

Diselenggarakan oleh:

Berkolaborasi dengan:



PROSIDING SEMINAR NASIONAL

TEKNIK GEOLOGI UPN "VETERAN" YOGYAKARTA
"PENGEMBANGAN GEOSAINS UNTUK AKSELERASI
INDONESIA EMAS 2045"

7 MEI 2024
GRAND ROHAN HOTEL YOGYAKARTA

Disponsori oleh :



Diterbitkan oleh:



Penerbit LPPM
UPN Veteran Yogyakarta

**PROSIDING SEMINAR NASIONAL
TEKNIK GEOLOGI UPN“VETERAN” YOGYAKARTA**

**“PENGEMBANGAN GEOSAINS UNTUK
AKSELERASI INDONESIA EMAS 2045”**

7 MEI 2024

Penyunting:

**Moch. Prahastomi Muttahari S., S.T., M.Sc. CSSWB
Setia Pambudi, S.T., M.Sc. RWTH
Ikhwannur Adha, S.T., M.T.
Naufal Setiawan, S.T., M.Sc.
Thema Arrisaldi, S.T., M.Eng.**

**Penerbit
LPPM UPN Veteran Yogyakarta
2024**

Prosiding Seminar Nasional Teknik Geologi UPN “Veteran” Yogyakarta
“Pengembangan Geosains Untuk Akselerasi Indonesia Emas 2045”

Copyright © 2024 Teknik Geologi UPN Veteran Yogyakarta

EDITORIAL

Moch. Prahastomi Muttahari S., S.T., M.Sc. CSSWB.
Setia Pambudi, S.T., M.Sc. RWTH.
Ikhwannur Adha, S.T., M.T.
Naufal Setiawan, S.T., M.Sc.
Thema Arrisaldi, S.T., M.Eng.

KEPANITIAAN

Dewan Pengarah:

Prof. Dr. Ir. Sari Bahagiarti K., M.Sc.
Prof. Dr. Ir. Conradus Danisworo, M.Sc.g
Dr. Ir. Suharsono, M.T.
Dr. Ir. Sutarto, M.T.
Dr. RM. Basuki Rahmad, M.T.
Dr. Ir. Siti Umiyatun Choiriah, M.T.
Dr. Ir. Dwi Fitri Yudiantoro, M.T.
Intan Paramita Haty, S.T., M.T.

Ketua Panitia:

Adam Raka Ekasara, S.T., M.Eng.

Sekretaris:

Wahyuni Annisa Humairoh, S.Si., M.Eng

Bendahara:

Afrilita, S.T., M.Eng

REVIEWER

Rr. Desi Kumala Isnani, S.T., M.Eng.
Aga Rizky, S.T., M.Eng.
Wahyuni Annisa Humairoh, S.Si., M.Eng.
Istiana, S.T., M.T.
Septyo Uji Pratomo, S.T., M.Eng.
Afrilita, S.T., M.Eng.
Dian Rahma Yoni, S.T., M.T.
Hasan Tri Atmojo, S.T., M.T.
Daniel Radityo, S.T., M.T.
Dani Mardiaty, S.T., M.Eng.
Peter Pratistha Utama, S.T., M.Eng.
Oki Kurniawan, S.T., M.T.
Muhammad Gazali Rachman S.T., M.T.
Alfathony Krisnabudhi, S.T., M.T.
Maulana Yudinugroho, S.Si., M.Eng
Dessy Apriyanti, S.T., M.Eng
Lysa Dora Ayu Nugraini, S.T., M.T.
Monica Maharani, ST., M.Eng.
Dwi Wahyuningrum, S.T., M.Eng.

DESAIN SAMPUL & LAYOUT AKHIR

Daniel Radityo, S.T., M.T.

Hak cipta dilindungi oleh undang-undang

Dilarang mengutip atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini dalam bentuk apapun, baik secara elektronik maupun mekanis, termasuk memfotocopy, merekam, atau dengan sistem penyimpanan lainnya, tanpa izin tertulis dari Penulis

Cetakan Pertama, 2024
ISBN: 978-623-389-310-7

Diterbitkan oleh:
Penerbit LPPM UPN Veteran Yogyakarta
Jl. SWK 104 (Lingkar Utara), Condongcatur, Yogyakarta, 55283
Telp. (0274) 486188, 486733, Fax. (0274) 486400

KATA PENGANTAR

Bismillaahirrahmaanirrahiim.

Assalaamu'alaikum warahmatullaahi wabarakaatuh.

Alhamdulillah, puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa di tahun ini dapat diselenggarakan Seminar Nasional Teknik Geologi UPN "Veteran" Yogyakarta. Seminar Nasional ini mengusung tema "Pengembangan Geosains untuk Akselerasi Indonesia Emas 2045" dengan empat sub tema di antaranya Geodinamika dan *Geoheritage*, Geologi Teknik dan Lingkungan, Sumber Daya Mineral dan Batubara, dan Sumber Daya Energi.

Seminar Nasional ini diharapkan menjadi sebuah wadah bagi para ahli, akademisi, praktisi, dan mahasiswa geosains untuk berbagi pengetahuan, meningkatkan diseminasi informasi dan pengetahuan terbaru di bidang geosains kepada masyarakat luas, memperkuat sinergi antar pemangku kepentingan dalam bidang geosains untuk mencapai tujuan pembangunan nasional, memperkuat pemahaman mengenai potensi yang dimiliki Indonesia di bidang sumberdaya alam dan geologi, khususnya potensi *geoheritage* Pegunungan Selatan Yogyakarta, serta meningkatkan peran geosains dalam mendukung pembangunan nasional dan mewujudkan visi Indonesia Emas 2045.

Seminar Nasional Teknik Geologi UPN "Veteran" Yogyakarta 2024 menghadirkan empat orang *keynote speakers* yang memiliki keahlian dalam bidang minyak dan gas bumi, sumber daya mineral, dan *geoheritage*. Selain itu, guna mendukung semaraknya acara ini dihadirkan juga dua orang *speaker field trip* dari UPN "Veteran" Yogyakarta yang akan dilaksanakan di Lava Bantal Berbah, Tebing Breksi, Gunung Nglanggeran, dan Bioturbasi Kali Ngalang.

Kami ucapkan terima kasih setulus-tulusnya kepada seluruh panitia yang terlibat dalam pelaksanaan Seminar Nasional Teknik Geologi UPN "Veteran" Yogyakarta 2024, juga kepada seluruh pihak yang terlibat dalam acara ini.

Selamat mengikuti rangkaian kegiatan kepada seluruh peserta Seminar Nasional Teknik Geologi UPN "Veteran" Yogyakarta 2024. Semoga melalui kegiatan ini dapat membawa manfaat demi terwujudnya Indonesia Emas 2045.

Wassalaamu'alaikum warahmatullaahi wabarakaatuh.

Yogyakarta, 23 April 2024

Adam Raka Ekasara, S.T., M.Eng.

SAMBUTAN SELAMAT DATANG

Dari Ketua Jurusan Teknik Geologi

Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta, Indonesia

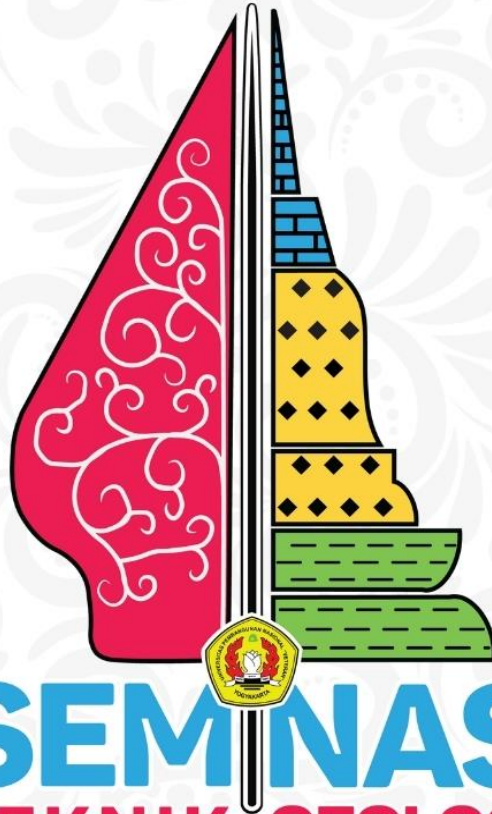
Puji syukur kami panjatkan kepada Allah SWT Sang Pencipta Mahadaya Ilmu yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga Seminar Nasional Teknik Geologi UPN "Veteran" Yogyakarta 2024 dapat diselenggarakan pada tanggal 7-8 Mei 2024 di Grand Rohan Hotel, Yogyakarta. Seminar Nasional ini sebagai ajang diskusi ilmiah dengan mengusung tema "Pengembangan Geosains untuk Akselerasi Indonesia Emas 2045". Diharapkan menjadi sebuah wadah bagi para ahli, akademisi, praktisi, dan mahasiswa geosains untuk berbagi pengetahuan, memperkuat pemahaman mengenai potensi yang dimiliki Indonesia di bidang sumberdaya alam dan geologi yang meliputi: pengembangan sumberdaya alam, pengembangan energi terbarukan, mitigasi bencana, serta pelestarian lingkungan guna mendukung visi Indonesia Emas 2045.

Pada kesempatan ini, seminar diadakan selama dua hari. Hari pertama kami mengadakan konferensi dan di hari kedua ada *field trip*. Terdapat empat pembicara utama pada seminar, yaitu: **Dr. Ir. Andang Bachtiar, M.Sc.** (Direktur PT. Geosains Delta Andalan, Komisaris Utama MUJ Energi Indonesia, Sekjen ADPMET), **STJ Budi Santoso, ST., M.Econ.Geol.** (Ketua Ikatan Ahli Geologi Indonesia (IAGI), Presiden Direktur PT. Geofix Indonesia), **Ngakan Alit Ascaria, Ph.D.** (Tim Kepmen Percepatan Eksplorasi Indonesia Bagian Barat dan Timur, SKK-MIGAS *Principal Geologist* PT. Geoservices, *Principal Geologist* LAPI ITB), **Dihin Nabrijanto, S.H., M.A.** (Pemda Daerah Istimewa Yogyakarta). Untuk kegiatan *field trip* akan dipandu oleh **Dr. Ir. C. Prasetyadi, M. Sc.** (Ketua Pusat Studi Geoheritage UPN "Veteran" Yogyakarta) dan **Ir. Achmad Subandrio, M.T.** (Koordinator Bidang Geopark Pusat Studi Geoheritage UPN "Veteran" Yogyakarta).

Akhir kata, kami mengucapkan terima kasih kepada para narasumber, para partisipan dan seluruh pihak yang telah bekerja keras dan membantu terselenggaranya kegiatan ini. Khususnya panitia yang secara aktif berusaha mensukseskan rangkaian acara seminar nasional, serta pencetakan dan penerbitan prosiding tersebut. Tak lupa kami juga mohon maaf yang tak terhingga jika dalam penyelenggaraan seminar ini terdapat kesalahan, kekhilafan dan ada hal-hal yang kurang berkenan. Selamat berdiskusi dan berbagi dalam kebersamaan! Semoga sukses, lancar dan berkah senantiasa menyertai kita. Amin.

