mengelompokkan asosiasi dari fasies ini menjadi lima kelompok yaitu:

➤ Classical Turbidites (CT)

Asosiasi dari fasies Classical Turbidite memiliki karakteristik berupa perselingan yang sifatnya monoton atau tetap (monotous alteration) dari lapisan batupasir yang memiliki kontak tegas dengan batulempung. Lapisan batupasir dapat diinterpretasikan dengan model fasies dari Sekuen Bouma. Penamaan klastik turbidit (classical turbidite) berdasarkan lapisan batupasir yang mudah diidentifikasi sebagai mekanisme dari arus turbidit. Pada fasies ini terdapat dua komponen utama yaitu lapisan turbidit tebal (thick bedded turbidite) dan lapisan turbidit tipis (thin bedded turbidite). Komponen dari lapisan turbidit tipis (thin bedded turbidite) memiliki struktur sedimen berupa current ripple, ripple, climbing ripple dan convolute dengan ukuran butir berupa pasir hingga lempung.

➤ Massive Sandstone (MS)

Batupasir masif (massive sandstone) merupakan asosiasi fasies yang mengalami perubahan gradasi pada lapisan turbidit tebal (thick bedded turbidite) yang ditandai dengan berkurangnya perselingan antara batupasir dan batulempung. Ukuran butir dari asosiasi fasies ini akan bertambah kasar dan lapisan dari batupasir akan semakin menebal serta terdapatnya proses erosi pada lapisan ini. Lapisan dari batupasir ini memiliki kesamaan dengan interval Ta (massive to normal graded bedding) pada Sekuen Bouma. Lapisan fasies ini tidak menunjukkan struktur sedimen yang lain, kecuali struktur sedimen mangkuk (dish structure) dan struktur tiang (pillar structure) yang menginterpretasikan terdapatnya proses pelepasan fluida (water escape) selama proses pengendapan. Asosiasi fasies batupasir massif (massive sandstone) berasosiasi dengan zona kipas tengah (middle fan).

➤ Pebble Sandstone (PS)

Batupasir kerikil (pebbly sandstone) adalah asosiasi fasies dengan ukuran butir kerikil dan umumnya bidang kontak pada bagian bawah terlihat tegas dan tidak terdapatnya asosiasi antara batupasir dan batulempung. Model dari fasies Sekuen Bouma sudah tidak dapat digunakan pada model fasies ini dikarenakan terdapatnya struktur imbrikasi yang diinterpretasikan sebagai proses dari saluran (channeling) serta menggambarkan dari proses arah arus fragmen kerikil akibat dari media fluida. Pada asosiasi fasies ini umumnya terdapat struktur sedimen berupa lapisan gradasi normal (normal graded bedding) dengan ukuran butir kerikil pada bagian dasar hingga bagian tengah dengan membentuk litologi batupasir konglomeratan dan struktur mangkuk (dish structure). Asosiasi fasies batupasir kerikil (pebbly sandstone) berasosiasi pada zona kipas tengah (middle fan) hingga kipas atas (upper fan).

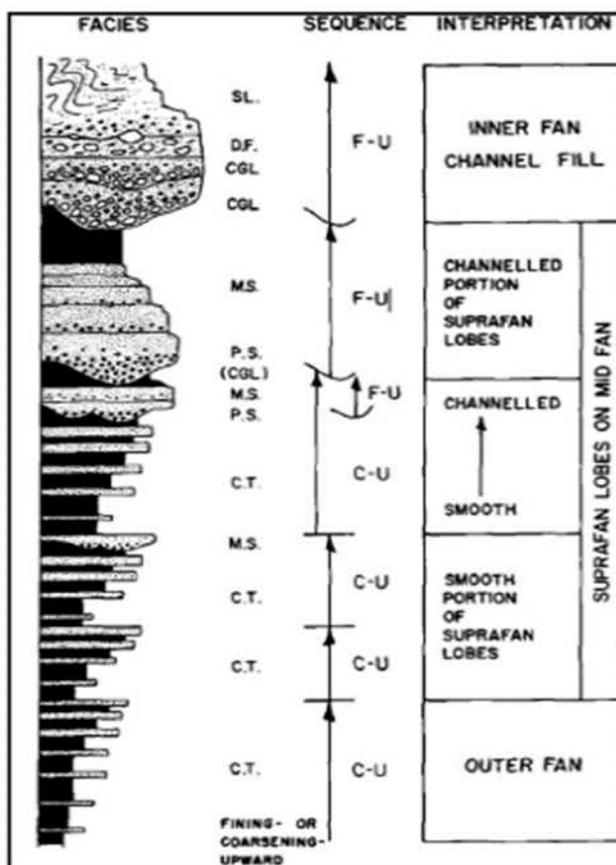
➤ Conglomerates (CGL)

Konglomerat (conglomerate) merupakan asosiasi fasies batupasir dengan ukuran butir berupa konglomerat. Ukuran butir kerikil (pebble) dan berangkal (cobble) dengan gradasi dari butiran yang buruk hal ini menginterpretasikan jarak dan kekuatan arus fluida saat proses dari transportasi yang

cukup besar. Endapan berupa longsoran (slump) dan aliran rombakan (debris flows) terdapat dalam asosiasi fasies ini dan kenampakan fragmen batuan yang mengambangdi dalam masa dasar (matrix). Menurut Walker (1976) apabila suatu transportasi semakin kea rah laut dalam maka batupasir dengan ukuran butir kasar akan menghilang. Pada asosiasi fasies ini dapat ditemukan kenampakan struktur sedimen yang ada pada model fasies Bouma (1962). Fasies konglomerat (conglomerate) berasosiasi pada zona kipas atas (upper fan) dalam model kipas bawah laut.

➤ Pebbly Mudstone, Slump, Debris Flow & Slide

Batulempung kerikilan, longsoran, aliran rombakan dan geseran (pebbly mudstone, slump, debris flows dan slide) memiliki fragmen penyusun berupa klastika dengan ukuran butir pasir hingga kerikilan dan disusun oleh material lanau atau lempung sebagai massa dasar (matrix). Mekanisme dari pembentukan litologi ini terjadi pada saat proses pengendapan yang cepat dengan aliran sedimen berupa aliran rombakan (debris flows) dengan massa dasar berupa lumpur melalui suatu endapan yang sifatnya setengah padat (semi rigid). Sistematika aliran rombakan (debris flows) mengerosi dan mengangkat lapisan seengah padat (semi rigid) dan bercampur secara keseluruhan serta berasosiasi dengan batulempung kerikilan (pebbly mudstone).



Gambar 2.4 Model fasies sekuen kipas bawah laut (Walker, 1978)

Fasies Turbidit Berdasarkan Emilliano Mutti (1992)

E. Mutti (1992) membagi fasies – fasies pada endapan turbidit didasarkan pada beberapa hal, di antaranya: tekstur batuan, komposisi batuan, struktur sedimen, dan kenampakan erosi.

Fasies Turbidit Berdasarkan Mutti dan Lucchi (1972)

Emiliano Mutti dan Ricchi Lucchi membagi klasifikasi fasies turbidit menjadi tujuh bagian yang terdiri dari fasies A-G.

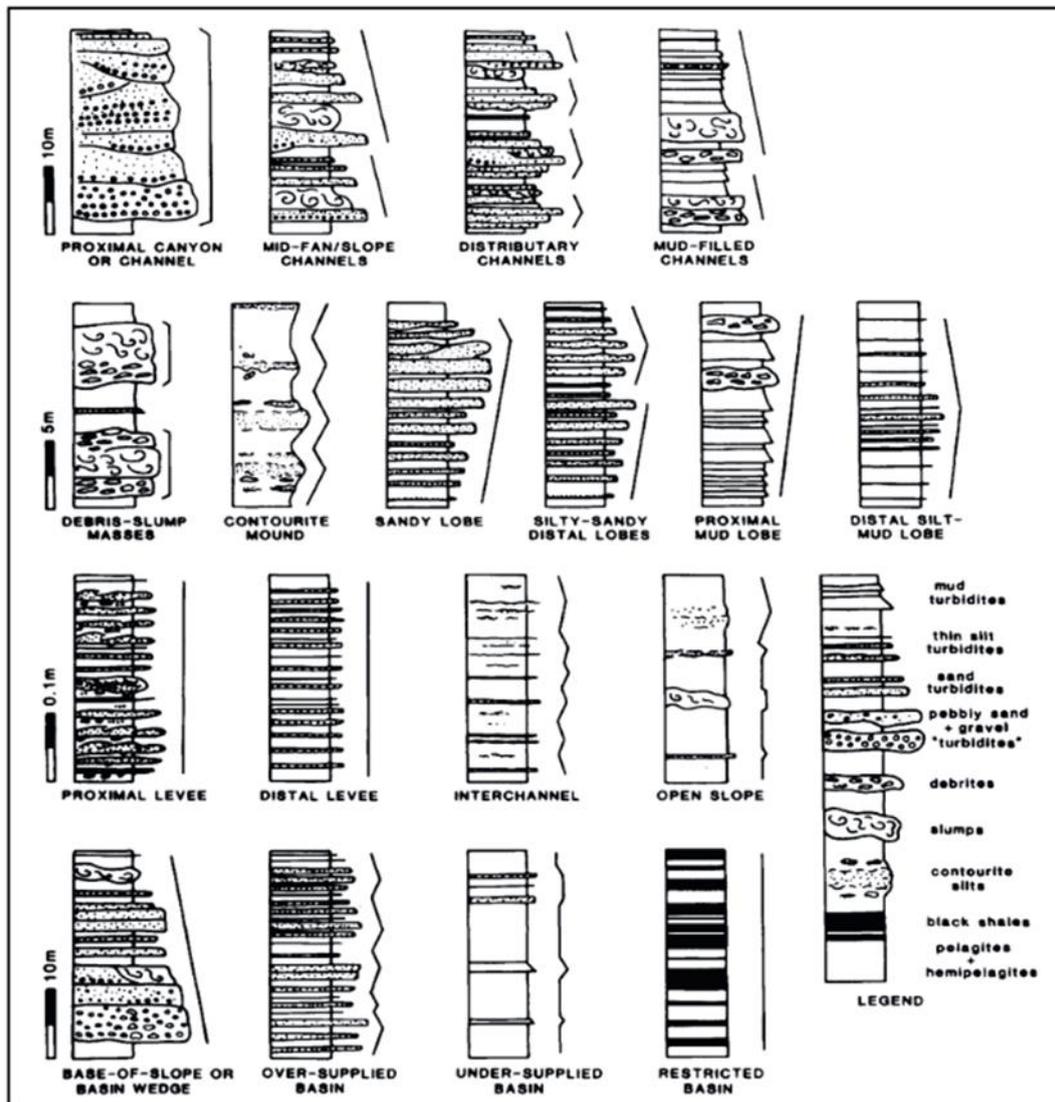
Beberapa peneliti menyimpulkan bahwa ada bagian Formasi Halang yang merupakan sedimen kipas bawah laut, dan slope dari laut dalam. Tetapi beberapa juga menyimpulkan bahwa Formasi Halang merupakan sedimen lereng dimana terintegrasi dari proses vulkanisme. Lereng tempat sedimen itu mengendap merupakan lereng kaki gunung bawah laut. Peneliti dalam hal ini akan melihat dari aspek fisika dan biologi terkait lingkungan pengendapan dan sistem pengendapan Formasi Rambatan dan Formasi Halang. Berdasarkan 4 lintasan stratigrafi dengan menggunakan perbandingan 5 klasifikasi fasies turbidit menyimpulkan bahwa Cekungan Banyumas merupakan sedimen dengan karakter flysch (Herdiansyah dkk., 2021). Salah satu yang akan ditinjau adalah aspek ichnologi. Dengan mengintegrasikan pemahaman terkini tentang sedimentologi, biologi dan teknologi lereng lingkungan, dimungkinkan untuk memberikan ringkasan urutan antar hubungan sistem dan lingkungan pengendapan. Kontrol yang paling penting adalah pada kumpulan bentik dalam sistem laut dibahas untuk tujuan ini mengembangkan kerangka prediksi untuk kemungkinan ekosistem bentik, dan secara bersamaan menelusuri sebaran fosil jejak. Parameter fisik dan kimia ini mengontrol komposisi ekosistem bentik di lingkungan laut, dan itu mengendalikan catatan ichnologi. Sebaliknya, ichnologi dapat digunakan sebagai alat untuk menafsirkan lingkungan pengendapan sistem bawah laut yang dipengaruhi turbidit (Callow et al., 2014). Konsep "ichnofacies" dikembangkan oleh Dolf Seilacher pada 1950-an dan 1960-an (Seilacher, 1953 a,b, 1964), terutama berfokus pada batuan sedimen laut. Sejak awal ichnologi yang merupakan ilmu yang mempelajari jejak fosil telah diakui untuk mempelajari objek biologis dan sedimentologis. Ichnologi sebagai disiplin ilmu yang mempelajari struktur sedimen biogenic. Ichnologi terbukti sangat penting untuk studi paleontologi dan sedimentologi. Hewan yang hidup di dan di dalam dasar laut mengganggu struktur sedimen utama dan menghasilkan fabrik baru, yang disebut ichnofabric dimana prosesnya disebut dengan bioturbasi (Uchman & Wetzel, 2011). Biasanya, sedimen laut dalam terus menerus terakumulasi dalam lingkungan teroksigenasi sepenuhnya mengalami bioturbasi. Identitas struktur bioturbasional yang dapat diperbaiki dengan bentuk berulang disebut fosil jejak. Untuk waktu yang lama, ichnologi laut dalam berkembang sedikit tertinggal dari ichnologi laut dangkal. Seilacher (1967) mendefinisikan enam ichnofacies, masing-masing dinamai berdasarkan karakteristiknya ichnotaxon. Ini sesuai dengan empat dari lima sedimen marine yaitu jenis (Skolithos, Cruziana, Zoophycos, dan Nereites). Penerapan studi fosil jejak untuk penyelidikan sedimentologi, khususnya dalam merekonstruksi lingkungan pengendapan, sebagian besar hal ini tergantung pada pengenalan yang tepat dari ichnotaxa. Komposisi yang bervariasi dari banyak genus ichnofosil dan spesiesnya, selalu berhubungan dengan bentuk morfologi dan ukuran yang sama, tetapi berbeda kondisi paleoekologis yang menghasilkan fosil jejak. Mereka, dalam banyak kasus membutuhkan penentuan ichnotaxa di tingkat ichnospecies. Banyak proses terjadi setelah sedimentasi, yang selalu mempengaruhi dan mengubah setiap sedimen segera setelah diendapkan. Beberapa dari

