TUGAS AKHIR – RF184838

ANALISIS LINGKUNGAN PENGENDAPAN SITUS KUMITIR DENGAN METODE MEASURED STRATIGRAPHY

IZEDDIN AHMAD HUSAINI
NRP. 03411640000035

Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Amien Widodo, MS
NIP. 19591010 198803 1002

Juan Pandu Gya Nur Rochman S.Si, MT
NIP. 19890612 220150 1003

DEPARTEMEN TEKNIK GEOFISIKA
Fakultas Teknik Sipil Perencanaan dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2021

TUGAS AKHIR – RF184838

ANALISIS LINGKUNGAN PENGENDAPAN SITUS KUMITIR DENGAN METODE MEASURED STRATIGRAPHY

IZEDDIN AHMAD HUSAINI
NRP. 03411640000035

Dosen Pembimbing
1. Dr. Ir. Amien Widodo, MS
   NIP. 19591010 198803 1002
2. Juan Pandu Gya Nur Rochman S.Si, MT
   NIP. 19890612 220150 1003

Departemen Teknik Geofisika
Fakultas Teknik Sipil Perencanaan dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2021

Halaman ini sengaja dikosongkan

FINAL PROJECT – RF184838

ANALYSIS SEDIMENTARY ENVIRONMENT OF KUMITIR ARCHAEOLOGICAL SITE USING MEASURED STRATIGRAPHY

IZEDDIN AHMAD HUSAINI
NRP. 03411640000035

Supervisor

2. Dr. Ir. Amien Widodo, MS
   NIP. 19591010 198803 1002
3. Juan Pandu Gya Nur Rochman S.Si, MT
   NIP. 19890612 220150 1003

Geophysical Engineering Department
Faculty of Civil, Environmental and Geo Engineering
Institute Technology of Sepuluh Nopember
Surabaya 2021

Halaman ini sengaja dikosongkan

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan oleh

Nama : Izeddin Ahmad Husaini
NRP : 03411640000035
Departemen : Teknik Geofisika
Judul Tugas Akhir : Analisis Lingkungan Pengendapan Situs Kumitir Dengan Metode *Measured Stratigraphy*

Telah berhasil dipertahankan di hadapan tim penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Departemen Teknik Geofisika, Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Surabaya, 4 Maret 2021

1. ……
Dr. Ir. Amien Widodo. MS. (Pembimbing I)
NIP. 19591010 198803 1002

2. …….....
Juan Pandu Gya Nur Rochman S.Si, MT (Pembimbing II)
NIP. 19890612 220150 1003

3. ……
Anik Hilyah, M.T. (Penguji I)
NIP. 19790813 200812 2 002

4. ……
Moh. Singgih Purwanto, S.Si., M.T. (Penguji II)
NIP. 19800916 200912 1 002

Mengetahui,
Kepala Departemen Teknik Geofisika
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Dr. Dwa Desa Warnana, S.Si., M.Si.
NIP. 19760123 200003 1001

Halaman ini sengaja dikosongkan

PERNYATAAN KEASLIAN
TUGAS AKHIR

Saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan tugas akhir saya dengan judul "**Analisis Lingkungan Pengendapan Situs Kumitir Dengan Metode *Measured Stratigraphy***" adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka.

Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, 4 Maret 2021

Izeddin Ahmad Husaini

NRP. 0341 16 40000 035

Halaman ini sengaja dikosongkan

Analisis Lingkungan Pengendapan Situs Kumitir dengan Metode Measured Stratigraphy

Nama Mahasiswa	: Izeddin Ahmad Husaini
NRP	: 03411640000035
Departemen	: Teknik Geofisika FTSPK-ITS
Pembimbing	: 1. Dr. Ir. Amien Widodo, MS
	2. Juan Pandu Gya Nur Rochman S.Si, MT

ABSTRAK

Situs arkeologi berupa struktur batubata yang diduga sebagai peninggalan dari zaman Kerajaan Majapahit ditemukan di Desa Kumitir, Kecamatan Jatirejo, Kabupaten Mojokerto. Kondisi situs yang sebelumnya terkubur menimbulkan pertanyaan mengenai penyebab terkuburnya situs tersebut. Oleh sebab itu diperlukan pendekatan teknis yang memanfaatkan ilmu kebumian untuk membantu perekonstruksian peristiwa masa lampau salah satunya dengan analisis lingkungan pengendapan menggunakan metode stratigrafi terukur. Penelitian ini menggunakan data primer dari pengukuran stratigrafi terukur. Pengukuran dilakukan menggunakan metode *vertical profiling* pada 14 singkapan yang tersebar di area situs. Data hasil pengukuran berupa kolom stratigrafi terukur yang meliputi ketebalan, litologi, *grain size*, deskripsi batuan yang mencakup nama batuan, warna, tekstur, dan struktur, koordinat singkapan dan foto singkapan. Digitalisasi menggunakan perangkat lunak SedLog 3.1 dan Paint 3D. Data yang telah didapat dimodelkan dalam 2-D dan 3-D dengan software RockWorks15 untuk mendapatkan penampang korelasi antar titik pengukuran dan mengetahui persebaran batuan. Selanjutnya dilakukan analisis fasies untuk setiap titik pengukuran. Pembagian fasies pada penelitian ini menggunakan pendekatan yang mengacu pada Miall (1978). Fasies-fasies yang dihasilkan akan dianalisis lebih lanjut untuk ditentukan asosiasi fasiesnya dan menghasilkan interpretasi lingkungan pengendapan. hasil stratigrafi terukur, litologi di area Situs Kumitir terdiri dari batupasir (fine sand, medium sand, dan coarse sand), batulempung, konglomerat, dan tuff. Dari pembagian fasies berdasarkan Miall, didapatkan 7 fasies yaitu Gmg, Gt, Gh, Sm, St, Sp, Fm, serta satu fasies T serta 3 asosiasi fasies yaitu SG (Sediment Gravity Flows), FF (Floodplain), dan CH (Channel). Lingkungan pengendapan di Situs Kumitir diinterpretasikan merupakan lingkungan fluvial berupa endapan kipas aluvial.

Kata Kunci: geoarkeologi, stratigrafi terukur, lingkungan pengendapan, Situs Kumitir

Halaman ini sengaja dikosongkan

Analysis Sedimentary Environment of Kumitir Archaeological Site Using Measured Stratigraphy

Nama Mahasiswa	: Izeddin Ahmad Husaini
NRP	: 03411640000035
Departemen	: Teknik Geofisika FTSPK-ITS
Pembimbing	: 1. Dr. Ir. Amien Widodo, MS
	2. Juan Pandu Gya Nur Rochman S.Si, MT

ABSTRACT

Archaeological sites in the form of brick structures that are thought to be relics from the majapahit era were found in Kumitir Village, Jatirejo District, Mojokerto Regency. The condition of the previously buried site raises questions about the cause of the site's burial. Therefore, a technical approach is needed that utilizes earth sciences to help the construction of past events, one of which is by environmental analysis of deposition using measurable stratigraphy methods. This study used primary data from measurable stratigraphic measurements. Measurements are carried out using vertical profiling method on 14 outs scattered in the site area. Data of measurement results in the form of measurable stratigraphy column that includes thickness, lithology, grain size, description of rocks that include the name of rocks, color, texture, and structure, coordinates of outcrops and photos. Digitization using SedLog 3.1 and Paint 3D software. The data obtained is modeled in 2-D and 3-D with RockWorks 15 software to get a cross-section of correlation between measurement points and know the distribution of rocks. Furthermore, fasies analysis is carried out for each point of measurement. The division of facies in this study uses an approach that refers to Miall (1978). The resulting facies will be further analyzed to determine the association of their facies and produce an interpretation of the precipitation environment. measurable stratigraphy results, lithology in the area of Kumitir Site consists of sandstone (fine sand, medium sand, and coarse sand), clay stone, conglomerate, and tuff. From the division of fasies based on Miall, obtained 7 fasies namely Gmg, Gt, Gh, Sm, St, Sp, Fm, and one fasies T and 3 fasies associations namely SG (Sediment Gravity Flows), FF (Floodplain), and CH (Channel). The deposition environment at kumitir site is interpreted as fluvial environment in the form of alluvial fan deposits.

Keywords: geoarchaeology, measured stratigraphy, sedimentary environment, Kumitir Site

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat meyelesaikan penyusunan tugas akhir yang berjudul: **Analisis Lingkungan Pengendapan Situs Kumitir dengan Metode *Measured Stratigraphy***. Tugas akhir ini ditulis sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program pendidikan Strata Satu Teknik Geofisika ITS Surabaya.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini dapat diselesaikan berkat dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis berterima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan kontribusi dalam penyelesaian tugas akhir ini dan secara khusus penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Allah *Subhanahu wa Ta'ala*
2. Bapak Dr. Ir. Amien Widodo, MS dan Bapak Juan Pandu Gya Nur Rochman S.Si, MT, sebagai pembimbing yang membimbing dan mengarahkan dalam penyusunan tugas akhir ini dari awal hingga tugas akhir ini dapat diselesaikan.
3. Orang tua penulis, yang selalu memberikan dukungan selama penyusunan tugas akhir.
4. Teman-teman tim Kumitir, yang membantu dalam pengambilan data dan selalu memberikan masukan serta bantuan untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
5. Teman-teman dan senior-senior, yang selalu memberikan masukan, bantuan dan kepercayaan untuk menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam tugas akhir ini. Oleh karena itu, kritik dan saran yang sifatnya membangun akan penulis terima dengan senang hati. Semoga tugas akhir ini dapat memberiakn sumbangsih bagi pendidikan yang selalu menghadapi tantangan seiring dengan tuntutan zaman.

Surabaya, 4 Maret 2021

Penulis

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN ..... **V**

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR ..... **VII**

ABSTRAK ..... **IX**

ABSTRACT ..... **XI**

KATA PENGANTAR ..... **XIII**

DAFTAR ISI ..... **XV**

DAFTAR GAMBAR ..... **XVII**

DAFTAR TABEL ..... **XIX**

BAB I PENDAHULUAN **1**

1.1 LATAR BELAKANG 1
1.2 RUMUSAN MASALAH 2
1.3 BATASAN MASALAH 2
1.4 TUJUAN 2
1.5 MANFAAT 2

BAB II TINJAUAN PUSTAKA **3**

2.1 DASAR TEORI 3
2.1.1 Tinjauan Geologi *3*
2.1.2 Situs Kumitir *9*
2.1.3 Metode Stratigrafi Terukur *10*
2.1.4 Prinsip Dasar Stratigrafi *10*
2.2 PENELITIAN TERDAHULU 13

BAB III METODE PENELITIAN **15**

3.1 AKUISISI DATA 15
3.2 PERALATAN 16
3.3 METODE PENELITIAN 17
3.3.1 Tahap Persiapan *17*
3.3.2 Tahap Pengolahan Data *17*

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN **23**

4.1 HASIL PENGOLAHAN 23
4.1.1 Hasil Stratigrafi Terukur *23*
4.1.2 Hasil Korelasi Stratigrafi *24*
4.1.3 Hasil Pemodelan 3-D *29*

4.1.4 Pembagian Fasies *29*
4.2 PEMBAHASAN 31

BAB V SIMPULAN DAN SARAN 37

5.1 KESIMPULAN 37
5.2 SARAN 37

DAFTAR PUSTAKA 38

LAMPIRAN 39

BIOGRAFI PENULIS 53

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Kolom stratigrafi titik MS-2. 39
Gambar 2 Kolom stratigrafi titik MS-3. 40
Gambar 3 Kolom stratigrafi titik MS-4. 41
Gambar 4 Kolom stratigrafi titik MS-5. 42
Gambar 5 Kolom stratigrafi titik MS-6. 43
Gambar 6 Kolom stratigrafi titik MS-7. 44
Gambar 7 Kolom stratigrafi titik MS-8. 45
Gambar 8 Kolom stratigrafi titik MS-9. 46
Gambar 9 Kolom stratigrafi titik MS-10. 47
Gambar 10 Kolom stratigrafi titik MS-11. 48
Gambar 11 Kolom stratigrafi titik MS-12. 49
Gambar 12 Kolom stratigrafi titik MS-13. 50
Gambar 13 Kolom stratigrafi titik MS-14. 51

Gambar 2. 1 Zona Fisiografi Jawa Tengah dan Jawa Timur, kotak berwarna merah menunjukkan lokasi penelitian (R. W. Van Bemmelen, 1949). 3
Gambar 2. 2 Stratigrafi regional Jawa Timur (Pringgoprawiro, 1983). 6
Gambar 2. 3 Peta Geologi Regional Lembar Kediri (dimodifikasi dari Santosa dan Atmawinata, 1992).....7
Gambar 2. 4 Unsur-unsur tektonik Jawa Timur (Husein, 2015).....8
Gambar 2. 5 Kenampakan struktur Situs Kumitir (dokumentasi pribadi).....10
Gambar 2. 6 Ilustrasi angular unconformity, disconformity, dan non-conformity (Noor, 2014).....12
Gambar 2. 7 Ilustrasi cross-cutting relationship (Noor, 2014) 12
Gambar 2. 8 Kolom stratigrafi di Formasi Tapak (Rohmana dkk., 2019) 14

Gambar 3. 1 Peta desain akuisisi…….. 15
Gambar 3. 2 Diagram Alir Penelitian…… 17
Gambar 3. 3 Alur pengolahan data stratigrafi terukur…….. 18
Gambar 3. 4 Kolom stratigrafi terukur titik MS-1…… 19
Gambar 3. 5 Penampang korelasi stratigrafi……. 20
Gambar 3. 6 Model 3-D…… 21

Gambar 4. 1 Kolom stratigrafi terukur MS-1…… 23
Gambar 4. 2 Korelasi MS 1-2-3…… 24
Gambar 4. 3 Korelasi MS 1-2-3…… 25
Gambar 4. 4 Korelasi MS 1-4-6-9……. 25
Gambar 4. 5 Korelasi MS 2-5-9-10…….. 26
Gambar 4. 6 Korelasi MS 4-5-13…….. 26
Gambar 4. 7 Korelasi MS 6-7-14…….. 27
Gambar 4. 8 Korelasi MS 7-9-11…….. 27

Gambar 4. 9 Korelasi MS 7-10-12…… 28
Gambar 4. 10 Indeks stratigrafi……. 28
Gambar 4. 11 Hasil pemodelan 3-D…….. 29
Gambar 4. 12 Penampang resistivitas 2-D lintasan 2…… 31
Gambar 4. 13 Penampang resistivitas 2-D lintasan 3…… 31
Gambar 4. 14 Lapisan yang membaji di titik MS-03…… 32
Gambar 4. 15 Lapisan dengan struktur cross bedding di titik MS-05……... 33
Gambar 4. 16 Lapisan konglomerat di area Situs Kumitir…… 34
Gambar 4. 17 Model lingkungan braided river (Nichols, 2009)……... 35
Gambar 4. 18 Jenis kipas aluvial: debris-flow, sheetflood, dan stream-channel (Nichols, 2009)…….. 35
Gambar 4. 19 Lokasi Situs Kumitir……... 36

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Koordinat titik MS. 16
Tabel 3. 2 Pembagian fasies yang mengacu pada Miall (1978c) dalam Miall (2006).....22

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kerajaan Majapahit merupakan salah satu kerajaan Hindu-Budha termahsyur sepanjang sejarah Indonesia zaman klasik. Kerajaan Majapahit berdiri sekitar tahun 1293 -1500 M dan mencapai puncak kejayaannya pada masa kekuasaan Hayam Wuruk pada tahun 1350 -1389 M. Lokasi pusat Kerajaan Majapahit diduga berada di kawasan Trowulan, Kabupaten Mojokerto. Dugaan ini berdasarkan pada banyaknya penemuan di desa-desa sekitar Trowulan berupa fondasi bangunan, candi, gapura, reservoar air dan umpak-umpak rumah (Safitri, 2015). Banyak pendapat mengenai runtuhnya Kerajaan Majapahit, selain karena perang, juga terjadi perubahan kondisi tanah dan air akibat berbagai hal. Menurut Sampurno (1980) pusat Kerajaan Majapahit pernah dilanda aliran pasir dan kerikil, namun waktunya belum dapat dipastikan. Selain itu selama Kerajaan Majapahit berdiri telah terjadi 8 kali letusan Gunung Kelud (Sartono dan Bandono, 1991).

Pemerintah dan para peneliti telah berupaya untuk menemukan peninggalan Kerajaan Majapahit salah satunya yaitu Situs Kumitir. Situs dengan luasan sekitar 6 hektar tersebut terdiri dari struktur talud yang mengelilingi situs, bagian utama berupa dinding dan lantai bata, bagian gerbang, dan beberapa sumur tua serta sumur yang diduga merupakan jobong. Kondisi situs ini yang sebelumnya terkubur dan tidak utuh menimbulkan pertanyaan bagi para peneliti mengenai peristiwa yang menimpa situs tersebut. Untuk mengetahui penyebab terpendamnya situs tersebut, perlu dilakukan penelitian tentang lingkungan pengendapan yang terjadi.

Metode Stratigrafi terukur telah banyak diterapkan untuk analisis lingkungan pengendapan. Metode Stratigrafi terukur berkaitan dengan pengamatan, deskripsi, dan interpretasi bukti langsung dalam batuan untuk menentukan mekanisme pengendapan yang terjadi. Pengaplikasian metode stratigrafi terukur untuk mengetahui lingkungan pengendapan telah banyak dilakukan di Indonesia diantaranya yaitu analisis sedimentologi dan stratigrafi untuk rekonstruksi model lingkungan pengendapan Formasi Tapak, Sub-Cekungan Banyumas (Rohmana dkk., 2019), analisis lingkungan pengendapan daerah Air Putih, Kota Samarinda (Umar dan Ikhwan, 2017) dan analisis lingkungan pengendapan Formasi Kikim Anggota Cawang di jalur Sungai Menghalus, Sumatra Selatan (Raras dkk., 2017). Dari analisis lingkungan pengendapan dapat diketahui sejarah sedimentasi suatu perlapisan batuan. Sehingga metode stratigrafi terukur sangat cocok untuk mengetahui lingkungan pengendapan di Situs Kumitir.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada tugas akhir ini adalah bagaimana stratigrafi dan lingkungan pengendapan di Situs Kumitir?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah

1. Area Daerah penelitian terletak di kawasan Situs Kumitir yang terletak di Desa Kumitir, Kecamatan Jatirejo, kabupaten Mojokerto.
2. Pembagian fasies pada penelitian ini menggunakan pendekatan yang mengacu pada Miall.

