

# GEOLOGI DAN STUDI PALEOEKOLOGI BERDASARKAN ANALISIS PALINOLOGI DAERAH KARANTINA DAN SEKITARNYA, KECAMATAN LAWANG KIDUL, KABUPATEN MUARA ENIM, PROVINSI SUMATERA SELATAN

Tirta Kencana Putri<sup>\*)</sup>, Sapto Kis Daryono<sup>\*)</sup>, Joko Hartadi<sup>\*)</sup>

<sup>\*)</sup>Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Teknologi Mineral  
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta  
Jl. SWK 104, Condong Catur 55283, Yogyakarta, Indonesia  
Fax/Phone : 0274-487816;0274-486403

**SARI** - Daerah penelitian ini secara administratif berada di daerah Karantina dan sekitarnya, Kecamatan Lawang Kidul, Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan. Luas daerah telitian  $\pm 5 \text{ km}^2$  dengan skala 1:10.000. Pola pengaliran sebagian besar tidak berkembang, sungai asli di daerah penelitian adalah Sungai Enim dan beberapa alur liar yang membentuk pola pengaliran ubahan *subparallel*. Berdasarkan aspek-aspek geomorfologi daerah penelitian menjadi empat bentuk asal dan 9 satuan bentuklahan yaitu : a. Bentuk asal denudasional (D) terdiri atas satuan bentuklahan lembah bukaan tambang (D14), satuan bentuklahan kolam penampungan air hasil penambangan (D15), dan satuan bentuklahan lahan timbunan sisa tambang (D16); b. Bentuk asal fluvial (F) terdiri atas satuan bentuklahan dataran aluvial (F1), satuan bentuklahan dataran limpah banjir (F7), dan satuan bentuklahan tubuh sungai (F22); c. Bentuk asal struktural (S) terdiri atas satuan bentuklahan bukit antiklin (S21), dan lereng homoklin (S22); d. Bentuk asal vulkanik (V) terdiri atas satuan bentuklahan lembah intrusi (V24). Stratigrafi daerah penelitian berdasarkan kesatuan ciri litologi yang dominan daerah penelitian dapat dikelompokkan menjadi tiga (3) satuan batuan tak resmi dan endapan aluvial (Holosen), urutan dari tua ke muda yaitu: Satuan batupasir Muaraenim (Miosen Awal), Satuan batulempung Muaraenim (Miosen Tengah), Intrusi andesit (Plistosen), Struktur geologi yang berkembang pada daerah penelitian diantaranya Sesar turun Prebanch dengan arah sesar relatif berarah timur laut-barat daya. Antiklin Murman (*Subvertical, Upright Gentle Plunging Fold*) dengan arah tenggara-barat laut. Paleoeкологи berdasarkan analisis palinologi didapatkan hasil Satuan batupasir Muaraenim pada umur Miosen Awal, Satuan batulempung Muaraenim pada umur Miosen Tengah, ditandai dengan kehadiran fosil *Florscuethzia levipoli*, *Florscuethzia meridionalis*, *Florscuethzia semilobata* dengan lingkungan pengendapan *Back Mangrove-Mangrove* (Lower Delta Plain) ditandai dengan kehadiran fosil *Florscuethzia levipoli*, *Florscuethzia meridionalis*, *Spinizonocostites echinatus*, *Zonocostites ramonae*, *Acrostichum aureum*. Batubara diendapkan pada kondisi *limnic* dengan tipe gambut *bog*, dan *inundated marsh* pada lapisan pengapit. Daerah penelitian berdasarkan analisis palinologi didapatkan hasil dari kedua satuan tersebut diendapkan pada iklim purba yang basah ditandai dengan dominasi fosil *arboreal pollen* yang melimpah sebesar (82,76%-84,37%) dibandingkan dengan fosil *non arboreal pollen* sebesar (15,62%-17,23%), serta kelembaban purba yang rendah ditandai dengan ketidakmelimpahan fosil spora sebesar (35,05%-40,8%). Hal ini dikuatkan dengan hasil analisis maseral yang didominasi oleh *vitrinite* sebesar (15%-78,2%)

**Kata-kata Kunci:** Miosen, *lower delta plain*, iklim purba, kelembaban purba, paleoeкологи

## PENDAHULUAN

Batubara berasal dari organik klastik yang berasal dari alam yang terdiri dari sisa-sisa tanaman yang telah mengalami proses *peatification* dan *coalification*. Komposisi dan sifat batubara akan ditentukan oleh sifat dari pembentuknya yaitu organik asli dan akumulasi anorganik dimana setelah itu mengalami proses diagenesis (Thomas, 2002). Batubara merupakan salah satu sumber energi primer dan merupakan komoditas perdagangan di Indonesia yang bernilai ekonomis. Keberadaan batubara di Indonesia yang sedang dieksplorasi berada di Pulau Kalimantan, Sulawesi, dan Sumatera.

Palinologi merupakan ilmu yang mempelajari polinomorf yang ada saat ini dan fosilnya, diantaranya serbuk sari, spora, dinoflagelata, kista, *acritarchs*, *chitinozoa*, dan *scolecodont*, bersama dengan partikel material organik dan kerogen yang terdapat pada sedimen dan batuan sedimen. Palinologi banyak digunakan dalam aplikasi yang berhubungan dengan disiplin ilmu yang lain contohnya; geokronologi, biostratigrafi, paleoeкологи, perubahan iklim, migrasi, evolusi flora, stratigrafi, paleoeкологи, paleoklimatologi, dan arkeologi (Traverse. A., 2007).

Bukti-bukti palinologi berupa polen dan spora tumbuhan, baik yang ada sekarang maupun yang telah mati dan terendapkan dalam sedimen yang berupa fosil dapat digunakan sebagai sumber data dan bahan untuk merekonstruksi vegetasi maupun bentang alam suatu daerah. Bukti palinologi ini merupakan representasi dari

tumbuhan yang hidup di tempat tersebut, sehingga dapat menggambarkan bagaimana kondisi lingkungan beserta vegetasinya. Secara khusus, bukti palinologi telah digunakan untuk merekonstruksi lingkungan, iklim dan sejarah flora suatu daerah. Analisis palinologi secara vertikal terhadap urutan lapisan sedimen merupakan cara yang tepat dalam menelusuri perubahan iklim yang terjadi selama proses sedimentasi berlangsung. (Morley, 1991)

Paleoekologi berasal dari kata 'Paleo' yang berarti purba, tua, *primitive* dan 'ekologi' yang berarti ilmu yang mempelajari tentang hubungan lingkungan dengan organisme. Jadi paleoekologi adalah ilmu yang mempelajari tentang hubungan lingkungan dengan organisme pada masa lampau (Ager dkk., 1963 dalam Rahmayuna, 2009).

### **Maksud Dan Tujuan**

Maksud dari penelitian ini adalah untuk melakukan pemetaan geologi yaitu melakukan pengambilan data lapangan maupun data sekunder yang didapatkan dari perusahaan.

Berdasarkan perolehan data diatas, maka tujuan khusus yang ingin dicapai dari penelitian adalah :

1. Mengetahui geologi daerah penelitian termasuk geomorfologi daerah penelitian, stratigrafi daerah penelitian, penampang stratigrafi daerah penelitian, sejarah geologi daerah penelitian
2. Mengetahui fasies batubara berdasarkan kandungan maseral
3. Mengetahui paleoekologi pada daerah penelitian

### **Lokasi Daerah Penelitian**

Letak dan lokasi penelitian secara geografis terletak pada 3° 44' 029"-3° 45' 38,6" Lintang Selatan dan 103° 46' 57,3"-103° 47' 65,7" Bujur Timur, sedangkan secara koordinat terletak pada zona UTM 48 364100 mE- 366110 mE dan 9587200 mN- 9584700 mN. Secara administratif lokasi penelitian berada di Daerah Karantina, dan Sekitarnya, Kecamatan Lawang Kidul, Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan. Luas daerah penelitian seluas ± 5 km<sup>2</sup> yang termasuk ke dalam wilayah konsesi PT Bukit Asam (Persero), Tbk.

### **METODE PENELITIAN**

Pelaksanaan penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan, sebagai berikut:

#### **1. Tahap pendahuluan.**

Tahap pendahuluan ini merupakan tahap awal yang dilakukan oleh penulis dalam melakukan penelitian. Adapun hal-hal yang dilakukan antara lain: studi literatur, perizinan dan penyusunan proposal penelitian, serta persiapan perlengkapan kegiatan pemetaan.