proses ini adalah faktor fisik (misalnya, gelombang, arus transportasi dan fenomena kompaksi); beberapa bersifat kimia (misalnya, difusi oksigen, pelarutan mineral dan sementasi); dan beberapa adalah faktor biologis (misalnya, pengerjaan ulang sedimen oleh hewan dan tumbuhan).

Model asosiasi fasies berdasarkan klasifikasi Stow dan Piper (1984)

Asosiasi fasies merupakan suatu kelompok dengan kumpulan dari beberapa fasies dengan genetis yang sama. Beberapa fasies yang memiliki kesamaan genetis ini membentuk suatu asosiasi yang mencerminkan lokasi dari setiap fasies tersebut diendapkan. D.A.V. Stow dan D.J.W. Piper dalam *Deep-water fine-grained sediments: facies models* (1984) mengklasifikasikan asosiasi fasies

berdasarkan stacking pattern tertentu yang menunjukkan karakteristik lingkungan pengendapan tertentu, sehingga untuk menentukan dimana lingkungan suatu sedimen diendapkan maka dapat dilihat dari stacking pattern dari asosiasi fasies yang ada (**Gambar 2.5**).



Gambar 2.5 Asosiasi fasies secara vertikal pada lingkungan laut dalam (Stow, 1984)

Studi Fosil Jejak

Fosil jejak (Trace fossils) merupakan hasil dari aktivitas suatu organisme yang terawetkan di dalam lapisan batuan (Ekdale, dkk, 1984). Fosil jejak sendiri dianggap sebagai struktur biogenik pada batuan sedimen yang mencerminkan suatu kehidupan dari suatu lingkungan pengendapan (Boggs, 2006). Klasifikasi dalam penamaan fosil jejak dapat didasarkan pada 4 hal, yaitu: taksonomi, model pengawetan, pola hidup, dan lingkungan pengendapan (Ekdale, dkk, 1984). Secara umum dari keempat dasar klasifikasi tersebut, tidak dapat dipisahkan satu sama lainnya karena klasifikasi tersebut mencerminkan pola kehidupan dari fosil jejak yang ada. Contoh dari fosil jejak adalah galian (burrow), jejak jalan (track), jejak seretan (trail) dan pengeboran (boring).

1. Klasifikasi Ethologic Fosil Jejak

Dirk Knaust and Richard G. Bromley dalam *Trace Fossils as Indicators of Sedimentary Environments* (2012) menyatakan ethology adalah studi terkait tingkah laku dari organisme, dari hal ini fosil jejak dapat diklasifikasikan berdasarkan pola hidupnya (ethological) yang diantaranya adalah:

1. *Cubichnia*, merupakan jejak organisme yang ditinggalkan yang terdapat pada permukaan sedimen yang berukuran halus. Jejak organisme ini kemungkinan merupakan kegiatan organisme yang sedang istirahat atau bersembunyi (resting).
2. *Domichnia*, merupakan jejak dari tempat tinggal suatu organisme yang mencerminkan posisi kehidupan organisme tersebut (dwelling).
3. *Fodinichnia*, merupakan jejak organisme pada saat organisme tersebut mencari makan (feeding).
4. *Pascichnia*, merupakan jejak fosil yang menunjukkan perpindahan organisme bersamaan dengan organisme tersebut memakan makanannya (grazing).
5. *Repichnia*, merupakan kategori perilaku fosil jejak yang dihasilkan hewan yang meninggalkan jejak yang berbeda dengan berjalan atau merangkak melintasi permukaan sedimen yang lunak (crawling).
6. *Agrichina*, menunjukkan organisme tersebut menjebak makanannya (farming).
7. *Fugichnia*, menunjukkan perilaku organisme menerobos keatas karena adanya longsoran sedimen yang cepat sehingga organisme tersebut tertimbun sedimen yang datang dan berusaha mencari jalan keluar (escape)
8. *Calichnia*, menunjukkan pola hidup suatu organisme yang melindungi telurnya (brooding).

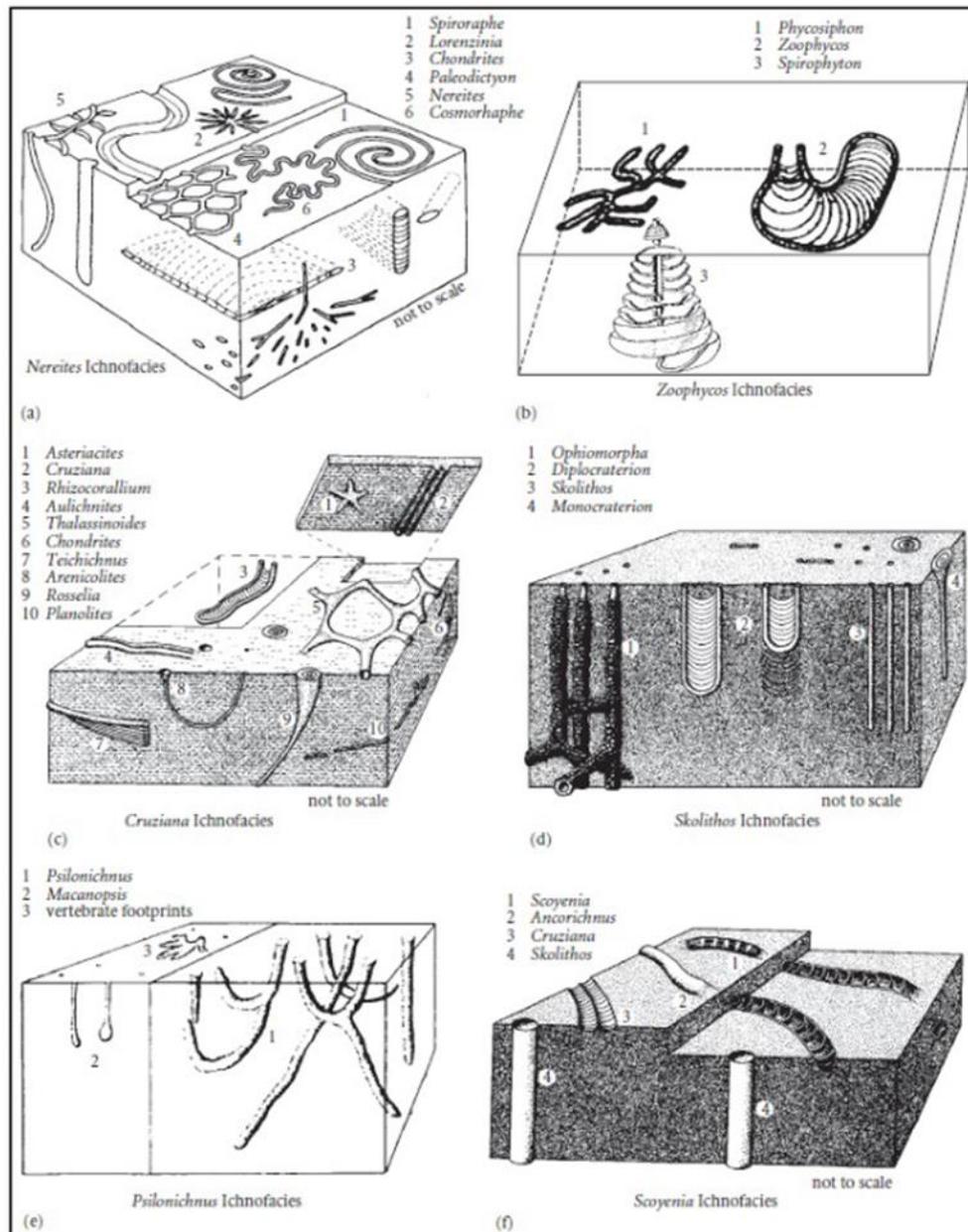
2. Klasifikasi Model Pengawetan

Michael J. Benton dan David A. T. Harper dalam *Introduction to Paleobiology and the Fossil Record* (2009) mengklasifikasikan fosil jejak berdasarkan metode pengawetannya. Dalam klasifikasi ini fosil jejak dibagi menjadi:

1. Full relief, adalah fosil jejak yang terawetkan dalam bentuk 3 dimensi dan dapat dilihat dari berbagai sisi.
2. Semi relief, adalah fosil jejak yang terawetkan dan hanya dapat dilihat dari 1 bagian perlapisan batuan. Model pengawetan semirelief dibagi menjadi:
 - Hyporelief, adalah fosil jejak yang berada pada bagian bawah dari suatu lapisan sedimen.
 - Epirelief, adalah fosil jejak yang berada pada bagian bawah dari suatu lapisan sedimen.