Yogyakarta, Mei 2024
Ketua Jurusan,

Dr. Arif Rianto Budi Nugroho, S.T., M.Si.



SEMINAS
TEKNIK GEOLOGI

**PENDAHULUAN DAN
TEMA UTAMA**

Indonesia memiliki pandangan yang jelas untuk mencapai puncak prestasi di tahun 2045, yang dikenal sebagai **Indonesia Emas 2045**. Visi ini menggambarkan suatu masa depan di mana Indonesia menjadi negara yang maju, mandiri, dan berdaya saing tinggi. Dalam perjalanan menuju **Indonesia Emas 2045**, diperlukan pendekatan holistik yang melibatkan pemahaman mendalam, salah satunya terhadap sumber daya alam dan geologi yang dimiliki oleh negeri ini.

Sumberdaya alam dan geologi yang dimiliki oleh negeri ini merupakan salah satu modal tinggi bagi Indonesia. Berbagai inovasi terkait perkembangan pengetahuan mengenai sumberdaya geologi akan selalu dibutuhkan untuk dapat memberi kontribusi besar bagi langkah Indonesia untuk menyongsong visi Indonesia Emas 2045, baik dalam segi pengembangan maupun lewat segi konservasi melalui geoh heritage. Salah satu hal yang dapat membantu hadirnya berbagai inovasi ini adalah melalui diskusi ilmiah.

Seminar Nasional Teknik Geologi UPN "Veteran" Yogyakarta 2024 memfasilitasi sebuah diskusi ilmiah dengan mengusung tema **"Pengembangan Geosains untuk Akselerasi Indonesia Emas 2045"**. Seminar nasional ini diharapkan menjadi sebuah wadah bagi para ahli, akademisi, praktisi, dan mahasiswa geosains untuk berbagi pengetahuan, memperkuat pemahaman mengenai potensi yang dimiliki Indonesia di bidang sumberdaya alam dan geologi, serta potensi geoh heritage Pegunungan Selatan Yogyakarta, dan merangkul peran pentingnya dalam membantu mewujudkan **cita-cita besar Indonesia Emas 2045**.

PENGEMBANGAN GEOSAINS UNTUK AKSELERASI INDONESIA EMAS 2045

Seminar Nasional Teknik Geologi UPN “Veteran” Yogyakarta 2024 diharapkan menjadi sebuah wadah bagi para ahli, akademisi, praktisi, dan mahasiswa geosains untuk berbagi pengetahuan, memperkuat pemahaman mengenai potensi yang dimiliki Indonesia di bidang sumberdaya alam dan geologi, potensi *geoheritage* Pegunungan Selatan Yogyakarta, dan merangkul peran pentingnya dalam membantu mewujudkan cita-cita besar Indonesia Emas 2045.

Sub Tema :

1. Geodinamika dan Geoheritage

- Tektonik dan Struktural Geologi
- Geomorfologi dan Remote Sensing
- Volkanologi
- Geologi Kuarter
- Geopark, Geotourism dan Geoheritage

2. Geologi Teknik dan Lingkungan

- Geologi Teknik
- Hidrogeologi
- Geologi Lingkungan
- Mitigasi Bencana Geologi

3. Sumber Daya Mineral dan Batubara

- Mineral dan Batubara
- Medical Geology

4. Sumber Daya Energi

- Sedimentologi dan Stratigrafi
- Petroleum Energy
- Paleontologi dan Biostratigrafi
- Geothermal
- Energi Baru Terbarukan



DAFTAR ISI

PROSIDING SEMINAR NASIONAL TEKNIK GEOLOGI TAHUN 2024

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL “VETERAN” YOGYAKARTA

Kata Pengantar	iii
Sambutan Ketua Jurusan Teknik Geologi UPN “Veteran” Yogyakarta	iv
Pendahuluan	v
Tema Utama	vi
Daftar Isi	vii
PROSIDING GEODINAMIKA DAN GEOHERITAGE	1-179
GEOHERITAGE KABUPATEN BLORA-JAWA TENGAH	2-14
Jatmika Setiawan, C. Prasetyadi, A. Panji Prasetyo, M. Nurjati Setiawan	
ANALISIS DAMPAK PERUBAHAN POLA ALIRAN SUNGAI AKIBAT AKTIVITAS PERTAMBANGAN MENGGUNAKAN GOOGLE EARTH ENGINE (STUDI KASUS: AREA PERTAMBANGAN DI KECAMATAN MOROSI, SULAWESI TENGGARA)	15-28
Amelia Rizki Pradana, Monica Maharani, Nur Muhammad Ikram, Riyas Syamsul Arif, Kenya Cita Ayudhia	
ANALISIS PERBANDINGAN KECEPATAN PERGESERAN SEKULER STASIUN INA-CORS BIG DAMPAK GEMPA BUMI PALU 28 SEPTEMBER 2018	29-37
Ayu Nur Safi'i, Cecep Pratama, Sidik Tri Wibowo	
STRUKTUR GEOLOGI BAGIAN TIMUR PULAU MANGOLI, MALUKU UTARA: IMPLIKASI KEBERADAAN ZONA SESAR SORONG BERDASARKAN PEMODELAN STRUKTUR GEOLOGI	38-49
James Christopher Chang, Muhammad Gazali Rachman, Ahmad Betras Ediwana, M. Dzulfikar Faruqi	
EVALUASI REVITALISASI LAHAN PASCATAMBANG BATU BREKSI MENJADI GEOWISATA TEBING BREKSI DI KALURAHAN SAMBIREJO, KAPANEWON PRAMBANAN, KABUPATEN SLEMAN, DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA	50-61
Endah Sulistyaningrum, Ricky Al Fahri, Ir. Suharwanto, M.T.	
GEOHERITAGE BUMIAYU : MEMBANGUN INDONESIA EMAS MELALUI GEOARKEOLOGI	62-88
Muhammad Wildan Fadhlillah, Rafiq Aji Prayogo, Didit Handi Barianto, Ediyanto, Istiana, Apriyanto Sudarmoko, Nur Fauzan	
PERBANDINGAN TUTUPAN LAHAN MENGGUNAKAN METODE UNSUPERVISED CLASSIFICATION ANTARA SENTINEL-1A DAN LANDSAT 8 DI PULAU MADURA	89-107
Prastika Wulandari, Naufal Setiawan, Maulana Yudinugroho	
POTENSI GEOARKEOLOGI DARI SEGI EKOFAK DAN KONDISI PALEOVEGETASI KALA PLIOSEN – PLISTOSEN DAERAH BUMIAYU DAN SEKITARNYA, KECAMATAN BUMIAYU, KABUPATEN BREBES, JAWA TENGAH	108-116
Istiana, Muhammad Wildan Fadhlillah, Ediyanto, Ihfan Derhamny Mustav, Basuki Rahmad, Siti Umiyatun Ch, Sapto Kis Daryanto	
KAJIAN PENGOLAHAN KOREKSI GEOMETRI PADA CITRA SENTINEL 2B UNTUK PEMBUATAN PETA DASAR SKALA 1:50.000	117-128
Dessy Apriyanti, Maulana Prabandaru, Rico Waskito Putro	



REKONSTRUKSI SESAR UTAMA PADA ZONA SESAR DI SUNGAI NGELO NGEPOH, KECAMATAN SEMIN, KABUPATEN GUNUNG KIDUL, DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA	129-139
Ghani Abdillah Ahmad, Alexandra Sekar Tiurma Dewi, Wahyu Angga Purnama, Al Hussein Flowers Rizqi	
EVOLUSI KELURUSAN GEOMORFOLOGI, STUDI KASUS DI PEGUNGGUNGAN SELATAN YOGYAKARTA, INDONESIA	140-151
Herry Riswandi, Dina Tania	
KONTROL SESAR TERHADAP PENYEBARAN AIRTANAH PADA BATUAN VULKANIKLASTIK BERDASARKAN DATA GEOLISTRIK DI DAERAH BOKOHARJO, KECAMATAN PRAMBANAN, SLEMAN, YOGYAKARTA.....	152-162
Muhammad Erlandi, Sandi Kurniawan, Al Hussein Flowers Rizqi	
ANALISIS KARAKTERISTIK MORFOTEKTONIK DAERAH TONJONG DAN SEKITARNYA, KECAMATAN PASALEMAN, KABUPATEN CIREBON, JAWA BARAT	163-171
Shintia Pratiwi Hentihu, T. Listyani R. A., Agustinus Brany Kurnianto	
IDENTIFIKASI POTENSI BENCANA GEOLOGI DI PANTAI SAWARNA SEBAGAI DASAR PENATAAN KAWASAN WISATA TANGGUH BENCANA	172-179
Thema Arrisaldi, Widya Apriana Mukti Wibowo, Adam Raka Ekasara, Daniel Radityo, Hasan Tri Atmojo	
PROSIDING GEOLOGI TEKNIK DAN LINGKUNGAN.....	180-445
APLIKASI METODE RANDOM FOREST UNTUK ZONASI KERENTANAN LONGSOR AKIBAT GEMPA BUMI DI WILAYAH YOGYAKARTA DAN SEKITARNYA	181-201
Christophorus Ariel Sugiarto, Agung Setianto	
KONDISI GEOLOGI DAN GERAKAN TANAH DI KECAMATAN BRUNO KABUPATEN PURWOREJO, PROVINSI JAWA TENGAH.....	202-213
Jatmika Setiawan, M. Nurjati Setiawan, Sri Atmadja	
KAJIAN RISIKO BENCANA GEOLOGI DAN HIDROGEOLOGI DI KABUPATEN NGAWI	214-232
Eko Teguh Paripurno, Gigih Aditya Pratama, Wiratama Putra, Monica Warih Widi Krisanti, dan Wana Kristanto	
INVESTIGASI SEISMİK PASIF HVSR UNTUK ANALISIS STRATIGRAFI, KECEPATAN GELOMBANG GESER (VS30), INDEKS KERENTANAN GEMPA DI SIDEMAN, KARANGASEM	233-242
Andre Yudhistika, Adhitya, Sintya Dwi Arlisa, Mychael John Jones	
KAJIAN RISIKO BENCANA GEOLOGI DI KABUPATEN JOMBANG	243-263
Eko Teguh Paripurno, Wiratama Putra, Gigih Aditya Pratama, Arif Jauhari, Wahyu Sugeng Triadi, dan Wana Kristanto	
ANALISIS HUBUNGAN DIMENSI KERUNTUHAN DENGAN WAKTU RUNTUH TEROWONGAN TAMBANG BAWAH TANAH HASIL PERHITUNGAN PMR MENGGUNAKAN MODEL MACHINE LEARNING LINEAR REGRESI DI LOKASI CIBITUNG, KABUPATEN PANDEGLANG, PROVINSI BANTEN	264-276
Daniel Radityo, Adam Raka Ekasara, Thema Arrisaldi, Hasan Tri Atmojo, dan Septyo Uji Pratomo	
ANALISIS JENIS STRUKTUR GEOLOGI DAN IMPLIKASINYA TERHADAP BENCANA LONGSOR DI DESA KEMBANGAN, KECAMATAN PULE, KABUPATEN TRENGGALEK, PROVINSI JAWA TIMUR.....	277-284
Alvenso Haykal Haryanto, Salma Elcanza Asfuri	
KAJIAN GEOLOGI TATA LINGKUNGAN UNTUK PENGEMBANGAN WILAYAH TERDAMPAK PENURUNAN TANAH DAN BANJIR ROB DI DATARAN ALUVIAL PEKALONGAN DAN SEKITARNYA, PROVINSI JAWA TENGAH.....	285-293
Dita Arif Yuwana, Visky Afrida Pungkisari, Adrikni Wiria Kusumah, Dicky Muslim, Teuku Yan W. M. Iskandarsyah	