#### **2. Tahap pengumpulan data.**

Merupakan tahapan pengumpulan data lapangan dengan metode pemetaan geologi permukaan. Tahapan ini dilakukan untuk mendapatkan data dan informasi geologi daerah penelitian yang meliputi kondisi geomorfologi, struktur geologi dan stratigrafi daerah penelitian. Adapun rincian kegiatan yang dilakukan dalam tahapan ini sebagai berikut :

##### a) Observasi dan Pengamatan Geomorfologi.

Secara umum observasi dan pengamatan kondisi geomorfologi daerah penelitian meliputi pengamatan pola pengaliran dan bentuklahan.

##### b) Observasi dan Pengamatan Singkapan Batuan.

Melakukan observasi dan pengamatan secara detail pada singkapan batuan yang terdapat pada daerah penelitian. Kegiatan ini meliputi : deskripsi singkapan, pengukuran jurus dan kemiringan lapisan batuan, pembuatan profil singkapan dan *Measuring Section* (MS), pengambilan conto batuan meliputi conto petrografi, palinologi, dan conto petrografi batubara, serta dokumentasi berupa foto kenampakan satuan bentuklahan daerah penelitian, foto singkapan, litologi, struktur sedimen dan foto unsur struktur geologi.

#### **3. Tahapan analisis laboratorium dan pengolahan data.**

Merupakan tahapan analisis dan pengolahan dari data dan informasi geologi yang didapat dari tahapan pengumpulan data. Tahapan ini merupakan kerja studio dan analisis laboratorium yang meliputi :

##### a) Analisis Geomorfologi.

Tahapan analisis ini meliputi analisis pola pengaliran daerah penelitian yang mengacu pada klasifikasi pola pengaliran menurut A.D.Howard (1967) dan analisis satuan bentuklahan daerah penelitian mengacu pada klasifikasi bentuklahan menurut Van Zuidam (1983) yang didasarkan pada aspek – aspek geomorfologi yaitu morfologi, morfometri, morfogenesis, dan morfokonservasi.

##### b) Analisis Conto Batuan

Analisis ini dilakukan pada conto batuan yang diambil pada daerah penelitian. Analisis conto batuan ini terdiri dari :

- Analisis Petrografi.

Analisis ini bertujuan untuk menentukan nama batuan yang didasarkan tekstur, struktur, dan komposisi mineral menurut klasifikasi Gilbert (1954), Gilbert (1975), dan klasifikasi William Clan (1985) untuk batuan beku..

- Analisis Petrografi Batubara.

Analisis ini dimaksudkan untuk mengetahui nilai *Tissue Preservation Index* (TPI), *Gelification Index* (GI), *Groundwater Index* (GWI) dan *Vegetation Index* (VI) pada batubara tersebut. Analisis ini juga dimaksudkan sebagai salah satu parameter yaitu aspek biologi dalam menentukan lingkungan pengendapan daerah penelitian.

- Analisis Palinologi.

Analisis palinologi dilakukan karena penulis tidak mendapatkan adanya fosil foraminifera plankton dan bentos dari conto batuan yang ada, sehingga penulis melakukan analisis palinologi yang meliputi analisis spora dan polen. Analisis ini dilakukan untuk menentukan umur satuan batuan dan sebagai salah satu parameter yaitu aspek biologi dalam menentukan lingkungan pengendapan daerah penelitian, serta mengetahui *paleoclimate* pada daerah penelitian.

c) Analisis Pendekatan Lingkungan Pengendapan.

Analisis ini didasarkan pada data lapangan yang didapatkan pada tahap pengumpulan data. Analisis lingkungan pengendapan didasarkan pada :

- Aspek fisika.

Analisis aspek fisika didasarkan pada data profil singkapan pada daerah penelitian yang meliputi ciri fisik dari litologi penyusun pada daerah penelitian meliputi ukuran butir, struktur sedimen dan variasi litologi. Kemudian pendekatan lingkungan pengendapan pada daerah penelitian berdasarkan aspek fisika mengacu model lingkungan pengendapan menurut J.C.Horne dkk. (1978).

- Aspek Kimia.

Analisis aspek kimia didasarkan pada kandungan atau komposisi mineral penyusun litologi yang terakumulasi bersamaan dengan proses pengendapan. Analisis ini juga didasarkan pada kandungan sulfur total yang terdapat pada lapisan batubara pada daerah penelitian. Kemudian pendekatan lingkungan pengendapan pada daerah penelitian berdasarkan aspek kimia mengacu model lingkungan pengendapan menurut Diessel (1992), dan J.C.Horne dkk. (1978), serta Casagrande (1987).

- Aspek Biologi.

Analisis aspek biologi didasarkan pada analisis palinologi. Analisis ini dimaksudkan untuk mengetahui kehadiran fosil spora dan polen yang terkandung dalam conto batuan pada daerah penelitian. Kemudian pendekatan lingkungan pengendapan pada daerah penelitian berdasarkan aspek biologi mengacu model lingkungan pengendapan Morley (1997). Analisis ini juga didasarkan pada analisis petrografi batubara yaitu maseral dimana didapatkan data *Tissue Preservation Index* (TPI), *Gelification Index* (GI), *Groundwater Index* (GWI) dan *Vegetation Index* (VI) dan di plotkan ke diagram yang mengacu pada Lamberson (1991) dan Calder (1991)

c) Analisis Studi Paleoeкологи

Analisis ini didasarkan pada beberapa parameter, yaitu :

1. Umur
2. Lingkungan Pengendapan
3. *Paleoclimate* (Iklim purba)

Parameter umur dan lingkungan pengendapan didapatkan dari hasil analisis yang telah dilakukan oleh Laboratorium Bsi (Batuan Sedimen Indonesia) dengan melihat fosil indeks pada conto batuan. Parameter *Paleoclimate* didapatkan dari Tahapan Penyajian Data berupa perhitungan yang dilakukan oleh penulis, perhitungan tersebut antara lain :

1. Perhitungan AP/NAP
2. Perhitungan Spora
4. Tahap penyusunan laporan dan penyajian data.

Tahapan ini merupakan tahap akhir dari seluruh kegiatan penelitian. Kemudian data dan informasi yang telah dianalisis dan diolah disajikan dalam bentuk laporan tertulis daerah penelitian dengan lampiran sebagai berikut :

1. Peta Lintasan Dan Lokasi Pengamatan Daerah Penelitian.
2. Peta Geomorfologi Daerah Penelitian.
3. Peta Geologi Daerah Penelitian.
5. Stratigrafi Daerah Penelitian.
6. Pendekatan Lingkungan Pengendapan Daerah Penelitian.
7. Tabel Paleoeкологи Daerah Karantina dan Sekitarnya.

## GEOLOGI DAERAH PENELITIAN

Pembahasan mengenai geologi daerah penelitian meliputi pembahasan tentang geomorfologi, stratigrafi, struktur geologi dan sejarah geologi daerah penelitian.

### Geomorfologi Daerah Penelitian

Berdasarkan pengamatan lapangan (Lampiran. 1) pengamatan geomorfologi daerah penelitian dibagi menjadi :

#### 1. Pengamatan Pola Pengaliran

Pola pengaliran pada daerah penelitian sebagian besar tidak berkembang, sungai asli yang terdapat jelas pada daerah penelitian hanya sungai Enim dan beberapa alur liar yang mengalir menuju sungai Enim. Penulis membagi pola pengaliran di daerah penelitian berdasarkan jenis pola pengaliran, jenis sungai berdasarkan bentuk lembah, tempat mengalirnya, dan faktor pengontrol, sehingga pada daerah penelitian ini, penulis membagi menjadi satu jenis pola pengaliran ubahan yaitu *subparallel*.