Fosil jejak merupakan salah satu indikator dalam penentuan lingkungan pengendapan dan juga terkait proses-proses yang ada di dalamnya namun tidak secara langsung mewakili kedalaman atau bathymetri dari lingkungan pengendapan (Boggs, 2006). Fosil jejak merupakan parameter identifikasi lingkungan pengendapan yang sangat sensitif dalam menentukan perubahan keadaan lingkungan pengendapan terkait keadaan oksigen, salinitas, kecepatan sedimentasi, serta kekuatan arus pada saat pengendapan terjadi. Ichnofasies sendiri menunjukkan hubungan antara fosil jejak dengan lingkungan pengendapan tertentu seperti marine atau continental, deep marine, shelf atau intertidal, lake atau terrestrial. Berikut adalah blok diagram dari persebaran lokasi Ichnofasies dalam lingkungan pengendapan marine dan continental (**Gambar 2.6**). Michael J. Benton dan David A. T. Harper (2019) memberikan gambaran dari 8 ichnofacies yang dalam bentuk blok diagram, 8 Ichnofasies itu antara lain *Glasiungites*

ichnofasies, Teredolite ichnofasies, Trypanite ichnofasies, Pylonichus ichnofasies, Skolithos ichnofasies, Cruziana ichnofasies, Zoophycos ichnofasies, dan Nereites ichnofasies.



Gambar 2.6 Blok diagram iknofasies (Michael J. Benton dan David A. T. Harper, 2009 modifikasi Ekdale, dkk., 1984)

3.3. Metode Analisis

Analisis dimulai dengan:

- Observasi lapangan berupa pencatatan tekstur batuan dalam bentuk kolom stratigrafi.
- Menyimpulkan struktur sedimen yang hadir pada setiap interval.
- Mengidentifikasi kehadiran dan keberagaman fosil jejak di daerah penelitian.
- Analisis petrografi untuk mendukung interpretasi lingkungan pengendapan berdasarkan komposisi batuan.
- Pembuatan laporan dan publikasi.

3.4. Indikator Capaian Penelitian

Penelitian akan menghasilkan kesimpulan menjawab pertanyaan permasalahan bahwa adanya perbedaan interpretasi lingkungan pengendapan Formasi Halang yang awalnya seluruhnya diinterpretasikan sebagai laut dalam menjadi sebagian Formasi Halang merupakan sedimen laut dangkal yang penyebarannya sangat luas mulai dari Jawa Barat bagian timur sampai dengan Jawa Tengah.

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan dengan metode stratigrafi terukur (measuring section) pada Daerah Paningkaban, Kecamatan Gumelar, Provinsi Jawa Tengah, metode stratigrafi terukur (measuring section) dilakukan pada 2 lintasan sungai, yaitu Lintasan Kali Ci Mande dan Lintasan Kali Panaruban, yang berada pada daerah selatan dari daerah penelitian, pemilihan lintasan didasarkan pada Sungai yang tidak terganggu oleh struktur geologi serta kenampakan singkapan yang jelas.

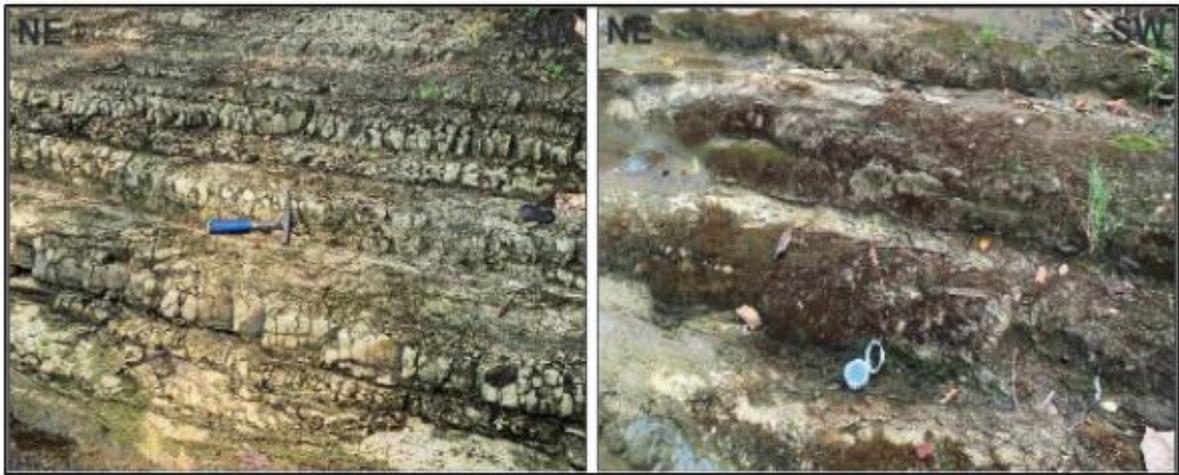
4.1 Analisis Stratigrafi Lintasan Kali Ci Mande

Lintasan Kali Ci Mande berada pada daerah Selatan dari daerah penelitian, ketebalan dari lintasan ini adalah 450 m dengan terdiri dari 4 lokasi sampel fosil jejak, 3 lokasi sampel untuk analisis petrografi. Pada lintasan Kali Ci Mande ini didominasi oleh litologi batupasir dengan warna kuning kecoklatan memiliki ukuran butir sangat halus hingga kasar, memiliki bentuk butir rounded hingga sub angular, dengan kedudukan N 70° E / 30°, lintasan Kali Ci Mande terusun atas litofasies B1.1 Batupasir massif (**Gambar 4.1**), B2.1 Batupasir paralel laminasi (**Gambar 4.2**), B2.2 Batupasir silang siur, C2.1 Perselingan batupasir dan batulempung, D1.1 Batulanau masif, E1.1 Batulempung dan F2.1 Endapan koheren. Pada lintasan ini ditemukan juga beberapa kenampakan struktur sedimen seperti graded bedding, parallel lamination, cross lamination, climbing ripple dan convolute. Pada lintasan ini juga ditemui 4 variasi fosil jejak diantaranya *Thalassinoides*, *Skolithos*, *Chondrites* dan *Rhizocorallium*.

Lintasan Kali Ci Mande terendapkan pertama kali dengan litologi batupasir dan batulempung yang memiliki ketebalan 7 m, terdapat struktur sedimen berupa cross lamination dan convolute, kemudian terendapkan pada bagian levee channel dengan litologi sedimen halus yaitu batupasir dengan ukuran butir halus dan batulempung dengan ketebalan 9 m, ditemukan struktur sedimen paralel lamination, selanjutnya sedimen yang ada terendapkan kembali pada bagian distributary channel dengan ketebalan 10 m, ditemukan struktur sedimen berupa convolute dan climbing ripple, endapan sedimen yang datang selanjutnya terendapkan hingga bagian lobe, tepatnya pada bagian axis lobe dan off axis lobe dengan ketebalan 31,5 m, terdapat struktur sedimen cross lamination, convolute dan climbing ripple dan terdapat keterdapatan fosil jejak yaitu *Thalassinoides*, *Skolithos*, *Rhizocorallium* dan *Chondrites*.

4.2 Analisis Stratigrafi Lintasan Kali Panaruban

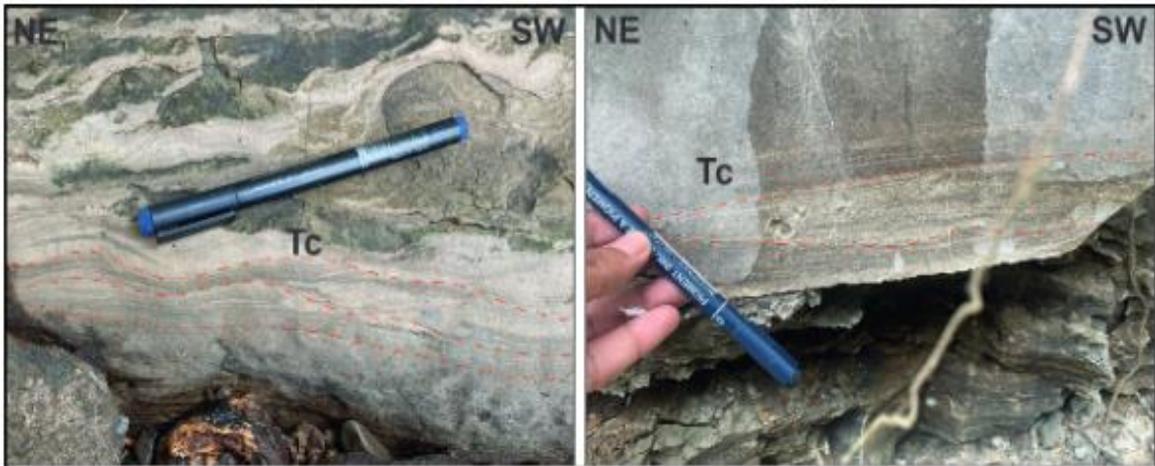
Lintasan Kali Panaruban berada pada daerah Selatan dari daerah penelitian, ketebalan dari lintasan ini adalah 475 m dengan terdiri dari 4 lokasi sampel fosil jejak, 3 lokasi sampel untuk analisis petrografi. Pada lintasan Kali Panaruban ini didominasi oleh litologi batupasir dengan warna kuning kecoklatan memiliki ukuran butir sangat halus hingga kasar, memiliki bentuk butir rounded hingga sub angular, dengan kedudukan N 30° E / 30°, lintasan Kali Ci Mande terusun atas litofasies B1.1 Batupasir masif, B2.1 Batupasir paralel laminasi, B2.2 Batupasir silang siur, C2.1 Perselingan batupasir dan batulempung, D1.1 Batulanau masif, E1.1 Batulempung dan F2.1 Endapan koheren. Pada lintasan ini ditemukan juga beberapa struktur sedimen seperti graded bedding, parallel lamination, wave ripple cross stratification, swaley cross stratification, water escape, cross lamination, climbing ripple dan convolute. Pada lintasan ini juga ditemui 2 variasi fosil jejak diantaranya *Thalassinoides* dan *Skolithos*.



Gambar 4.1 Foto singkapan B1.1 batupasir masif



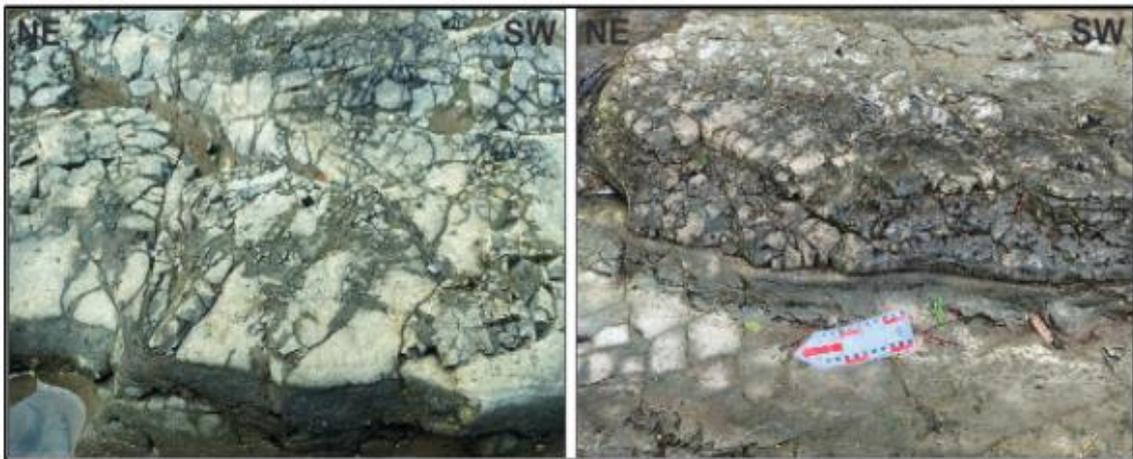
Gambar 4.2 Foto singkapan B2.1 *Parallel Lamination*