1.4 Tujuan

Tujuan dilakukannya tugas akhir ini adalah

1. Mengetahui stratigrafi di Situs Kumitir.
2. Mengetahui lingkungan pengendapan di Situs Kumitir.

1.5 Manfaat

Adapun manfaat dari tugas akhir ini adalah

1. Memberikan informasi mengenai stratigrafi dan lingkungan pengendapan di Situs Kumitir.
2. Menunjukkan kontribusi geofisika dalam bidang arkeologi.

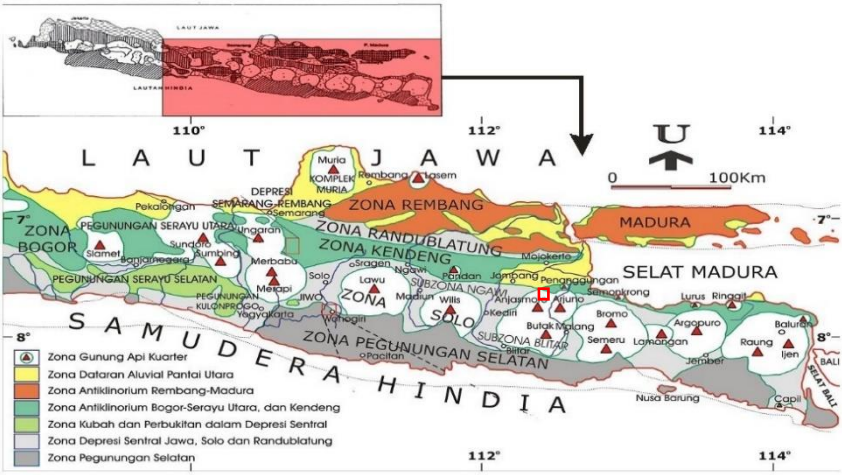
BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Dasar Teori

2.1.1 Tinjauan Geologi

2.1.1.1 Fisiografi Daerah Penelitian

Jawa Timur merupakan provinsi yang berada di bagian timur Pulau Jawa. Menurut R.W.V Bemmelen (1949), Jawa Timur dibagi menjadi 6 zona fisiografi, yaitu Zona Dataran Aluvial bagian Utara Jawa, Zona Antiklinorium Rembang-Madura, Zona Sinklinorium Randublatung, Zona Antiklinorium Kendeng, Zona Solo, dan Zona Pegunungan Selatan. Setiap zona memiliki karakteristik geomorfologi, stratigrafi, dan tektonik tersendiri.



Gambar 2. 1 Zona Fisiografi Jawa Tengah dan Jawa Timur, kotak berwarna merah menunjukkan lokasi penelitian **(R. W. Van Bemmelen, 1949)**.

Zona fisiografi Jawa Timur dari utara ke selatan menurut (R.W.V Bemmelen, 1949) sebagai berikut:

a. Zona Dataran Aluvial Pantai Utara Jawa, Zona Dataran Aluvial Pantai Utara Jawa bagian barat membentang dari sekitar Teluk Bantam sampai ke Cirebon dan di Jawa Tengah membentang dari timur Cirebon sampai ke Pekalongan.
b. Zona Rembang, suatu perbukitan antiklinorium (rangkaian perbukitan antiklin kecil yang tersusun secara paralel dan membentuk struktur antiklin lebih besar) dengan arah timur-barat (T-B) di sisi utara Pulau Jawa. Zona ini membentang dari bagian utara Purwodadi hingga ke Pulau Madura. Zona Rembang terbagi menjadi dua, yaitu Antiklinorium Rembang Utara dan Antiklinorium Rembang Selatan (Van Bemmelen, 1949). Antiklinorium Rembang Selatan juga dikenal sebagai

Antiklinorium Cepu. Kedua zona antiklinorium tersebut dipisahkan oleh lembah aliran Sungai Lusi di bagian barat, dan lembah aliran Sungai Kening (anak sungai Bengawan Solo) di bagian timur. Perbukitan lipatan di Zona Rembang umumnya tersusun secara en-echelon ke arah kiri (left-stepping), mengindikasikan kontrol patahan batuan alas (basement faults) geser sinistral berarah timur-timurlaut - barat-baratdaya (TTL-BBD) yang membentuk antiklinorium Rembang tersebut. Zona Rembang juga diterobos oleh gunung api tua berumur Pleistosen Bawah, yaitu Gunung Suntak (tenggara Rembang). Zona ini didominasi oleh litologi karbonat.

c. Zona Randublatung, merupakan suatu depresi atau lembah memanjang yang berada di antara Perbukitan Kendeng dan Perbukitan Rembang. Zona ini terbentuk daerah amblesan (subsidence) sebagai bagian kesetimbangan isostasi regional ketika Perbukitan Rembang dan Perbukitan Kendeng mengalami pengangkatan tektonis di akhir Tersier. Zona ini mencakup daerah Purwodadi, Cepu, dan Bojonegoro.

d. Zona Kendeng, merupakan deretan pegunungan dengan arah memanjang timur - barat (T-B) yang terletak langsung di sebelah utara Subzona Ngawi. Pegunungan ini tersusun oleh batuan sedimen laut yang telah mengalami deformasi secara intensif membentuk suatu antiklinorium. Pegunungan ini mempunyai panjang 250 km dan lebar maksimum 40 km (de Genevraye dan Samuel, 1972) membentang dari Gunungapi Ungaran di bagian barat ke timur melalui Ngawi hingga daerah Mojokerto. Dibawah permukaan, kelanjutan zona ini masih dapat diikuti hingga di Selat Madura. Menurut (De Genevraye dan Samuel, 1972) membagi Zona Kendeng berdasarkan Fisiografi menjadi 3 bagian utama yaitu :

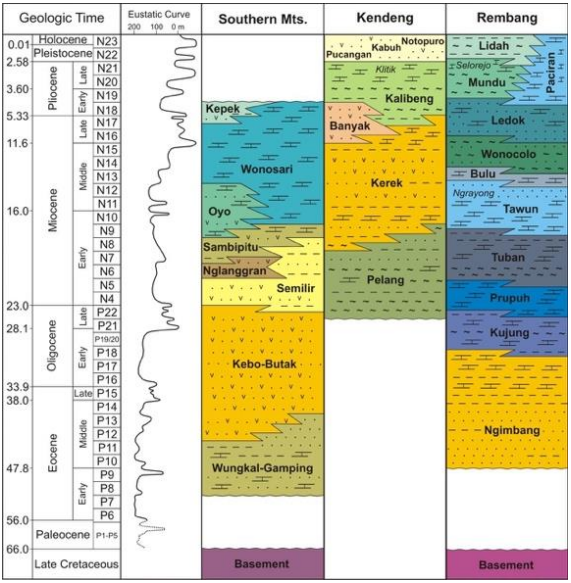
    1. Bagian barat, antara Ungaran dan Purwodadi. Bagian bawah tersusun oleh Formasi Pelang merupakan batuan yang berumur Oligosen – Miosen, sedangkan bagian atas tersusun atas sedimen dari Formasi Pucangan.
    2. Bagian tengah, antara Purwodadi dan Gunung Pandan. Bagian bawah tersusun atas endapan berumur Miosen Formasi Kerek, pada bagian ini struktur sesar dan lipatan banyak dijumpai. Bagian atas didominasi oleh material gunung api Formasi Kerek Anggota Sentul.
    3. Bagian timur, memperlihatkan umur Neogen, pada inti antiklinorium yang terlihat antara G. Pandan menuju ke arah timur sumbu antiklinorium semakin turun, sedimen yang muncul berumur Pliosen – Plistosen.

e. Zona Solo, merupakan suatu depresi (cekungan antara dua lajur pegunungan) memanjang di bagian tengah Pulau Jawa, berarah timur – tenggara – barat – barat laut (TTg-BBL), terhampar dari Solo hingga Banyuwangi. Zona Solo dapat dibagi menjadi tiga sub-zona (van Bemmelen, 1949), mulai dari paling utara hingga selatan, yaitu: Sub - Zona Blitar, Sub - Zona Solo, dan Sub - Zona Ngawi. Saat ini, Zona Solo merupakan cekungan sedimenter aktif dengan sistem fluvial yang menerima pasokan sedimen dari busur gunungapi, Zona Pegunungan Selatan, dan Zona Perbukitan Kendeng.
f. Zona Pegunungan Selatan merupakan rangkaian pegunungan yang berada di sisi selatan Pulau Jawa di bagian timur dan memanjang relatif berarah timur – tenggara – barat – barat laut (TTg-BBL), mulai dari Parangtritis hingga Ujung Purwo dengan lebar yang tidak selalu sama. Pegunungan Selatan Jawa Timur bagian barat oleh van Bemmelen (1949) dibagi lagi menjadi tiga satuan geomorfologi. Paling selatan yang tersusun oleh perbukitan karst yang didominasi oleh kerucut karst (connicalhill) dan langsung berbatasan dengan Samudera Hindia disebut sebagai Perbukitan Sewu. Sedangkan daerah yang berada di sebelah utaranya yang berupa dataran tinggi (plato) disebut sebagai Dataran Tinggi Wonosari (Plato Wonosari). Daerah paling utara dari Pegunungan Selatan yang tersusun oleh batuan vulkanik dengan kelerengan terjal hingga sedang disebut sebagai Igir Baturagung.

Daerah penelitian berada pada Sub – Zona Ngawi dari Zona Solo yang merupakan lajur depresi yang ada di antara Perbukitan Kendeng dan busur gunungapi sekarang.

2.1.1.2 Stratigrafi Regional

Van Bemmelen (1949) mengurutkan stratigrafi Pulau Jawa dimana Pegunungan Muda Zona Solo terbentuk pada Plistosen akhir-Holosen. Formasi Notopuro dan Lapisan Jombang terbentuk lebih tua yaitu Plistosen tengah membentang dari Barisan Serayu-Utara hingga Kendeng. Formasi Kabuh terbentuk di bawah Formasi Notopuro dengan umur akhir Plistosen awal-Plistosen tengah, hanya menerus di bagian tengah Jawa Timur. Stratigrafi regional Jawa Timur dipadatkan menjadi tiga zona, yaitu Zona Pegunungan Selatan, Zona Kendeng dan Zona Rembang. Stratigrafi Zona Solo umumnya didekatkan dengan zona perbukitan atau pegunungan di dekatnya, yaitu Zona Perbukitan Kendeng, karena Zona Solo merupakan zona depresi. Sementara stratigrafi Zona depresi Randublatung didekatkan dengan Zona Rembang.

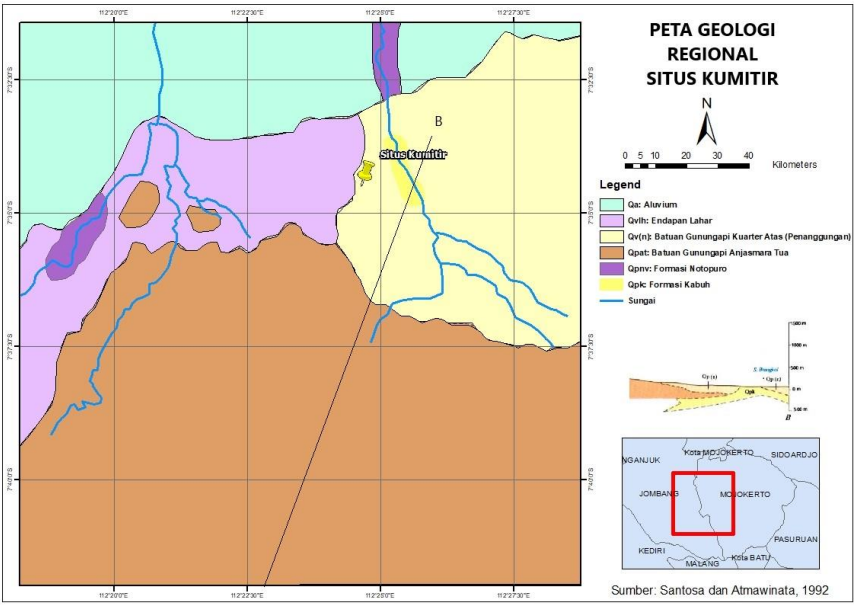


Gambar 2. 2 Stratigrafi regional Jawa Timur **(Pringgoprawiro, 1983)**.

Menurut Santosa dan Atmawinata (1992) dalam Peta Geologi Lembar Kediri susunan batuan tertua sampai yang termuda adalah sebagai berikut: Formasi Pucangan, Formasi Kabuh, Formasi Notopuro, Batuan Gunungapi Anjasmara Tua, Batuan Gunungapi Anjasmara Muda, Batuan Gunungapi Kawi-Butak, Batuan Gunungapi Kelud Tua, Batuan Gunungapi Parasit Tua, Batuan Gunungapi Parasit Muda, Batuan Gunungapi Kuarter Atas, Batuan Gunungapi Kelud Muda, Endapan Lahar, Endapan Rombakan Kelud, Endapan Teras, dan Aluvium.

Daerah penelitian terletak di Situs Kumitir, Desa Kumitir, Kecamatan Jatirejo, Kabupaten Mojokerto menurut Santosa dan Atmawinata (1992) terdiri atas: Batuan Gunungapi Kuarter Atas (Qvn), Batuan Gunungapi Anjasmara Tua (Qat), dan Formasi Kabuh (Qpk). Formasi tertua adalah Formasi Kabuh yang berumur plistosen awal terdiri dari batupasir, batulempung, sisipan konglomerat dan tuf.

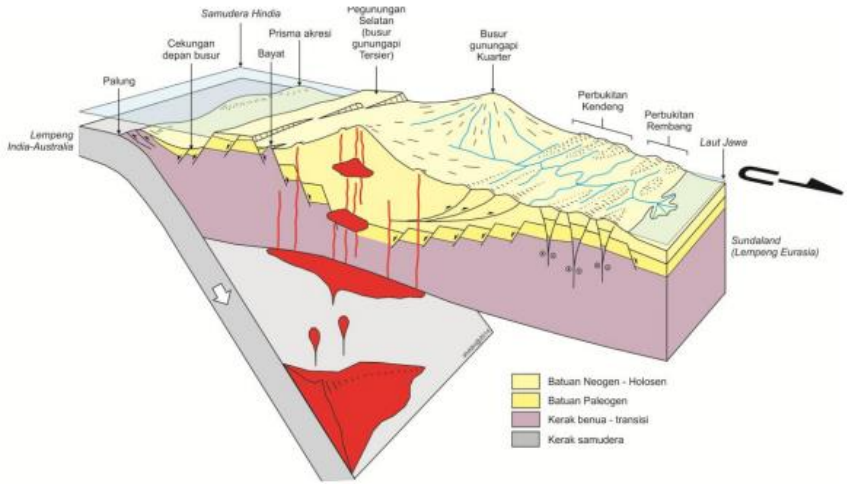
Diatas Formasi Kabuh terdapat Batuan Gunungapi Anjasmara Tua yang berumur plistosen awal – tengah dan terdiri dari breksi gunungapi, lava, tuf, dan retas. Selanjutnya terdapat Batuan Gunungapi Kuarter Atas yang merupakan penjalaran dari Gunung Penanggungan dan terdiri dari breksi gunungapi, tuf breksi, lava dan tuf.



Gambar 2. 3 Peta Geologi Regional Lembar Kediri (dimodifikasi dari Santosa dan Atmawinata, 1992).

2.1.1.3 Sejarah Geologi Daerah Penelitian

Perkembangan tektonik yang terjadi di suatu daerah akan terekam dalam wujud perkembangan stratigrafi batuan penyusun serta jenis deformasi yang dialami oleh batuan penyusun tersebut. Setiap fisiografi penyusun Jawa Timur memiliki jenis dan pola struktur geologi yang unik, yang mencerminkan perkembangan tektonik yang telah terjadi.



Gambar 2. 4 Unsur-unsur tektonik Jawa Timur **(Husein, 2015)**.

Pada akhir Oligosen Bawah proses penunjaman Palung Sunda yang terjadi semenjak Eosen Tengah mulai membentuk busur gunungapi (volcanic arc), yang berada di Zona Pegunungan Selatan. Formasi Kebo-Butak menjadi penanda stratigrafis aktifnya busur gunungapi tersebut. Kehadiran busur gunungapi memicu terbentuknya zona cekungan belakang busur (back-arc basin), yaitu Zona Kendeng. Memasuki awal Pleistosen kolisi Timor dengan Busur Volkanik Sunda mulai terjadi. Hal ini memicu pengangkatan regional di Pulau Jawa. Pegunungan Selatan mengalami pengangkatan paling intensif, yang ditunjang dengan tingginya tingkat denudasional pada singkapan batuan gunungapi Oligo - Miosennya. Pengangkatan Pegunungan Selatan ini kemudian diimbangi secara isostatis oleh pembentukan Zona Depresi Solo. Zona Kendeng mengalami pengangkatan tidak merata, dimana bagian barat mengalami inversi dengan kuat, sedangkan bagian timur justru tetap melanjutkan penurunannya.

Hal ini dikontrol oleh perbedaan sudut kemiringan subduksi slab Oxfordian-Albian, yang semakin curam ke arah timur karena usia kerak yang semakin tua. Perbedaan sudut subduksi antara bagian timur dan barat ini juga mengaktifkan tektonisme sesar geser (wrench tectonic) di Zona Rembang, menghasilkan Antiklinorium Rembang yang terkontrol pola patahan batuan alas (basement faults). Pengangkatan Zona Kendeng bagian barat dan Zona Rembang tersebut pun diimbangi secara isostatis dengan pembentukan Zona Depresi Randublatung. Periode vulkanisme baru Jawa Timur teridentifikasi hadir pada kala tersebut, kemungkinan berasal dari slab Oxfordian-Albian yang telah memasuki zona pelelehan sebagian (partial melting window). Busur gunungapi baru muncul di sebelah utara busur gunungapi Oligo - Miosen (Pegunungan Selatan), yaitu menempati Zona Solo. Beban deretan tubuh gunungapi Kuarter

Awal tersebut memperkuat proses penurunan Depresi Solo. Sejumlah kecil gunungapi Pleistosen Awal muncul di cekungan belakang busur (Zona Kendeng), yaitu Gunungapi Ungaran dan Gunungapi Pandan, bersamaan dengan inversi Zona Kendeng. Seluruh peristiwa tektonik tersebut di atas terekam dalam kompleksnya pola struktur yang dijumpai di Jawa Timur, baik di permukaan maupun pada batuan dasarnya.