#### 2. Pengamatan Bentuklahan

Berdasarkan aspek-aspek geomorfologi diatas dan klasifikasi bentuklahan menurut Van Zuidam (1983), maka satuan bentuklahan daerah penelitian dibagi menjadi sembilan satuan (Lampiran 2) :

##### a) Satuan Bentuklahan Lembah Bukaan Tambang (D14)

Satuan bentuklahan ini menempati dari 43 % daerah penelitian. Satuan ini terletak di tengah daerah penelitian tepatnya berada di Area Tambang Air Laya (TAL) Timur yang terdiri dari daerah Prebanch, Suban, dan Karantina. Morfografinya berupa lembah, dengan kelerengan landai-agak curam (8-20 %) dengan beda tinggi 50 m. Morfogenesis yang mempengaruhi pada satuan bentuklahan ini dipengaruhi oleh aktivitas manusia dan juga dipengaruhi oleh struktur sesar turun dan struktur lipatan (antiklin). Satuan bentuklahan ini terdiri dari litologi penyusun antara lain batulempung, batulempung tufan, batupasir tufan, dan *seam* batubara (A1, A2, B1, B2) yang termasuk kedalam Satuan batulempung Muaraenim dan litologi penyusun batupasir, batulempung karbonan, dan *seam* batubara (C) yang termasuk dalam Satuan batupasir Muaraenim dimana mempunyai resistensi sedang sampai lemah dari proses erosi dan pelapukan.

##### b) Satuan Bentuklahan Kolam Penampungan Air Hasil Penambangan (D15)

Satuan bentuklahan ini menempati 5 % dari daerah penelitian. Satuan ini terletak di bagian barat laut daerah penelitian. Morfografi berupa lembah, dengan landai- agak curam (8-20 %) dengan beda tinggi 40 m. Morfogenesis yang mempengaruhi pada satuan bentuklahan ini dipengaruhi oleh aktivitas manusia dan juga dipengaruhi oleh struktur sesar turun dan struktur lipatan (antiklin). Satuan bentuklahan ini terdiri dari litologi penyusun antara lain batulempung, dan *seam* batubara (A1, A2, B1, B2) yang termasuk kedalam Satuan batulempung Muaraenim dan litologi penyusun batupasir, batulempung karbonan, dan *seam* batubara (C) yang termasuk dalam Satuan batupasir Muaraenim dimana mempunyai resistensi sedang sampai lemah dari proses erosi dan pelapukan.

##### c) Satuan Bentuklahan Lahan Timbunan Sisa Tambang (D16)

Satuan bentuklahan ini menempati 7 % dari daerah penelitian. Satuan ini terletak di bagian barat laut daerah penelitian. Morfografi berupa Morfografi berupa lembah, dengan kelerengan landai- miring (8-15 %) dengan beda tinggi 25 m. Morfogenesis yang mempengaruhi pada satuan bentuklahan ini dipengaruhi oleh aktivitas manusia. Satuan bentuklahan ini terdiri dari material lepas berukuran dari berangkal hingga lempung hasil dari penimbunan sisa penambangan yang mempunyai resistensi sedang sampai lemah dari proses erosi dan pelapukan.

##### d) Satuan Bentuklahan Dataran Aluvial (F1)

Satuan bentuklahan ini menempati 9 % dari daerah penelitian. Satuan bentuklahan ini terletak di sepanjang daerah penelitian (timur) yang berbatasan dengan bentuklahan tubuh sungai (F22), dataran limpah banjir (F7) dan lembah bukaan tambang (D14). Morfografi berupa dataran yang memiliki kelerengan datar (0-2 %), tingkat pengerosian sedang-kuat. Satuan bentuklahan ini terdiri dari material lepas berukuran dari berangkal hingga lempung yang dikontrol oleh pola pengaliran ubahan *subparallel*.

##### e) Satuan Bentuklahan Dataran Limpah Banjir (F7)

Satuan bentuklahan ini menempati 2 % dari daerah penelitian. Satuan bentuklahan ini terletak di bagian tenggara daerah penelitian yang berbatasan dengan bentuklahan tubuh sungai (F22) dan dataran aluvial (F1). Morfografi berupa dataran yang memiliki kelerengan datar (0-2 %), tingkat pengerosian sedang-kuat, dengan lembah relatif berbentuk "U"- "V", serta memiliki sungai berupa aluvial *stream*. Secara morfoasosiasi satuan bentuklahan ini dipengaruhi oleh adanya sungai besar yang ada sehingga jika debit alirannya naik maka akan menyebabkan banjir pada daerah satuan bentuklahan ini. Satuan bentuklahan ini terdiri dari material lepas berukuran dari berangkal hingga lempung, dimana material tersebut merupakan hasil dari transportasi oleh sungai Enim yang mengendap di pinggir sungai.

##### f) Satuan Bentuklahan Tubuh Sungai (F22)

Satuan bentuklahan ini menempati 6 % dari daerah penelitian. Satuan bentuklahan ini terletak di bagian tenggara daerah penelitian yang berbatasan dengan bentuklahan dataran limpah banjir (F7) dan dataran aluvial (F1).

Morfografi berupa lembah yang memiliki kelerengan landai (5-7 %), tingkat pengerosian sedang-kuat, dengan lembah relatif berbentuk “U”, serta memiliki sungai berupa aluvial *stream*.

g) Satuan Bentuklahan Bukit Antiklin (S21)

Satuan bentuklahan ini menempati 10 % dari daerah penelitian. Satuan bentuklahan ini terletak di bagian selatan daerah penelitian yang berbatasan dengan bentuklahan bukit intrusi (V24) dan lembah bukaan tambang (D14). Satuan bentuklahan ini terletak di daerah Suban. Morfografi berupa bukit yang memiliki kelerengan miring-curam (10-20 %) dengan beda tinggi 45 m, tingkat pengerosian lemah-sedang. Satuan ini terdiri dari litologi penyusun batupasir, batulempung karbonan, dan *seam* batubara (C) yang termasuk dalam Satuan batupasir Muaraenim dimana mempunyai resistensi sedang sampai lemah dari proses erosi dan pelapukan.

h) Satuan Bentuklahan Lereng Homoklin (S22)

Satuan bentuklahan ini menempati 11 % dari daerah penelitian. Satuan bentuklahan ini terletak di bagian selatan daerah penelitian yang berbatasan dengan lembah bukaan tambang (D14). Satuan bentuklahan ini terletak di daerah Suban. Morfografi berupa lereng yang memiliki kelerengan miring-curam (10-20%) dengan beda tinggi 35m, tingkat pengerosian lemah-sedang. Satuan bentuklahan ini terdiri dari litologi penyusun antara lain batulempung, batulempung tufan, batupasir tufan, dan *seam* batubara (A1, A2, B1, B2) yang termasuk kedalam Satuan batulempung Muaraenim dan litologi penyusun batupasir, dan *seam* batubara (C) yang termasuk dalam Satuan batupasir Muaraenim dimana mempunyai resistensi sedang sampai lemah dari proses erosi dan pelapukan.

i) Satuan Bentuklahan Lembah Intrusi (V24)

Satuan bentuklahan ini menempati 7 % dari daerah penelitian. Satuan bentuklahan ini terletak di bagian selatan daerah penelitian yang berbatasan dengan bentuklahan perbukitan antiklin (S5) dan lembah bukaan tambang (D14). Satuan bentuklahan ini terletak di daerah Suban. Morfografi berupa bukit yang memiliki kelerengan landai-miring (8-15%) dengan beda tinggi 30m, tingkat pengerosian sedang-kuat. Litologi penyusun bentuklahan ini adalah batuan beku berupa andesit yang terdapat kontak dengan *seam* batubara (B2). Morfogenesis satuan bentuklahan ini dipengaruhi oleh adanya intrusi batuan beku andesit. Data yang diperoleh dilapangan menunjukkan bahwa bukit tersebut merupakan intrusi *dyke* yang tersingkap di permukaan yang kemudian terkena pelapukan.

### Stratigrafi Daerah Penelitian

Berdasarkan ciri fisik litologi dan keseragaman jenis litologi dominan yang telah diamati pada daerah penelitian maka stratigrafi daerah penelitian dibagi menjadi tiga (3) satuan litostratigrafi tidak resmi dan endapan aluvial yang diurutkan dari tua ke muda (Lampiran 3) adalah sebagai berikut:

1. Satuan batupasir Muaraenim

Karakteristik ukuran butir yang terdapat pada Satuan batupasir berkisar antara lempung-pasir sedang, dan adanya lapisan batubara yang tebal (*seam* C). Litologi penyusun satuan ini adalah batupasir, batulempung, batulempung karbonan, dan *seam* batubara C. Struktur sedimen yang berkembang pada satuan ini adalah *flaser lamination, parallel lamination, wavy lamination, flame structure, rain drop, nodule* batupasir, dan cerat-cerat batubara.