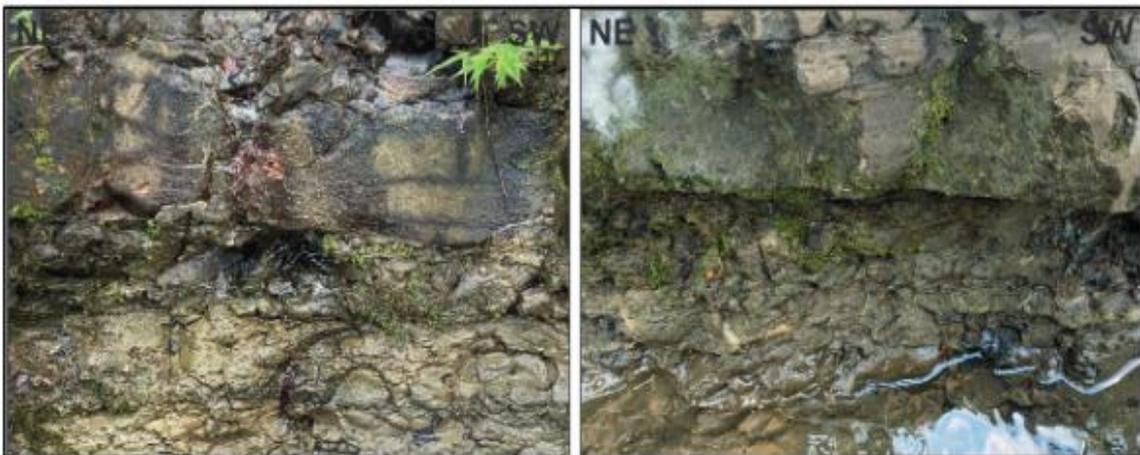
Gambar 4.3 Foto singkapan B2.1 Batupasir *Cross Lamination*



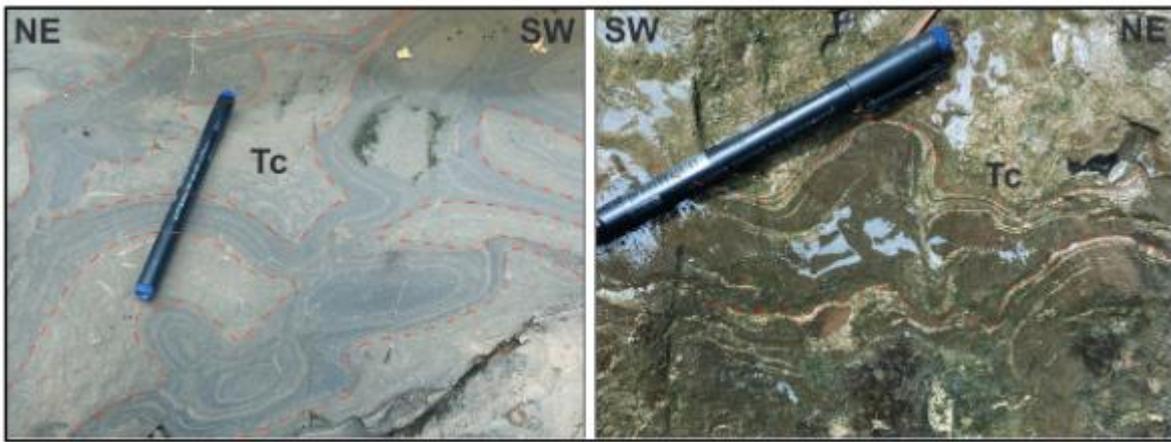
Gambar 4.4 Foto singkapan C2.1 Perselingan batupasir dan batulempung



Gambar 4.5 Foto singkapan D1.1 Batulanau Masif



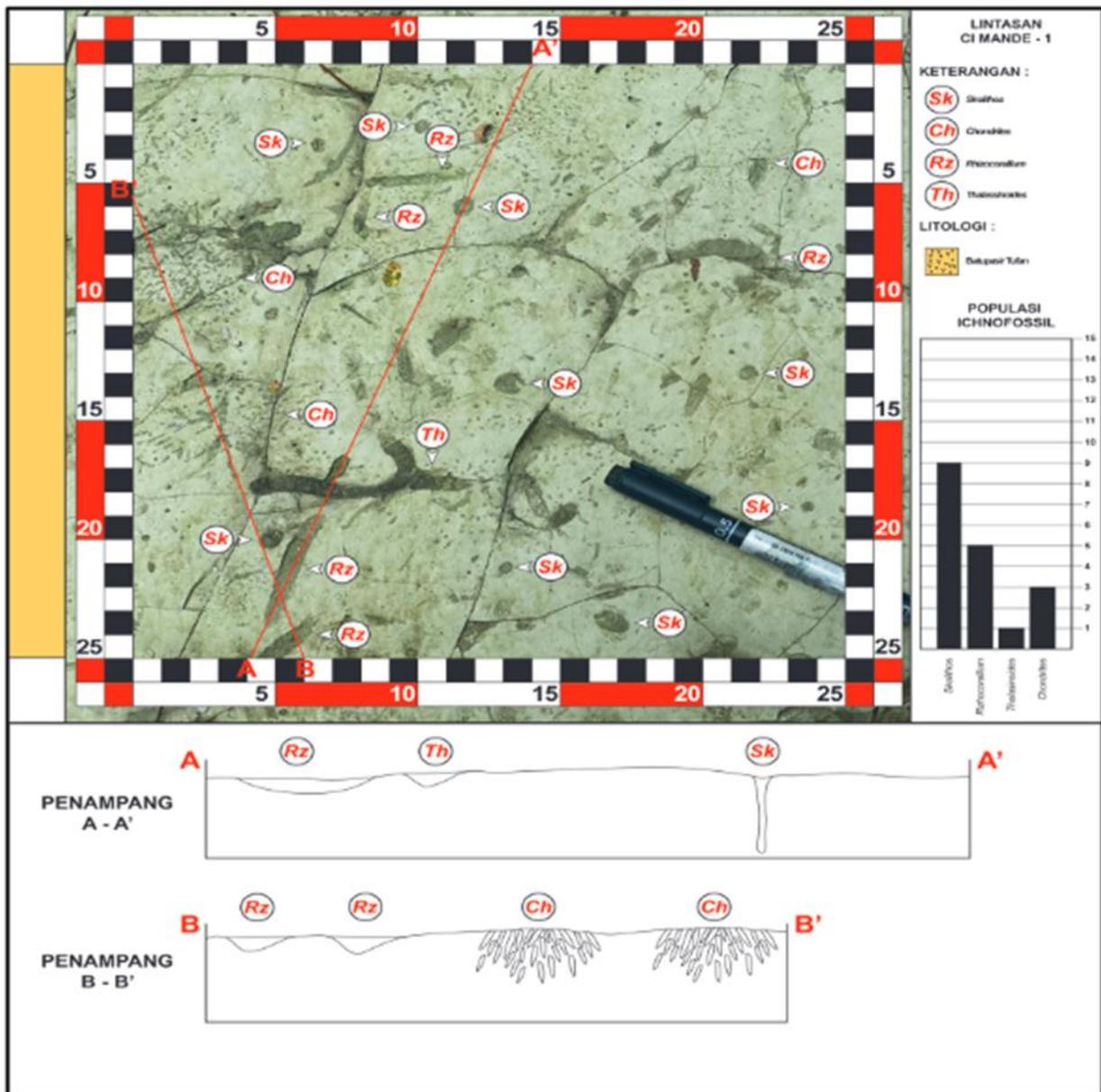
Gambar 4.6 Foto singkapan E1.1 Batulempung



Gambar 4. 7 Foto singkapan F2.1 Endapan Koheren

4.3 Analisis fosil jejak Kali Ci Mande L1.1

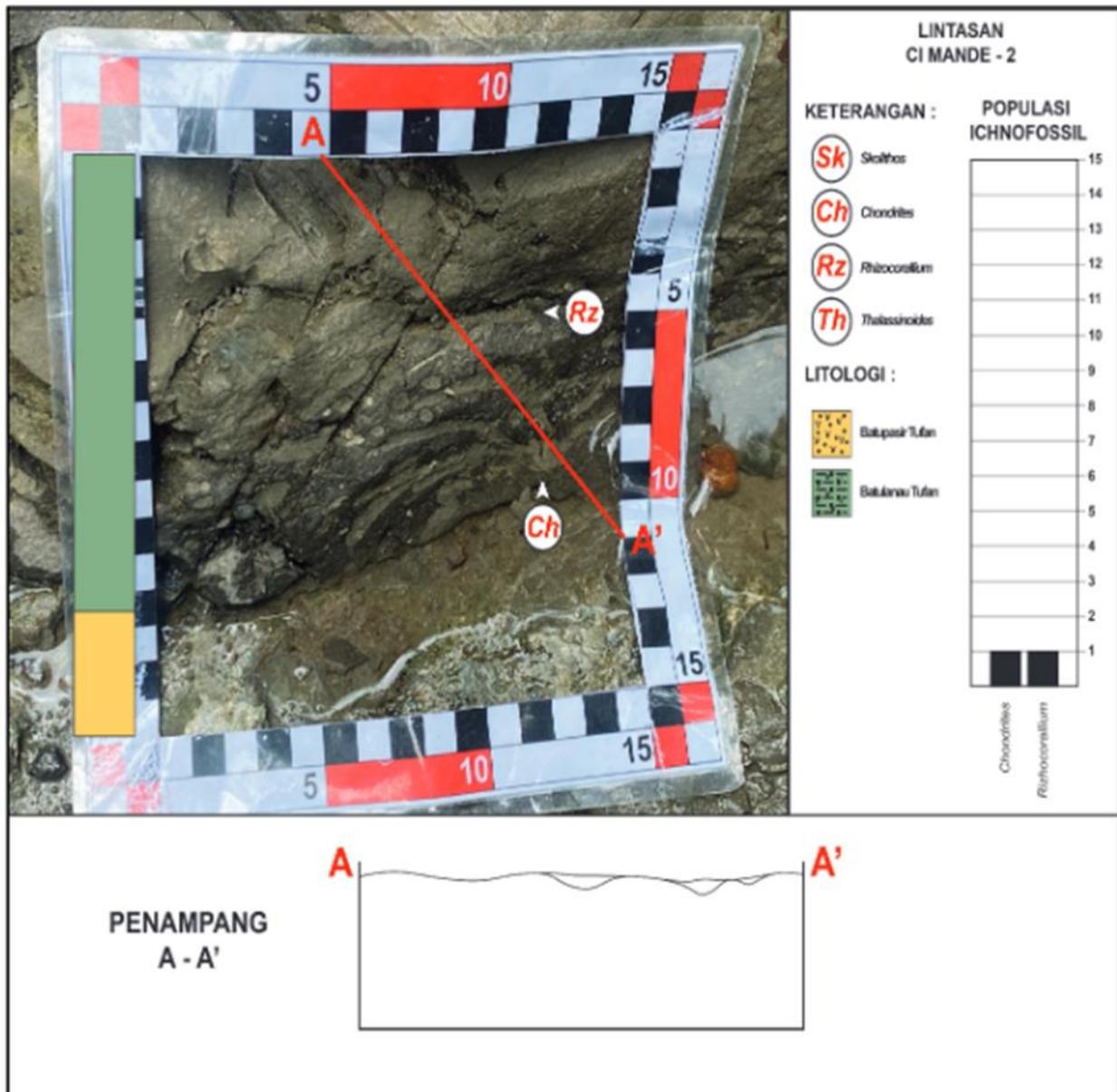
Pada lintasan Kali Ci Mande dengan lokasi L1.1 ditemukan litologi berupa batupasir dengan sifat tufaan, pada lapisan batuan ini terdapat keberadaan fosil jejak dengan 4 variasi dengan beberapa karakteristik, seperti fosil jejak dengan lebar 1 cm, tidak bercabang (unbranched), tipe galian vertical (vertical burrowing) dengan bentuk cylindrical, yang memperlihatkan ethology fugichnia, menunjukkan perilaku organisme menerobos keatas karena terdapat pergerakan sedimen yang cepat sehingga organisme tersebut mencari jalan keluar (escape), fosil jejak ini merupakan fosil jejak *Skolithos* dengan model pengawetan epirelief, kemudian didapatkan kenampakan fosil jejak dengan Panjang 7 cm dan lebar 2 cm, bercabang (branched), tipe galian complex (complex burrowing) dengan bentuk boxwork, fosil jejak ini merupakan fosil jejak *Thalassinoides* dengan model pengawetan epirelief, kemudian terdapat juga fosil jejak dengan diameter 7 cm dan memiliki kenampakan akar (root like), tipe galian complex (complex burrowing), fosil jejak ini adalah fosil jejak *Chondrites* dengan model pengawetan epirelief. Kemudian terdapat fosil jejak dengan Panjang 8 cm dengan lebar 1,5 cm, memiliki tipe galian horizontal (horizontal burrowing) dengan bentuk laminar, tidak memiliki cabang (unbranched), fosil jejak ini adalah fosil jejak *Rhizocorallium* dengan model pengawetan epirelief (**Gambar 4.8**).