Zona Solo saat ini merupakan cekungan sedimentasi aktif, dimana hampir seluruh permukaannya tertutup oleh endapan aluvium, sehingga sulit untuk mencari jejak struktur geologi di permukaanya. Meski demikian, kelurusan kemunculan busur gunungapi modern di zona ini, yang berarah relatif ESE-WNW mengindikasikan adanya patahan besar dengan arah serupa yang memotong kerak (deep-seated faults) sebagai jalur naiknya magma ke permukaan. Gunungapigunungapi tersebut juga berkembang pada kompleksnya dengan arah yang relatif tegaklurus pada ESE-WNW deep-seated faults, seperti kompleks Gunung Lawu, Gunung Kawi - Arjuna, Gunung Semeru - Bromo. Kondisi ini mengindikasikan keberadaan retakan tegak-lurus sesar utama, yang biasa lazim terjadi pada kondisi tektonik ekstensional.

2.1.2 Situs Kumitir

Situs Kumitir berlokasi di Desa Kumitir, Kecamatan Jatirejo, Kabupaten Mojokerto, berdekatan dengan kawasan Trowulan yang menurut para ahli area tersebut secara historis merupakan pusat pemerintahan Kerajaan Majapahit. Situs Kumitir diyakini sebagai begian dari Kerajaan Majapahit meskipun hingga saat ini para ahli masih memperdebatkan fungsi dari situs tersebut. Proses ekskavasi situs ini telah berjalan sejak tahun 2019 dan kembali diekskavasi pada Agustus 2020. Situs Kumitir memiliki luas area ekskavasi sebesar 6 hektar. Kondisi situs ketika awal ditemukan masih tertimbun sedalam ±3 meter di bawah permukaan. Pada area situs ini terdapat bagian utama yang terdiri dari dinding dan lantai berbahan dasar batu bata kuno, kemudian terdapat juga struktur talud (dinding tanggul) yang mengelilingi area situs. Pada area ini juga ditemukan sejumlah sumur tua dan sumur jobong yang diduga merupakan teknologi sanitasi era Majapahit.

Gambar 2. 5 Kenampakan struktur Situs Kumitir (dokumentasi pribadi).

2.1.3 Metode Stratigrafi Terukur

Stratigrafi tersusun dari 2 (dua) suku kata, yaitu kata “strati” berasal dari kata “*stratos*”, yang artinya perlapisan dan kata “grafi” yang berasal dari kata “*graphic*/*graphos*”, yang artinya gambar atau lukisan. Dengan demikian stratigrafi dalam arti sempit dapat dinyatakan sebagai ilmu pemerian lapisan-lapisan batuan. Dalam arti yang lebih luas, stratigrafi dapat didefinisikan sebagai ilmu yang mempelajari tentang aturan, hubungan, dan pembentukan (genesa) macam-macam batuan di alam dalam ruang dan waktu (SSI, 1996).

Penggunaan istilah 'stratigrafi' sudah ada sejak d’Orbingy pada tahun 1852, tetapi konsep lapisan batuan atau strata, mewakili urutan kejadian di masa lalu sudah ada jauh lebih tua. Pada tahun 1667, Steno mengembangkan prinsip superposisi yang menyebutkan bahwa dalam urutan batuan berlapis, setiap lapisan lebih tua dari lapisan di atasnya. Stratigrafi dapat dianggap sebagai hubungan antara batuan dan waktu dan ahli stratigrafi berkaitan dengan pengamatan, deskripsi dan interpretasi bukti langsung dan nyata dalam batuan untuk menentukan sejarah Bumi (Nichols, 2009).

2.1.4 Prinsip Dasar Stratigrafi

Pemahaman stratigrafi didasarkan pada prinsip dasar atau hukum-hukum dalam ilmu geologi. Prinsip dasar dalam ilmu geologi mencakup tentang susunan, aturan, maupun hubungan antar batuan dalam ruang (tempat batuan terbentuk) dan waktu (waktu pembentukan batuan dalam skala waktu geologi). Prinsip dasar ilmu geologi diantaranya adalah hukum superposisi (Steno), uniformitarisme (James Hutton), konsep *unconformity*, *cross-cutting relationship*, dan lain-lain (Noor, 2014).

2.1.4.1 Superposisi

Nicolaus Steno (1965) mengembangkan prinsip superposisi yang menyebutkan bahwa dalam urutan batuan berlapis, setiap lapisan lebih tua dari lapisan di atasnya (Nichols, 2009). Artinya dalam kondisi normal (belum mengalami deformasi), perlapisan suatu batuan yang berada pada posisi paling

bawah merupakan batuan yang pertama terbentuk dan tertua dibandingkan dengan lapisan batuan diatasnya.

2.1.4.2 Horizontalitality

Prinsip dasar ini diperkenalkan oleh Steno. Pengendapan suatu lapisan batuan sedimen cenderung horisontal, kecuali pada tepi cekungan memiliki sudut kemiringan asli (*initial-dip*) karena dasar cekungannya yang memang menyudut (Noor, 2014). Hal ini karena pengaruh hukum gravitasi dan hidrolika cairan.

2.1.4.3 Lateral Continuity

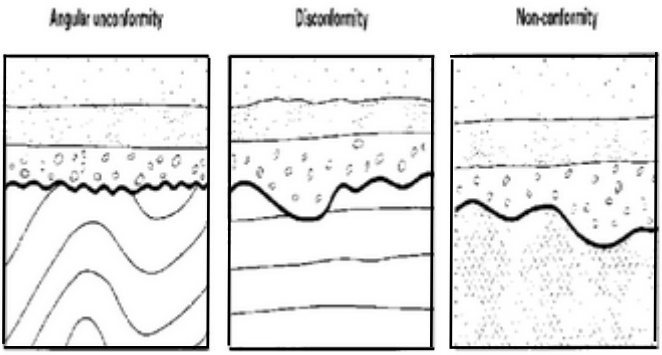
Steno juga memperkenalkan prinsip *lateral continuity*. Suatu lapisan batuan akan menerus sepanjang jurus perlapisan batuannya. Apabila material sedimen mengalami transportasi ke tempat yang relatif horizontal, maka sedimen tersebut akan diendapkan secara horizontal pula dan ketika suplai material sedimen terus-menerus diendapakan, maka akan terjadi penumpukan sedimen secara vertikal. (Noor, 2014)

2.1.4.4 Uniformitarianisme

Uniformitarianisme merupakan prinsip dasar geologi modern. Prinsip ini dikemukakan oleh James Hutton (1795) dalam bukunya yang berjudul "Theory of the Earth". Hukum-hukum fisika, kimia, dan biologi yang terjadi saat ini terjadi pula di masa lampau. Artinya peristiwa yang terjadi pada masa geologi lampau dikontrol oleh hukum-hukum alam yang mengendalikan peristiwa pada masa kini. Hukum ini lebih dikenal dengan semboyannya yaitu "*The Present is the key to the past."* Maksudnya adalah bahwa proses-proses geologi alam yang terlihat sekarang ini dipergunakan sebagai dasar pembahasan proses geologi masa lampau (Noor, 2014).

2.1.4.5 Unconformity

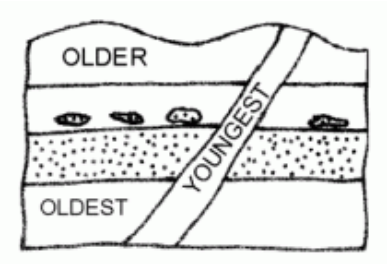
Unconformity atau ketidakselarasan adalah hubungan antara satu lapisan batuan dengan lapisan yang lainnya tidak menerus. Hal ini disebabkan oleh adanya sela waktu pengendapan. Dalam proses sedimentasi, jika sedimentasi normal maka alur perlapisan batuan akan terlihat normal dan tidak ada perbedaan yang mencolok tiap lapisan. Tetapi kadangkala terdapat sedimentasi yang hilang pada satu waktu sehingga terjadi ketidakselarasan antara lapisan atas dan bawah. Terdapat tiga jenis ketidakselarasan yaitu *angular unconformity* dimana hubungan atau kontak antara satu lapisan dengan lapisan lainnya membentuk sudut, *disconformity* dimana hubungan antara lapisan batuan dibatasi oleh satu sela waktu tertentu yang ditandai dengan tidak terjadinya pengendapan, dan *non-conformity* dimana hubungan satu lapisan batuan dengan satuan batuan beku atau metamorf (Noor, 2014).



Gambar 2. 6 Ilustrasi angular unconformity, disconformity, dan non-conformity **(Noor, 2014)**

2.1.4.6 Cross-Cutting Relationship

Prinsip *cross-cutting relationship* menyatakan batuan yang dipotong atau diterobos terbentuk lebih dahulu dibandingkan dengan batuan yang menerobos. Artinya tubuh intrusi memiliki usia yang lebih muda dari lapisan yang ditembus (Noor, 2014).



Gambar 2. 7 Ilustrasi cross-cutting relationship **(Noor, 2014)**

2.1.4.7 Faunal Succession

Pada setiap lapisan yang berbeda umur geologinya akan ditemukan fosil yang berbeda pula. Secara sederhana bisa juga dikatakan fosil yang berada pada lapisan bawah akan berbeda dengan fosil di lapisan atasnya. Perbedaan fosil ini bisa dijadikan sebagai pembatas satuan formasi dalam lithostratigrafi atau dalam koreksi stratigrafi.

2.1.4.8 Facies Sedimenter

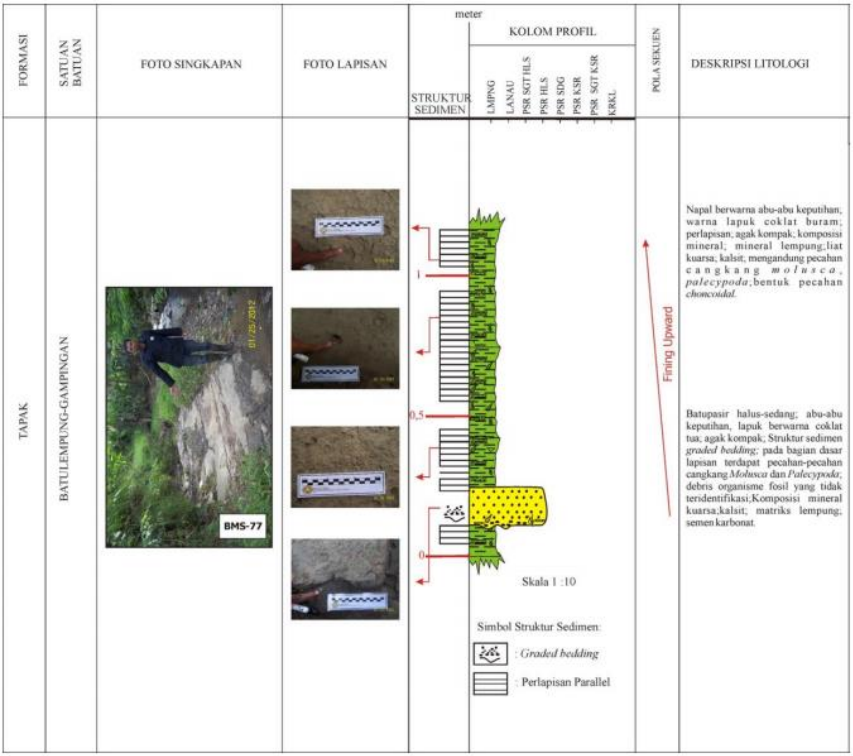
Menurut Selly (1985), Suatu kelompok litologi dengan ciri-ciri yang khas yang merupakan hasil dari suatu lingkungan pengendapan yang tertentu. Dua tubuh batuan yang diendapkan pada waktu yang sama dikatakan berbeda fasies apabila kedua batuan tersebut berbeda fisik, kimia atau biologi (SSI, 1996).

2.1.4.9 Law of Inclusion

Suatu tubuh batuan yang mengandung fragmen dari batuan yang lain selalu lebih muda dari tubuh batuan yang menghasilkan fragmen tersebut. Batuan yang menjadi inklusi batuan lain terbentuk lebih dahulu daripada yang mengingklusinya. Hampir sama seperti prinsip *cross-cutting*. Suatu fragmen (yang direkatkan) dalam batuan sedimen selalu lebih tua dari semen (perekatnya).

2.2 Penelitian Terdahulu

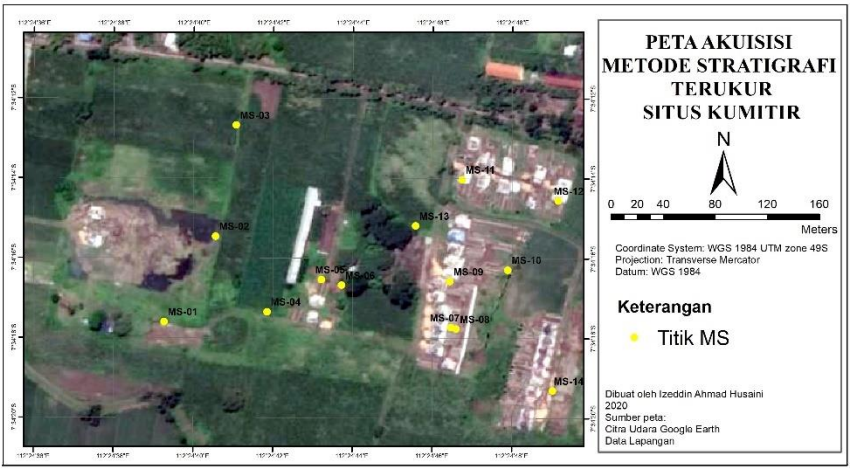
Penelitian mengenai analisis lingkungan pengendapan dengan metode stratigrafi terukur telah dilakukan oleh (Rohmana dkk., 2019), (Umar dan Ikhwan, 2017) dan (Raras dkk., 2017). (Rohmana dkk., 2019) dalam penelitiannya melakukan analisis sedimentologi dan stratigrafi untuk rekonstruksi model lingkungan pengendapan dengan tujuan untuk mengungkap proses pembentukan Formasi Tapak, Sub-Cekungan Banyumas. Pada penelitian ini, analisis lingkungan pengendapan purba didasarkan pada analisis detail sedimentologi dan stratigrafi yang meliputi tekstur, struktur sedimen, asosiasi fasies, paket sekuen pengendapan, kandungan fosil, geometri pelamparan secara vertikal maupun horisontal serta pengukuran arah arus purba pada daerah penelitian. Fasies yang berkembang pada Formasi ini cukup bervariasi yaitu lagoonal pond, tidal channel in foreshore facies, upper shoreface – shelf mud facies. Secara regional Formasi Tapak diendapkan dalam suatu sistem pada lingkungan pengendapan lagoon hingga laut dangkal. Penelitian (Umar dan Ikhwan, 2017) dilakukan di daerah Air Putih, Kota Samarinda. Hasil penelitiannya menunjukkan fasies dan lingkungan pengendapan berturut-turut dari tenggara menuju timur laut adalah delta plain, delta front, dan shallow marine sehingga, terasuk dalam lingkungan pengendapan delta. (Raras dkk., 2017) melakukan penelitian untuk menentukan lingkungan pengendapan Formasi Kikim, di jalur Sungai Menghalus, Sumatra Selatan melalui analisis fasies. Formasi Kikim merupakan salah satu formasi pengisi di Cekungan Sumatra Selatan yang mempunyai peranan penting dalam *petroleum system* cekungan tersebut. Analisis fasies dengan melalui dua pendekatan, yaitu pendekatan secara deskriptif di lapangan dan mengacu pada klasifikasi Miall (1978). Asosiasi fasies yang dihasilkan dari observasi fasies terdiri dari *sandy bedform (SB), levee (Lv), crevasse splay (Cs), floodplain (FF), dan gravel bedform (GB).* Lingkungan pengendapan pada daerah penelitian adalah lingkungan fluvial sistem sungai braided.



Gambar 2. 8 Kolom stratigrafi di Formasi Tapak **(Rohmana dkk., 2019)**

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Akuisisi Data



Gambar 3. 1 Peta desain akuisisi.

Gambar 3.1 adalah peta titik akuisisi pengukuran metode stratigrafi terukur. Titik-titik pengukuran metode stratigrafi terukur ditunjukkan dengan titik berwarna kuning yang tersebar pada area Situs Kumitir di Desa Kumitir, Kecamatan Jatirejo, Kabupaten Mojokerto. Akuisisi data dilakukan pada 25 – 28 Agustus 2020 dan dilakukan pada 14 singkapan di area Situs Kumitir. Pengukuran stratigrafi terukur dilakukan dengan metode *vertical profiling* yaitu metode pencatatan stratigrafi terukur dengan pengukuran pada singkapan vertikal.

Tabel 3. 1 Koordinat titik MS.

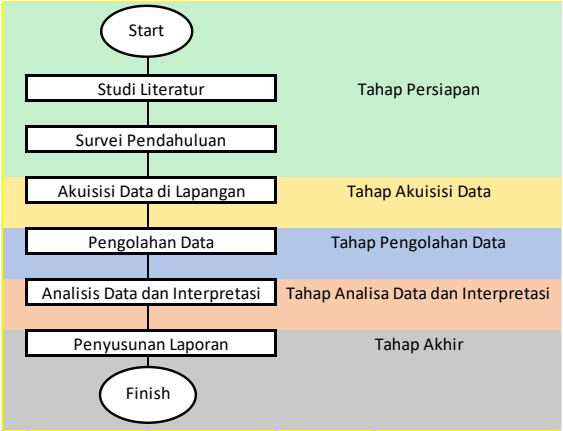
Titik	Koordinat	
	X (m)	Y (m)
MS-01	655652.073	9162815.549
MS-02	655691.642	9162880.99
MS-03	655707.622	9162966.977
MS-04	655731.211	9162821.636
MS-05	655773.063	9162846.747
MS-06	655788.282	9162843.704
MS-07	655871.986	9162809.461
MS-08	655877.313	9162808.7
MS-09	655872.747	9162845.226
MS-10	655916.121	9162855.118
MS-11	655881.118	9162924.364
MS-12	655953.407	9162908.384
MS-13	655845.353	9162887.839
MS-14	655951.125	9162762.283

3.2 Peralatan

Peralatan yang digunakan pada akuisisi metode stratigrafi terukur adalah:

a. 2 Kompas Geologi
b. 2 Palu Geologi
c. 1 GPS Garmin 78 s
d. 1 Meteran
e. 1 Set Hand Auger
f. Plastik Sampel
g. Form MS dan Form Deskripsi Batuan
h. Alat Tulis, Penggaris, dan Papan Dada

3.3 Metode Penelitian



Gambar 3. 2 Diagram Alir Penelitian.