Satuan batupasir Muaraenim ini menempati 30% dari luas total daerah penelitian. Secara Administratif, satuan ini terletak pada daerah Murman dan Prebanch. Berdasarkan peta geologi (lampiran 7C), berdasarkan peta geomorfologi (lampiran 7B), satuan batuan ini berada di lembah bukaan tambang (D14), bukit antiklin (S21), dan lereng homoklin (S22) pada daerah selatan. Ketebalan Satuan batupasir Muaraenim berdasarkan pengukuran pada penampang peta geologi (lampiran 7C) didapatkan kurang lebih 213 m. Selanjutnya, berdasarkan penampang stratigrafi terukur, tebal satuan ini adalah kurang lebih 30,68 m pada *measuring section* 1 (lampiran 9A) dan lebih dari 13,5 m pada *measuring section* 2 (lampiran 9B). Ketebalan lapisan batubara yang didapatkan dari penampang stratigrafi terukur yaitu sekitar 2,6 m *seam* batubara (C).

Umur Satuan batupasir Muaraenim adalah Miosen Awal. Hal ini ditunjukkan dengan terdapat kehadiran spesies *Florschuetzia levipoli, Florschuetzia semilobata*. Berdasarkan analisis aspek fisika, kimia, dan biologi yang telah dilakukan, maka dapat diinterpretasikan bahwa satuan batupasir Muaraenim diendapkan pada lingkungan *Lower Delta Plain*.

Hubungan stratigrafi satuan ini adalah Satuan batupasir Muaraenim ditindih secara selaras oleh Satuan batulempung Muaraenim. Dengan demikian, satuan ini berumur lebih tua dibandingkan dengan Satuan batulempung Muaraenim. (Gambar 4.12). Setelah itu Satuan batuan ini diterobos oleh intrusi andesit yang menerobos pada selatan daerah penelitian.

2. Satuan batulempung Muaraenim

Karakteristik ukuran butir yang terdapat pada Satuan batulempung berkisar antara lempung-pasir sangat halus. Litologi penyusun satuan ini adalah batulempung, batupasir tufan, batulempung tufan, dan *Seam* batubara (A1, A2, B1, B2.). Struktur sedimen yang berkembang pada satuan ini adalah *lenticular lamination, parallel lamination, wavy lamination, rain drop, nodule* batulempung, dan masif.

Satuan batulempung Muaraenim ini menempati 60% dari luas total daerah penelitian. Secara Administratif, satuan ini terletak pada daerah Karantina, Prebanch, dan Suban. Berdasarkan peta geologi (lampiran 7C), Berdasarkan peta geomorfologi (lampiran 7B), satuan batuan ini berada di lembah bukaan tambang (D14) dan kolam penampungan sisa tambang (D15). Ketebalan Satuan batulempung Muaraenim berdasarkan pengukuran pada penampang peta geologi (lampiran 7C) didapatkan kurang lebih 150 m. Selanjutnya, berdasarkan *measuring section* (MS) atau penampang stratigrafi terukur, tebal satuan ini adalah kurang lebih 39,9 m pada *measuring section* 1 (lampiran 9A) dan lebih dari 32,4 m pada *measuring section* 2 (lampiran 9B). Ketebalan lapisan batubara yang didapatkan dari penampang stratigrafi terukur yaitu sekitar 4,56 m *seam* (A1), 7,92 m *seam* (A2), 6,3 m *seam* (B1), dan 1,5m *seam* (B2).

Umur Satuan batupasir Muaraenim adalah Miosen Tengah. Hal ini ditunjukkan dengan terdapat kehadiran spesies *Florschuetzia levipoli*, *Florschuetzia semilobata*, *Florschuetzia meridionalis*. Berdasarkan analisis aspek fisika, kimia, dan biologi yang telah dilakukan, maka dapat diinterpretasikan bahwa satuan batulempung Muaraenim diendapkan pada lingkungan *Lower Delta Plain*.

### 3. Satuan Litodem andesit

Ciri litologi intrusi andesit berdasarkan deskripsi di lapangan adalah litologi penyusun yang hanya berupa batuan beku andesit dengan deskripsi lapangan yaitu warna segar abu-abu, warna lapuk coklat, derajat kristalisasi hipokristalin, derajat granularitas fanerik sedang-halus, bentuk kristal subhedral-anhedral, relasi *inequigranular vitroverik*, dan komposisi mineral berupa kuarsa; piroksen; plagioklas; kalium feldspar; kalsit; dan masa dasar gelas. (lokasi pengamatan 24)

Sebaran intrusi andesit menempati sekitar 2% dari luas total daerah penelitian. Sebagian besar singkapan ditemukan dalam kondisi kurang baik. Berdasarkan peta geologi (lampiran 7C), intrusi ini berada di bagian selatan daerah penelitian, tepatnya di morfologi lembah daerah Suban. Hal ini terjadi dikarenakan pada lembah intrusi ini sudah mengalami pengerosian yang kuat. Berdasarkan peta geomorfologi (lampiran 7B), intrusi ini berada di satuan bentuklahan lembah intrusi (V24).

Penentuan umur intrusi andesit di daerah penelitian didasarkan pada peneliti sebelumnya dan geologi regional daerah penelitian yaitu geologi regional Lembar Lahat (Gafoer dkk, 1986 dan dalam Pujobroto, 1997). Penulis mengacu pada peneliti terdahulu dikarenakan penulis tidak melakukan analisis umur pada batuan beku ini, dimana intrusi ini berumur Plistosen.

Berdasarkan fakta lapangan dan penampang geologi daerah penelitian (lampiran 7C), maka dapat diinterpretasi bahwa intrusi andesit merupakan intrusi yang memotong seluruh satuan batuan yang ada di daerah penelitian. Hal ini dibuktikan dengan adanya kontak intrusi secara diskordan antara batuan beku dengan batulempung pada lokasi pengamatan 24.

### 4. Endapan aluvial

Berdasarkan pengamatan di lapangan, endapan aluvial di daerah penelitian terdiri atas material lepas yang belum mengalami kompaksi dan memiliki ukuran butir lempung-berangkal. Sebaran endapan aluvial menempati sekitar 8 % dari luas total daerah penelitian. Sebagian besar endapan ini ditemukan di sungai-sungai yang berada di daerah Karantina, dimana memiliki aliran tetap (mengalir setiap tahun). Berdasarkan peta geologi (lampiran 7C), endapan ini berada di bagian tenggara daerah penelitian, tepatnya di Sungai Enim dan sekitarnya. Endapan aluvial pada daerah penelitian berumur Holosen, mengacu pada stratigrafi regional menurut Gafoer, dkk (1986) dan berkembang sampai sekarang.

## Struktur Geologi Daerah Penelitian

Struktur geologi yang berkembang pada daerah penelitian antara lain :

### 1. Sesar Turun Prebanch

Sesar ini dijumpai pada lokasi pengamatan 45 b (Gambar 4.22). Secara administratif berada di wilayah Prebanch di Tambang Air Laya yang terletak di bagian utara memanjang hingga ke tengah daerah penelitian. Data yang dijumpai di lapangan berupa bidang sesar, dan gores garis serta kekar kekar (*Shear Fracture* dan *Gash Fracture*) yang terletak di sebelah danau. *Offset* sesar terlihat sangat jelas dan memotong Satuan batupasir dan batulempung Muara Enim dengan arah relatif barat daya- timur laut, dimana sebagian *offset* sesar sudah tertutup oleh danau yang diakibatkan oleh aktivitas penambangan. *Offset* sesar menunjukkan bahwa *hanging wall* (lapisan batubara) relatif turun terhadap *foot wall* (lapisan batubara). Hasil pengukuran data struktur secara stereografis diperoleh bidang sesar N245°E/48°, dan gores garis 40°, N356° E serta pitch 61°. Sesar dari analisis stereografis yang mengacu pada klasifikasi Rickard (1972) diperoleh nama *Right Normal Slip Fault*.