PENGARUH KONDISI GEOLOGI TERHADAP STABILITAS LERENG UNTUK PENGEMBANGAN BADAN JALAN JALUR LINTAS SELATAN, DESA KEMADANG DAN BANJAREJO, KECAMATAN TANJUNGSARI, KABUPATEN GUNUNG KIDUL, DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA.....	294-302
Natalia Dawo, Prof. Dr. Ir. Sari Bahagiarti K., M.Sc, Dr, Ir, Jatmiko Setiawan., M.T	
MITIGASI BAHAYA ALIRAN LAHAR LETUSAN GUNUNG SLAMET DI KAWASAN WISATA GUCI DENGAN PEMODELAN LAHARZ.....	303-314
Hikmatul Nur Afifah, Dewi Indah Kusuma Sari, Kanya Kirana Ramadhani Nurapita, Muhammad Luthfi Ridanta, Zidny Alfian Syafieq, dan Agung Harijoko	
PENGINDERAAN JARAK JAUH DAN GIS UNTUK MONITORING TANAH LONGSOR (STUDI KASUS: KECAMATAN IMOIRI, KABUPATEN BANTUL)	315-327
Widya Apriana, Pramudya Wicaksana, Abdullah Khafid Ma'ruf, Thema Arrisaldi, Daniel Radityo, Hasan Tri Atmojo, dan Adam Raka Eka Sara	
IMPLEMENTASI METODE SPATIAL MULTI CRITERIA EVALUATION (SMCE) PADA KAJIAN BAHAYA BENCANA TANAH LONGSOR DESA PESANGKALAN, KECAMATAN PAGEDINGAN, KABUPATEN BANJARNEGARA, JAWA TENGAH	328-338
Roby Ridho Rizaldi, Indra Permana Jati, Falah Purnama Aji, Ananda Rafif Rizqullah, dan Noel Agung Lombantoran	
KONTROL STRUKTUR GEOLOGI TERHADAP STABILITAS LERENG PADA BENDUNGAN SERMO, DESA HARGOWILIS, KECAMATAN KOKAP, KABUPATEN KULON PROGO, PROVINSI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA	339-348
Pascuela Maria Graciana Manikin, Sari Bahagiarti Koesoemayudha, Jatmika Setiawan	
ANALISIS RMR, SMR, KINEMATIKA DAN PERENCANAAN MITIGASI LONGSOR SEKITAR DAERAH WISATA AYAH, KAB KEBUMEN, JAWA TENGAH.....	349-358
A Rahman, A Ramadan, Hudzaifah, Najib	
PENGARUH LINGKUNGAN PENGENDAPAN TERHADAP KARAKTERISTIK PLASTISITAS DAN KEKERASAN SERPIH CEKUNGAN KUTAI BAWAH	359-368
Hakim Erlangga Bernado Sakti, Sari Bahagiarti Kusumayudha, M. Nurcholis, Joko Soesilo, Andang Bachtiar	
PENGARUH GEOMORFOLOGI DAN FASIES VULKANIK TEHADAP KARAKTERISTIK HODROGEOLOGI MATA AIR, BERDASARKAN FATA GEOLISTRIK 1D DAN 2D PADA LERENG TIMUR GUNUNG SALAK, BOGOR, JAWA BARAT	369-380
Irianto, S. T. H, Kusumayudha, Sari. B, Prasetyadi, C , Yatini.	
POTENSI GEOWISATA PADA KAWASAN KARST GOMBONG SELATAN BERDASARKAN CAVE ROCK MASS RATING (CRMR) DI GUA PETRUK, DESA CANDIRENGGO, KECAMATAN AYAH, KABUPATEN KEBUMEN, JAWA TENGAH.....	381-390
Noel Agung Lombantoran, Ananda Rafif Rizqullah, Falah Purnama Aji, Roby Ridho Rizaldi	
SIFAT GEOMEKANIKA BATUAN: PENGUJIAN UCS DAN PLT SERTA HUBUNGANNYA PADA FORMASI PAMALUAN DI AREA BWP 1 - IKN (IBU KOTA NEGARA), WILAYAH SEPAKU DAN SEKITARNYA, KABUPATEN PENAJAM PASER UTARA, PROVINSI KALIMANTAN TIMUR, INDONESIA.....	391-405
Bambang Sidharta, Ginda Hasibuan	
ANALISA GEOMEKANIKA BATUAN TERHADAP KESTABILAN LERENG SERTA IMPLIKASINYA TEHADAP POTENSI LONGSOR DI DAERAH KALI KUNING, LERENG SELATAN GUNUNGAPI MERAPI, YOGYAKARTA.....	406-413
Khoirun Nisa' Tri Utami, Prof. Dr. Ir. Sari Bahagiarti K., M.Sc, Dr. Ir. Eko Teguh Paripurno., M.T.	
EVALUASI PERIODE NOTIFIKASI LONGSOR DENGAN MENGGUNAKAN ALARM BACK ANALYSIS DARI 20 KEJADIAN LONGSOR PADA TAMBANG TERBUKA BATUBARA DI KALIMANTAN TIMUR, INDONESIA	414-421
Tati Andriani, Irvan Rahmawan	

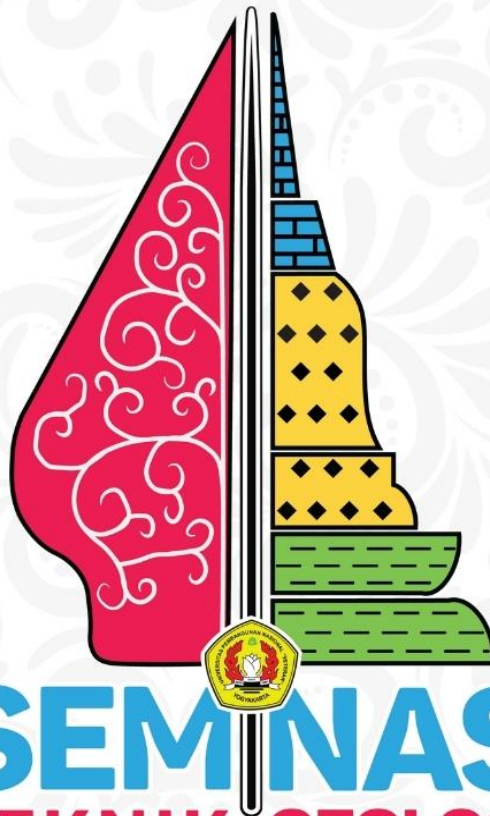


MODEL KONSEPTUAL AIR TANAH DI SEKITAR MATA AIR UMBUL BRINTIK DAN BRONDONG DESA MALANGJIWAN DAN SEKITARNYA, KABUPATEN KLATEN, PROVINSI JAWATENGAH	422-428
Alvenso Haykal Haryanto, Iffat Dhiyaa Ulhaq	
IDENTIFIKASI JENIS LONGSORAN MENGGUNAKAN METODE KINEMATIKA PADA LERENG HIGHWALL BLOK 18 – BLOK 20, PIT 20, PT ARUTMIN INDONESIA	429-437
Alvenso Haykal Haryanto, Hauzan Naufal Fadli, Bayu Mandala Pratama, Iffat Dhiyaa Ulhaq	
POLA RESISTIVITAS TANAH EKSPANSIF PADA MUSIM KERING DAN AWAL MUSIM HUJAN BERDASARKAN SURVEY MULTICHANEL RESISTIVITYMETER PADA JALAN AKSES PROYEK BENDUNGAN JRAGUNG	438-445
Daru Jaka Sasangka, Pranu Arisanto, Bhima Dhanardono, Didit Puji Riyanto, Wahyu Apriyoga	
PROSIDING SUMBER DAYA MINERAL DAN BATUBARA.....	446-534
MOBILITAS UNSUR NI PADA LATERIT NIKEL DI DAERAH ASERA, KABUPATEN KONawe UTARA, PROVINSI SULAWESI TENGGARA	447-459
Fahreza Putra, Sutarto, Heru Sigit Purwanto, Joko Soesilo, Agus Harjanto	
INDIKASI PENGAYAAN SKANDIUM DALAM LATERIT NIKEL DI PULAU BAHUBULU, KONawe UTARA, SULAWESI TENGGARA	460-466
Yoseph H Paskarino, Ghaly Yana Putra, Sutarto, Joko Soesilo, dan Bronto Sutopo	
STUDI ALTERASI HIDROTERMAL DAERAH BERUANG KANAN KALIMANTAN TENGAH	467-479
Retno Anjarwati, Sutarto, Dwi Fitri Yudiantoro, Arifudin Idrus.	
STUDI ALTERASI DAN ANALISIS STRUKTUR PENGONTROL PADA DAERAH GUNUNG MIJIL DAN SEKITARNYA, KECAMATAN BOROBUKUR, KABUPATEN MAGELANG, JAWA TENGAH.....	480-488
Luqman Hakim, Benedikta Regina Amabel, Antonius Bimo Boddhidarma, Abdullah Khafid Ma'ruf, Bella Dacinira dan Arhananta	
IDENTIFIKASI MINERALISASI KROMIT PADA ENDAPAN PLACER MENGGUNAKAN METODE ELECTRICAL RESISTIVITY TOMOGRAPHY (STUDI KASUS: DAERAH BAHOE, REKO-REKO, MOROWALI, SULAWESI TENGAH)	489-496
Budy Santoso dan Bambang Wijatmoko	
MENGUNGKAP POTENSI MINERALISASI EMAS YANG TERSEMBUNYI PADA SEKITAR AREA TAMBANG EMAS RAKYAT DESA JLADRI DAN SEKITARNYA, KECAMATAN BUAYAN, KABUPATEN KEBUMEN, JAWA TENGAH.....	497-513
Ahmad Rizqi Saputro, Reyhan Zulvan N. F, Falah Purnama Aji, Arizal Nur Ikhsani, Mochammad Aziz	
PETROLOGI ORGANIK SERPIH DAN BATUBARA FORMASI NGRAYONG KECAMATAN SALE, KABUPATEN REMBANG, JAWA TENGAH	514-524
Basuki Rahmad, Istiana, Dwi Fitri Yudiantoro, Intan Paramita Haty, Septyo Uji Pratomo, Afrilita, Dian Rahma Yoni, Setia Pambudi, Mochammad Prahastomi	
KARAKTERISTIK ALTERASI DAN MINERALISASI HIDROTERMAL DAERAH MAKILI, KABUPATEN ATAURO, TIMOR LESTE	525-534
Nazario Gomes, Sutarto, Joko Soesilo, Siti Umiyatun Choriah, James Christopher	
PROSIDING SUMBER DAYA ENERGI	535-646
PENGARUH NATRIUM SULFAT TERHADAP RECOVERY LITUM DARI BLACKMASS BATERAI BEKAS NMC DENGAN METODE LEACHING DALAM LARUTAN ASAM SULFAT	536-541