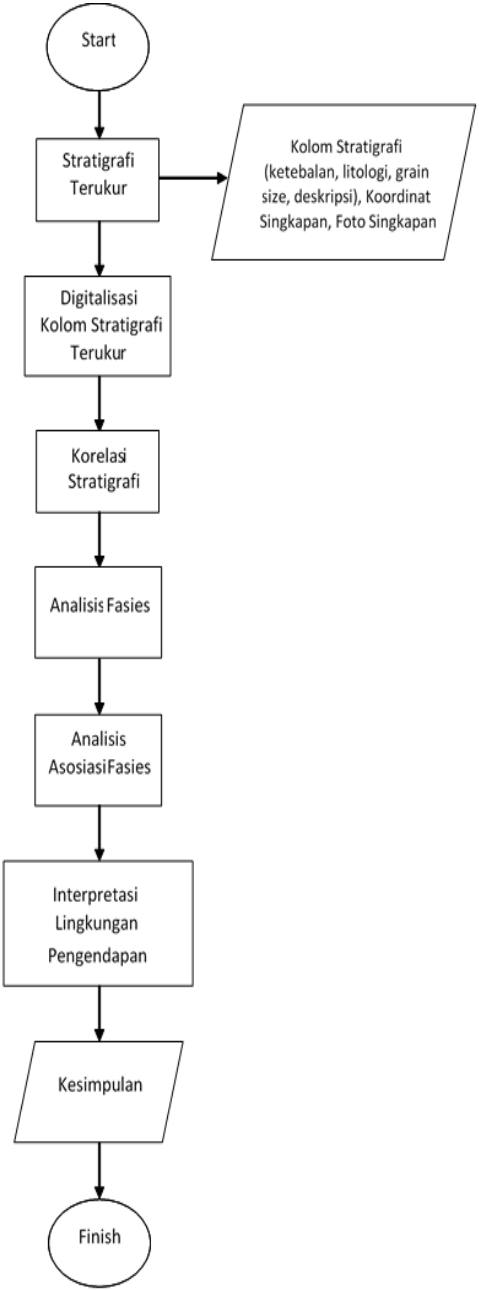
Adapun dalam melaksanakan tugas akhir ini secara garis besar dijelaskan dalam diagram alir pada Gambar 3.3 yang dijabarkan sebagai berikut.

3.3.1 Tahap Persiapan

1. Studi Literatur, dilakukan untuk mempelajari hal-hal yang berkaitan dengan penelitian ini berdasarkan referensi, meliputi geologi daerah penelitian dan metode yang digunakan.
2. Survei Pendahuluan, kegiatan ini dilakukan untuk mengetahui kondisi medan akuisisi dan singkapan situs yang diperlukan untuk perencanaan akuisisi.

3.3.2 Tahap Pengolahan Data

Diagram alir pada tahap pengolahan data adalah sebagai berikut:



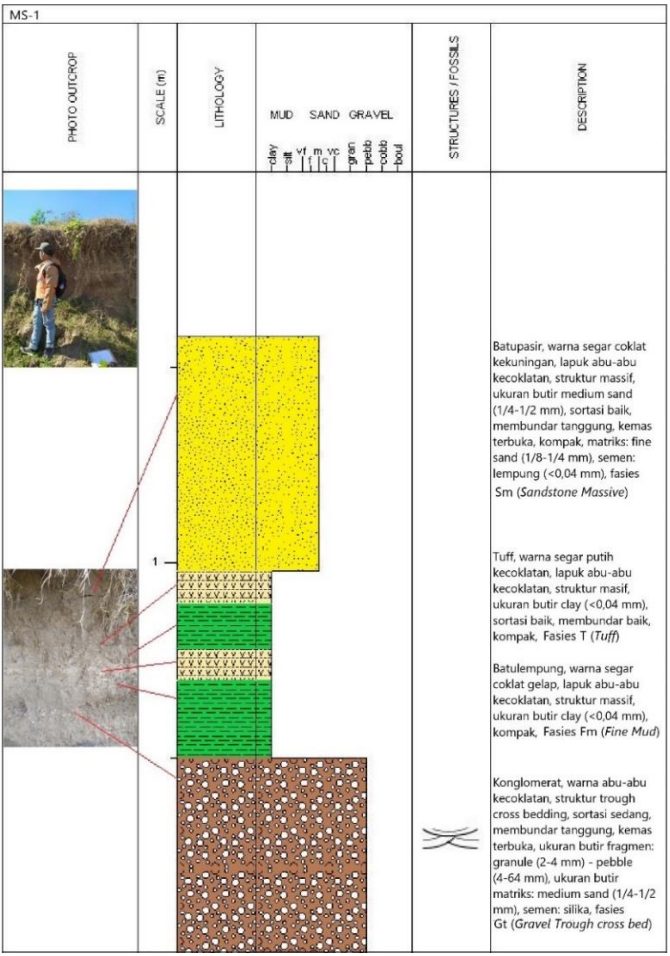
Gambar 3. 3 Alur pengolahan data stratigrafi terukur.

3.3.2.1 Stratigrafi Terukur

Penelitian ini menggunakan data primer dari pengukuran stratigrafi terukur di lapangan. Data yang didapatkan berupa kolom stratigrafi terukur yang meliputi ketebalan, litologi, *grain size*, deskripsi batuan yang mencakup nama batuan, warna, tekstur, dan struktur, koordinat singkapan dan foto singkapan.

3.3.2.2 Digitalisasi Kolom Stratigrafi Terukur

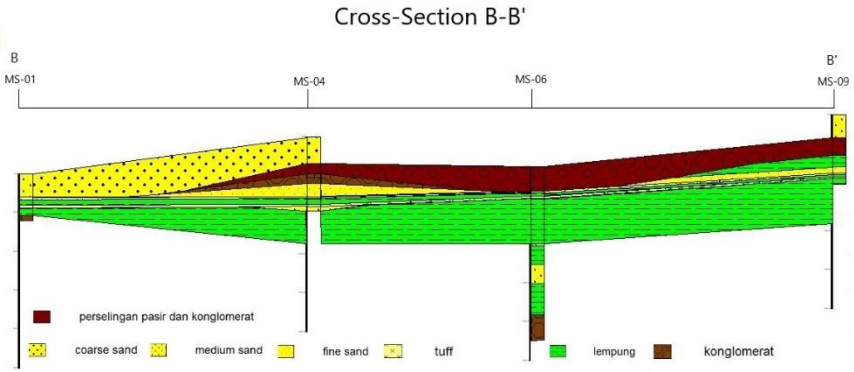
Digitalisasi kolom stratigrafi terukur dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak SedLog 3.1 dan Paint 3D untuk mendapatkan kolom stratigrafi digital yang sesuai dengan aturan dalam geologi.



Gambar 3. 4 Kolom stratigrafi terukur titik MS-1.

3.3.2.3 Korelasi Stratigrafi

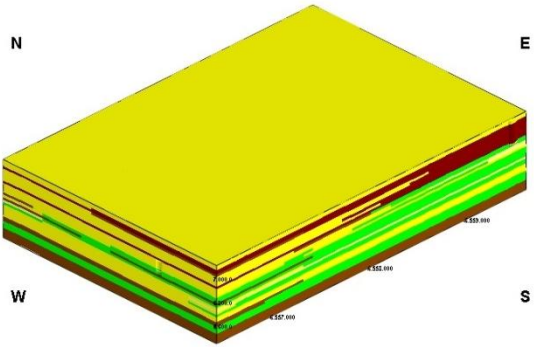
Korelasi stratigrafi dilakukan untuk mengetahui persebaran lapisan-lapisan batuan secara lateral. Korelasi stratigrafi yang digunakan adalah korelasi litostratigrafi yaitu menghubungkan lapisan-lapisan batuan yang mengacu pada kesamaan jenis litologinya. Pembuatan penampang 2-D korelasi stratigrafi menggunakan perangkat lunak RockWorks15.



Gambar 3. 5 Penampang korelasi stratigrafi.

3.3.2.4 Pemodelan 3-D

Pembuatan model 3-D pada RockWorks15 dihasilkan dari data litologi setiap titik pengukan MS, dilengkapi dengan informasi koordinat dan X Y Z. Model 3-D dibuat dengan metode *Horizontal Lithoblending* yaitu metode pemodelan yang digunakan untuk membuat model solid litologi. Cara kerja metode *Horizontal Lithoblending* dengan menghomogenisasi data dengan interpolasi secara horizontal berdasarkan nilai litologi terdekat.



Gambar 3. 6 Model 3-D.

3.3.2.5 Analisis Fasies dan Asosiasi Fasies

Dari data primer yang didapatkan berupa kolom stratigrafi terukur selanjutnya dilakukan analisis fasies untuk setiap titik pengukuran. Analisis tersebut membagi suksesi vertikal stratigrafi tiap titik pengukuran menjadi beberapa fasies. Fasies sendiri menurut (Selley, 1985) dapat dipisahkan satu dan lainnya dengan mengamati parameter litologi, geometri, struktur sedimen, kandungan fosil dan arah purbanya. Pembagian fasies pada penelitian ini menggunakan pendekatan yang mengacu pada Miall (1978c) dalam (Miall, 2006). Pembagian Fasies yang mengacu pada Miall (1978c) dalam (Miall, 2006) dibagi dan diberi nama berdasarkan perbedaan ukuran butir, hubungan antar butir, dan struktur sedimen. Selanjutnya fasies-fasies yang telah dihasilkan akan dianalisis lebih lanjut untuk ditentukan asosiasi fasiesnya. Dari asosiasi fasies inilah nantinya akan menghasilkan interpretasi lingkungan pengendapannya.

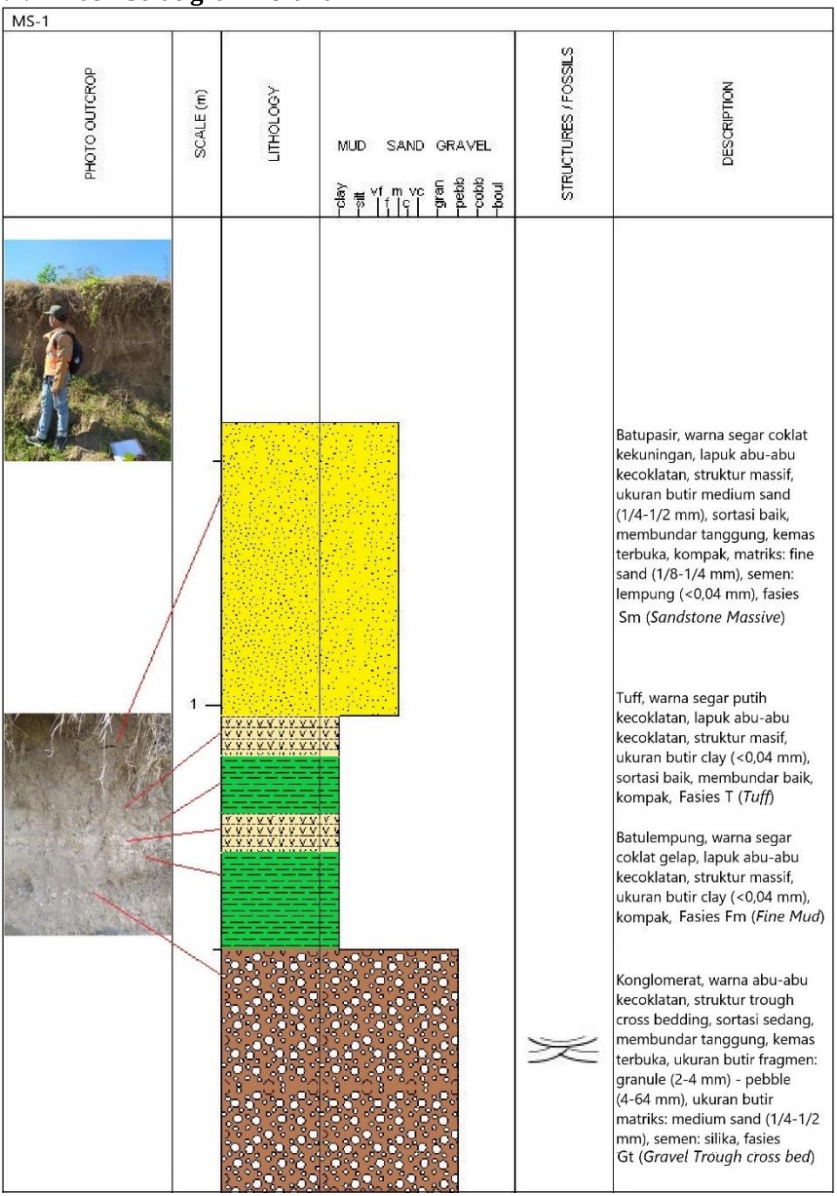
Tabel 3. 2 Pembagian fasies yang mengacu pada Miall (1978c) dalam Miall (2006)

Facies code	Facies	Sedimentary structures	Interpretation
Gmm	Matrix-supported, massive gravel	Weak grading	Plastic debris flow (high-strength, viscous)
Gmg	Matrix-supported gravel	Inverse to normal grading	Pseudoplastic debris flow (low strength, viscous)
Gci	Clast-supported gravel	Inverse grading	Clast-rich debris flow (high strength), or pseudoplastic debris flow (low strength)
Gcm	Clast-supported massive gravel	--	Pseudoplastic debris flow (inertial bedload, turbulent flow)
Gh	Clast-supported, crudely bedded gravel	Horizontal bedding, imbrication	Longitudinal bedforms, lag deposits, sieve deposits
Gt	Gravel, stratified	Trough cross-beds	Minor channel fills
Gp	Gravel, stratified	Planar cross-beds	Transverse bedforms, deltaic growths from older bar remnants
St	Sand, fine to very coarse, may be pebbly	Solitary or grouped trough cross-beds	Sinuous-crested and linguoid (3-D) dunes
Sp	Sand, fine to very coarse, may be pebbly	Solitary or grouped planar cross-beds	Transverse and linguoid bedforms (2-D dunes)
Sr	Sand, very fine to coarse	Ripple cross-lamination	Ripples (lower flow regime)
Sh	Sand, very fine to coarse, may be pebbly	Horizontal lamination parting or streaming lineation	Plane-bed flow (critical flow)
Sl	Sand, very fine to coarse, may be pebbly	Low-angle (< 15°) cross-beds	Scour fills, humpback or washed-out dunes, antidunes
Ss	Sand, fine to very coarse, may be pebbly	Broad, shallow scours	Scour fill
Sm	Sand, fine to coarse	Massive, or faint lamination	Sediment-gravity flow deposits
Fl	Sand, silt, mud	Fine lamination, very small ripples	Overbank, abandoned channel, or waning flood deposits
Fsm	Silt, mud	Massive	Backswamp or abandoned channel deposits
Fm	Mud, silt	Massive, desiccation cracks	Overbank, abandoned channel, or drape deposits
Fr	Mud, silt	Massive, roots, bioturbation	Root bed, incipient soil
C	Coal, carbon-aceous mud	Plant, mud films	Vegetated swamp deposits
P	Paleosol carbonate (calcite, siderite)	Pedogenic features: nodules, filaments	Soil with chemical precipitation

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengolahan

4.1.1 Hasil Stratigrafi Terukur

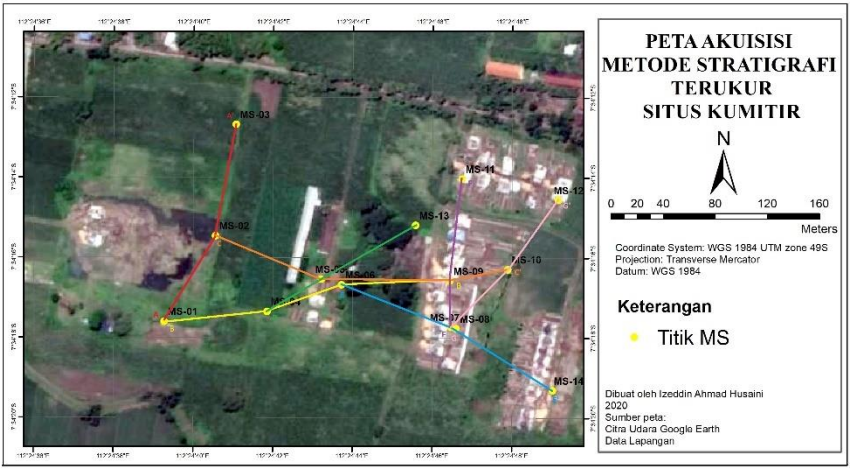


Gambar 4. 1 Kolom stratigrafi terukur MS-1.

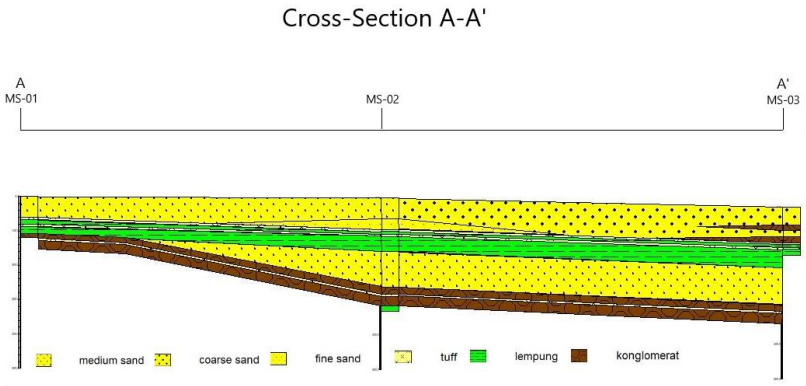
Dari pengukuran stratigrafi terukur di lapangan didapatkan data berupa kolom stratigrafi terukur yang meliputi ketebalan, litologi, *grain size*, deskripsi batuan yang mencakup nama batuan, warna, tekstur, dan struktur, dan foto singkapan. Litologi yang terdapat di area penelitian meliputi batupasir dengan ukuran butir yang beragam (*fine sand*, *medium sand*, dan, *coarse sand*), lempung, tuff, dan konglomerat serta cukup banyak ditemukan struktur *cross bedding* atau silang siur.