### 2. Antiklin Murman

Secara administratif, antiklin ini berada di daerah Murman tepatnya di bagian tengah daerah penelitian. Dari pengamatan di lapangan (Gambar 4.23), data struktur geologi yang diperoleh adalah kedudukan kedua sayap antiklin. Sayap lipatan bagian timur laut tersingkap baik pada lokasi pengamatan 47, sedangkan sayap lipatan bagian barat daya tersingkap baik pada lokasi pengamatan 29. Berdasarkan analisis struktur geologi (lampiran 6-5), didapatkan hasil bahwa antiklin sayatan A-A' ini mempunyai kedudukan umum pada sayap timur laut N231°E/20° dan sayap barat daya N128° E/21°. Selain itu, didapatkan juga *hinge line* sebesar 22°, N129° E; *hinge*

surface N308° E/89°. Penamaan antiklin ini mengacu pada klasifikasi Fleuty (1964) *Subvertical, Upright Gentle Plunging Fold*. Selanjutnya, berdasarkan peta geologi daerah penelitian (lampiran 7C), sumbu antiklin memanjang dan membelok kearah relatif barat laut mengikuti persebaran satuan batuan

3. Kekar Karantina, Suban, dan Prebanch

Kekar- kekar yang berada pada daerah penelitian ini memiliki arah tegasan relatif Timur laut- Barat daya.

**STUDI PALEOEKOLOGI BERDASARKAN ANALISIS PALINOLOGI DAERAH KARANTINA**

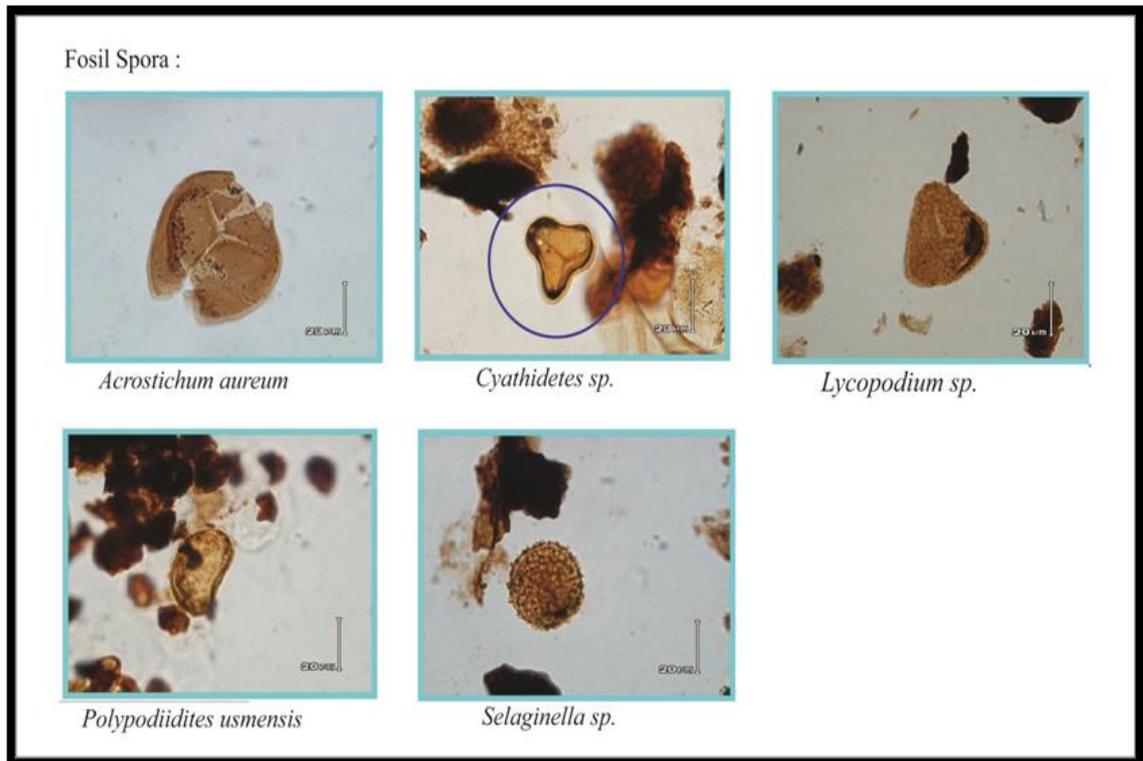
**Paleoclimate (Iklim Purba)**

1. *Paleoclimate* (Iklim Purba) Satuan batupasir Muaraenim

Setelah dilakukan perhitungan secara kuantitatif yaitu perbandingan antara fosil arboreal pollen dengan non arboreal pollen (Gambar 1) pada keempat contoh yang diambil pada Satuan batupasir Muaraenim antara lain contodidapatkan hasil arboreal pollen memiliki jumlah yang lebih dominan daripada non arboreal pollen sehingga dapat dimasukkan kedalam kategori iklim basah serta keterdapatan spora yang tidak dominan terhadap polen sehingga dapat diinterpretasi kedalam kelembaban rendah (Gambar 2). Diinterpretasikan daerah telitian memiliki iklim basah dengan kelembaban yang rendah, dimana tidak terjadi perubahan iklim dan kelembaban.



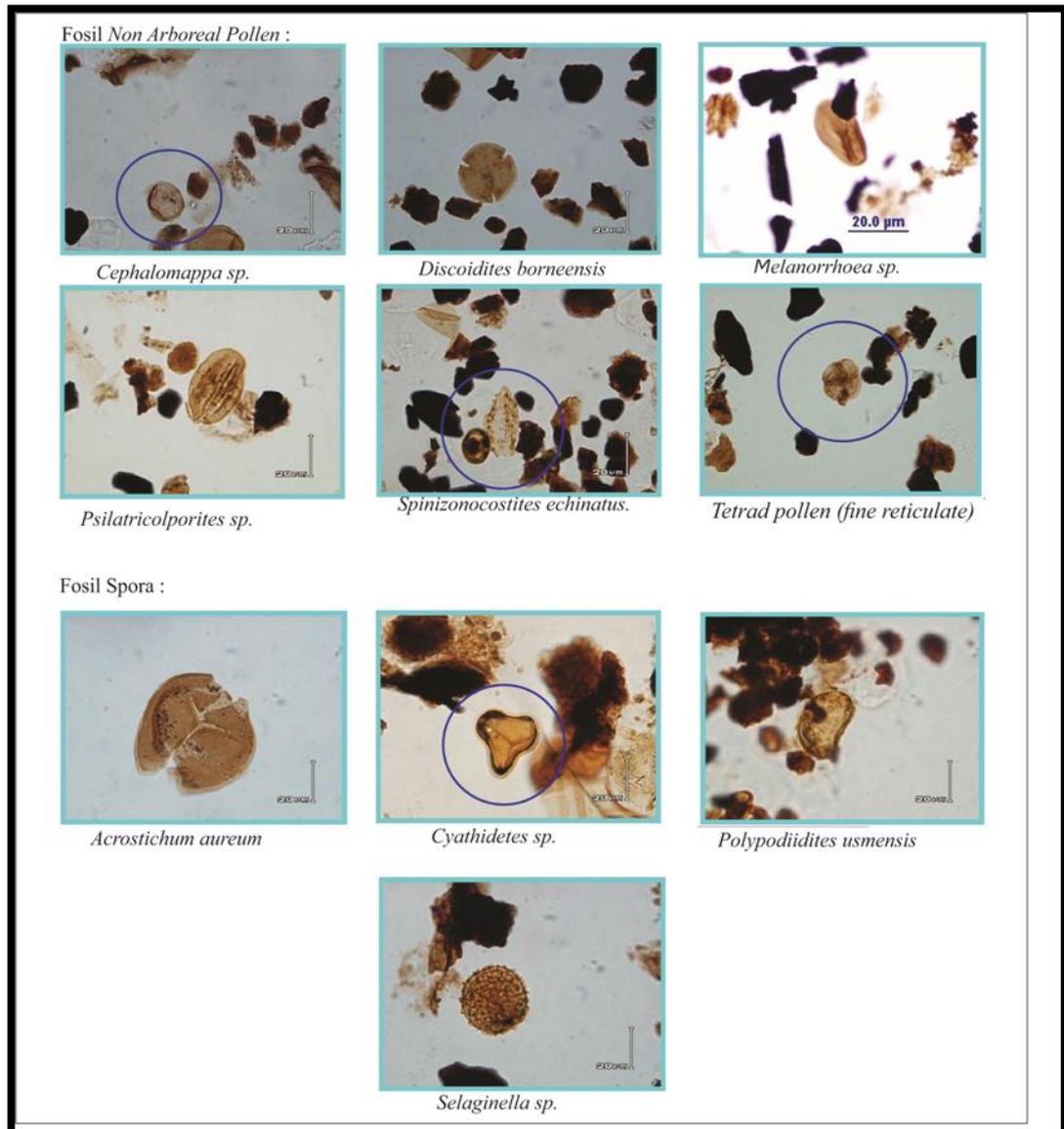
Gambar 1. Fosil arboreal pollen dan fosil non arboreal pollen pada Satuan batupasir Muaraenim