Alvian Yudhana Prawiranegara, Indra Perdana, Himawan Tri Bayu Murti Petrus

- GEOLOGI DAN KETERLIBATAN MASYARAKAT DAERAH PROSPEK PANAS BUMI NGEBEL PONOROGO542-553**
DF. Yudiantoro, DR. Ratnaningsih, P. Pratiknyo, Mahreni, I. Paramitahaty, Y. Rizkiyanto, R. Muhammad, W. Ismunandar, DG. Sampurno, I.D. Ulhaq, H. Hamdalah, M. Abdurrachman, I. Takshima
- PENGEMBANGAN RESERVOIR BATUPASIR YANG MEMILIKI BANYAK LAPISAN TIPIS PADA FORMASI TALANGAKAR MENGGUNAKAN METODE INFOCUS : STUDI KASUS STRUKTUR BENUANG, CEKUNGAN SUMATERA SELATAN554-559**
Heri Suryadi, Ivan Kharisma Barus, Mualimin, Chandra Mustofa Eka Putra, Rakhmadian Abdillah, Rangga Afyan Dwiokta, Nurul Hidayati Lalusu, Reza Nur Ardianto, Adhi Herusakti, dan Andri Hari Wibowo
- PENENTUAN LINGKUNGAN PENGENDAPAN FORMASI BEFOOR BERDASARKAN ANALISIS SEDIMENTOLOGI DAN STRATIGRAFI PADA DAERAH INGGRAMUI KABUPATEN MANOKWARI PROVINSI PAPUA BARAT560-565**
Angelina Majesty Randa dan Restu Tandirerung
- PENGKAYAAN THORIUM PADA BATUAN MAFIC ALKALINE DI INDONESIA: IMPLIKASI SEBAGAI SUMBER GREEN ENERGY MASA DEPAN566-573**
Muhammad Bintang Febrian, Alwi Ghaos Zaenurrohman, Favian Muhammad Nabhan.
- LINGKUNGAN DAN DINAMIKA SEDIMENTASI FASIES KONGLOMERAT PADA SINGKAPAN FORMASI KABUH DI DESA MANYAREJO, KABUPATEN SRAGEN, JAWA TENGAH.....574-584**
Muhammad Arga Fatthilla, M Haikal Baihaqi, Muhamad Alim Mursid, Masuliyah Azaliyatul Afidah, Wildani Kirana Maghfir dan Nugroho Imam Setiawan
- ANALISIS BIOMARKER BATUAN INDUK FORMASI LAHAT-TALANG AKAR DAN MINYAK DI DAERAH SAROLANGUN, SUB-CEKUNGAN JAMBI.....585-598**
Muhammad Rus Dody Alfayed, Muhammad Syaifudin, Jatmika Setiawan,
- PEREMAJAAN LAPANGAN TUA DENGAN KAJIAN KOMPARTEMENTALISASI DAN STRATEGI PENGEMBANGAN HOLISTIK DI STRUKTUR GUNUNG KEMALA, CEKUNGAN SUMATERA SELATAN599-603**
Elrey Fernando Butarbutar, Mochamad Riza Zakaria, Alfian Gilang Gumelar, Mualimin, Pambudi Suseno, Adhi Herusakti S., Andri Haribowo, Djudjuwanto
- KORELASI MODEL FASIES LINGKUNGAN PENGENDAPAN PADA CURUG BANYUNIBO DAN CURUG PULOSARI DI DAERAH SENDANGSARI, PAJANGAN, BANTUL, DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA.....604-613**
Aditya Mandala Putra, Sandi Kurniawan, Ruslan Agil Ulayo, Muhammad Devo Marjirdan, Al Hussein Flowers Rizqi
- IDENTIFIKASI ERUPSI VULKANIK MENGGUNAKAN VULKANOSTRATIGRAFI PADA FORMASI SEMILIR STUDI KASUS DESA SRIMULYO, KECAMATAN PIYUNGAN, KABUPATEN BANTUL, PROVINSI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA614-623**
Alvenso Haykal Haryanto, Iffat Dhiyaa Ulhaq,
- KONFIGURASI BAWAH PERMUKAAN GUNUNG PANGGUNG BERDASARKAN DATA GEOMAGNET DAN IMPLIKASINYA TERHADAP POTENSI GERAKAN TANAH DI SEMIN, GUNUNG KIDUL, YOGYAKARTA.....624-639**
Al Hussein Flowers Rizqi, Muhammad Erlandi, Sandi Kurniawan
- POTENSI GAS DANGKAL PADA FORMASI CISUBUH, LAPANGAN RANDEGAN: ANALISIS DAN PEMBUKTIAN640-646**
Muhammad Oktama Aulia Akbar, Magfirah Rajab, Mualimin, Adhi Herusakti S., Andri Haribowo



SEMINAS
TEKNIK GEOLOGI

**PROSIDING
GEODINAMIKA DAN GEOHERITAGE**



Pengaruh Lingkungan Pengendapan Terhadap Karakteristik Plastisitas dan Kekerasan Serpih Cekungan Kutai Bawah

Hakim Erlangga Bernado Sakti ^{*1)}, Sari Bahagiarti Kusumayudha¹⁾, M. Nurcholih²⁾, Joko Soesilo¹⁾, Andang Bachtiar³⁾

¹⁾Prodi Teknik Geologi, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta

²⁾ Prodi Ilmu Tanah, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta

³⁾ PT. Geosains Delta Andalan

*Alamat email korespondensi : hakimerlangga@gmail.com

Abstrak – Wilayah Cekungan Kutai Bawah telah ditetapkan sebagai lokasi Ibukota Indonesia baru yang bernama Ibukota Nusantara (IKN). Hal ini akan memicu berbagai pembangunan infrastruktur pendukung. Sebagai cekungan sedimen yang banyak tersusun atas batuan serpih, hal ini dapat berpotensi menimbulkan berbagai permasalahan mengingat serpih dikenal sebagai batuan dengan kualitas yang buruk di dalam studi geologi teknik. Ditinjau dari aspek lingkungan pengendapan, serpih Cekungan Kutai Bawah terbentuk pada lingkungan pengendapan yang bervariasi mulai dari laut dalam hingga transisi marin-daratan (delta) sehingga hal ini menjadi menarik untuk diteliti bagaimana pengaruh lingkungan pengendapan terhadap karakteristik geologi teknik pada serpih Cekungan Kutai Bawah. Tujuan penelitian ini adalah mengungkapkan pengaruh perbedaan lingkungan pengendapan terhadap karakteristik plastisitas dan kekerasan serpih di Cekungan Kutai Bawah. Metodologi penelitian menggunakan metode kuantitatif dan kualitatif. Sampel serpih yang diambil merupakan sampel singkapan yang berasal dari Formasi-Formasi Pamaluan, Pulau Balang, dan Balikpapan. Hasil analisis diperoleh sampel serpih Cekungan Kutai Bawah memiliki tingkat plastisitas yang beragam dari rendah hingga tinggi untuk seluruh Formasi yang diteliti. Adapun karakteristik kekerasan memperlihatkan kecenderungan serpih laut memiliki kekerasan yang lebih tinggi dibandingkan sampel serpih delta.

Kata Kunci: Lingkungan Pengendapan Serpih, Kekerasan, Plastisitas.

Abstract – The Lower Kutai Basin region has been designated as the seat of the new capital of Indonesia, called the Ibukota Nusantara (IKN). This decision will stimulate a number of supporting infrastructure developments. The region is predominantly shale. Shale is known to be of poor quality in engineering geological studies, which can lead to various problems. The Lower Kutai Basin shale was formed in various depositional environments, ranging from deep marine to marine-continental transitional (deltaic), so it is interesting to investigate how the depositional environment affects the engineering geological properties of the Lower Kutai Basin shale. This study aims to investigate how the depositional environment affects the engineering geological characteristics of the shale, specifically its plasticity and hardness. The research methodology employs both quantitative and qualitative methods. The shale samples taken are outcrop samples from the Pamaluan, Pulau Balang, and Balikpapan Formations. The analysis results indicate that the plasticity level of the shale samples from the Lower Kutai Basin varies from low to high for all formations studied. The hardness characteristics show that marine shale samples tend to have higher hardness than deltaic shale samples.

Keywords: Depositional Environment of Shale, Hardness, Plasticity.

PENDAHULUAN

Cekungan Kutai merupakan cekungan sedimen terbesar dan terdalam di Indonesia dengan luas wilayah 60.000 km² dan titik terdalamnya 15 km (Rose & Hartono, 1978). Cekungan Kutai secara umum dibagi menjadi dua sub-cekungan, yaitu Cekungan Kutai Atas di bagian barat dan Cekungan Kutai Bawah di bagian timur tetapi batas dari kedua sub-cekungan ini masih sulit untuk ditentukan (Pieters dkk., 1987). Cekungan Kutai Bawah telah lama dikenal memiliki cadangan minyak, gas, dan batubara yang sangat besar. Saat ini, Pemerintah Indonesia telah menetapkan wilayah Cekungan Kutai Bawah sebagai Ibukota Negara yang baru bernama Ibukota Nusantara (IKN). Keputusan ini akan memicu pembangunan infrastruktur baru secara masif untuk mendukung kebutuhan aktivitas penduduk di wilayah IKN dan sekitarnya. Berdasarkan kondisi terkini tersebut maka studi geologi teknik untuk Cekungan Kutai Bawah sangat penting untuk memastikan bahwa setiap pembangunan di daerah tersebut sesuai dengan kondisi geologi tekniknya.