4.1.2 Hasil Korelasi Stratigrafi

Korelasi stratigrafi menghasilkan penampang 2-D yang menghubungkan titik-titik pengukuran stratigrafi terukur. Gambar 4.2 merupakan peta korelasi titik pengukuran MS. Terdapat 7 korelasi yang dibuat untuk mengetahui persebaran lapisan batuan secara lateral di area penelitian. Pada Gambar 4.3 menunjukkan korelasi titik MS 1-2-3 yang berarah dari selatan ke utara. Pada lapisan yang paling atas merupakan lapisan batupasir. Pada MS-03 terdapat lapisan konglomerat yang membaji atau menipis ke arah selatan. Dibagian tengah terdapat dua lapisan tuff yang merupakan lapisan key-bed yang menerus di setiap titik pengukuran MS dan tidak terganggu oleh lapisan apapun. Diantara lapisan tuff terdapat lapisan lempung yang tipis. Dibawahnya terdapat lempung, *medium sand* yang membaji atau menipis ke arah selatan dan konglomerat.

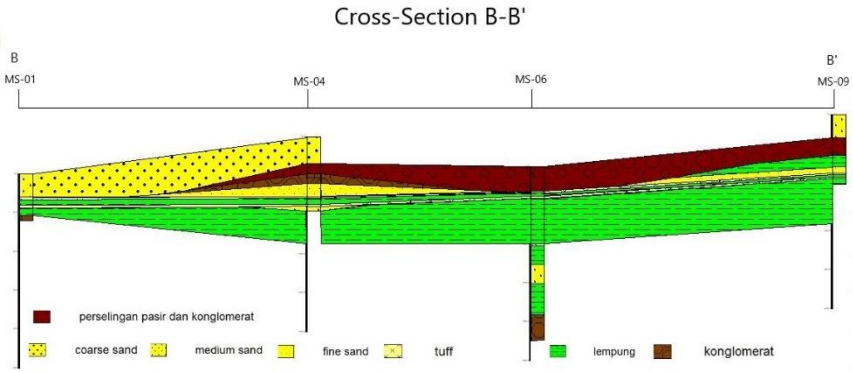


Gambar 4. 2 Korelasi MS 1-2-3.



Gambar 4. 3 Korelasi MS 1-2-3.

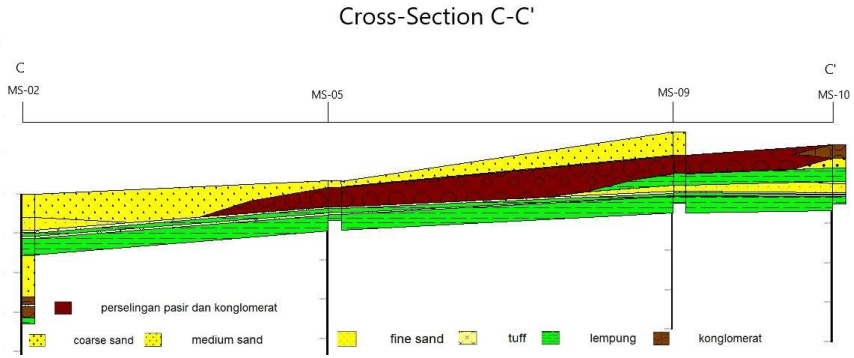
Korelasi titik MS 1-4-6-9 (Gambar 4.4) berarah dari barat ke timur. Terdapat lapisan perselingan pasir dan konglomerat dibawah lapisan *medium sand* membaji atau menipis ke arah barat. Pada titik MS-04 terlihat lapisan konglomerat dan fine sand yang menipis ke arah timur maupun barat. Pada MS-09 terdapat lapisan lepung yang membaji ke arah barat. Dibawahnya terdapat lapisan tuff, lempung tipis, dan tuff. Kemudian terdapat lapisan lempung yang membaji ke arah barat.



Gambar 4. 4 Korelasi MS 1-4-6-9.

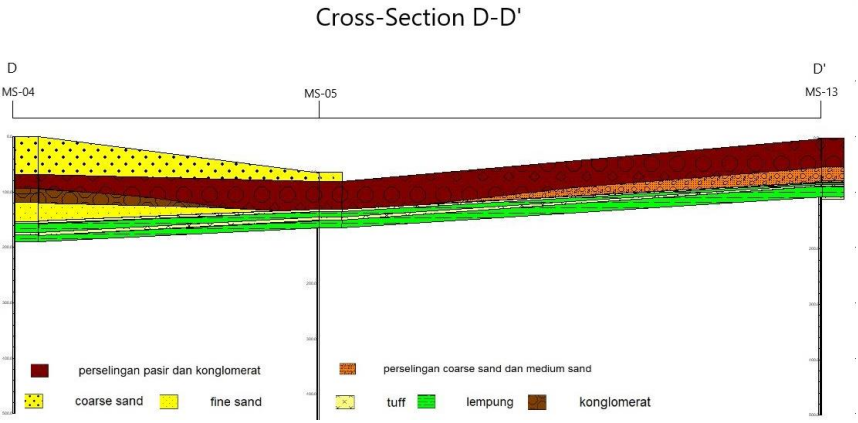
Korelasi titik MS 2-5-9-10 (Gambar 4.5) berarah dari barat ke timur. Seperti pada penampang sebelumnya, terdapat pula perselingan pasir dan konglomerat yang memiliki pola membaji di bawah lapisan *medium sand*. Pada MS-10 terdapat lapisan lempung dan fine sand yang membaji ke arah barat.

Dibawahnya terdapat lapisan tuff, lempung tipis, dan tuff. Kemudian terdapat lapisan lempung.



Gambar 4. 5 Korelasi MS 2-5-9-10.

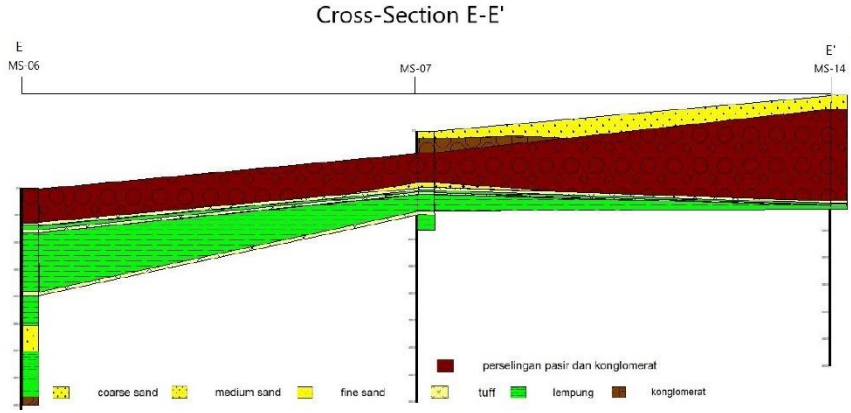
Korelasi titik MS 4-5-13 (Gambar 4.6) berarah dari selatan ke utara. Terdapat lapisan perselingan pasir dan konglomerat dibawah lapisan *coarse sand*. Pada titik MS-04 terdapat lapisan fine sand dibawah lapisan perselingan pasir dan konglomerat yang menipis ke arah utara, sedangkan pada titik MS-13 terdapat perselingan *coarse sand* dan *medium sand* yang dibawah perselingan pasir dan konglomerat. Dibawahnya terdapat lapisan tuff, lempung tipis, dan tuff. Kemudian terdapat lapisan lempung.



Gambar 4. 6 Korelasi MS 4-5-13.

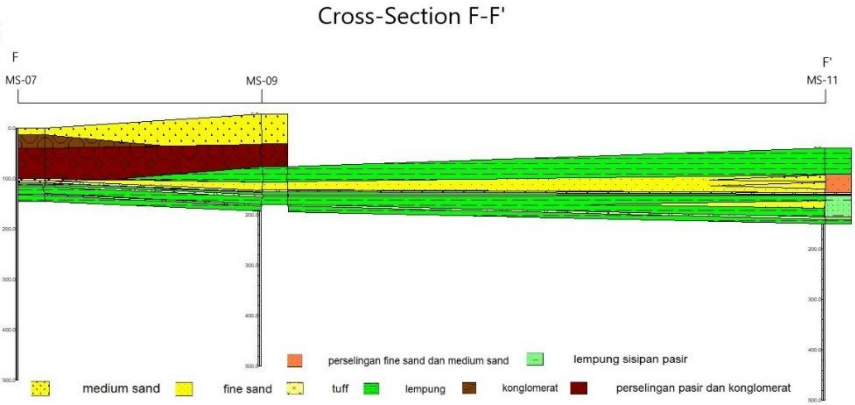
Korelasi titik MS 6-7-14 (Gambar 4.7) berarah dari barat ke timur. Pada titik MS-07 terdapat lapisan konglomerat dibawah lapisan medium sand yang membaji. Dibawah lapisan *medium sand* terdapat lapisan perselingan pasir dan

konglomerat. Dibawahnya terdapat lapisan tuff, lempung tipis, dan tuff. Kemudian terdapat lapisan lempung yang membaji kearah timur dan dibawahnya terdapat lapisan tuff lagi.



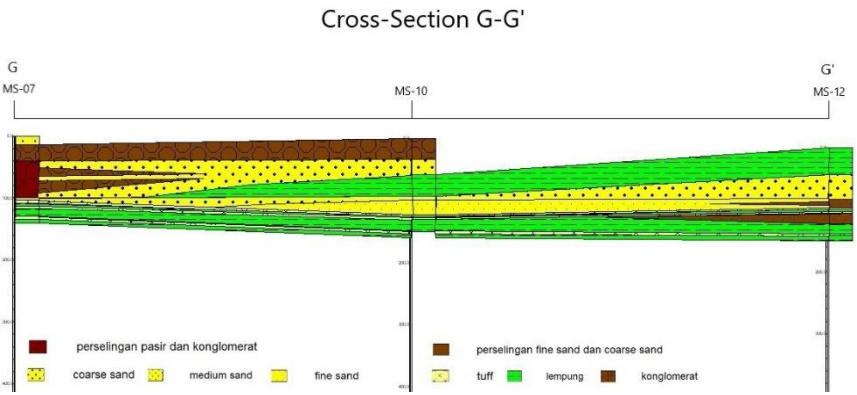
Gambar 4. 7 Korelasi MS 6-7-14.

Korelasi titik MS 7-9-11 (Gambar 4.8) berarah dari selatan ke utara. Lapisan paling atas juga merupakan *medium sand*. Pada titik MS-07 terdapat lapisan konglomerat dibawah yang membaji ke arah utara. Dibawah lapisan *medium sand* terdapat lapisan perselingan pasir dan konglomerat. Dibawahnya terdapat lapisan lempung yang membaji ke arah selatan. Kemudian terdapat lapisan perselingan *fine sand* dan *medium sand*. Dibawahnya terdapat lapisan tuff, lempung tipis, dan tuff. Kemudian terdapat lapisan lempung sisipan dan tuff lagi. Dibawah lapisan tuff yang ketiga terdapat lapisan lempung.

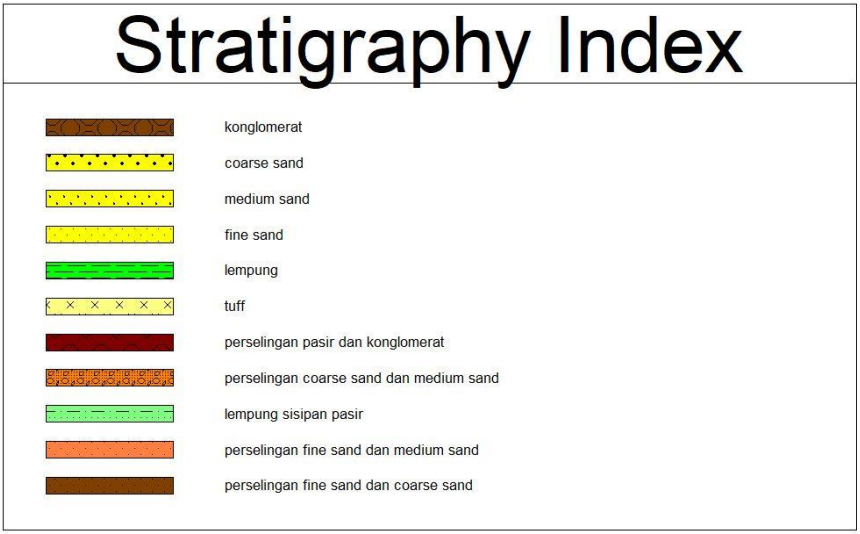


Gambar 4. 8 Korelasi MS 7-9-11.

Korelasi titik MS 7-10-12 (Gambar 4.9) berarah dari selatan ke utara. Terdapat lapisan konglomerat yang menerus dari titik MS-07 ke MS-10. Dibawahnya terdapat lapisan perselingan pasir dan konglomerat dimana lapisan konglomeratnya membaji kearah utara. Kemudian dibawahnya terdapat lapisan lempung yang membaji ke arah selatan. Dibawah lapisan lempung terdapat lapisan *coarse sand*. Pada MS-12 terdapat perselingan coarse sand dan fine sand yang membaji ke arah selatan. Dibawahnya terdapat lapisan tuff, lempung tipis, dan tuff. Kemudian terdapat lapisan lempung.

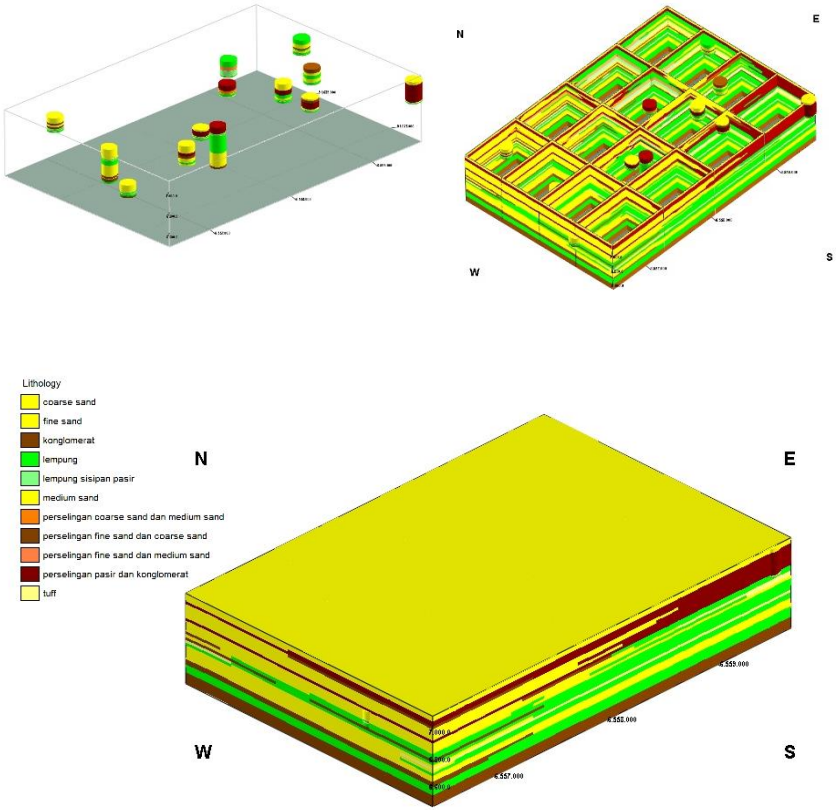


Gambar 4. 9 Korelasi MS 7-10-12.



Gambar 4. 10 Indeks stratigrafi.

4.1.3 Hasil Pemodelan 3-D



Gambar 4. 11 Hasil pemodelan 3-D.

Penampang 3-D yang dihasilkan menunjukkan persebaran lapisan-lapisan batuan secara menyeluruh. Terdapat lapisan batuan yang terlihat tidak menerus dengan baik. Hal ini disebabkan oleh prinsip metode *Horizontal Lithoblending* yang menginterpolasi data secara horizontal berdasarkan pada nilai litologi terdekat. Metode ini menghasilkan "*lithozones*" di sekitar setiap *borehole* yang dapat berakhir secara tiba-tiba ketika menemui zona dari *borehole* lainnya.

4.1.4 Pembagian Fasies

Pemberian nama fasies berdasarkan pendekatan Miall dilakukan dengan memberikan kode. Umumnya kode untuk nama fasies tersebut terdiri dari dua haruf. Huruf pertama menyatakan ukuran butir, huruf kedua menyatakan struktur

sedimen. Namun, pada beberapa fasies, diantara kedua huruf tersebut ditambah satu huruf yang menyatakan hubungan antar butir fasies tersebut. Berikut ini adalah pembagian litofasies berdasarkan pendekatan Miall pada stratigrafi daerah penelitian:

1. Fasies Gmg (Gravel Matrix supported Graded bedding)

Fasies Gmg merupakan fasies yang tersusun atas batupasir kerikilan hingga kerakal dengan hubungan antar butir yang dominan adalah yang terdukung matriks yang mempunyai struktur gradasi normal. Pada stratigrafi area penelitian Fasies ini terletak di bagian bawah pada litologi konglomerat di MS-06.

2. Fasies Gt (Gravel Trough cross bed)

Fasies Gt merupakan fasies sedimen yang tersusun atas butir sedimen yang berukuran lebih kasar dari pasir dengan struktur sedimen trough cross bedding. fasies ini cenderung berkembang dominan pada bagian tengah. Fasies ini terdapat di hampir semua titik MS kecuali MS-02, MS-10, MS-11, MS-12.

3. Fasies Gh (Gravel Horizontal)

Fasies Gh merupakan fasies sedimen yang tersusun atas butir sedimen yang berukuran lebih kasar dari pasir dengan struktur sedimen perlapisan. Fasies ini terdapat pada MS-03, MS-07, dan MS-10.

4. Fasies Sm (Sandstone Massive)

Fasies ini tersusun atas litologi berukuran pasir dari *fine* hingga *coarse sand* dengan struktur sedimen masif atau faint lamination. Fasies Sm berada di bagian tengah hingga bagian atas. Fasies ini terdapat di hampir semua titik MS kecuali MS-08 dan MS-11.

5. Fasies St (Sandstone Trough cross bed)

Fasies ini tersusun atas litologi berukuran pasir dari *fine* hingga *very coarse* dan mungkin terdapat kerikil (*pebble*) dengan struktur sedimen trough cross bedding. Fasies St terdapat di bagian tengah hingga atas pada titik MS-05, MS-06, MS-07, MS-08, MS-09, MS-11, MS-13, dan MS-14.

6. Fasies Sp (Sandstone Planar cross bed)

Butir yang mendominasi pada fasies ini berukuran pasir dari *fine* hingga *very coarse* dan mungkin terdapat kerikil (*pebble*) dengan struktur sedimen planar cross bedding. Fasies Sp terdapat di bagian tengah pada MS-05 dan MS-06.