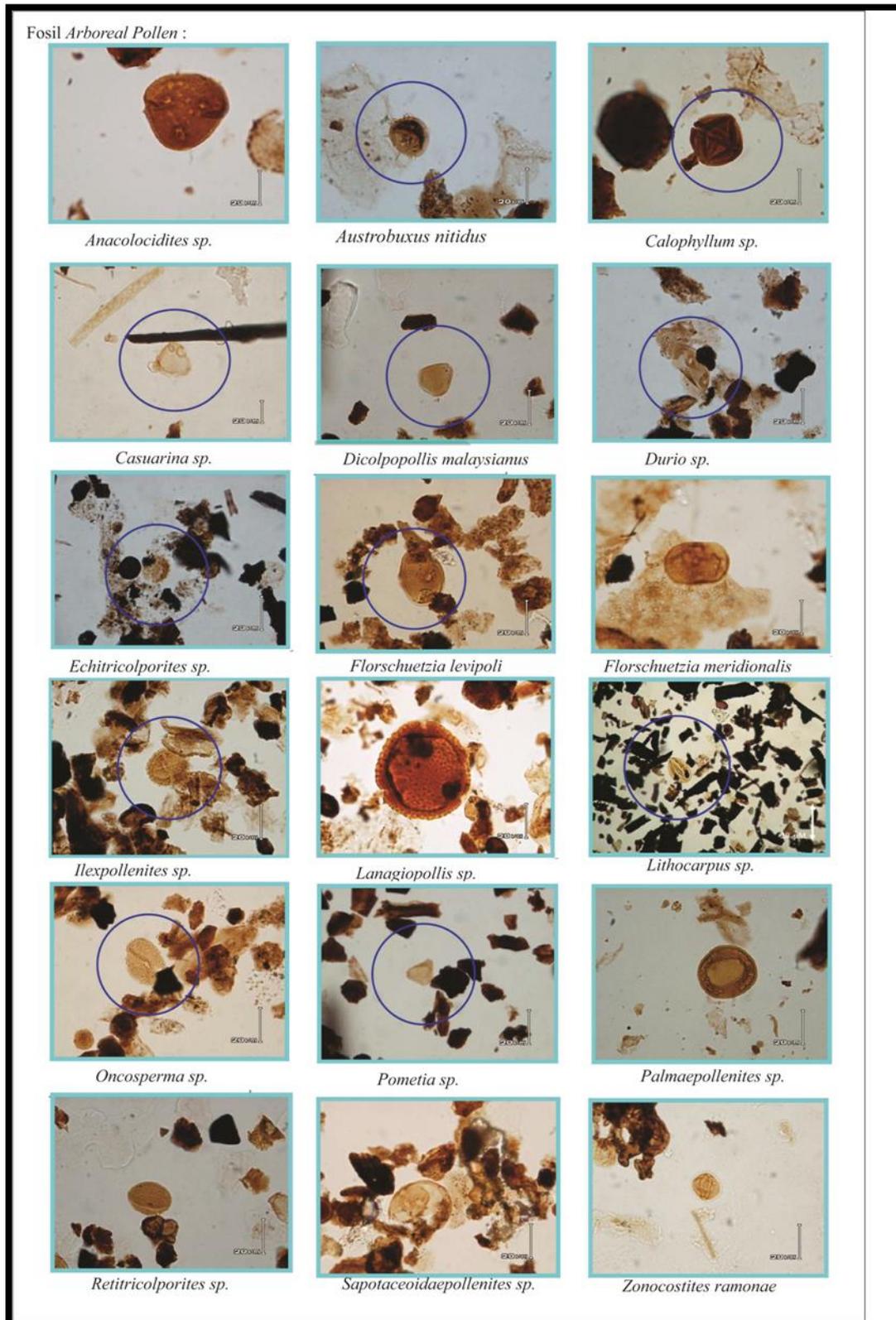
Gambar 2. Fosil spora pada Satuan batupasir Muaraenim

## 2. *Paleoclimate* (Iklim Purba) Satuan batupasir Muaraenim

Setelah dilakukan perhitungan secara kuantitatif yaitu perbandingan antara fosil non arboreal pollen (Gambar 3) dengan arboreal pollen (Gambar 4) pada Satuan batulempung Muaraenim dari conto yang diambil pada jalur measuring section A pada empat conto yaitu ART-22-22, ART-23-22, ART-32-39, ART-33-39, ART-34-39, dan jalur measuring section B pada dua conto yaitu ART-50-46 dan ART-51-46 yang diambil pada Satuan batulempung Muaraenim dapat diinterpretasi bahwa didapatkan persentase arboreal pollen memiliki jumlah yang lebih dominan daripada persentase non arboreal pollen sehingga dapat dimasukkan kedalam kategori iklim basah serta keterdapatan spora yang tidak dominan terhadap polen sehingga dapat dimasukkan kedalam kelembaban rendah. Tetapi pada satu nomor conto ART-51-46 menunjukkan kenaikan jumlah spora daripada jumlah fosil polen. Daerah telitian dapat diinterpretasi memiliki iklim basah dengan kelembaban yang rendah, dimana tidak terjadi perubahan iklim dan kelembaban.



Gambar 3. Fosil *non arboreal pollen* dan fosil spora pada Satuan batulempung Muaraenim



Gambar 4. Fosil arboreal pollen pada Satuan batulempung Muaraenim

### PALEOEKOLOGI

Paleoekologi berasal dari kata ‘Paleo’ yang berarti purba, tua *primitive* dan ‘ekologi’ yang berarti ilmu yang mempelajari tentang hubungan lingkungan dengan organism. Jadi paleoekologi adalah ilmu yang mempelajari tentang hubungan lingkungan dengan organisme pada masa lampau. (Ager dkk., 1963, dalam Rahmayuna, 2009). Penentuan Paleoekologi dapat didasarkan pada tiga parameter yaitu :