Gambar 4.8 Foto fosil jejak pada Lintasan Kali Ci Mandé L1.1

4.4 Analisis fosil jejak Kali Ci Mandé L1.2

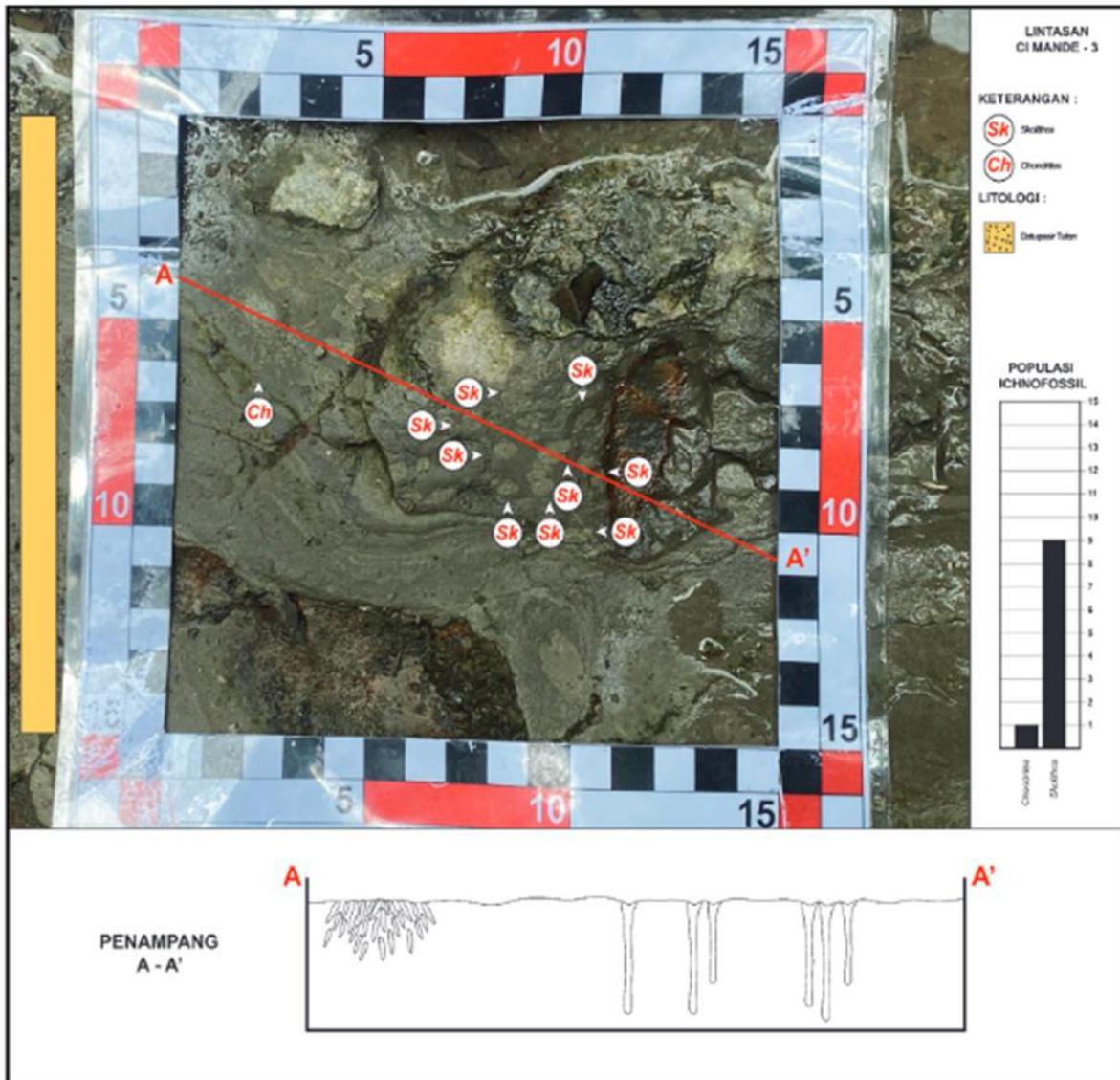
Pada lintasan Kali Ci Mandé dengan lokasi L1.2 ditemukan litologi berupa batulanau dengan sifat tufaan, pada lapisan batuan ini terdapat keberadaan fosil jejak dengan 2 variasi dengan beberapa karakteristik, seperti fosil jejak dengan panjang 7,5 cm dan memiliki kenampakan akar (root like), tipe galian complex (complex burrowing), fosil jejak ini adalah fosil jejak Chondrites dengan model pengawetan hiporelief. Kemudian terdapat fosil jejak dengan Panjang 2 cm dengan lebar 0,5 cm, memiliki tipe galian horizontal (horizontal burrowing) dengan bentuk laminar, tidak memiliki cabang (unbranched), fosil jejak ini adalah fosil jejak Rhizocorallium dengan model pengawetan hiporelief (**Gambar 4.9**).



Gambar 4.9 Foto fosil jejak pada Lintasan Kali Ci Mande L1.2

4.5 Analisis fosil jejak Kali Ci Mande L1.3

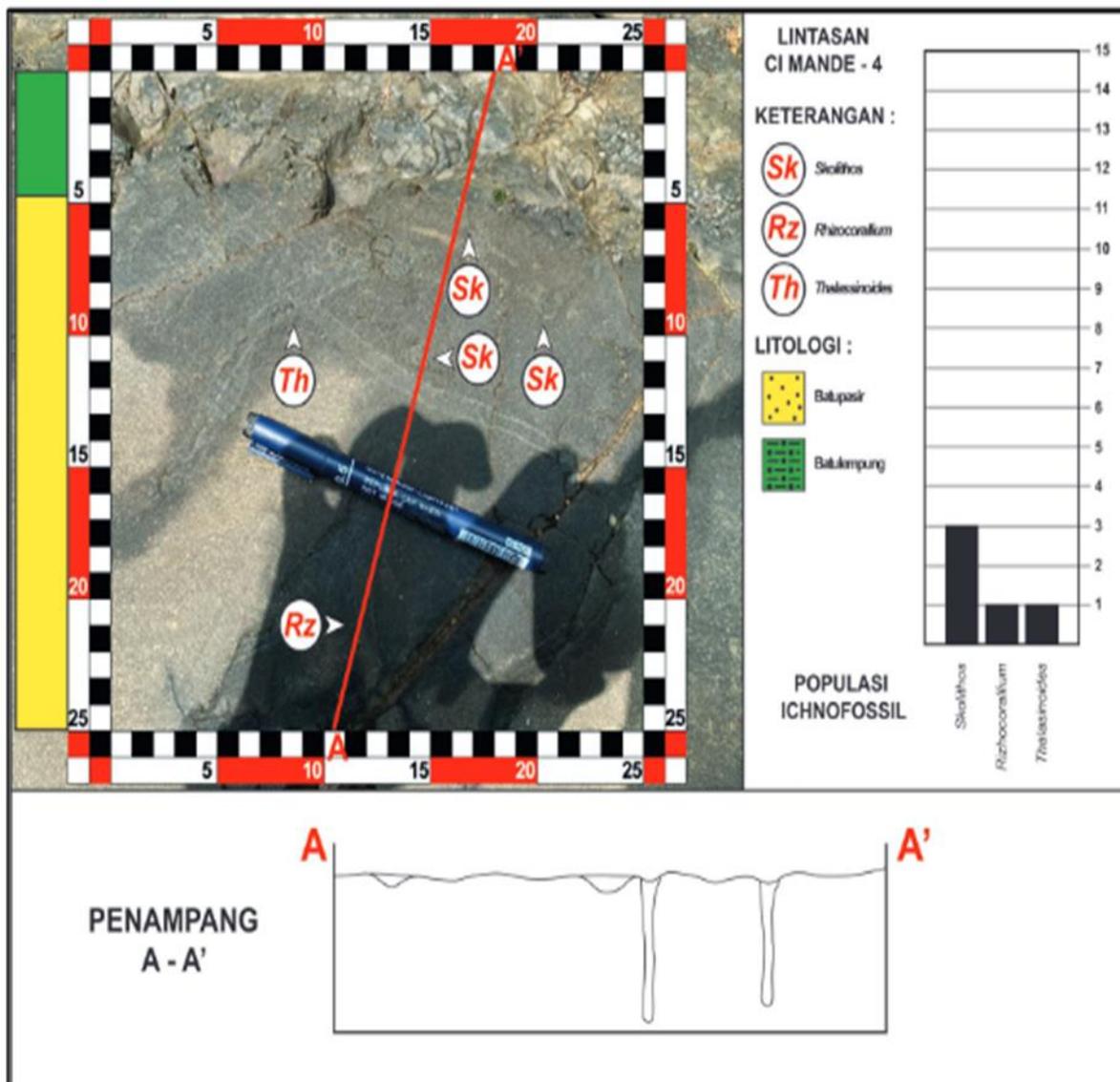
Pada lintasan Kali Ci Mande dengan lokasi L1.3 ditemukan litologi berupa batupasir dengan sifat tufaan, pada lapisan batuan ini terdapat keberadaan fosil jejak dengan 2 variasi dengan beberapa karakteristik, seperti fosil jejak dengan lebar 0,5 cm, tidak bercabang (unbranched), tipe galian vertical (vertical burrowing) dengan bentuk cylindrical, yang memperlihatkan ethology fugichnia, menunjukkan perilaku organisme mencari jalan keluar (escape), fosil jejak ini merupakan fosil jejak *Skolithos* dengan model pengawetan epirelief, kemudian terdapat juga fosil jejak dengan diameter 1 cm dan memiliki kenampakan akar (root like), tipe galian complex (complex burrowing), fosil jejak ini adalah fosil jejak *Chondrites* dengan model pengawetan epirelief (**Gambar 4.10**).