Cekungan Kutai memiliki berbagai macam satuan batuan sedimen yang terbentuk pada lingkungan pengendapan yang beragam. Hal ini merupakan hasil dari proses evolusi tektonik yang terjadi sejak Cekungan Kutai terbentuk hingga saat ini. Karena perbedaan lingkungan pengendapannya, batuan sedimen di Cekungan Kutai memiliki karakteristik yang beragam. Serpih merupakan salah satu jenis batuan yang umum dijumpai di Cekungan Kutai Bawah. Para peneliti terdahulu telah mengungkapkan bahwa perbedaan lingkungan pengendapan serpih dapat mempengaruhi sifat petrofisika, geokimia, dan geomekanika (Li dkk., 2018; Lu dkk., 2022). Temuan ini menarik para peneliti lain untuk mengungkapkan perbedaan antara sifat petrofisika, geokimia, dan geomekanika serpih dari berbagai lingkungan pengendapan yang mana hal ini sangat membantu di dalam pengembangan gas serpih. Penelitian sebelumnya terutama berfokus pada mengungkapkan perbedaan karakteristik: karakteristik gas serpih (Chen dkk., 2019; Li dkk., 2018), komposisi mineral (Jiang dkk., 2017; Xiao dkk., 2021; Xie dkk., 2021; C. Yang dkk., 2017; K. Yang dkk., 2021; L. Yang dkk., 2017), karakteristik geokimia (J. Wang & Guo, 2020; C. Yang dkk., 2017), struktur pori (Xiao dkk., 2021; Xie dkk., 2021; C. Yang dkk., 2017; K. Yang dkk., 2021; L. Yang dkk., 2017), kapasitas absorpsi gas (Xiao dkk., 2021; K. Yang dkk., 2021), *total organic carbon* (TOC) (Xie dkk., 2021; C. Yang dkk., 2017), karakteristik transportasi ion (L. Yang dkk., 2017), dan karakteristik mikromekanik (Lu dkk., 2022) dari serpih laut, transisional, dan darat. Berdasarkan hasil penelitian yang telah disebutkan, perbedaan lingkungan pengendapan dari serpih dapat mempengaruhi karakteristik serpih. Tetapi, penelitian sebelumnya belum banyak yang meneliti pengaruh lingkungan pengendapan terhadap karakteristik geologi teknik serpih. Padahal, pemahaman kondisi geologi teknik serpih sangat penting tidak hanya untuk rekayasa penggalian serpih tetapi juga dalam kegiatan pengeboran minyak dan gas.

Serpih dikenal sebagai batuan yang memiliki reputasi yang buruk dalam rekayasa batuan. Dibandingkan dengan jenis batuan lainnya, serpih lebih rentan akan keruntuhan lereng, tanggul, terowongan, serta bangunan rekayasa teknik lainnya yang dibangun di atasnya. Serpih juga rentan terhadap penurunan kekuatan dan disintegrasi yang cepat ketika terpapar udara dan air di permukaan. Selain itu, serpih juga rentan untuk mengalami perubahan volume akibat perubahan kadar air dimana jika itu terjadi maka akan memperparah ketidakstabilan rekayasa keteknikan yang dibangun di atasnya (Jeremias dkk., 2020). Untuk menganalisis kerentanan tersebut diperlukan pengujian geologi teknik pada serpih. Diantara parameter geologi teknik pada serpih yang penting yaitu karakteristik plastisitas dan kekerasan. Plastisitas adalah karakteristik yang terkait dengan kekuatan ikatan antar-partikel lempung atau lanau serta jenis, struktur, dan jumlah mineral lempung yang ada (Heley & MacIver, 1971). Kekerasan merupakan ketahanan suatu batuan terhadap goresan. Pada kajian geologi teknik, kekerasan umumnya dinyatakan dalam skala kuantitatif yang absolut. Diantara metode digunakan adalah pengujian *schmidt hammer*. Metode *schmidt hammer* merupakan metode pengukuran kekerasan yang cukup luas digunakan dikarenakan selain dapat mengukur kekerasan, *schmidt hammer* juga dapat digunakan untuk memperkirakan kekuatan batuan (Aoki & Matsukura, 2008). Penelitian terkait plastisitas dan kekerasan serpih telah banyak dilakukan oleh para peneliti terdahulu diantaranya (Ekeocha, 2015; Hartono dkk., 2021; Oyediran & Fadamoto, 2015; Y. Wang dkk., 2022). Tetapi, penelitian-penelitian tersebut dilakukan terhadap serpih dari lingkungan pengendapan yang sama tanpa mengevaluasi dan menganalisis plastisitas dan kekerasan serpih dari lingkungan pengendapan yang berbeda dengan kondisi pengujian yang sama. Oleh karena itu, penelitian tambahan diperlukan untuk menentukan pengaruh dari lingkungan pengendapan serpih terhadap sifat plastisitas dan kekerasan.

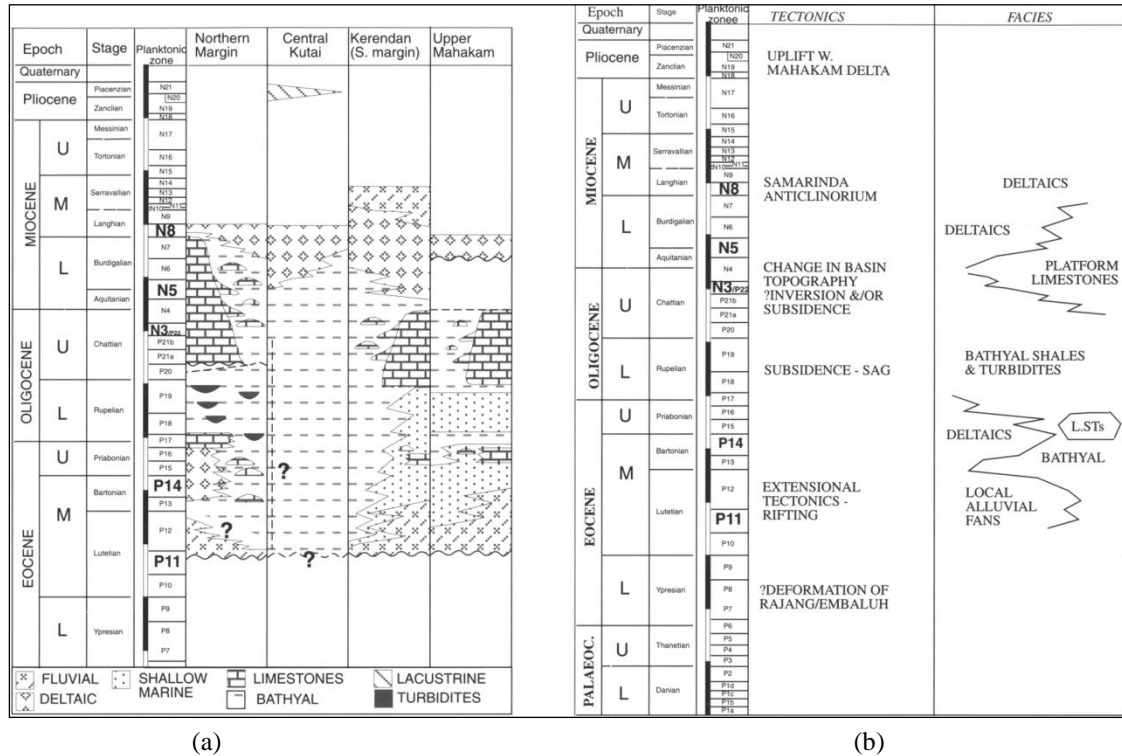
Berdasarkan uraian-uraian di atas, diadakanlah penelitian ini yang bertujuan untuk menganalisis pengaruh lingkungan pengendapan serpih yang berbeda terhadap karakteristik plastisitas dan kekerasan serpih Cekungan Kutai Bawah. Sampel serpih yang digunakan berasal dari dua lingkungan pengendapan yang berbeda, yaitu lingkungan pengendapan delta dan laut. Sampel serpih delta yang dianalisa dalam penelitian ini berumur Miosen Tengah hingga Miosen Akhir, adapun sampel serpih laut berumur Oligosen atas hingga Miosen Bawah. Selain itu, penelitian ini membahas perspektif geologi tentang bagaimana lingkungan pengendapan mempengaruhi plastisitas dan kekerasan serpih serta implikasinya pada rekayasa keteknikan serpih.

Tektonostratigrafi Cekungan Kutai

Cekungan Kutai merupakan Cekungan Sedimen yang berada di atas batuan dasar seri ofiolit berumur Jurasik yang ditindih oleh endapan kipas turbidit berumur Kapur. Cekungan Kutai mulai terbentuk pada Kala Eosen Tengah yang terbentuk sebagai akibat proses rifting pada selat Makassar. Proses ini kemudian mengakibatkan terbentuknya struktur-struktur patahan yang dijumpai pada beberapa lokasi di cekungan ini diikuti oleh proses sedimentasi transisi (*sag phase sedimentation*) sebagai respon proses relaksasi termal. Pada Kala Oligosen Akhir, terjadi proses pengangkatan tektonik



pada batas selatan dan utara cekungan yang menghasilkan penurunan pada Cekungan Kutai Bagian bawah dan intrusi batuan andesitik-dasitik dan batuan vulkanik lainnya. Proses intrusi ini menghasilkan suplai material pada bagian timur cekungan. Kemudian pada Kala Miosen proses pengisian cekungan berlanjut dengan proses sedimentasi regresif dan kemudian terputus oleh proses inversi tektonik sepanjang Kala Miosen hingga Pliosen (Moss & Chambers, 1999). Ringkasan proses evolusi tektonik dan kolom stratigrafi Cekungan Kutai dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. (a) Kolom stratigrafi Cekungan Kutai untuk batas utara, wilayah tengah Cekungan Kutai, Kerendang (batas selatan), dan Sungai Mahakam bagian Hulu yang dimulai pada Kala Eosen. Batang hitam dan putih merepresentasikan waktu 5 Ma (Moss dkk., 1997; van de Weerd dkk., 1987; van de Weerd & Armin, 1992); (b) Evolusi tektonik dan fasies batuan Cekungan Kutai secara umum (Moss dkk., 1997)

METODE

Metode penelitian yang digunakan menggunakan metode kuantitatif dan kualitatif. Sampel penelitian merupakan serpih dengan total sampel sebanyak 16 sampel. Sampel tersebut kemudian dilakukan pengujian di laboratorium. Tahapan penelitian meliputi: (a) pengambilan sampel serpih, (b) studi meja lingkungan pengendapan di Cekungan Kutai. Model lingkungan pengendapan yang digunakan adalah model (Bachtiar, 2004; Supriatna dkk., 2011), (c) pengujian plastisitas dimana pada proses ini dilakukan pengolahan data pengujian secara kuantitatif hingga diperoleh batas-batas atterberg yang meliputi batas susut (SL), batas plastis (PL), batas cair (LL), dan indeks plastisitas (PI), dan (d) yaitu pengujian kekerasan menggunakan *schmidt hammer* (SH) dimana pengujian ini untuk mendapatkan nilai rata-rata *schmidt hammer rebound values* (R_N) dengan pengukuran sebanyak 10 kali. Adapun metode kualitatif digunakan untuk mengetahui klasifikasi tingkat plastisitas dan kekerasan secara kualitatif berdasarkan nilai plastisitas dan R_N . Adapun tahapan rinci pengujian sampel serpih adalah sebagai berikut:

Lokasi Sampel Serpih dan Metode Sampling

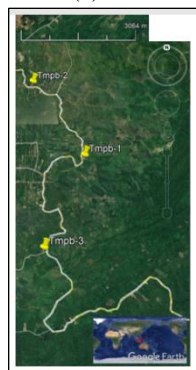
Lokasi pengambilan sampel serpih berada Propinsi Kalimantan Timur tepatnya di Kota Balikpapan dan Kecamatan Sepaku, Kabupaten Penajam Paser Utara. Penelitian ini menggunakan sampel serpih yang diperoleh dari permukaan singkapan dengan menggunakan palu geologi (sampel terganggu). Sebanyak 16 sampel serpih dikumpulkan, dengan rincian enam sampel dari Formasi Balikpapan, tiga sampel dari Formasi Pulau Balang, dan dari Formasi Pamaluan sebanyak tujuh sampel. Lokasi pengambilan sampel ditunjukkan pada peta Gambar 2 dan kode sampel dapat dilihat pada Tabel 1. Sampel yang telah diambil kemudian segera disimpan di dalam kotak sampel untuk meminimalisir kontak dengan udara bebas. Teknik preparasi sampel akan dijelaskan pada setiap metode pengujian laboratorium.