7. Fasies Fasies Fm (Fine mud)

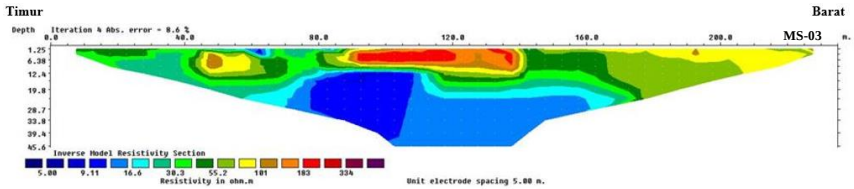
Fasies Fm ini tersusun atas litologi lempung yang strukturnya massif atau mudcrack. Fasies ini berkembang di bagian tengah dan terdapat pada semua titik MS.

8. Fasies Fasies T (Tuff)

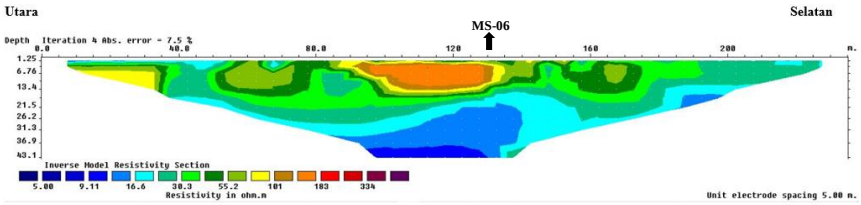
Fasies T tersusun atas litologi tuff. Dikarenakan fasies ini merupakan produk vulkanisme, tidak ada litofasies Miall yang sepadan dengannya. Di area penelitian ditemukan tiga lapisan tuff yang menerus. Tuff pada fasies ini memiliki warna putih kecoklatan.

4.2 Pembahasan

Berdasarkan kolom stratigrafi MS-01 hingga MS-14, litologi di area penelitian terdiri dari batupasir dengan butiran yang beragam (*fine sand*, *medium sand*, dan *coarse sand*), batulempung, konglomerat, dan tuff. Identifikasi litologi pada kolom stratigrafi diperkuat oleh hasil nilai resistivitas dari pengukuran geolistrik di area Situs Kumitir (Widiantoro, dalam penyusunan). Dari hasil pengukuran geolistrik, ujung barat lintasan 2 yang berdekatan dengan titik MS-03 menunjukkan *range* nilai resistivitas antara 55-100 ohm.m. Pada titik MS-03 bagian atas di kedalaman 0-1,03 m didominasi oleh pasir yang memiliki *range* nilai resistivitas 1-1000 ohm.m sedangkan bagian bawah pada kedalaman 1,23-1,4 m merupakan lempung yang memiliki range nilai resistivitas 1-100 ohm.m. Hasil pengukuran geolistrik di lintasan 3 pada meter 129-131 yang berdekatan dengan titik MS-06 menunjukkan *range* nilai resistivitas pada kedalaman sekitar 1-2 m antara 55-100 ohm.m dan pada kedalaman sekitar 2-3 m sebesar 100-150 ohm.m. Pada kedalaman sekitar 1-2 m di lintasan 3, mengacu pada kolom MS-06 terdiri dari pasir dan lempung, sedangkan pada kedalaman sekitar 2-3 m



Gambar 4. 12 Penampang resistivitas 2-D lintasan 2.



Gambar 4. 13 Penampang resistivitas 2-D lintasan 3.

merupakan konglomerat yang memiliki nilai *range* nilai resistivitas 100-600 ohm.m.

Dari hasil korelasi stratigrafi pada penampang 2-D menunjukkan persebaran lapisan batuan secara lateral dapat terlihat cukup baik, sedangkan pada penampang 3-D menunjukkan persebaran lapisan batuan secara menyeluruh, walaupaun terdapat lapisan batuan yang terlihat tidak menerus dengan baik. Pada penampang korelasi stratigrafi ditemukan lapisan-lapisan yang membaji atau semakin menipis dan hal ini juga terlihat pada singkapan di area penelitian seperti pada titik MS-03 (Gambar 4. 11). Selain itu terdapat lapisan tuff yang menerus di setiap titik pengukuran dan tidak terganggu oleh lapisan lainnya. Lapisan tuff menunjukkan pernah terjadi letusan gunung berapi di masa lampau dan lapisan ini menjadi key-bed sebagai acuan dalam korelasi stratigrafi.

Gambar 4. 14 Lapisan yang membaji di titik MS-03.

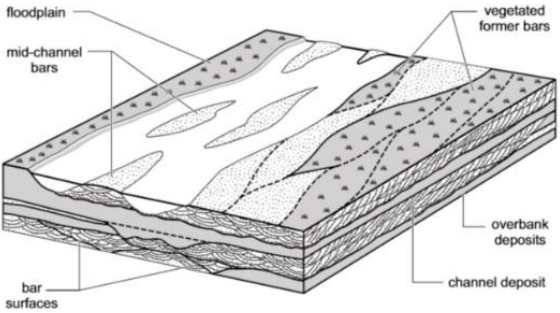
Dari pembagian fasies berdasarkan Miall dapat ditentukan asosiasi fasiesnya. Asosiasi fasies dibuat berdasarkan kemungkinan elemen arsitektural pada lingkungan pengendapan masa lampau. Pembagian asosiasi fasies ini mengacu pada klasifikasi yang dikemukakan oleh Miall (1985) dalam Miall (2006). Asosiasi fasies pada penelitian ini terbagi menjadi *Sediment gravity flows* (SG), *Floodplain* (FF), dan *Channel* (CH). Sediment Gravity Flows (SG) pada area penelitian diwakili oleh fasies Gmg. Asosiasi fasies ini terjadi akibat adanya

debris flows dan mekanisme sedimentasi *gravity flows* yang lain. Pada umumnya *Sedimen Gravity Flows* membentuk kipas aluvial. *Floodplain* (FF) atau dataran banjir merupakan bagian endapan overbank dari tubuh sungai. Asosiasi fasies ini pada area penelitian diwakili oleh fasies Fm yang merupakan material berukuran halus. Hal ini menunjukkan bahwa pengendapan material di daerah tersebut mempunyai energi yang tenang. Pada asosiasi fasies FF terdapat endapan tuff (fasies T) yang menerus dan tidak terganggu oleh lapisan lainnya. Ini mengindikasikan bahwa selama periode letusan gunung berapi, tidak dipengaruhi oleh aktivitas deposit dari floodplain. Asosiasi fasies *Channel* (CH) pada area penelitian diwakili oleh fasies Sm, St, Sp, Gh, dan Gt. Karakteristik fasies channel pada area penelitian memiliki komposisi litologi batupasir kasar hingga halus dan juga terdapat konglomerat dengan pola menghalus ke atas dan memiliki struktur sedimen *cross bedding* atau silang siur.

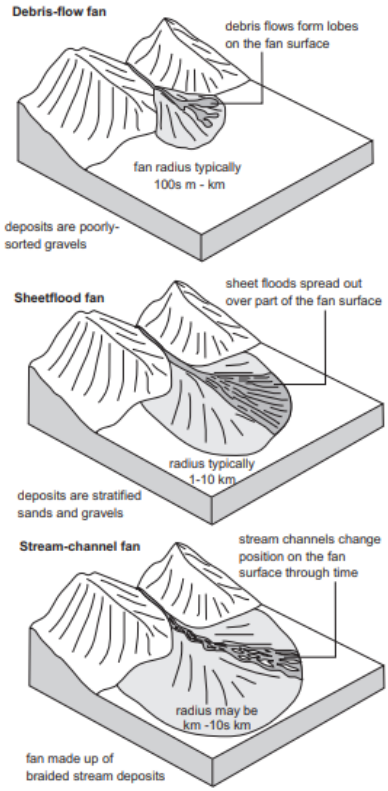
Gambar 4. 15 Lapisan dengan struktur cross bedding di titik MS-05.

Gambar 4. 16 Lapisan konglomerat di area Situs Kumitir.

Berdasarkan analisis fasies dan asosiasi fasies, menunjukkan bahwa lingkungan pengendapan di area penelitian adalah pada lingkungan fluvial berupa endapan *alluvial fan* atau kipas aluvial. Hal ini ditunjukkan dengan litologi konglomerat dengan ukuran butir fragmen kasar dari kerikil (*granule*) hingga berangkal (*cobble*) bahkan di area situs utama ditemukan bongkahan-bongkahan (*boulder*) dengan sortasi yang buruk, diperkirakan merupakan aliran debris atau *debris flow* yang membentuk kipas aluvial. Selain itu ditemukan litologi batu pasir kasar hingga halus dan juga terdapat konglomerat, dengan struktur sedimen cross bedding atau silang siur dan memiliki pola menghalus ke atas yang merupakan ciri khas endapan channel yang berada di bagian distal atau ujung dari kipas aluvial. Pada umumnya sistem sungai yang terkait dengan kipas aluvial adalah braided river atau sungai teranyam (Nichols, 2009). Menurut Nichols (2009), kipas aluvial dibagi dalam tiga jenis berdasarkan mekanisme sistem transportasinya yang digambarkan oleh produk endapannya. Pertama kipas aluvial yang didominasi oleh *debris flow*, *sheetflood* and *stream channel*. Campuran dari ketiga jenis tersebut dapat terjadi pada suatu kipas aluvial. Berdasarkan pembagian tersebut, endapan kipas aluvial di Situs Kumitir diperkirakan merupakan jenis *debris flow* dan *stream channel*.

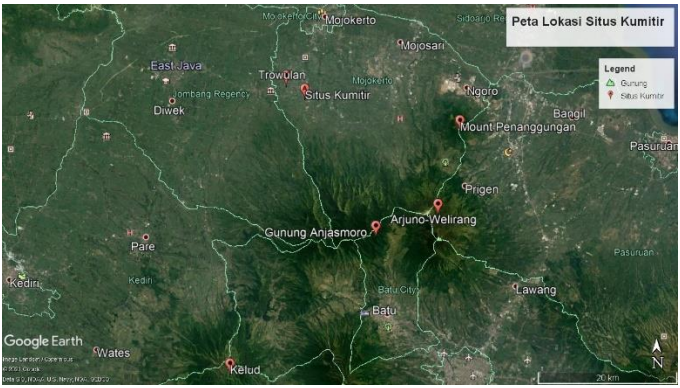


Gambar 4. 17 Model lingkungan braided river (Nichols, 2009).



Gambar 4. 18 Jenis kipas aluvial: debris-flow, sheetflood, dan stream-channel (Nichols, 2009).

Menurut Sartono dan Bandono (1991), Trowulan yang diperkirakan merupakan pusat Kerajaan Majapahit berada di ujung kipas aluvial Jatirejo yang merupakan kipas aluvial di sisi utara kompleks Gunung Anjasmoro. Situs Kumitir yang juga merupakan peninggalan Kerajaan Majapahit terletak tidak jauh dari Trowulan dan lebih dekat ke kompleks Gunung Anjasmoro dibandingkan dengan Trowulan. Selain itu, berdasarkan peta geologi Santosa dan Atmawinata (1992) terdapat Sungai Boro, Sungai Landalan, dan Sungai Pikatan yang menyatu membentuk Sungai Brangkal yang mengarah dekat dengan Situs Kumitir. Sungai ini menurut Sartono dan Bandono (1991) merupakan salah satu aliran utama di kipas aluvial Jatirejo. Sampurno (1980) menyatakan pusat Kerajaan Majapahit pernah dilanda aliran pasir dan kerikil, namun waktunya belum dapat dipastikan dan asalnya belum diketahui apakah dari deretan gunung api di sisi selatan atau dari Sungai Brantas (Sartono dan Bandono, 1991).



Gambar 4. 19 Lokasi Situs Kumitir.

BAB V SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Telah dilakukan stratigrafi terukur pada Situs Kumitir dan dapat disimpulkan bahwa

1. Berdasarkan hasil stratigrafi terukur, litologi di area Situs Kumitir terdiri dari batupasir (fine sand, medium sand, dan coarse sand), batulempung, konglomerat, dan tuff.
2. Berdasarkan pembagian fasies menurut Miall, didapatkan 7 fasies yaitu Gmg, Gt, Gh, Sm, St, Sp, Fm, serta satu fasies T dan 3 asosiasi fasies yaitu SG (*Sediment Gravity Flows*), FF (*Floodplain*), dan CH (*Channel*).
3. Lingkungan pengendapan di Situs Kumitir diinterpretasikan merupakan lingkungan fluvial berupa endapan kipas aluvial.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian penulis dapat memberikan saran untuk penelitian selanjutnya yaitu

1. Melakukan pengukuran stratigrafi terukur dengan area yang lebih luas agar mendapatkan data yang lebih lengkap dan akurat.
2. Melakukan integrasi dengan metode geofisika dan geologi lainnya agar interpretasi menjadi lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

Bemmelen, R. W. Van (1949), *THE GEOLOGY OF INDONESIA*, Government Printing Office, The Hague, Netherland.

De Genevraye, P. dan Samuel, L. (1972), *Geology of The Kendeng Zone (Central & East Java)*,.

Husein, S. (2015), *Petroleum and Regional Geology of Northeast Java Basin, Indonesia*, Unpublished. http://doi.org/10.13140/RG.2.1.2408.3280.

Miall, A.D. (2006), *The Geology of Fluvial Deposits*, 4 Ed.

Nichols, G. (2009), *Sedimentology and Stratigraphy*, 2nd ed., Wiley-Blackwell, Chichester, UK ; Hoboken, NJ.

Noor, J. (2014), *Pengantar Geologi*, Deepublish.

Pringgoprawiro, H. (1983), "Biostratigraphy and Paleogeography of North East Java Basin: A New Approach", *Disertasi Doktor ITB*,.

Raras, H.R., Husein, S., Novian, M.I. dan Hidayat, R. (2017), "ANALISIS FASIES FLUVIAL PADA FORMASI KIKIM ANGGOTA CAWANG DI JALUR SUNGAI MENGHALUS, SUMATRA SELATAN", *SEMINAR NASIONAL KEBUMIAN KE-10 PERAN PENELITIAN ILMU KEBUMIAN DALAM PEMBANGUNAN INFRASTRUKTUR DI INDONESIA 13–14 SEPTEMBER 2017, GRHA SABHA PRAMANA*, hal. 14,.

Rohmana, R.C., Achmad, A. dan Suyoto (2019), "Analisis Sedimentologi dan Stratigrafi untuk Rekonstruksi Model Lingkungan Pengendapan: Mengungkap Proses Pembentukan Formasi Tapak, Sub-Cekungan Banyumas", *Jurnal Geosains dan Teknologi*, Vol.2.

Safitri, S. (2015), "Telaah Geomorfologi Kerajaan Majapahit", *Jurnal Criksetra*, Vol.4, hal. 5.

Santosa, S. dan Atmawinata, S. (1992), *Peta Lembar Kediri Jawa Timur*,.

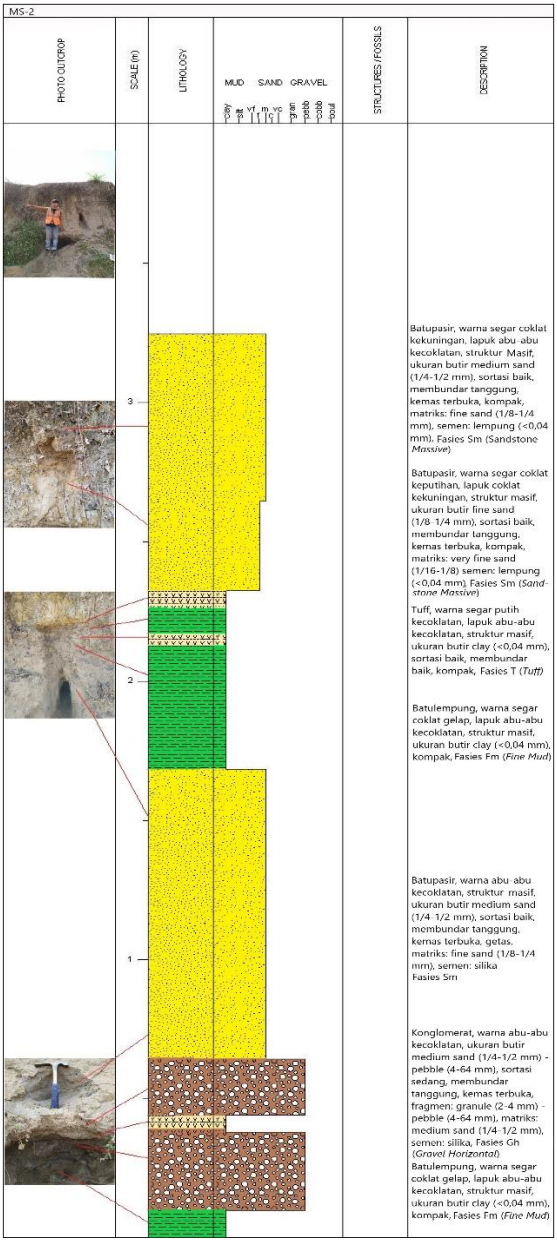
Sartono, S. dan Bandono (1991), "Kehancuran Majapahit dari Pandangan Geologi", *Analisis Hasil Penelitian Arkeologi II*, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan,.

Selley, R.C. (1985), *Ancient Sedimentary Environments*, Springer US, Boston, MA. http://doi.org/10.1007/978-1-4615-5421-9.