Gambar 4.10 Foto fosil jejak pada Lintasan Ci Mande L1.3

4.6 Analisis fosil jejak Kali Ci Mande L1.4

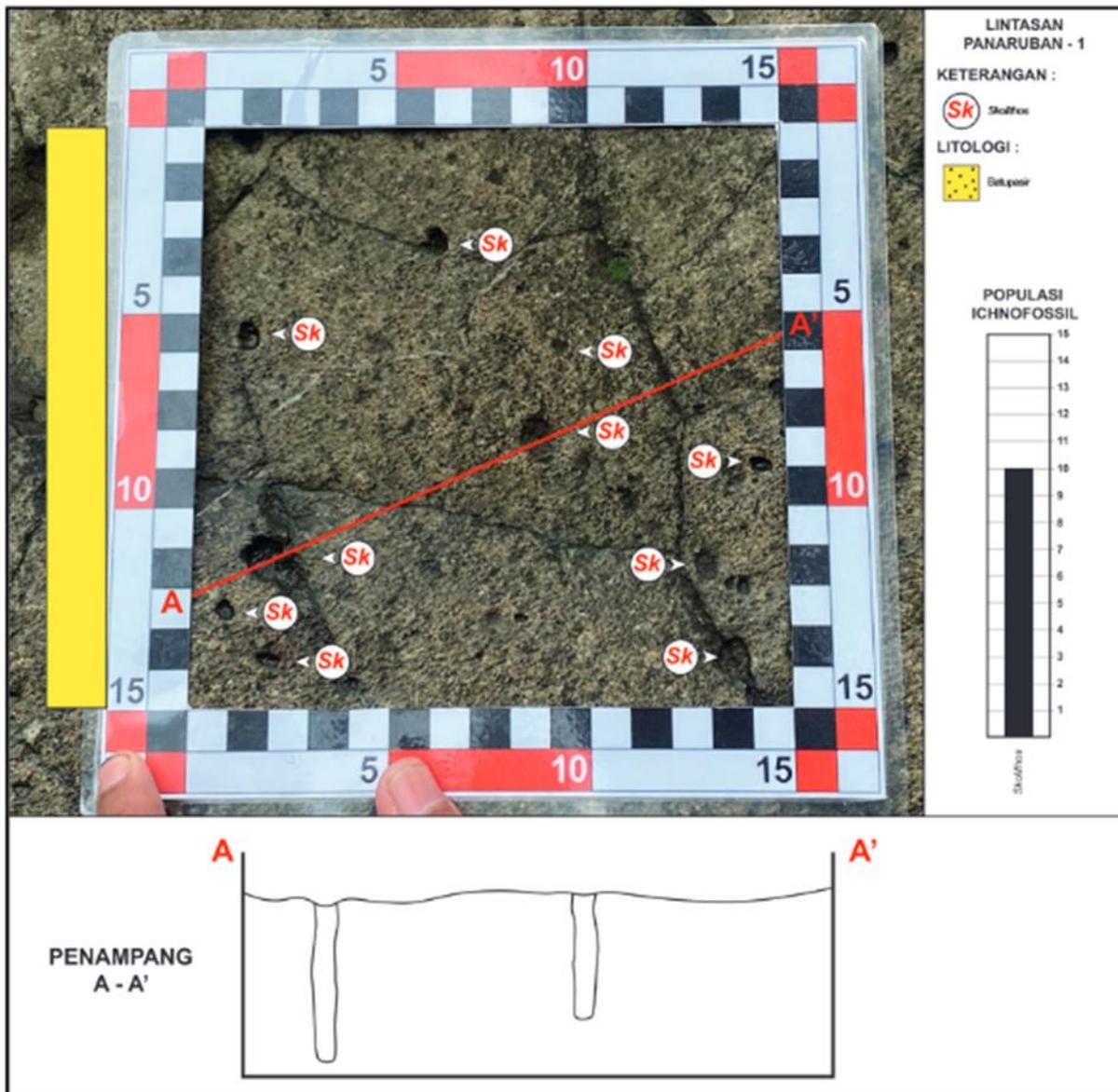
Pada lintasan Kali Ci Mande dengan lokasi L1.3 ditemukan litologi berupa batupasir dengan ukuran butir halus, pada lapisan batuan ini terdapat keberadaan fosil jejak dengan 3 variasi dengan beberapa karakteristik, seperti fosil jejak dengan lebar 0,5 cm, tidak bercabang (unbranched), tipe galian vertical (vertical burrowing) dengan bentuk cylindrical, yang memperlihatkan ethology fugichnia, menunjukkan perilaku organisme menerobos keatas karena terdapat pergerakan sedimen yang cepat sehingga organisme tersebut mencari jalan keluar (escape), fosil jejak ini merupakan fosil jejak Skolithos, kemudian didapatkan kenampakan fosil jejak dengan panjang 15 cm dan lebar 2 cm, bercabang (branched), tipe galian complex (complex burrowing) dengan bentuk boxwork, fosil jejak ini merupakan fosil jejak *Thalassinoides*, Kemudian terdapat fosil-fosil jejak pada Lintasan Ci Mande L1.3 jejak dengan panjang 5 cm dengan lebar 1 cm, memiliki tipe galian horizontal (horizontal burrowing) dengan bentuk laminar, tidak memiliki cabang (unbranched), fosil jejak ini adalah fosil jejak *Rhizocorallium* (**Gambar 4.11**).



Gambar 4.11 Foto fosil jejak pada Lintasan Ci Mande L1.4

4.7 Analisis fosil jejak Kali Panaruban L2.1

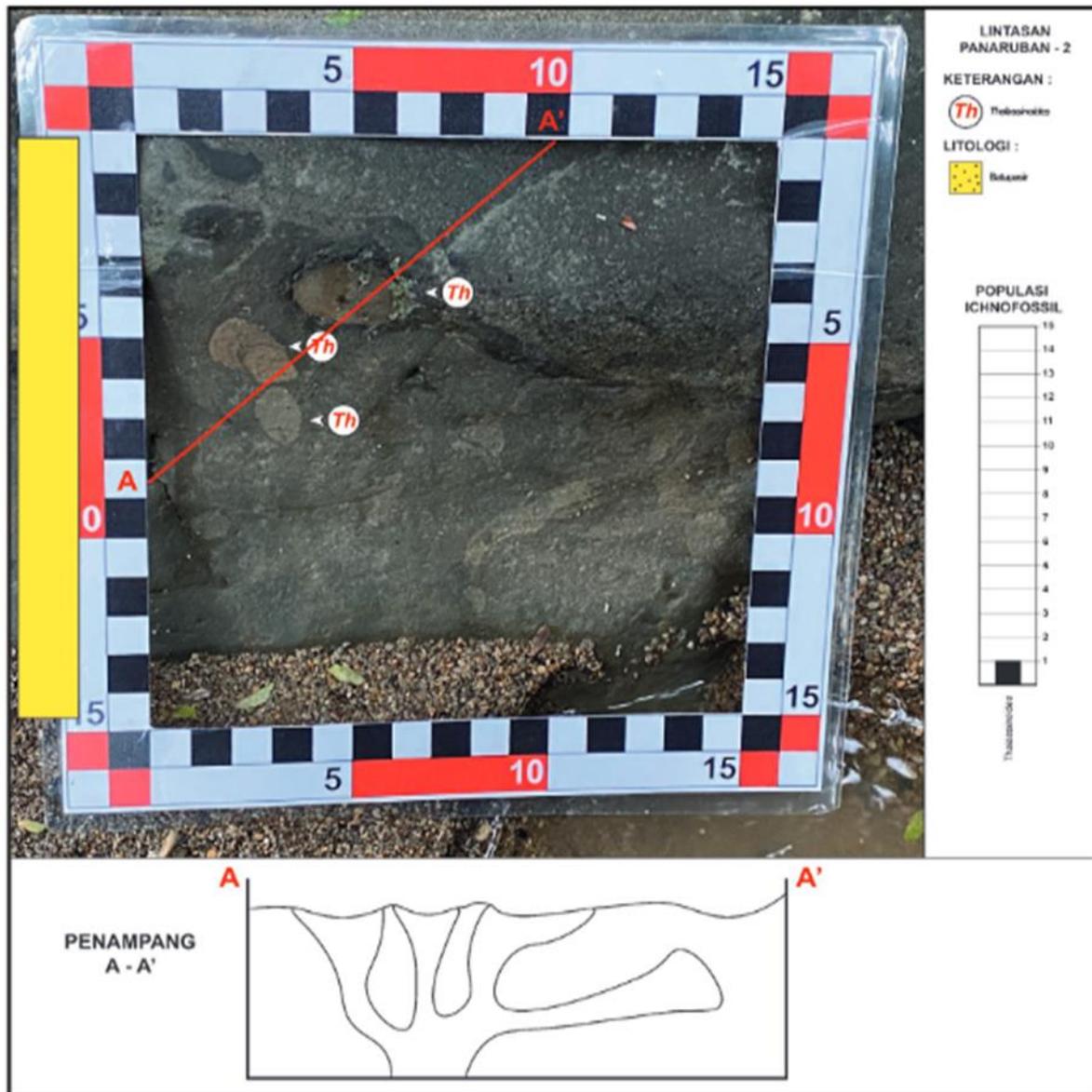
Pada lintasan Kali Panaruban dengan lokasi L2.1 ditemukan litologi berupa batupasir dengan ukuran butir halus, pada lapisan batuan ini terdapat keberadaan fosil jejak yang memiliki karakteristik, seperti fosil jejak dengan lebar 1 cm, tidak bercabang (unbranched), tipe galian vertical (vertical burrowing) dengan bentuk cylindrical, yang memperlihatkan ethology fugichnia, menunjukkan perilaku organisme mencari jalan keluar akibat sedimentasi terlalu cepat (escape), fosil jejak ini merupakan fosil jejak Skolithos dengan model pengawetan epirelief (**Gambar 4.12**).



Gambar 4.12 Foto fosil jejak pada Lintasan Kali Panaruban L2.1

4.8 Analisis fosil jejak Kali Panaruban L2.2

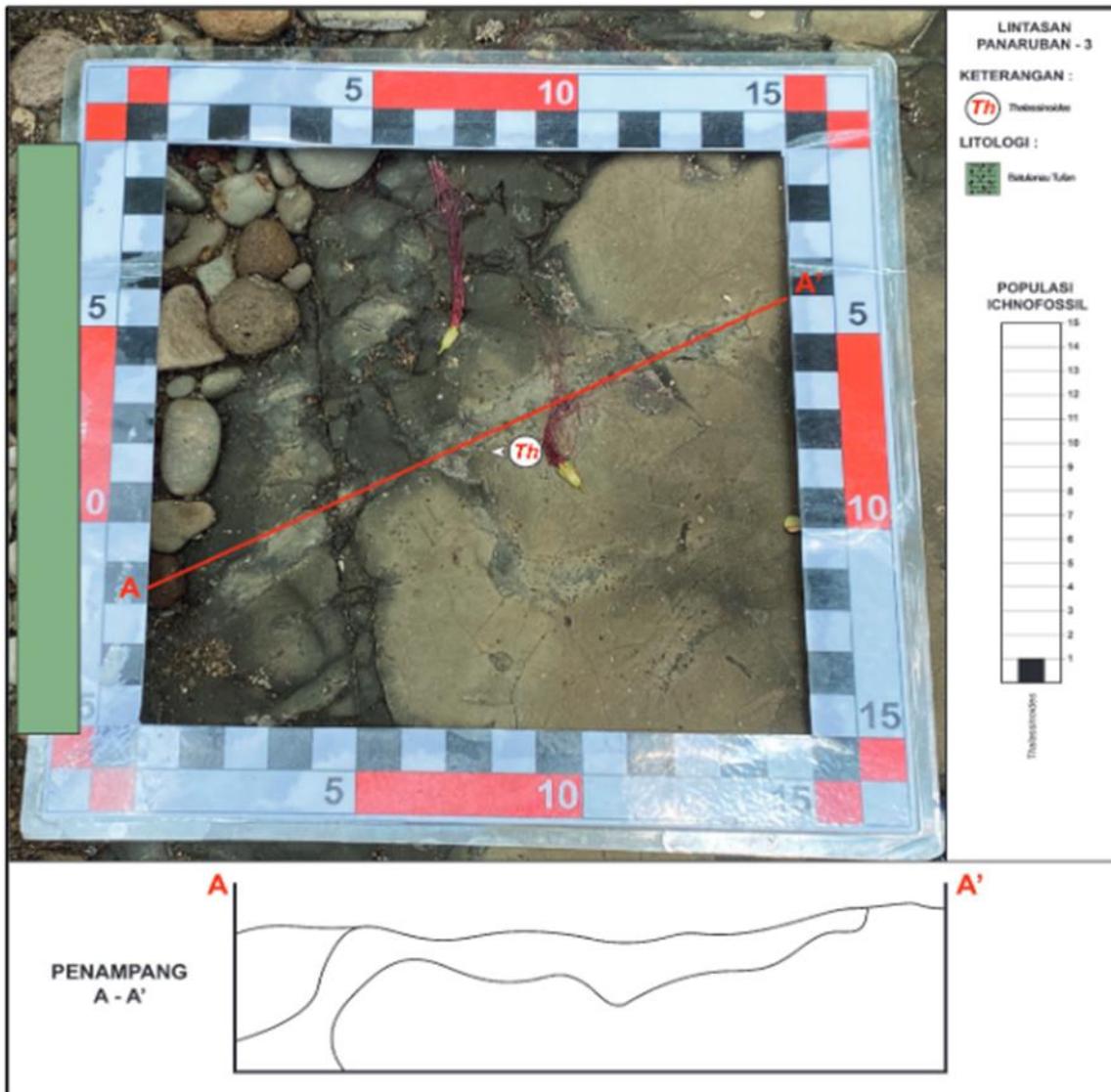
Pada lintasan Kali Panaruban dengan lokasi L2.2 ditemukan litologi berupa batupasir dengan ukuran butir halus, pada lapisan batuan ini terdapat keberadaan fosil jejak yang memiliki karakteristik, seperti fosil jejak dengan lebar 3 cm, bercabang (branched), tipe galian complex (complex burrowing) dengan bentuk boxwork, fosil jejak ini merupakan fosil jejak *Thalassinoides* dengan model pengawetan hiporelief (**Gambar 4.13**).