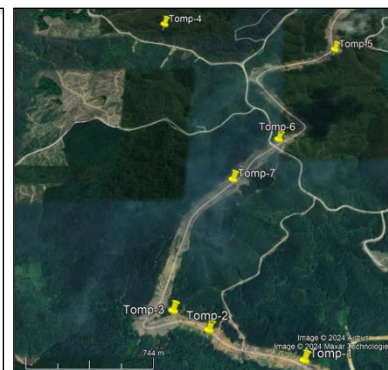
(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 2. (a) Peta Lokasi Penelitian dan Pengambilan Sampel; Titik-Titik Pengambilan Sampel Serpih; (b) Formasi Balikpapan; (c) Formasi Pulau Balang; (d) Formasi Pamaluan (Google Earth, 2024)

Pengujian Plastisitas

Pengujian plastisitas bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi kadar air terhadap perilaku serpih. Perilaku plastisitas serpih dapat dinilai dengan menggunakan empat parameter batas-batas atterberg: batas susut/*shrinkage limit* (SL), batas plastis/*plastic limit* (PL), batas cair/*liquid limit* (LL), dan indeks plastisitas/*plasticity index* (PI). Seluruh batas-batas atterberg tersebut diuji menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) yang meliputi (SNI 3422, 2008) untuk SL, (SNI 1966, 2008) untuk PL, dan (SNI 1967, 2008) untuk LL. PI dihitung sebagai selisih antara nilai LL dan PL (Atterberg, 1911). Selain itu, pada penelitian juga dianalisis faktor lempung (C_f) yang merupakan rasio antara PI dan LL (Moreno-Maroto & Alonso-Azcárate, 2018). Tahapan rinci preparasi dan pengujian batas-batas atterberg dijelaskan pada paragraf-paragraf selanjutnya.

Pengujian SL digunakan sampel serpih yang telah digerus dan disaring sehingga diperoleh ukuran -40 mesh (-425 mikron) sebanyak 200 gram sebanyak tiga buah per satu sampel uji. Kemudian sampel uji tersebut ditempatkan pada cawan pencampur berdiameter 115 mm dan dicampur hingga rata dengan air suling hingga sampel uji jenuh dan tidak terdapat gelembung-gelembung udara. Selanjutnya tempatkan sampel uji pada cawan berdiameter 45 mm dan tinggi 12,7 mm yang telah dilapisi vaselin sebanyak $1/3$ volume cawan lalu sampel uji diketuk perlahan hingga menyentuh dinding cawan. Kemudian isi kembali sebanyak $1/3$ volume dan seterusnya sampai volume sampel uji telah melebihi volume cawan. Kelebihan volume sampel uji tersebut kemudian diratakan. Sampel uji kemudian ditimbang beratnya. Setelah itu sampel uji dikeringkan dalam oven dengan temperatur 110 °C selama 16 jam dan ditimbang berat keringnya. Batas susut dapat dihitung melalui penyusutan volume dari sampel uji setelah dikeringkan (SNI 3422, 2008).

Selanjutnya pengujian PL digunakan sampel serpih yang telah digerus dan disaring sehingga diperoleh ukuran -40 mesh sebanyak 20 gram per sampel uji. Kemudian diambil sebanyak 8 gram sampel uji untuk dilakukan penggulungan sehingga berbentuk bulat panjang berdiameter 3 mm dengan kecepatan penggulungan sebanyak 90 gerakan per menit. Proses



penggulungan berlangsung 2 menit. Jika retakan belum terbentuk maka sampel uji dibagi menjadi 8 kemudian 8 bagian tersebut disatukan dan digulung kembali hingga bebentuk bulat panjang. Jika retakan telah terbentuk, kumpulkan semua retakan di dalam cawan lalu ditimbang. Setelah ditimbang kemudian diuji kadar airnya. PL dihitung sebagai rasio berat air yang terkandung dengan berat sampel uji (SNI 1966, 2008).

Terakhir pengujian LL digunakan sampel serpih yang telah digerus dan disaring sehingga diperoleh ukuran -40 mesh sebanyak 100 gram per sampel uji. Selanjutnya sampel uji dicampur dengan air suling 20 ml kemudian diaduk hingga rata. Setelah campuran rata, sampel uji diletakkan pada mangkok uji. Sampel uji disebar hingga memiliki ketebalan 10 mm pada titik terdalam mangkok uji. Kemudian sampel uji dibelah menjadi dua bagian di tengah menggunakan alat pembuat alur. Selanjutnya mangkok uji dirakit pada alat uji batas cair kemudian diangkat dan dijatuhkan menggunakan engkol pada alat uji batas cair. Proses pengengkolan dilakukan hingga sampel uji yang terbelah dua tersebut menyatu kembali. LL ditentukan oleh kadar air benda uji dan jumlah pengengkolan yang dibutuhkan untuk sampel uji yang terbelah kembali menyatu (SNI 1967, 2008).

Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan bertujuan untuk mengetahui tingkat kekerasan material batuan serpih. Pengujian dilakukan menggunakan peralatan *schmidt hammer* (SH). Jenis SH yang digunakan untuk pengujian adalah tipe-N yang memiliki energi *impact* sebesar 2,207 J. Standar pengujian SH menggunakan metode (Aydin, 2015) yang telah distandarisasi oleh *Internasional Society of Rock Mechanics* (ISRM). Pengujian SH yang dipilih yaitu dilakukan di laboratorium. Sampel serpih yang digunakan adalah sampel kubus dengan panjang sisi 10 cm. Sebelum dilakukan pengujian, sampel terlebih dahulu dikeringkan di udara terbuka (*air dried*). Sampel yang telah kering udara kemudian dilakukan pengujian SH sehingga diperoleh nilai *schmidt hammer rebound values* (R_N). Pengujian dilakukan sebanyak 10 kali per sampel. Nilai R_N dari masing-masing sampel adalah rata-rata nilai R_N hasil pengujian.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Model lingkungan pengendapan pada Cekungan Kutai yang digunakan adalah model (Supriatna dkk., 2011) dan (Bachtiar, 2004). Lingkungan pengendapan pada lokasi pengambilan sampel meliputi *middle shelf-outer shelf-slope* untuk Formasi Pamaluan, *delta plain-delta front* untuk Formasi Pulau Balang, dan *upper delta plain* untuk Formasi Balikpapan. Berdasarkan model klasifikasi lingkungan pengendapan oleh (Boggs, 2012) maka sampel serpih yang diambil dapat dikelompokkan menjadi dua fasies lingkungan pengendapan utama yaitu serpih delta (*deltaic shale*) dan serpih laut (*marine shale*). Penjelasan lengkap tentang sampel serpih delta dan serpih laut dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Lokasi Pengambilan Sampel, Kode Sampel, dan Lingkungan Pengendapan

No	Fasies (Bachtiar, 2004; Supriatna dkk., 2011)	Formasi	Kode Sampel	Koordinat (UTM 50 M)
1	Serpih Lingkungan Pengendapan Delta (<i>Deltaic Shale</i>)	F. Balikpapan	Tmbp-1	483830.00 m E 9861144.00 m S 22 m
2			Tmbp-2	483870.01 m E 9861242.55 m S 20 m
3			Tmbp-3	483752.00 m E 9861249.00 m S 25 m
4			Tmbp-4	483814.00 m E 9861731.00 m S 33 m
5			Tmbp-5	484147.00 m E 9861126.00 m S 31 m
6			Tmbp-6	484229.00 m E 9861062.00 m S 28 m
7		F. Pulau Balang	Tmpb-1	489264.00 m E 9895688.00 m S 33 m
8			Tmpb-2	487973.00 m E 9898405.00 m S 31 m
9			Tmpb-3	487643.00 m E 9892755.00 m S 20 m
10	Serpih Lingkungan Pengendapan Laut (<i>Marine Shale</i>)	Formasi Pamaluan	Tomp-1	467057.00 m E 9891804.00 m S 29 m
11			Tomp-2	466481.66 m E 9891991.30 m S 23 m
12			Tomp-3	466255.00 m E 9892112.00 m S 22 m
13			Tomp-4	465986.23 m E 9894291.10 m S 35 m



14			Tomp-5	467286.23 m E 9894034.45 m S 34 m
15			Tomp-6	466880.08 m E 9893268.98 m S 48 m
16			Tomp-7	466580.26 m E 9892970.85 m S 45 m

Hasil pengujian plastisitas dapat dilihat pada Tabel 2. Grafik dari hasil pengujian batas-batas atterberg dan C_f dapat dilihat pada Gambar 3. Hasil kuantitatif perhitungan PI dapat digunakan untuk mengklasifikasikan tingkat plastisitas serpih secara kualitatif. Berdasarkan klasifikasi plastisitas (Jumikis, 1962), terlihat bahwa seluruh sampel uji memiliki tingkat plastisitas yang beragam mulai dari rendah hingga tinggi baik pada sampel serpih laut ataupun sampel serpih delta. Sampel dengan tingkat plastisitas terendah dan tertinggi berasal dari sampel serpih laut yaitu masing-masing sampel Tomp-6 dan Tomp-3. Jika dibandingkan nilai rata-rata PI, maka sampel serpih delta memiliki rata-rata nilai PI yang hanya sedikit lebih besar dibandingkan rata-rata PI sampel serpih laut. Berdasarkan uraian tersebut, dapat diambil sintesa awal bahwa lingkungan pengendapan tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap tingkat kekerasan serpih. Hal ini dikarenakan baik serpih laut maupun delta masing-masing dapat memiliki tingkat plastisitas yang bervariasi dari rendah hingga tinggi.

Berbeda dengan tingkat plastisitas, tingkat kekerasan menunjukkan perbedaan pola yang jelas antara sampel serpih laut dan delta sebagaimana terlihat pada grafik Gambar 4. Berdasarkan hasil pengukuran R_N , terlihat jelas bahwa sampel serpih laut jauh lebih keras dibandingkan sampel serpih delta. Seluruh sampel serpih laut tergolong serpih yang keras dengan nilai $R_N > 15$. Adapun sampel serpih delta hanya tergolong sebagai serpih sangat lunak hingga menengah dengan nilai R_N tidak lebih dari 15. Bahkan, hampir seluruh sampel serpih Formasi Balikpapan hanya memiliki nilai $R_N < 10$. Berdasarkan uraian tersebut, dapat diambil sintesa awal bahwa lingkungan pengendapan dapat mempengaruhi tingkat kekerasan serpih dimana serpih laut cenderung lebih keras dibandingkan serpih delta.