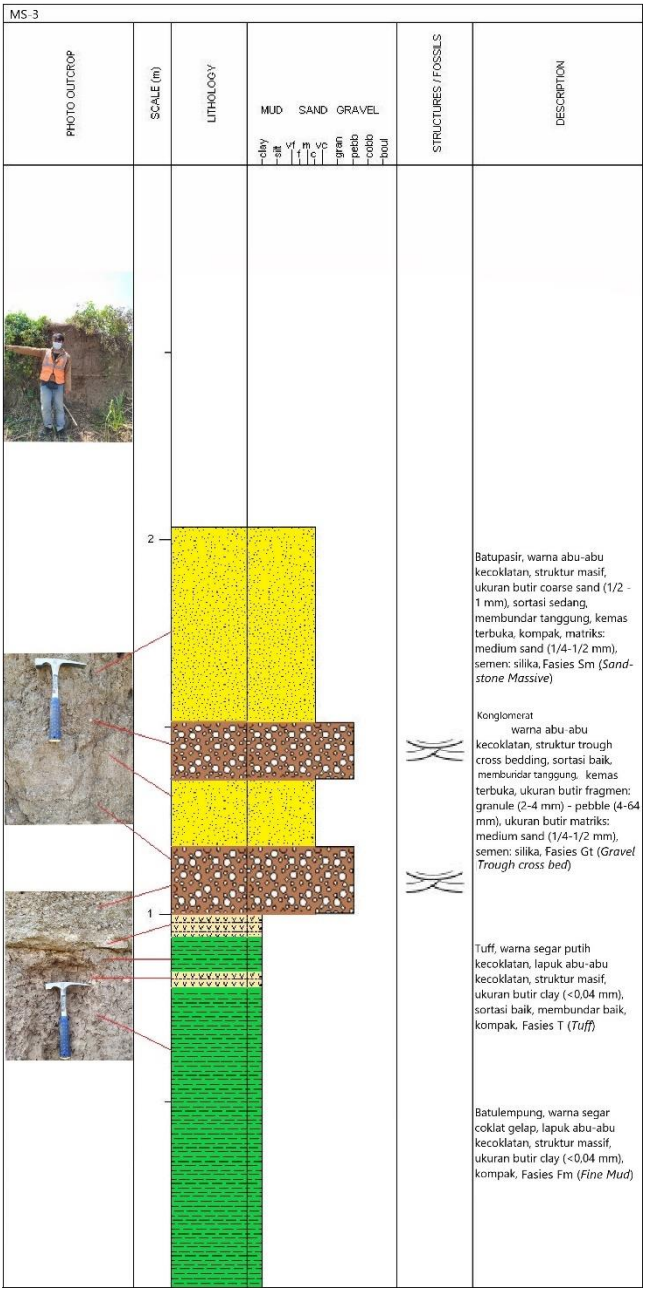
SSI (1996), *Sandi Stratigrafi Indonesia Edisi 1996*.

Umar, H. dan Ikhwan, C. (2017), *Dinamika Sedimentasi dan Lingkungan Pengendapan Berdasarkan Litofasies Daerah Air Putih, Kecamatan Samarinda Ulu, Kota Samarinda*, hal. 8.

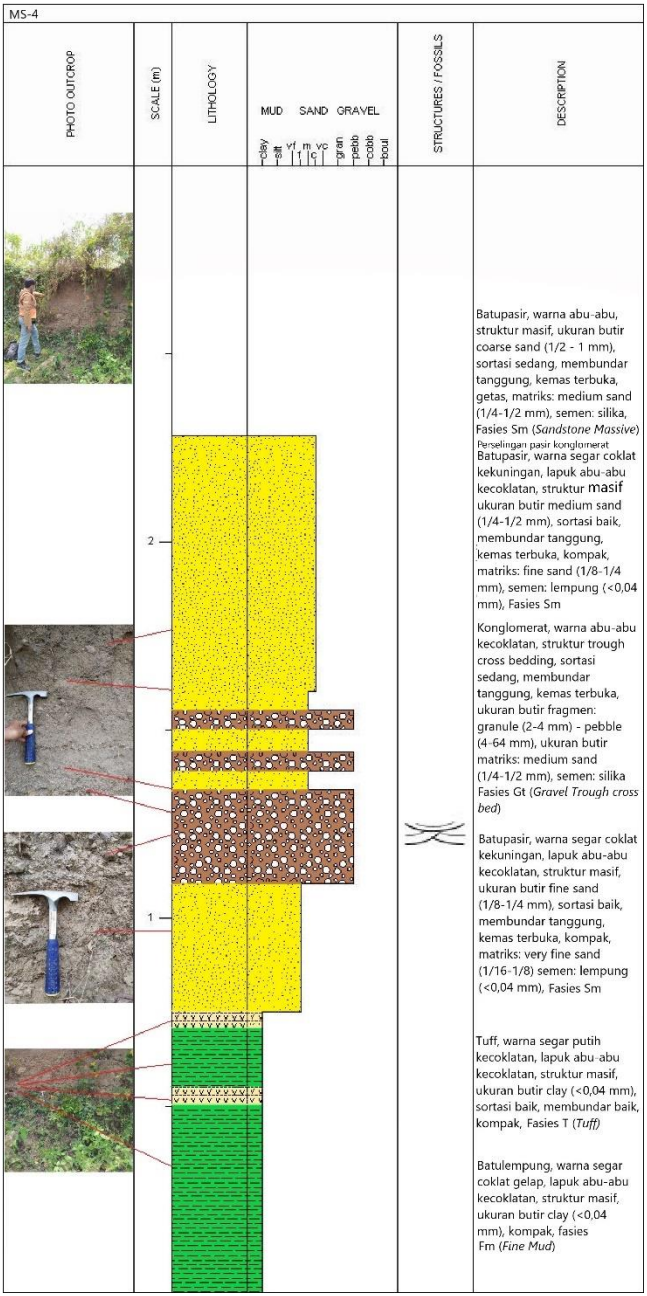
LAMPIRAN



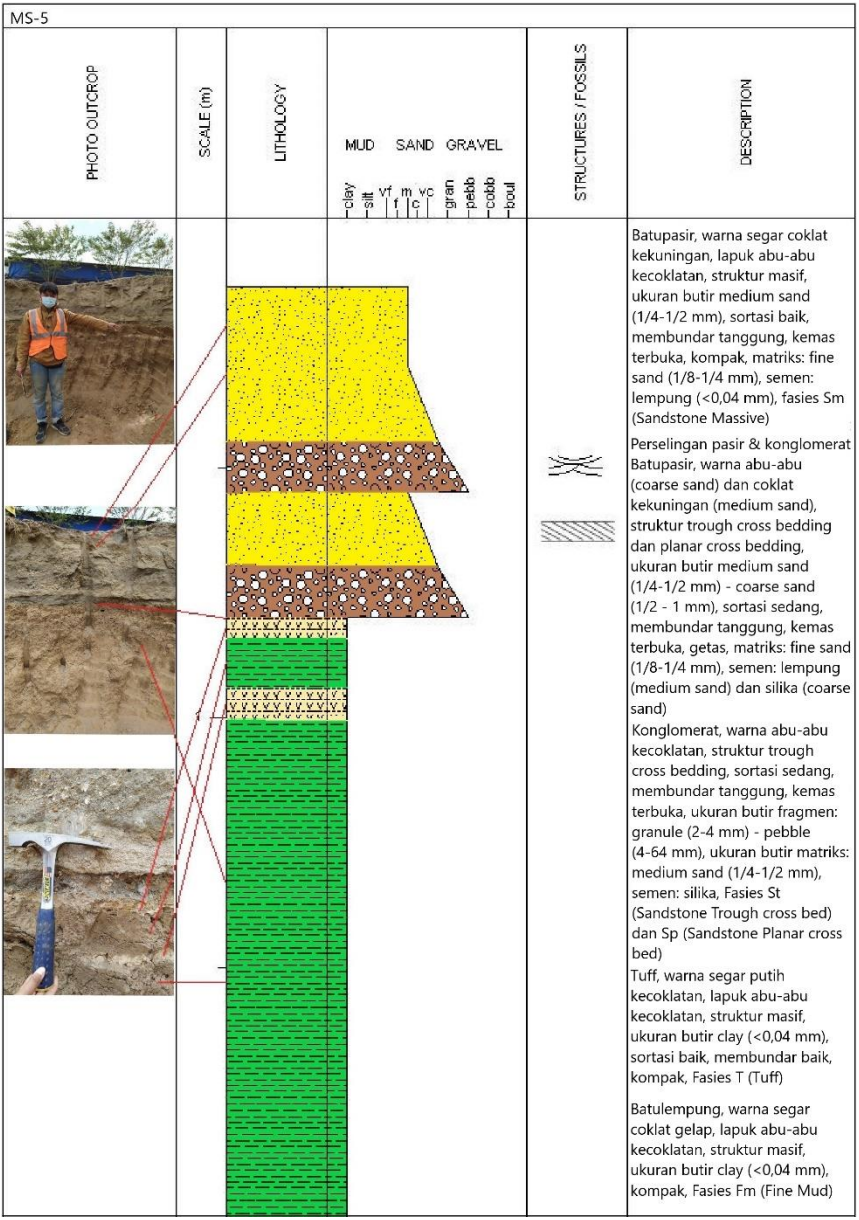
Gambar 1 Kolom stratigrafi titik MS-2.



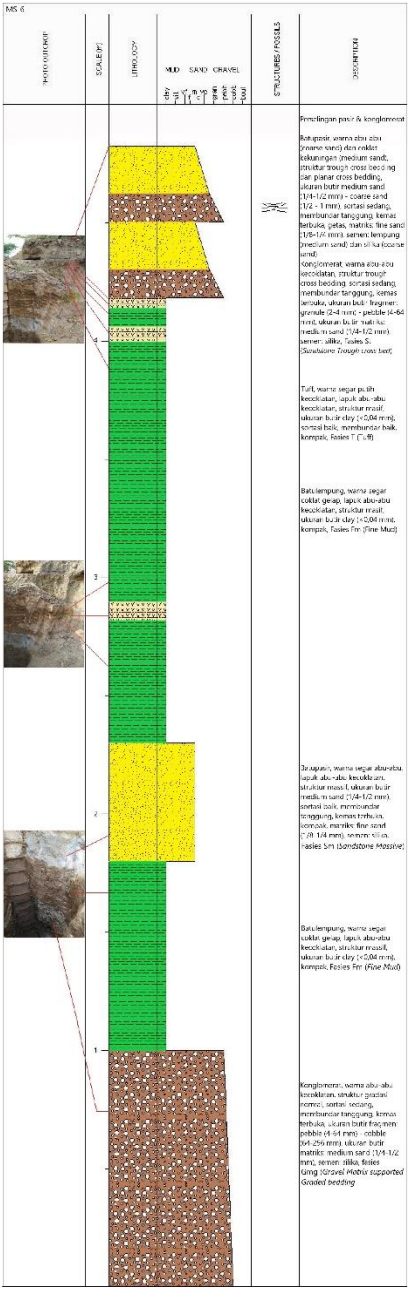
Gambar 2 Kolom stratigrafi titik MS-3.



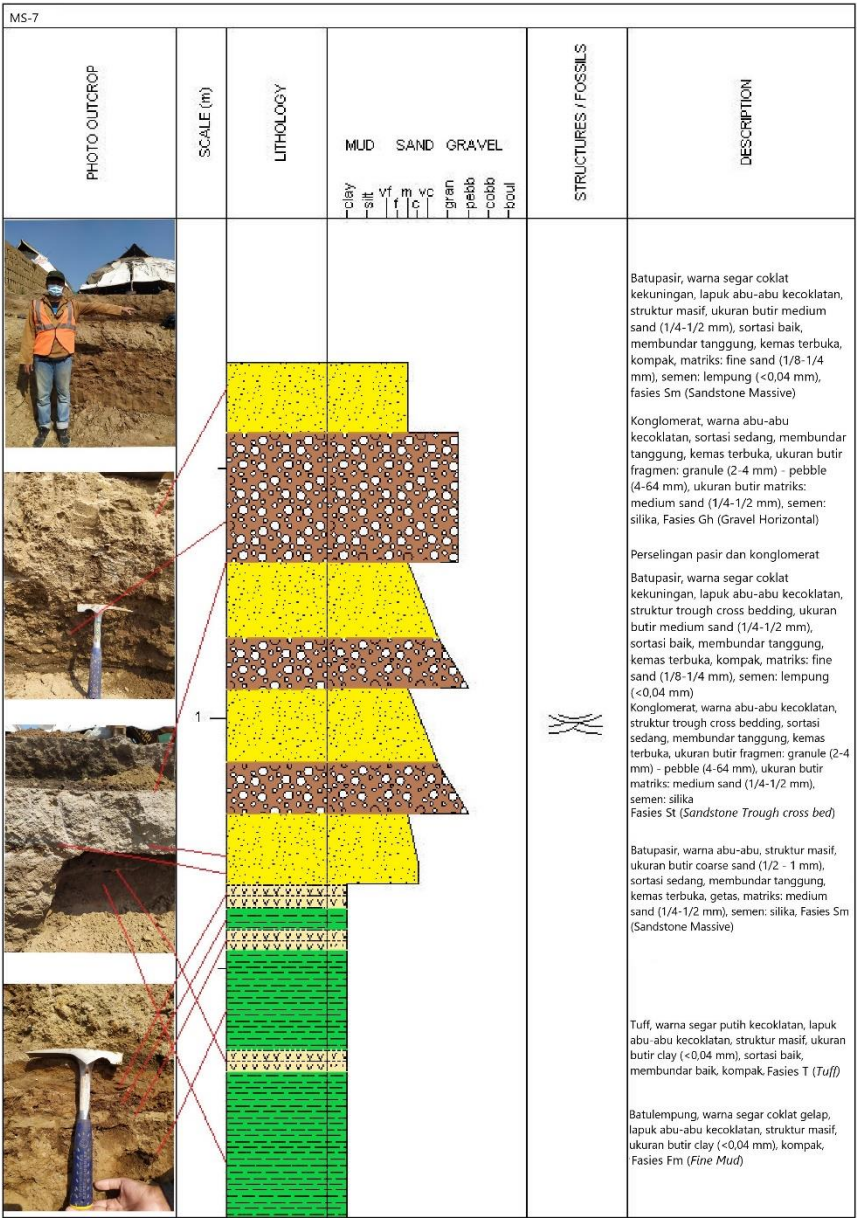
Gambar 3 Kolom stratigrafi titik MS-4.



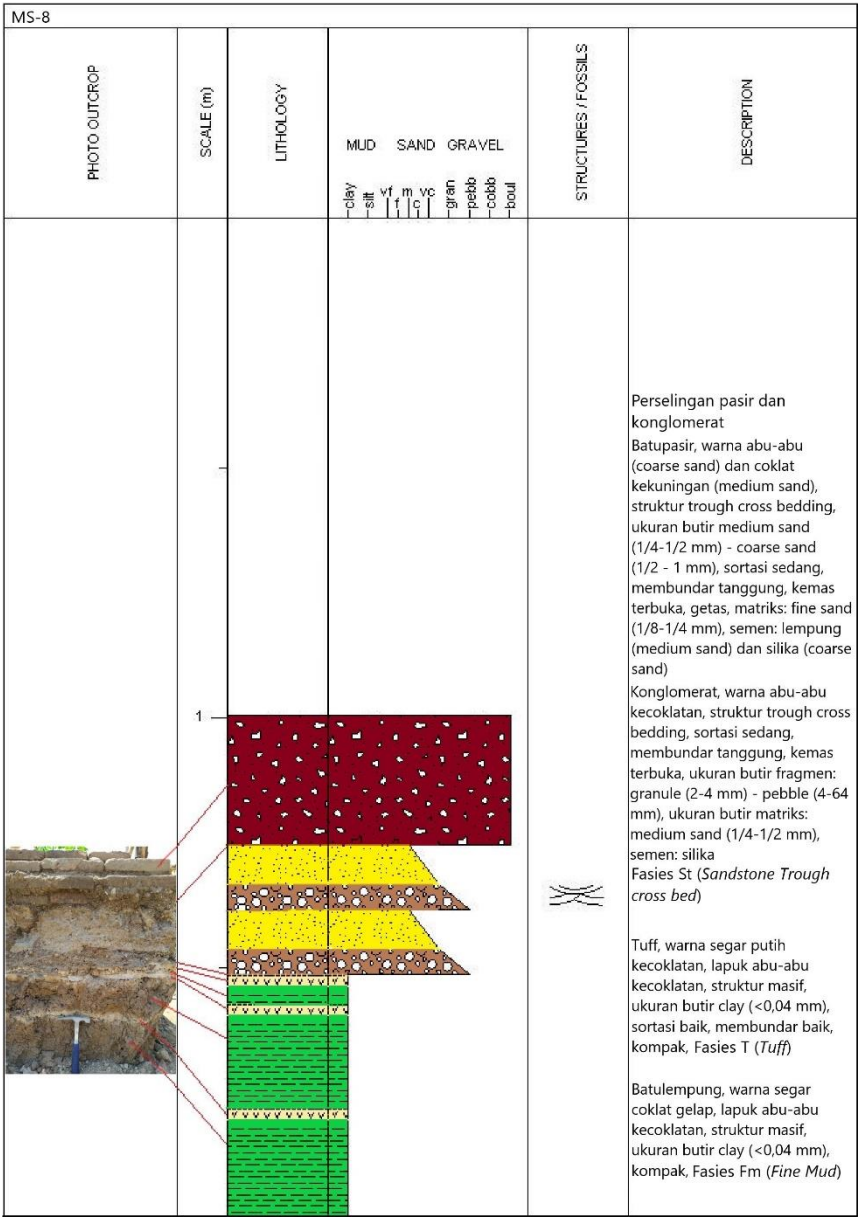
Gambar 4 Kolom stratigrafi titik MS-5.



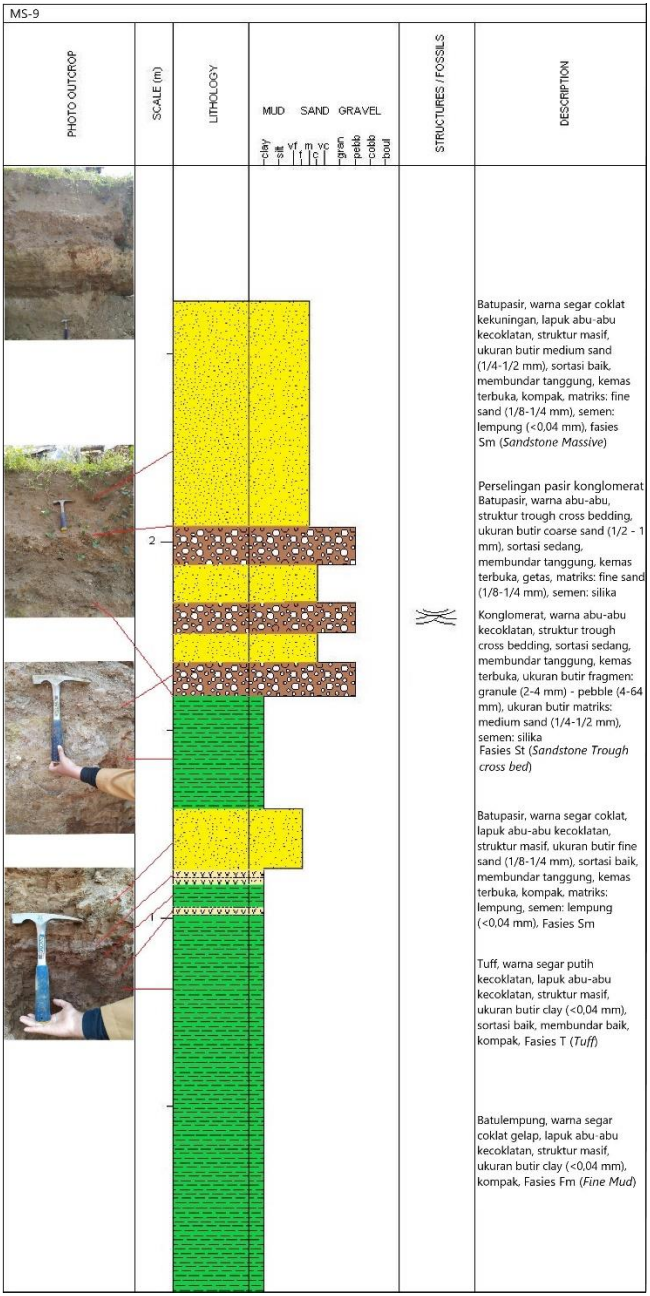
Gambar 5 Kolom stratigrafi titik MS-6.