1. Umur
2. Lingkungan Pengendapan
3. *Paleoclimate* (Suhu dan Kelembaban)

Paleoekologi Daerah Karantina dan Sekitarnya, Kecamatan Lawang Kidul, Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan didapatkan hasil: Satuan batupasir Muaraenim diendapkan pada umur Miosen Awal ditandai dengan kehadiran fosil *Florschuetzia levipoli*, *Florschuetzia semilobata*. Berdasarkan aspek fisika satuan ini diendapkan pada lingkungan *transitional lower delta plain*. Berdasarkan aspek kimia didapatkan kandungan semen silika. Hal ini menandakan bahwa lingkungan pengendapan tidak dipengaruhi oleh aktivitas laut. yaitu diendapkan pada kondisi air tawar hingga air payau. Kandungan pirit pada batubara di satuan ini sebesar 1,2% (Tinggi) dan pada lapisan pengapit sebesar 82,2% (Tinggi). Kandungan pirit yang tinggi menunjukkan bahwa satuan ini diendapkan pada kondisi reduksi pada lingkungan tertutup. Satuan ini diendapkan pada lingkungan *back mangrove- mangrove (lower delta plain)*, hal ini ditandai dengan kehadiran fosil *Florschuetzia levipoli* (*Sonneratia caseolaris*), *Zonocostites ramonae* (*Rhizopora*), dan fosil spora *Acrostichum aureum*. Berdasarkan analisis maseral didapatkan hasil *vitrinite*: 69,6%, *liptinite*: 10,6%, *inertinite*: 7,4% pada litologi batubara dan *vitrinite*: 15%, *liptinite*: 1,8%, dan tidak dijumpai kandungan *inertinite* pada lapisan pengapit. Hasil analisis maseral menunjukkan bahwa pada satuan ini diendapkan pada keadaan *limnic (lower delta plain) (low moor)* dengan tipe gambut *bog* untuk litologi batubara dan *inundated marsh* untuk litologi lapisan pengapit. Satuan ini diendapkan pada keadaan iklim basah ditandai dengan kehadiran fosil *arboreal pollen* (ap) yang hadir lebih dominan daripada fosil non *arboreal pollen* (nap). Fosil *arboreal pollen* (ap) rata-rata sebesar 82,76%. Fosil tersebut antara lain: *Anacoloidites* sp., *Barringtonia* sp., *Blumeodendron* sp., *Calophyllum* sp., *Casuarina* sp., *Durio* sp., *Elaeocaepus* sp., *Florschuetzia levipoli*, *Florschuetzia meridionalis*, *Florschuetzia semilobata*, *Lanagiopollis* sp., *Lithocarpus* sp., *Palmaepollenites* sp. (*fine reticulate*), *Retitricolporites* sp., *Sapotaceoidaepollenites grandis*, *Sapotaceoidaepollenites* sp., *Zonocostites ramonae*. Fosil non *arboreal pollen* (nap) rata-rata sebesar 17,23%. Fosil tersebut antara lain *Cephalomappa* sp., *Ceriops* sp., *Discoiditedes borneensis*, *Melanorrhoea* sp., *Psilatricolpites* sp., *Psilatricolporites* sp., *Psilatriporites* sp., *Spinizonocostites echinatus*, *Tetrad pollen (fine reticulate)*, *Verrutriporites* sp. Satuan batupasir Muara Enim ini diendapkan pada keadaan kelembaban yang rendah dengan persentase rata-rata fosil spora 35,50% ditandai dengan kehadiran fosil spora yang tidak dominan. Fosil tersebut antara lain *Acrostichum aureum*, *Cingulatisporite* sp., *Cyathidetes* sp., *Laevigatosporites* sp., *Lycopodium* sp., *Polypodiidites inangahuensis*, *Polypodiidites usmensis*, *Selaginella* sp.

Satuan batulempung Muaraenim diendapkan pada umur Miosen Tengah ditandai dengan kehadiran fosil *Florschuetzia levipoli*, *Florschuetzia meridionalis*, *Florschuetzia semilobata*. Berdasarkan aspek fisika satuan ini diendapkan pada lingkungan *transitional lower delta plain* Berdasarkan aspek kimia kandungan semen silika. Hal ini menandakan bahwa lingkungan pengendapan tidak dipengaruhi oleh aktivitas laut. yaitu diendapkan pada kondisi air tawar hingga air payau. Kandungan pirit pada batubara di satuan ini sebesar 2% (Tinggi) dan pada lapisan pengapit sebesar 80,8% (Tinggi). Kandungan pirit yang tinggi menunjukkan bahwa satuan ini diendapkan pada kondisi reduksi pada lingkungan tertutup. Satuan ini diendapkan pada lingkungan *back mangrove- mangrove (lower delta plain)*, hal ini ditandai dengan kehadiran fosil *Florschuetzia levipoli* (*Sonneratia caseolaris*), *Florschuetzia meridionalis*, *Zonocostites ramonae* (*Rhizopora*), dan fosil spora *Acrostichum aureum*. Berdasarkan analisis maseral didapatkan hasil *vitrinite*: 76,6%, *liptinite*: 9,8%, *inertinite*: 12% pada litologi batubara dan *vitrinite*: 26,05%, *liptinite*: 0,7%, dan tidak dijumpai kandungan *inertinite* pada lapisan pengapit. Hasil analisis maseral menunjukkan bahwa pada satuan ini diendapkan pada keadaan *limnic (lower delta plain) (low moor)* dengan tipe gambut *bog* untuk litologi batubara dan *inundated marsh* untuk litologi lapisan pengapit Satuan batulempung ini diendapkan pada keadaan iklim basah ditandai dengan kehadiran fosil *arboreal pollen* (ap) yang hadir lebih dominan daripada fosil non *arboreal pollen* (nap). Fosil *arboreal pollen* (ap) rata-rata sebesar 84,37%. Fosil tersebut antara lain: *Anacoloidites* sp., *Austrobuxus nitidus*, *Blumeodendron* sp., *Calophyllum* sp., *Casuarina* sp., *Dicolpopollis malaysianus*, *Durio* sp., *Echitricolporites* sp., *Elaeocaepus* sp., *Florschuetzia levipoli* (*Sonneratia caseolaris*), *Florschuetzia meridionalis*, *Florschuetzia semilobata*, *Garcinia* sp., *Ilexpollenites* sp., *Lanagiopollis* sp., *Lithocarpus* sp., *Oncosperma* sp., *Palmaepollenites* sp., *Palmaepollenites* sp. (*fine reticule*), *Pometia* sp., *Retitricolporites* sp., *Sapotaceoidaepollenites grandis*, *Sapotaceoidaepollenites* sp., *Stephanocolporites* sp., *Zonocostites ramonae* (*Rhizopora*), *Quilonipollenites* sp. Fosil non *arboreal pollen* (nap) rata-rata sebesar 15,62%. Fosil tersebut antara lain *Cephalomappa* sp., *Ceriops* sp., *Cricotriporites* sp., *Discoidites borneensis*, *Psilatricolporites* sp., *Psilatricolporites operculatus*, *Psilatriporites* sp., *Spinizonocostites echinatus* *Verrutricolporites* sp. Satuan batulempung ini diendapkan pada keadaan kelembaban yang rendah dengan persentase fosil spora rata-rata sebesar 40,8% ditandai dengan kehadiran fosil spora yang tidak dominan. Fosil tersebut antara lain *Acrostichum aureum*, *Cingulatisporite* sp., *Cyathidetes* sp., *Foveosporites* sp., *Laevigatosporites* sp., *Matonisporites* sp., *Polypodiaceisporites retirugatus*, *Polypodiidites inangahuensis*, *Polypodiidites usmensis*, *Selaginella* sp.

Pada kedua satuan di daerah penelitian ini diendapkan pada kondisi iklim basah dan kelembaban rendah, dimana kehadiran fosil *arboreal pollen* lebih dominan daripada fosil *non arboreal pollen*. Kehadiran fosil *arboreal pollen* sebagai penciri tumbuhan tingkat tinggi *herbaceous* (tumbuhan perdu) ini lebih dominan daripada fosil *non arboreal pollen* sebagai penciri tumbuhan tingkat rendah (rerumputan). Hal ini didukung oleh hasil analisis maseral yang menunjukkan kandungan *vitrinite* yang dominan. *Vitrinite* merupakan tipe maseral yang berasal dari tumbuh-tumbuhan yang berasal dari *woody tissues* (serat kayu) seperti batang, dahan, akar, dan serat-serat daun. Kehadiran maseral *telovinite* dengan jenis *telocolinite* mengindikasikan sisa jaringan yang berasal dari batang, ranting, daun dan akar. Kehadirannya menandakan bahwa gambut mengalami gelifikasi yang lemah, dimana gambut dalam keadaan lembab namun tidak terendam air. Kehadiran maseral *detrovitrinite* mengindikasikan bahwa jaringan sudah mengalami pengrusakan yang disebabkan pengrusakan oleh bakteri akibat terendam oleh air. Hal ini menunjukkan bahwa daerah tersebut mengalami fluktuasi air tanah. Kondisi ini sesuai dengan fosil polen dan spora yang didapat pada daerah penelitian yang didominasi oleh taksa *arboreal pollen* (tumbuhan tingkat tinggi-tumbuhan perdu) yang mengindikasikan iklim basah pada saat pengendapan terjadi.

Hasil analisis maseral menunjukkan pada batubara diendapkan pada kondisi *limnic (lower delta plain) (low moor)*, dengan tipe gambut *bog* yaitu rawa gambut yang banyak ditumbuhi oleh *herbaceous* (tanaman perdu) (*high moor*) pada batubara dan *inundated marsh* pada lapisan pengapit. Gambut tipe *high moor* merupakan gambut yang suplai nutrisinya bergantung dengan air hujan sehingga suplai ion terbatas, sedangkan kondisi *limnic* dengan tipe gambut *eutrofik (low moor)*, dimana suplai ionnya sangat tinggi yang berasal dari air tanah. Dapat diinterpretasi kondisi ini menunjukkan adanya perbedaan antara tipe gambut (*high moor*) dengan kondisi lingkungan pengendapannya (*low moor*).