DISKUSI

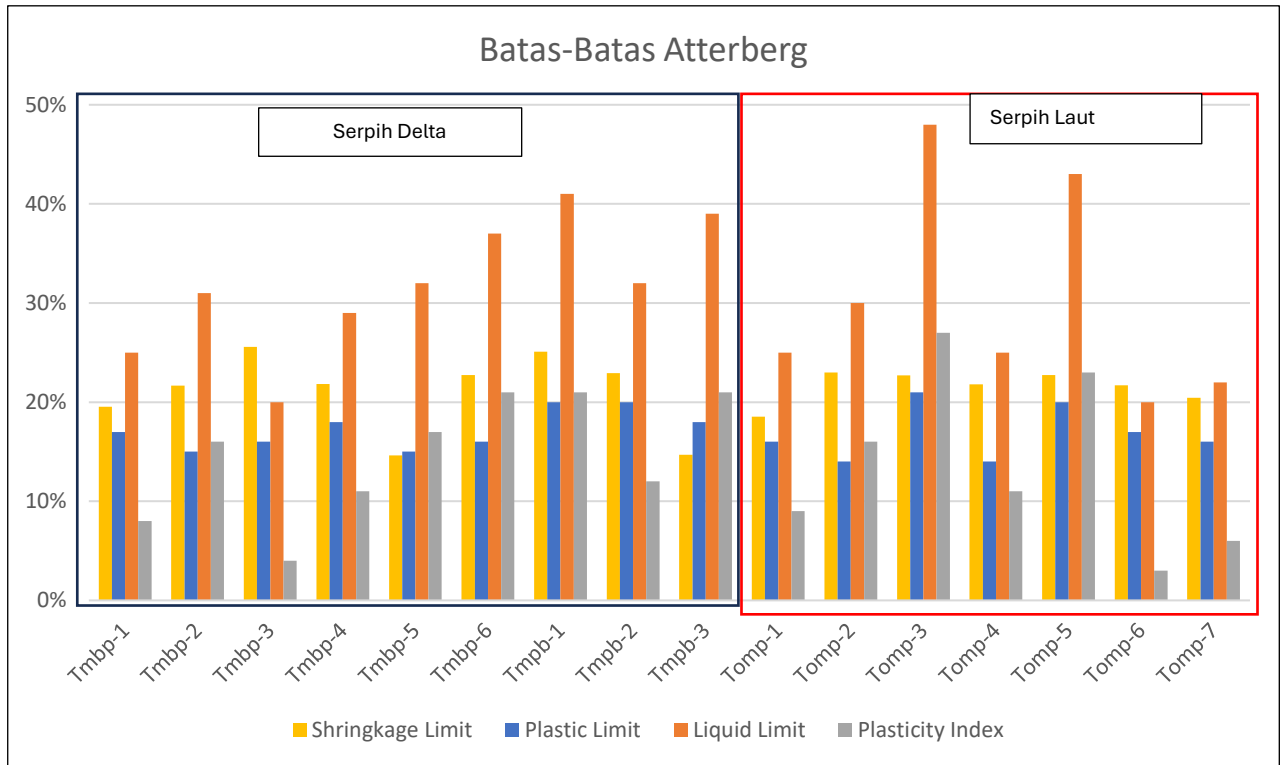
Berdasarkan hasil penelitian diperoleh bahwa lingkungan pengendapan dapat mempengaruhi tingkat kekerasan. Terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kekerasan serpih salah satunya adalah tekstur serpih. Beberapa peneliti terdahulu telah mengungkapkan bahwa model struktur pori-pori dipengaruhi oleh lingkungan pengendapan dari serpih. (E. Wang dkk., 2022; Xie dkk., 2021; C. Yang dkk., 2017) mengungkapkan model struktur pori serpih dapat dikelompokkan menjadi tiga yaitu: (1) didominasi oleh porositas intergranular, (2) keberadaan porositas intragranular dan porositas intergranular yang hampir seimbang, dan (3) didominasi oleh porositas intragranular. Model struktur pori nomor (1) umum dijumpai pada serpih kontinental, nomor (2) umum dijumpai pada serpih delta, dan nomor (3) umum dijumpai pada serpih laut. Jika ditinjau dari volume pori rata-rata, struktur pori nomor (3) memiliki volume pori rata-rata yang lebih rendah dibandingkan model struktur pori nomor (1) dan nomor (2).

Tabel 2. Hasil Pengujian Plastisitas dan R_N Sampel Serpih Kutai Bawah

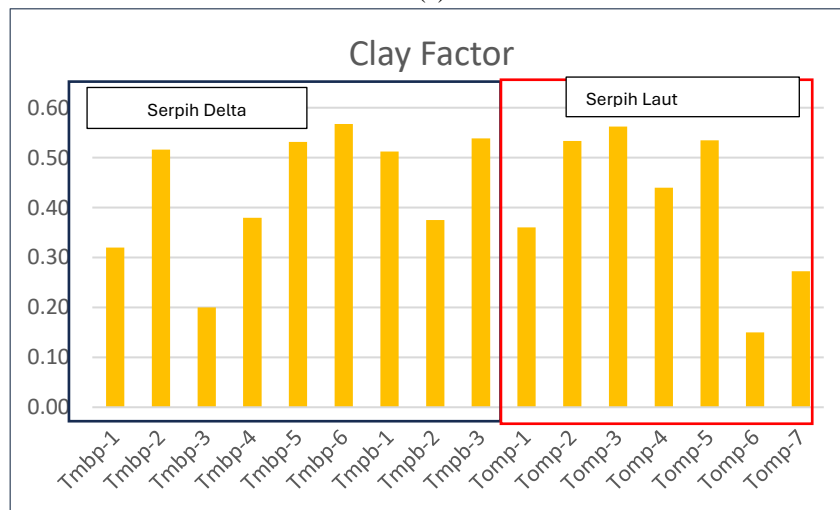
No	Kode Sampel	SL (%)	PL (%)	LL (%)	PI (%)	C_f	Tingkat Plastisitas (Jumikis, 1962)	R_N	Tingkat Kekerasan (Agustawijaya, 2019)
1	Tmbp-1	20%	17%	25%	8%	0.32	Menengah	< 10	Sangat Lunak
2	Tmbp-2	22%	15%	31%	16%	0.52	Menengah	13	Menengah
3	Tmbp-3	26%	16%	20%	4%	0.20	Rendah	< 10	Sangat Lunak
4	Tmbp-4	22%	18%	29%	11%	0.38	Menengah	< 10	Sangat Lunak
5	Tmbp-5	15%	15%	32%	17%	0.53	Menengah	< 10	Sangat Lunak
6	Tmbp-6	23%	16%	37%	21%	0.57	Tinggi	< 10	Sangat Lunak
7	Tmpb-1	25%	20%	41%	21%	0.51	Tinggi	15	Menengah
8	Tmpb-2	23%	20%	32%	12%	0.38	Menengah	10	Menengah
9	Tmpb-3	15%	18%	39%	21%	0.54	Tinggi	12	Menengah
10	Tomp-1	19%	16%	25%	9%	0.36	Menengah	20	Keras
11	Tomp-2	23%	14%	30%	16%	0.53	Menengah	25	Keras
12	Tomp-3	23%	21%	48%	27%	0.56	Tinggi	19	Keras



13	Tomp-4	22%	14%	25%	11%	0.44	Menengah	24	Keras
14	Tomp-5	23%	20%	43%	23%	0.53	Tinggi	22	Keras
15	Tomp-6	22%	17%	20%	3%	0.15	Rendah	22	Keras
16	Tomp-7	20%	16%	22%	6%	0.27	Rendah	23	Keras



(a)



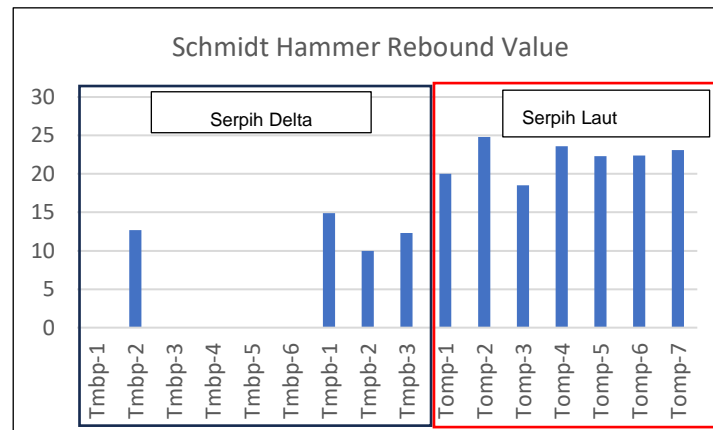
(b)

Gambar 3. (a) Grafik Hasil Pengujian Batas-Batas Atterberg; (b) Grafik Hasil Perhitungan C_f

Volume pori serpih dapat mempengaruhi karakteristik geologi teknik lainnya dari serpih. (Kumar dkk., 2012) mengungkapkan volume pori dari serpih cenderung berbanding terbalik dengan modulus young dari serpih. Sebagaimana yang telah umum dipahami pada kurva tegangan-regangan pembebanan batuan secara uniaksial, modulus young selalu berbanding lurus dengan nilai kuat tekan uniaksialnya. Sementara itu, (Aydin, 2015) mengungkapkan bahwa nilai kuat tekan uniaksial akan selalu berbanding lurus dengan nilai R_N , dimana nilai R_N sendiri sering digunakan untuk memprediksi kuat tekan uniaksial batuan. Maka, dapat disimpulkan fenomena serpih laut yang cenderung lebih keras dibandingkan

serpilh delta dapat dihubungkan dan dijelaskan melalui model porositas dari serpilhnya yang juga dipengaruhi oleh lingkungan pengendapan.

Sebagai penutup, masih terdapat beberapa karakteristik khas dari serpilh yang menjadi penciri dari suatu lingkungan pengendapan seperti proses pengangkatan (*uplifting*) pada endapan sedimen laut. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut apakah tingginya kekerasan dari serpilh laut murni dipengaruhi oleh lingkungan pengendapannya saja atau mungkin karena dikontrol oleh proses pengangkatan dari endapan sedimen laut. Selain itu juga menarik untuk diungkapkan pengaruh dari lingkungan pengendapan serpilh terhadap karakteristik geologi teknik lainnya sehingga dapat mempermudah di dalam studi geologi teknik ataupun sebaliknya hasil studi geologi teknik dapat mengungkapkan sejarah geologi dari serpilh dan juga batuan lainnya.