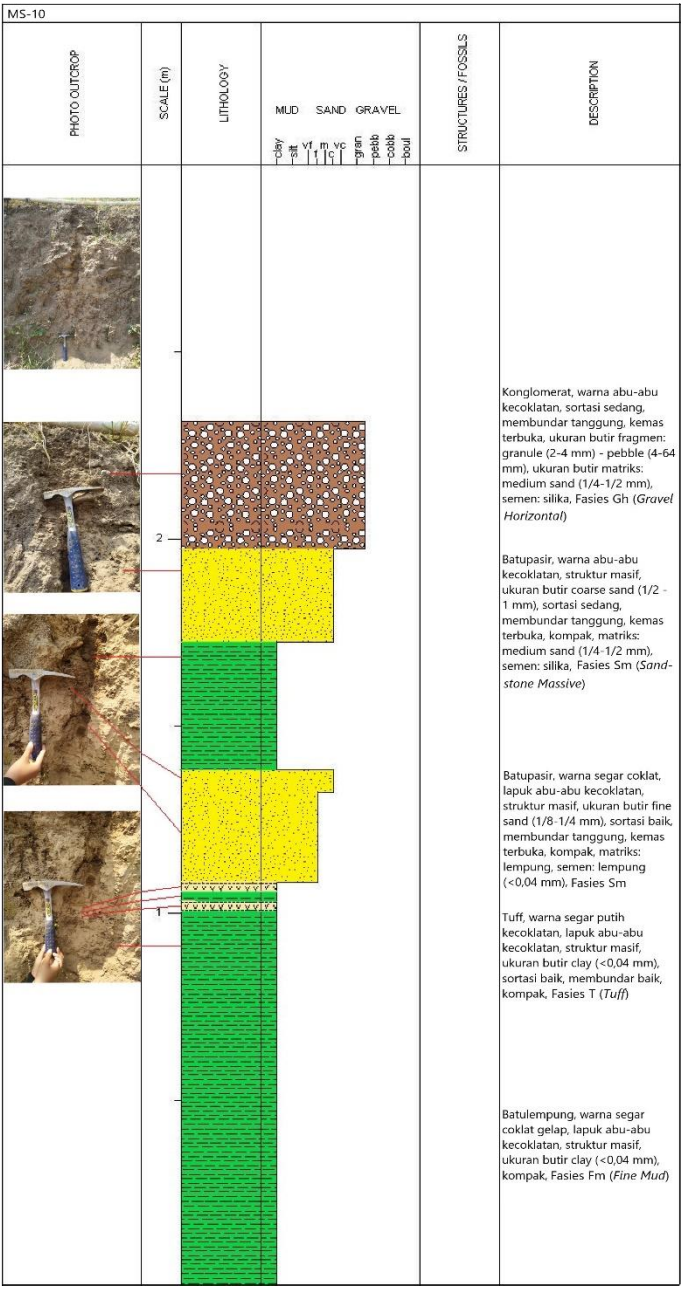
Gambar 6 Kolom stratigrafi titik MS-7.



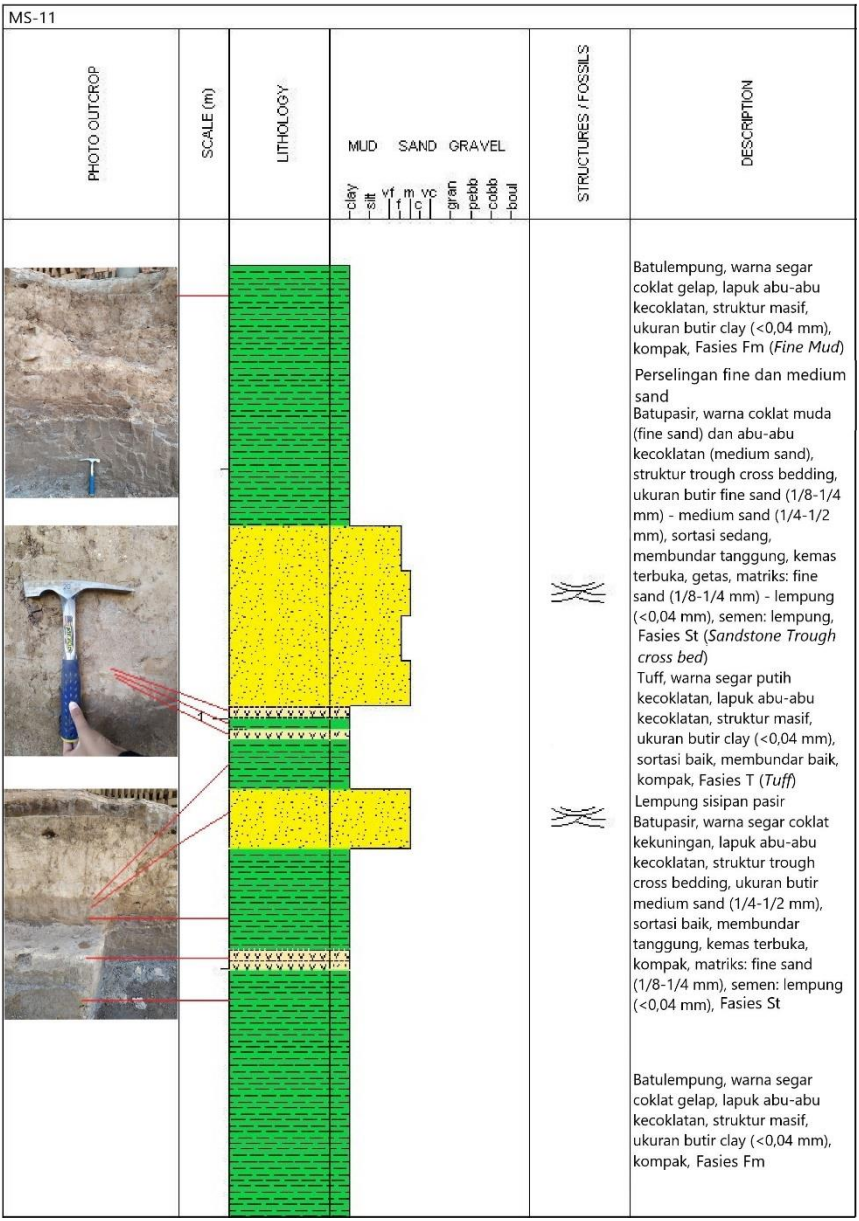
Gambar 7 Kolom stratigrafi titik MS-8.



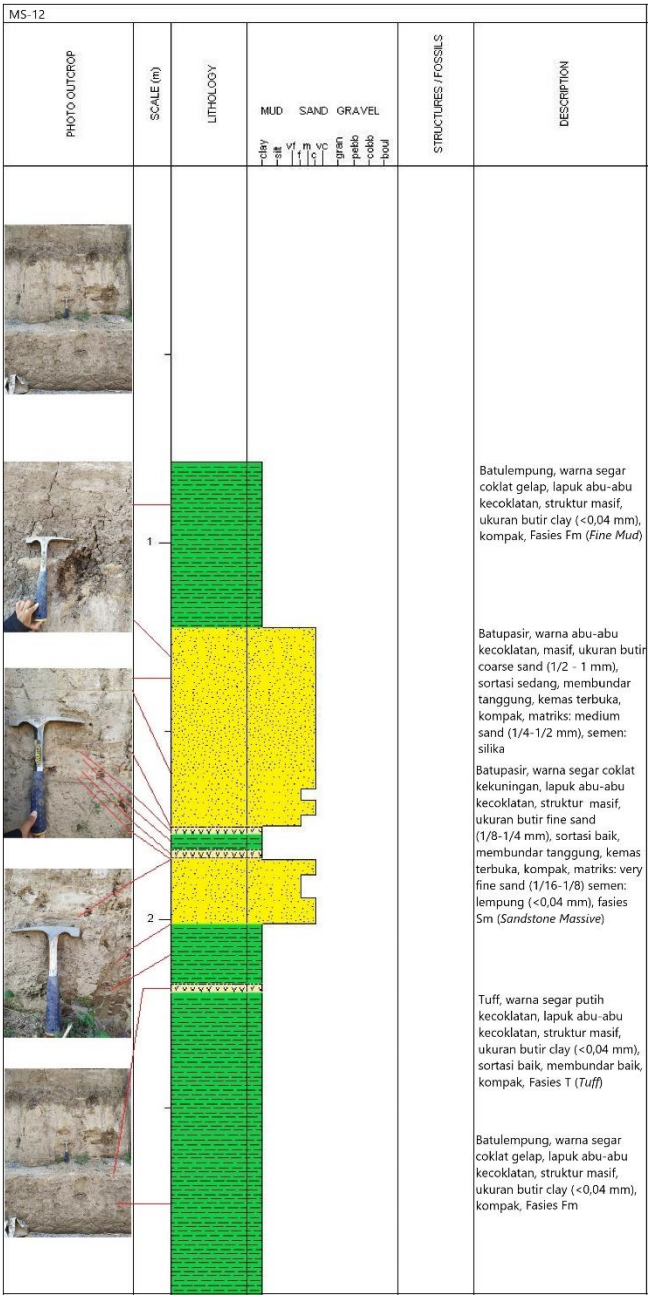
Gambar 8 Kolom stratigrafi titik MS-9.



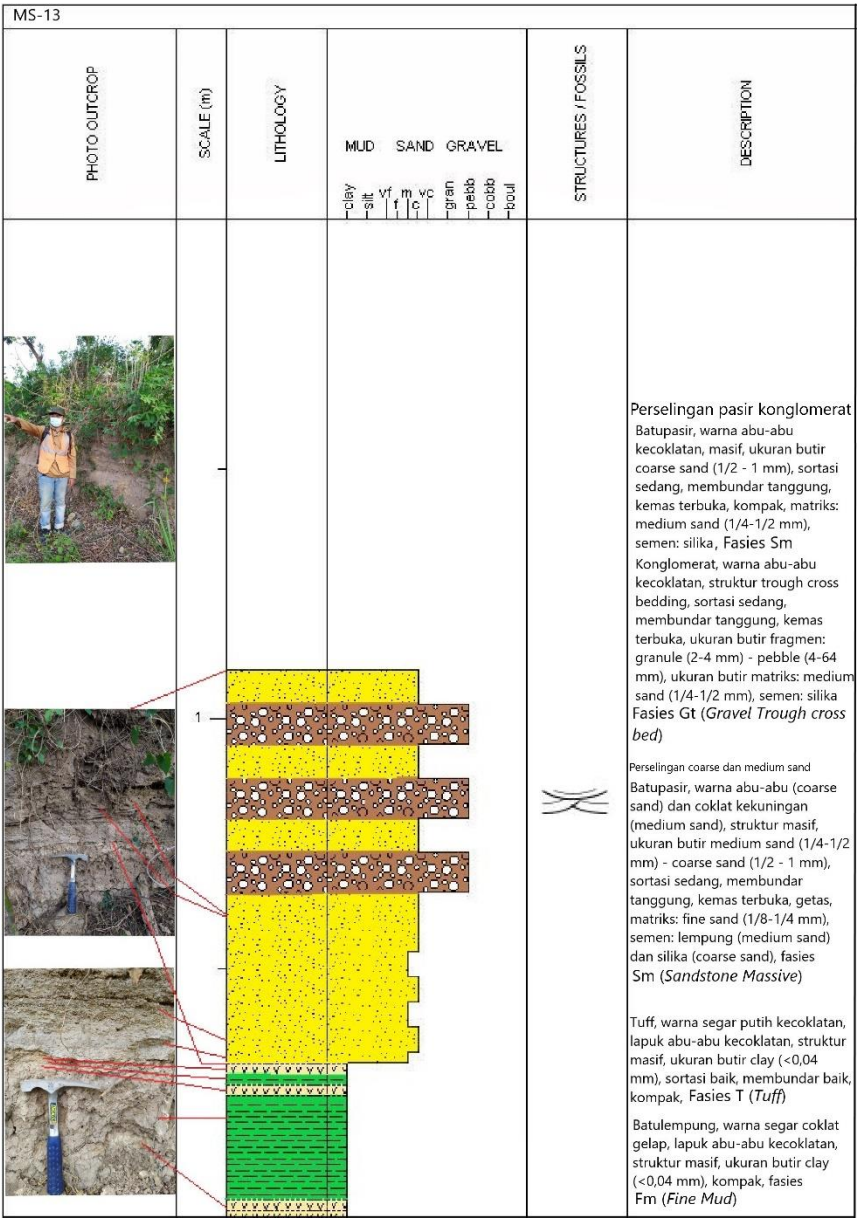
Gambar 9 Kolom stratigrafi titik MS-10.



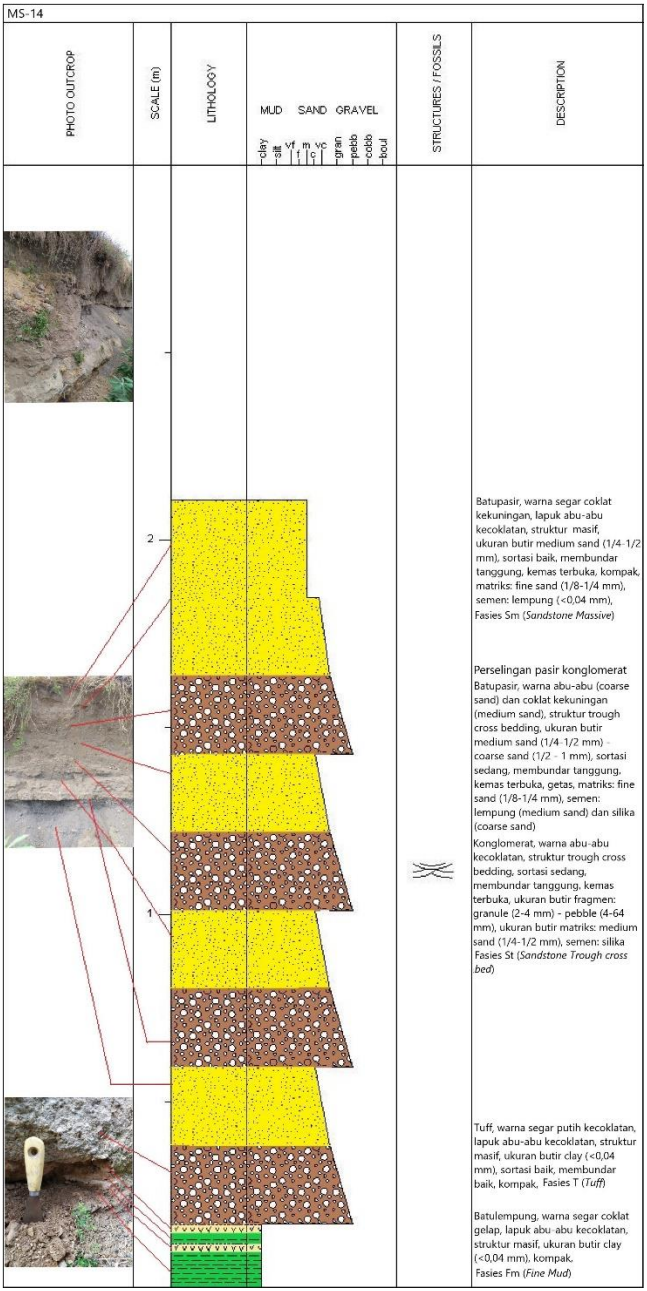
Gambar 10 Kolom stratigrafi titik MS-11.



Gambar 11 Kolom stratigrafi titik MS-12.



Gambar 12 Kolom stratigrafi titik MS-13.



Gambar 13 Kolom stratigrafi titik MS-14.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BIOGRAFI PENULIS

Izeddin Ahmad Husaini lahir di Surabaya, 10 Juli 1997 dari pasangan Bapak Zainal Muttaqin dan Ibu Wida Almaidah. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Pendidikan formal penulis dimulai di SD Luqman Al Hakim (2003-2009), kemudian melanjutkan sekolah di SMP Luqman Al Hakim (2009-2012), kemudian di MATIQ As Surkati Salatiga (2012-2016), terakhir penulis melanjutkan pendidikan di Departemen Teknik Geofisika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya. Selama menjadi mahasiswa di ITS, penulis ikut dalam kegiatan organisasi dan kepanitiaan. Pengalaman organisasi yang pernah penulis ikuti selama perkuliahan diantaranya Staff Departemen Syiar Keluarga Mahasiswa Teknik Geofisika (KMTG) Al-Ardh periode 2017-2018, Penulis juga berkesempatan menjadi panitia dari berbagai kegiatan kemahasiswaan di ITS seperti GEOTRAIN.

Selain kegitan organisasi dan kepanitiaan, penulis juga mengikuti beberapa pelatihan selama periode perguruan tinggi di ITS. Pelatihan yang pernah diikuti diantaranya Latihan Keterampilan Manajerial Mahasiswa (LKMM) Tingkat Pra-Dasar, Pelatihan Petrophysics Training Integrated Geomodelling 2019. Demikian profil singkat tentang penulis. Penulis sangat berkenan dalam mendapatkan saran, kritik, maupun ajakan diskusi lebih lanjut mengenai Proposal Tugas Akhir ini dengan menghubungi email izedahmad@gmail.com.