Gambar 4.13 Foto fosil jejak pada Lintasan Kali Panaruban L2.2

4.9 Analisis fosil jejak Kali Panaruban L2.3

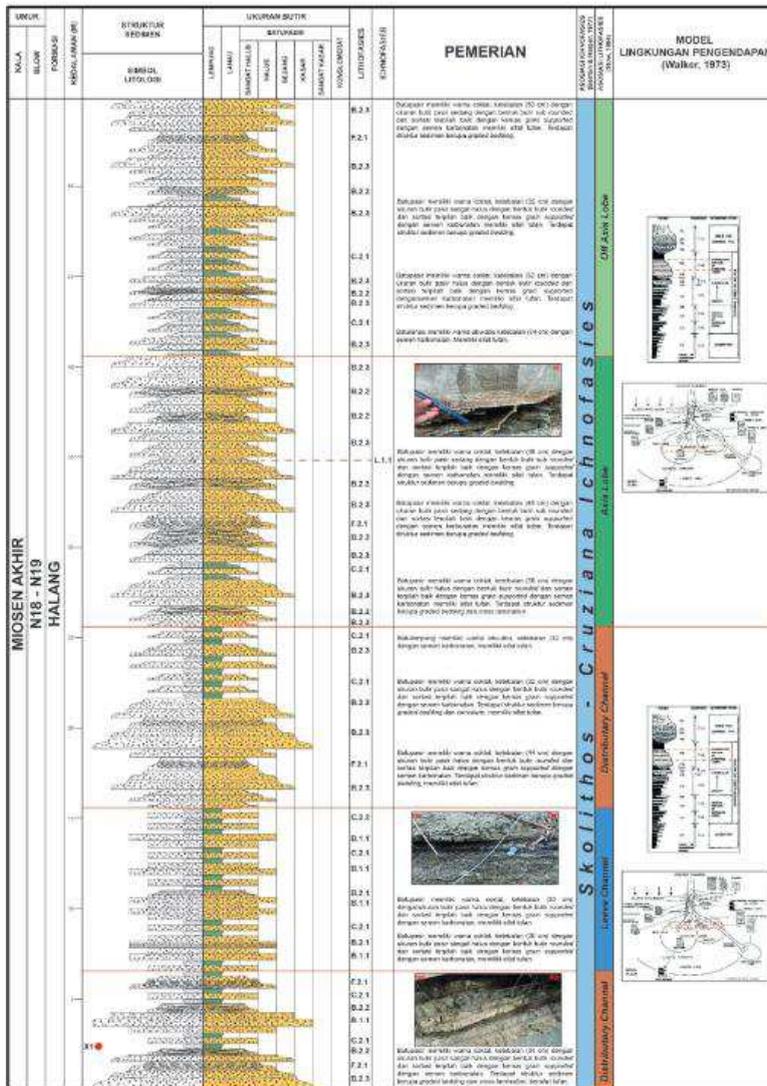
Pada lintasan Kali Panaruban dengan lokasi L2.3 ditemukan litologi berupa batulanau dengan sifat tufan, pada lapisan batuan ini terdapat keberadaan fosil jejak yang memiliki karakteristik, seperti fosil jejak dengan lebar 2 cm, bercabang (branched), tipe galian complex (complex burrowing) dengan bentuk boxwork, fosil jejak ini merupakan fosil jejak *Thalassinoides* dengan model pengawetan epirelief (**Gambar 4.14**).



Gambar 4.14 Foto fosil jejak pada Lintasan Kali Panaruban L2.3

4.10 Kolom Stratigrafi Kali CI Mandé

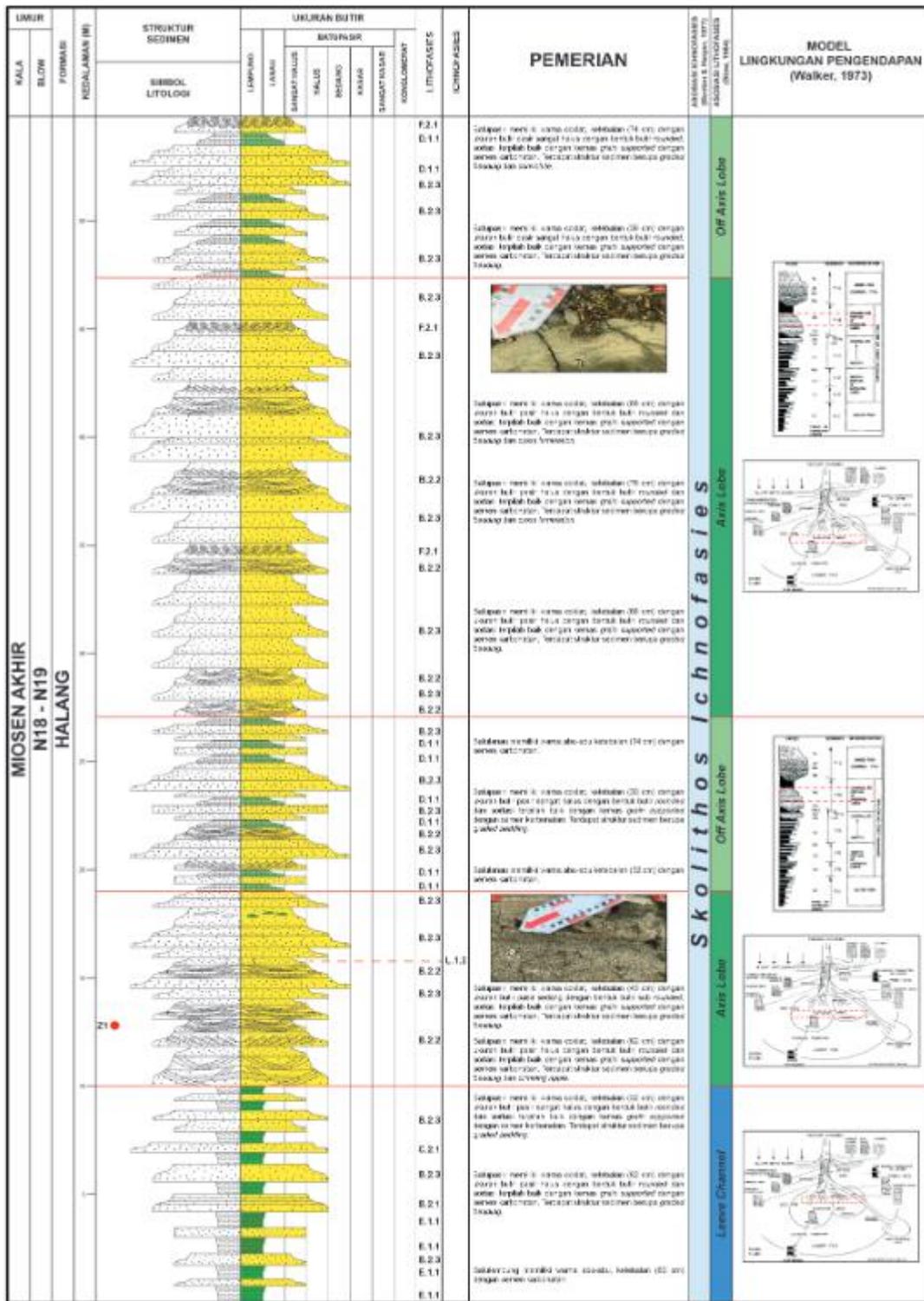
Lintasan Kali Ci Mandé berada pada daerah Selatan dari daerah penelitian, ketebalan dari lintasan ini adalah 450 m dengan terdiri dari 4 lokasi sampel fosil jejak, 3 lokasi sampel untuk analisis petrografi. Pada lintasan Kali Ci Mandé ini didominasi oleh litologi batupasir dengan warna kuning kecoklatan memiliki ukuran butir sangat halus hingga kasar, memiliki bentuk butir rounded hingga sub angular, dengan kedudukan $N 70^{\circ} E / 30^{\circ}$, lintasan Kali Ci Mandé terusun atas litofasies B1.1 Batupasir masif, B2.1 Batupasir paralel laminasi, B2.2 Batupasir silang siur, C2.1 Perselingan batupasir dan batulempung, D1.1 Batulanau masif, E1.1 Batulempung dan F2.1 Endapan koheren. Pada lintasan ini ditemukan juga beberapa kenampakan struktur sedimen seperti *graded bedding*, *parallel lamination*, *cross lamination*, *climbing ripple* dan *convolute* **Gambar 4.15**.



Gambar 4.15 Kolom Stratigrafi Lintasan Kali Ci Mande 0 - 55 m

4.11 Kolom Stratigrafi Kali Panaruban

Lintasan Kali Panaruban berada pada daerah Selatan dari daerah penelitian, ketebalan dari lintasan ini adalah 475 m dengan terdiri dari 4 lokasi sampel fosil jejak, 3 lokasi sampel untuk analisis petrografi. Pada lintasan Kali Panaruban ini didominasi oleh litologi batupasir dengan warna kuning kecoklatan memiliki ukuran butir sangat halus hingga kasar, memiliki bentuk butir rounded hingga sub angular, dengan kedudukan $N 30^{\circ} E / 30^{\circ}$, lintasan Kali Ci Mande terusun atas litofasies B1.1 Batupasir masif, B2.1 Batupasir paralel laminasi, B2.2 Batupasir silang siur, C2.1 Perselingan batupasir dan batulempung, D1.1 Batulanau masif, E1.1 Batulempung dan F2.1 Endapan koheren. Pada lintasan ini ditemukan juga beberapa struktur sedimen seperti *graded bedding*, *parallel lamination*, *wave ripple cross stratification*, *swaley cross stratification*, *water escape*, *cross lamination*, *climbing ripple* dan *convolute* Gambar 4.16.