Gambar 4. Hasil Pengukuran *Schmidt Hammer*

PENUTUP

Kesimpulan dari penelitian ini adalah plastisitas serpilh tidak dikontrol oleh lingkungan pengendapannya, sementara itu tingkat kekerasan serpilh dikontrol oleh lingkungan pengendapannya. Serpilh laut cenderung lebih keras dibandingkan serpilh delta. Saran dari penelitian ini adalah diperlukan penelitian lanjutan tentang pengaruh lingkungan pengendapan terhadap parameter geologi teknik lainnya serta pengaruh parameter geologi teknik terhadap sejarah geologi serpilh sehingga dapat mempermudah di dalam studi geologi teknik ataupun sebaliknya hasil studi geologi teknik dapat mengungkapkan sejarah geologi dari serpilh dan juga batuan lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

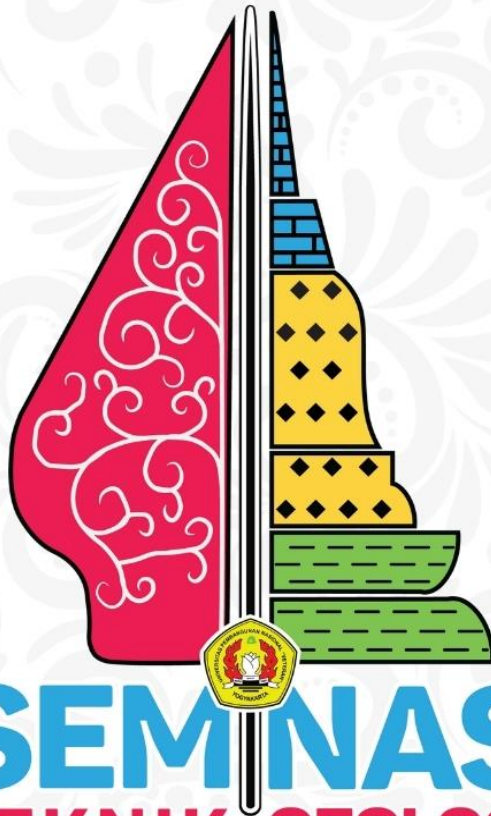
- Agustawijaya, D. S. (2019). *Geologi Teknik* (1 ed.). Penerbit Andi.
- Aoki, H., & Matsukura, Y. (2008). Estimating the unconfined compressive strength of intact rocks from Equotip hardness. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 67(1), 23–29. <https://doi.org/10.1007/s10064-007-0116-z>
- Atterberg, A. (1911). Uber die PhysSicalische Bodenuntersuchung und uber die plastizitat der tone. *Int. Mitt. Fur Bodenkunde*, 1.
- Aydin, A. (2015). ISRM Suggested Method for Determination of the Schmidt Hammer Rebound Hardness: Revised Version. Dalam R. Ulusay (Ed.), *The ISRM Suggested Methods for Rock Characterization, Testing and Monitoring: 2007–2014*.
- Bachtiar, A. (2004). Kerangka stratigrafi sekuen dan karakter batuan induk Miosen Awal di Cekungan Kutai Hilir, Kalimantan Timur [PhD Thesis]. Dalam *Kalimantan Timur, Desertasi Program Doktor, Institut Teknologi Bandung*. Institut Teknologi Bandung.
- Boggs, S. (2012). *Principles of sedimentology and stratigraphy*.
- Chen, L., Jiang, Z., Liu, Q., Jiang, S., Liu, K., Tan, J., & Gao, F. (2019). Mechanism of shale gas occurrence: Insights from comparative study on pore structures of marine and lacustrine shales. *Marine and Petroleum Geology*, 104, 200–216. <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2019.03.027>



- Ekeocha, N. E. (2015). The Mineralogical and Engineering Characteristics of Cretaceous and Tertiary Shales in the Lower Benue Trough, Nigeria. *Journal of Earth Science and Engineering*, 5(8). <https://doi.org/10.17265/2159-581X/2015.08.004>
- Hartono, E., Wardani, S. P. R., & Muntohar, A. S. (2021). The Behavior of The Clay Shale Stabilized by Dry and Wet Cement Mixing Method. *Journal of GeoEngineering*, 16(3), 81–90. [https://doi.org/10.6310/jog.202109_16\(3\).1](https://doi.org/10.6310/jog.202109_16(3).1)
- Heley, W., & MacIver, B. N. (1971). *Engineering Properties of Clay Shales: Development of classification indexes for clay shales. Report 1*. US Army Engineer Waterways Experiment Station.
- Jeremias, F. T., Olarte, J. M., Pinho, A. B., Duarte, I. M. R., Saroglou, H., & Torres Suárez, M. C. (2020). Mudrocks as Soft Rocks: Properties and Characteristics. Dalam *Soft Rock Mechanics and Engineering* (hlm. 37–107). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-29477-9_4
- Jiang, S., Tang, X., Cai, D., Xue, G., He, Z., Long, S., Peng, Y., Gao, B., Xu, Z., & Dahdah, N. (2017). Comparison of marine, transitional, and lacustrine shales: A case study from the Sichuan Basin in China. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 150, 334–347. <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2016.12.014>
- Jumikis, A. R. (1962). *Soil Mechanics*. Van Nostrand.
- Kumar, V., Sondergeld, C. H., & Rai, C. S. (2012, Oktober 8). Nano to Macro Mechanical Characterization of Shale. *All Days*. <https://doi.org/10.2118/159804-MS>
- Li, Q., Pang, X., Tang, L., Chen, G., Shao, X., & Jia, N. (2018). Occurrence features and gas content analysis of marine and continental shales: A comparative study of Longmaxi Formation and Yanchang Formation. *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, 56, 504–522. <https://doi.org/10.1016/j.jngse.2018.06.019>
- Lu, Y., Cheng, Q., Tang, J., Liu, W., Li, H., Liu, J., Xu, Z., Tian, R., & Sun, X. (2022). Differences in micromechanical properties of shales from different depositional environment: A case study of Longmaxi marine shale and Yanchang continental shale using nanoindentation. *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, 107, 104727. <https://doi.org/10.1016/j.jngse.2022.104727>
- Moreno-Maroto, J. M., & Alonso-Azcárate, J. (2018). What is clay? A new definition of “clay” based on plasticity and its impact on the most widespread soil classification systems. *Applied Clay Science*, 161, 57–63. <https://doi.org/10.1016/j.clay.2018.04.011>
- Moss, S. J., Chambers, J., Cloke, I., Satria, D., Ali, J. R., Baker, S., Milsom, J., & Carter, A. (1997). New observations on the sedimentary and tectonic evolution of the Tertiary Kutai Basin, East Kalimantan. *Geological Society, London, Special Publications*, 126(1), 395–416. <https://doi.org/10.1144/GSL.SP.1997.126.01.24>
- Oyediran, I. A., & Fadamoro, O. F. (2015). Strength characteristics of genetically different rice and coconut husk ash compacted shales. *International Journal of Geo-Engineering*, 6(1), 10. <https://doi.org/10.1186/s40703-015-0010-7>
- Pieters, P. E., Trail, D. S., & Supriatna, S. (1987). Correlation of Early Tertiary rocks across Kalimantan. *Proceedings 16th Annual Convention*, 291–306.
- Rose, R., & Hartono, P. (1978). *Geological Evolution of the Tertiary Kutei-Melawi Basin, Kalimantan Indonesia*. SNI 1966, Pub. L. No. 1966, Cara uji penentuan batas plastis dan indeks plastisitas tanah (2008).
- SNI 1967, Pub. L. No. 1967, Cara uji penentuan batas cair tanah (2008).
- SNI 3422, Cara uji penentuan batas susut tanah (2008).
- Supriatna, S., Sukardi, & Rustandi, E. (2011). *Peta Geologi Lembar Samarinda, Kalimantan*. Pusat Survei Geologi.
- van de Weerd, A. A., & Armin, R. A. (1992). Origin and Evolution of the Tertiary Hydrocarbon-Bearing Basins in Kalimantan (Borneo), Indonesia (1). *AAPG Bulletin*, 76. <https://doi.org/10.1306/BDF8ACE-1718-11D7-8645000102C1865D>
- van de Weerd, A. A., Armin, R. A., Mahadi, S., & Ware, P. L. B. (1987). Geologic setting of the Kerendan gas and condensate discovery, Tertiary sedimentation and paleogeography of the northwestern part of the Kutei basin, Kalimantan, Indonesia. *Proc. Indon Petrol. Assoc., 16th Ann. Conv.* <https://doi.org/10.29118/IPA.2384.317.338>
- Wang, E., Guo, T., Lio, B., Li, M., Xiong, L., Dong, X., Zhang, N., & Wang, T. (2022). Lithofacies and pore features of marine-continental transitional shale and gas enrichment conditions of favorable lithofacies: A case study of Permian Longtan Formation in the Lintanchang area, southeast of Sichuan Basin, SW China. *Petroleum Exploration and Development*, 49(6), 1310–1322. [https://doi.org/10.1016/S1876-3804\(23\)60351-9](https://doi.org/10.1016/S1876-3804(23)60351-9)
- Wang, J., & Guo, S. (2020). Comparison of geochemical characteristics of marine facies, marine-continental transitional facies and continental facies shale in typical areas of China and their control over organic-rich shale. *Energy*



- Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 1–13. <https://doi.org/10.1080/15567036.2020.1796855>
- Wang, Y., Grammer, G. M., Eberli, G., Weger, R., & Nygaard, R. (2022). Testing rebound hardness for estimating rock properties from core and wireline logs in mudrocks. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 210, 109973. <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2021.109973>
- Xiao, D., Lu, S., Shao, M., Zhou, N., Zhao, R., & Peng, Y. (2021). Comparison of Marine and Continental Shale Gas Reservoirs and Their Gas-Bearing Properties in China: The Examples of the Longmaxi and Shahezi Shales. *Energy & Fuels*, 35(5), 4029–4043. <https://doi.org/10.1021/acs.energyfuels.0c04245>
- Xie, W., Wang, M., Wang, H., Ma, R., & Duan, H. (2021). Diagenesis of shale and its control on pore structure, a case study from typical marine, transitional and continental shales. *Frontiers of Earth Science*, 15(2), 378–394. <https://doi.org/10.1007/s11707-021-0922-9>
- Yang, C., Zhang, J., Tang, X., Ding, J., Zhao, Q., Dang, W., Chen, H., Su, Y., Li, B., & Lu, D. (2017). Comparative study on micro-pore structure of marine, terrestrial, and transitional shales in key areas, China. *International Journal of Coal Geology*, 171, 76–92. <https://doi.org/10.1016/j.coal.2016.12.001>
- Yang, K., Zhou, J., Xian, X., Zhang, C., Tian, S., Dong, Z., Fan, M., & Cai, J. (2021). Adsorption Characteristics and Thermodynamic Analysis of CH₄ and CO₂ on Continental and Marine Shale. *Transport in Porous Media*, 140(3), 763–788. <https://doi.org/10.1007/s11242-021-01599-x>
- Yang, L., Shi, X., Ge, H., Liu, D., Qu, X., Gao, J., Li, L., Xu, P., & Tan, X. (2017). Quantitative investigation on the characteristics of ions transport into water in gas shale: Marine and continental shale as comparative study. *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, 46, 251–264. <https://doi.org/10.1016/j.jngse.2017.07.020>



SEMNAS

TEKNIK GEOLOGI

PENGEMBANGAN GEOSAINS UNTUK AKSELERASI
INDONESIA EMAS 2045



**"PENGEMBANGAN GEOSAINS UNTUK AKSELERASI
INDONESIA EMAS 2045"**

ISBN 978-623-389-310-7



9 786233 893107