Gambar 4.16 Kolom Stratigrafi Lintasan Kali Panaruban 0 - 55 m

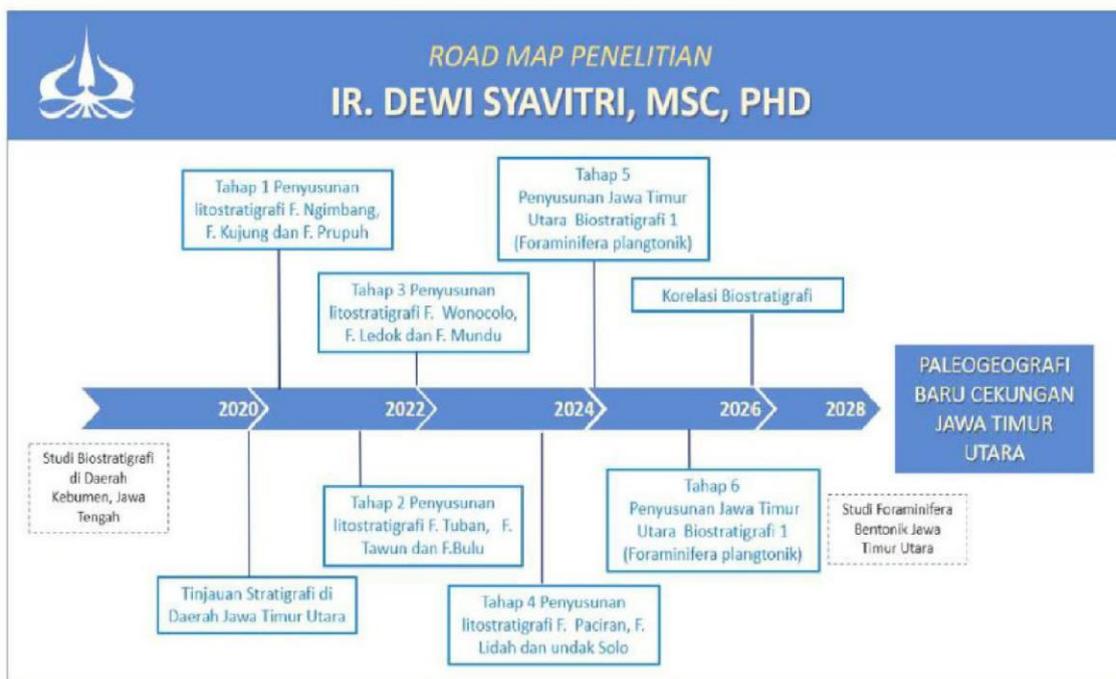
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil korelasi dari 2 lintasan stratigrafi terukur dapat diinterpretasikan bahwa material sedimen berasal dari 2 arah yang berbeda yaitu arah utara dan selatan, hal ini dapat dilihat dari fasies distributary channel dan levee channel pada kedua lintasan, kemudian fasies yang ada pada setiap lintasan mengalami perulangan pengendapan dengan mekanisme turbidit, perulangan ini dapat dilihat pada bagian fasies off axis lobe yang merupakan bagian dari fasies lobe dengan memiliki karakteristik litologi berupa sedimen halus akibat transportasi sedimen secara suspension, fasies ini berada paling jauh dari slope tetapi setelah fasies ini terendapkan kembali terendapkan fasies levee channel, fasies levee channel ini merupakan fasies dengan karakteristik sedimen-sedimen halus yang berada pada bagian channel, hal ini menunjukkan pengendapan yang terjadi pada daerah penelitian memiliki mekanisme turbidit terjadi berulang kali sehingga menunjukkan adanya perulangan fasies pada daerah penelitian. Mekanisme turbidit ini dapat berlangsung berulang kali selama suplai sedimen tertransportasi hingga ke bagian slope dan selanjutnya terjadi longsor dan mengakibatkan arus turbidit terbentuk.

DAFTAR PUSTAKA

- Callow, R. H. T., McIlroy, D., Ca, D., Kneller, B., Dykstra, M., & Edu, M. (2014). *Ichnology of continental slope--channel systems: Biological, sedimentological and petroleum geological perspectives*.
- Harun Satyana, A., & Armandita, C. (2004). *Deepwater Plays Of Java, Indonesia: Regional Evaluation On Opportunities And Risks*.
- Herdiansyah, F., Burhannudinnur, M., & Syavitri, D. (2021). An unique of the late Miocene turbidite succession in Brebes and Banyumas central Java. *AIP Conference Proceedings*, 2363. <https://doi.org/10.1063/5.0065526>
- Kastowo and Suwarna. (1996). Geological Research and Development Center, 2nd Edition, Bandung
- Lunt, P., Burgon, G., & Baky, A. (2009). The Pemali Formation of Central Java and equivalents: Indicators of sedimentation on an active plate margin. *Journal of Asian Earth Sciences*, 34(1), 100–113. <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2008.03.006>
- Muhaldiyono. (1973). *Petroleum Possibilities Of The Banyumas Area*.
- Oryzavica, V., Aulia, K. N., Hendrawan, R. N., & Chandra, A. (2016). *What happen in Banyumas Basin ? An Overview of Geological Condition in Cipari Area. 2016(GIC)*.
- Permana., Putra., Ismayanto., Setiawan., Hendrizan., Ma'ruf. M. (2011). Geo-Sciences.
- Purwasatriya, E. B., Surjono, S. S., & Amijaya, D. H. (2018a). Oligocene-Pleistocene Paleogeography within Banyumas Basin and implication to petroleum potential. *Digital Press Physical Sciences and Engineering*, 1, 00006. <https://doi.org/10.29037/digitalpress.11272>
- Purwasatriya, E. B., Surjono, S. S., & Amijaya, D. H. (2018b). Oligocene-Pleistocene Paleogeography within Banyumas Basin and implication to petroleum potential. *Digital Press Physical Sciences and Engineering*, 1, 00006. <https://doi.org/10.29037/digitalpress.11272>
- Purwasatriya, E. B., Surjono, S. S., & Amijaya, D. H. (2019). New paradigm to understanding turbidite sediment in Banyumas basin. *AIP Conference Proceedings*, 2094(April), 1–9. <https://doi.org/10.1063/1.5097478>
- Satyana, A. H. (2007). *Central Java, Indonesia-A "Terra Incognita" In Petroleum Exploration: New Considerations On The Tectonic Evolution And Petroleum Implications*.
- Uchman, A., & Wetzel, A. (2011). Chapter 8 - Deep-Sea Ichnology: The Relationships Between Depositional Environment and Endobenthic Organisms. *Developments in Sedimentology Deep-Sea Sediments*, 63, 517–556. [https://doi.org/10.1016/S0070-4571\(11\)63008-2](https://doi.org/10.1016/S0070-4571(11)63008-2)
- Walker, R. G. and N.P. James. (1992). Geological Association of Canada Publication, Bussiness and Economic Service, Canada, 239-263.

LAMPIRAN 1. ROAD MAP PENELITIAN



ROAD MAP PENELITIAN MUD VOLCANO

Dr. Ir. M. Burhannudinnur, M.Sc, IPM
Teknik Geologi FTKE Universitas Trisakti Jakarta



Penelitian

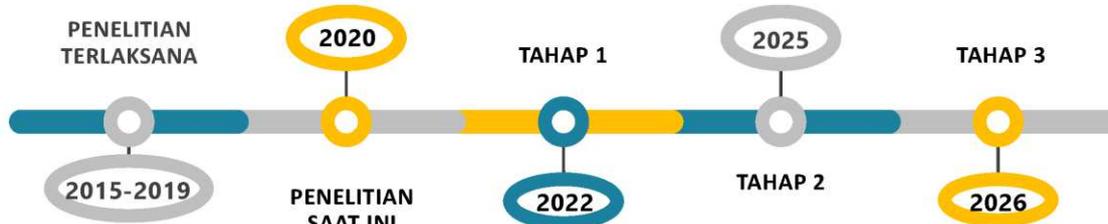
Lapangan dan Laboratorium Mud Volcano	Karakter permukaan dan bawah permukaan mud volcano	Potensi migas dan resiko bencana Mud Volcano	Impact Mud volcano pada lingkungan, Energi fosil non konvensional
---------------------------------------	--	--	---

Publikasi/Seminar

- | | | | |
|--|--|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> Mud volcano Kradenan Pemodelan hele shaw mud volcano Anomali velocity skstem Mud volcano | <ul style="list-style-type: none"> East Java Mud volcano Storage Capacity material mud volcano | <ul style="list-style-type: none"> Mud Gas Play Potensi bencana Kradenan mud volcano Prediksi potensi mud volcano | <ul style="list-style-type: none"> Impact Lingkungan Mud volcano Buku Tentang mud volcano Volumetric prediction for mud gas play |
|--|--|--|---|



- Facies, Diagenesis And, Styolite Analysis On Carbonate Reservoir, Case Study: Rajamandala Formation*
<https://archivus.datageo.com/doi/10.18517/ijaset.9.2.7573>
- The unique effect of internal pore characteristics on P-wave velocity variations and rock quality*
<http://sersc.org/journals/index.php/UJAST/article/view/4133>
- Socialization Of Coral Reef Sustainability In Pari Cay, Seribu Islands*
<https://trijurnal.lemlit.trisakti.ac.id/jamin>
- High Resolution Exploration and Development for Carbonate Reservoir (Target Publikasi Terindeks Scopus)*
- Ekplorasi bahan galian industri batuan Karbonat
- Sosialisasi Cinta Terumbu Karang untuk Kehidupan



- Paleontology and Petrology of Late Paleozoikum Age in West Sumatra of Silungkang Formation*
<http://sersc.org/journals/index.php/UJAST/article/view/7344>
- The Mid Mioene Climatic Optimum (MMCO) Indication at Low Latitude Sediment. Case Study: The Mioene Cibulakan Formation, Bogor Basin*
<https://doi.org/10.18517/ijaset.9.2.7573>

- Quaternary – Recent Reef Facies Model in Seribu Islands – Jakarta Bay, DKI Jakarta. International Journal of Multidisciplinary Research and Publications ISSN (Online): 2581-6187*
- New Insight of Surface and Subsurface Sedimentology of Salodak Group, Banggai Basin*
<http://doi.10.1088/1755-1315/8/12/112020>

- Diagenesis Dan Paragenesis Pada Batuan Reservoir Karbonat Berumur Miosen Di Cekungan Jawa Barat Utara*
- Geologi Kuartar: Genesa Geologi Jakarta Sebagai Kota Teluk (Bay City) Dan Implikasinya*

- Korelasi Batuan Karbonat modern dan purba Indonesia*
- Surface to Subsurface analog: Carbonate reservoir Indonesia Barat (Target Publikasi terindeks Scopus)*

PETA JALAN PENELITIAN

Dr. Ir. Moehammad Ali Jambak, MT

LAMPIRAN 2. LUARAN PENELITIAN

LUARAN 1 :

Kategori Luaran : Hak Kekayaan Intelektual

Status : Tercatat

Jenis HKI : Hak Cipta

Nama HKI : Depositional system of Halang Formation from Ci Mande and Panaruban River outcrop: an interpretive based on lithofacies and trace fossil

LUARAN 2 :

Kategori Luaran : Publikasi di Conference Series Bereputasi

Status : Terbit

Tingkat Forum Ilmiah : Internasional

Nama Conference : ICEMINE 6th

Lembaga Penyelenggara : International Conference on Earth Science, Mineral, and Energy (5th Icemine) 2022

Tempat Penyelenggaraan : UNPYV

Tanggal Penyelenggaraan : 23/11/2023 - 23/05/2024

Lembaga Pengindek : Scopus

Url Website Conference : <https://icemine.id/>

Judul Artikel : Depositional system of Halang Formation from Ci Mande and Panaruban River outcrop: an interpretive based on lithofacies and trace fossil