Perbedaan ini mengindikasikan bahwa gambut pernah mengalami keadaan terendam sepenuhnya atau fase basah (*low moor*) dan fase kering (*high moor*). Kondisi ini menunjukkan keadaan yang berawal dari terbentuknya rawa pada kondisi *limnic (low moor)* yaitu keadaan yang selalu tergenangi oleh air secara permanen, dengan tingkat reduktivitas tinggi. Tetapi dengan pengendapan gambut yang cepat dan terjadi secara terus menerus akan membentuk gambut *bog* dengan tipe gambut *high moor*, dimana tipe gambut ini suplai nutrisi dan ion terbatas karena tergantung dari air hujan yang nantinya akan menyebabkan naik turunnya muka air. Fluktuasi muka air pasang dan surut sangat tergantung dari frekuensi, variasi besaran dan jangka waktu terjadinya fluktuasi muka air. Fluktuasi muka air dapat mempengaruhi keanekaragaman paleoflora pada daerah penelitian antara lain dari tumbuhan tingkat tinggi dari yang berbatang besar hingga kecil termasuk *herbaceous* (tumbuhan perdu).

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian di lapangan serta pembahasan pada bab-bab sebelumnya, maka pada daerah penelitian dapat diinterpretasikan sebagai berikut:

1. Geologi daerah penelitian:

a. Pola pengaliran yang berkembang adalah pola pengaliran ubahan *Subparallel*. Geomorfologi daerah penelitian dapat dibagi menjadi empat bentuk asal dan 9 satuan bentuklahan yaitu : a. Bentuk asal buatan manusia (Denudasional) (D) terdiri atas satuan bentuklahan lembah bukaan tambang (D14), satuan bentuklahan kolam penampungan air hasil penambangan (D15), dan satuan bentuklahan lahan timbunan sisa tambang (D16); b. Bentuk asal fluvial (F) terdiri atas satuan bentuklahan dataran aluvial (F1), satuan bentuklahan dataran limpah banjir (F7), dan satuan bentuklahan tubuh sungai (F22); c. Bentuk asal struktural (S) terdiri atas satuan bentuklahan bukit antiklin (S21), dan lereng homoklin (S22); d. Bentuk asal vulkanik (V) terdiri atas satuan bentuklahan lembah intrusi (V24).

b. Berdasarkan pada tata penamaan satuan litostratigrafi tidak resmi yang didasarkan pada ciri fisik dan keseragaman litologi, stratigrafi daerah penelitian dibagi menjadi tiga satuan tidak resmi dan endapan aluvial, yang diurutkan dari tua ke muda yaitu Satuan batupasir Muaraenim, Satuan batulempung Muaraenim, Intrusi andesit.

d. Struktur geologi yang berkembang pada daerah penelitian diantaranya adalah antiklin dengan arah tenggara-barat laut (*Subvertical, Upright Gentle Plunging Fold*), dan sesar turun Prebanch dengan arah sesar relatif berarah timurlaut-baratdaya.

e. Sejarah geologi daerah penelitian dimulai pada kala Miosen Awal diendapkan Satuan batupasir Muaraenim, kemudian pada kala Miosen Tengah diendapkan Satuan batulempung Muaraenim. Setelah pengendapan kedua satuan ini berakhir pada kala Pliosen terdapat inverse berupa kompresi berarah timur laut- barat daya pada daerah penelitian yang menyebabkan pengangkatan, pelipatan, dan pensesaran. Kemudian akibat dari zona-zona lemah yang terdapat pada daerah penelitian terdapat intrusi andesit pada kala Plistosen yang menerobos kedua satuan batuan. Pada kala Holosen hingga sekarang akibat dari pelapukan dan erosi yang terjadi secara intensif dan terus menerus terendapkan endapan aluvial di sepanjang sungai pada daerah penelitian .

2. Paleoeкологи berdasarkan analisis palinologi memiliki tiga aspek yaitu umur, lingkungan pengendapan, iklim dan kelembaban purba. Pada kedua satuan ini terendapkan pada umur Miosen Awal pada Satuan batupasir Muaraenim dan Miosen Tengah pada Satuan batulempung Muaraenim yang ditandai dengan kehadiran fosil *Florschuetzia meridionalis*, *Florschuetzia levipoli*, dan *Florschuetzia semilobata*, dimana kedua satuan ini terendapkan pada *Back Mangrove-Mangrove* (lower delta plain) ditandai dengan kehadiran fosil polen *Florschuetzia levipoli*, *Florschuetzia meridionalis*, *Oncosperma*, *Zonocostites ramonae*, dan fosil spora *Acrostichum aureum*. Kedua satuan ini terendapkan pada keadaan iklim yang basah dimana ditunjukkan dengan melimpahnya kehadiran fosil *arboreal pollen* yang lebih dominan dengan persentase sebesar (84,37%-82,76%). Persentase untuk *non arboreal pollen* tidak mendominasi yaitu sebesar (15,62%-17,23). Kedua satuan ini memiliki kelembaban purba yang rendah yang ditunjukkan oleh kehadiran fosil spora yang tidak melimpah yaitu dengan persentase sebesar (40,8 %-35,50). Melimpahnya fosil *arboreal pollen* pada kedua satuan yang terdapat pada daerah penelitian juga diperkuat dari hasil analisis maseral pada daerah penelitian yaitu menunjukkan kandungan *vitrinite* yang dominan sebesar (15%-76,6%).

#### DAFTAR PUSTAKA

- Amijaya, D.H., 2005. Paleoenvironmental, paleoecological and thermal metamorphism implications on the organic petrography and organic geochemistry of Tertiary Tanjung Enim coal, South Sumatera Basin, Indonesia. Laporan tidak dipublikasikan. *Disertasi* doktoral. Aachen University.
- Bamco (Bukit Asam Mine Constructors), 1983. Bukit Asam Drilling Campaign, *Report on geology-coal quality*. Bukit Asam Coal Mining Development and Transportation Project. Unpublished.
- Barber, A.J., Crow, M.J., and Milsom, J.S., 2005. *Sumatra: Geology, Resources and Tectonic Evolution*. London: The Geological Society
- Bhakti, Harahap dkk., 2003. *Stratigraphic Lexicon of Indonesia*. Geological Research and Development Centre
- Bemmelen, R.W. Van, 1949, *The Geology of Indonesia, Vol. IA: General Geology of Indonesia and Adjacent Archipelagoes*, The Hague.
- Calder, J.H., Gibling, M.R., and Mukhopadhyay, P.K., 1991. Peat Formation in a Westphalian B Piedmont Setting, Cumberland Basin, Nova Scotia: Implications for the Maceral-based Interpretation of Rheotrophic and Raised Paleomires. *Bull Soc. Géol. France*, t.162, no2. p.283-298
- Darman, H., Sidi, F.H., 2000. An Outline of The Geology of Indonesia. *Jurnal*. Indonesian Association of Geologists, Jakarta.
- De Coster, G.L., 1974. The Geology of The Central and South Sumatra Basins. *Proceeding*, Indonesian Petroleum Association Third Annual Convention and Exhibition.
- Diessel, C.F.K., 1992. *Coal-Bearing Depositional Systems*. Germany: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Gafoer S., Cobrie T., Purnomo J., 1986. *Peta Geologi Lembar Lahat, Sumatera Selatan, skala 1:250.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi (P3G) Bandung.
- Ginger, D., dan Fielding, K., 2005. The Petroleum Systems and Future Potential of The South Sumatra Basin. *Proceeding*, Indonesian Petroleum Association Thirtieth Annual Convention and Exhibition.
- Horne, J.C., Ferm, J.C., Caruccio, F.T. and Baganz, B.P., 1978. Depositional Models in Coal Exploration and Planning in Appalachian Region. Columbia, USA: Department of Geology, University of South Carolina, *AAPG Bulletin* 62 p. 2379-2411.
- Howard, AD., 1967. Drainage Analisis in Geologic Interpretation. *AAPG. Bul.*, Vol 51.No.11. California.
- Khaidir, Z., 2013. Geologi dan Lingkungan Pengendapan Lapisan Pembawa Batubara Formasi Pulaubalang Daerah Biangan dan Sekitarnya, Kec.Damai, Kab.Kutai Barat, Kalimantan Timur dan Daerah Lempenang dan Sekitarnya, Kec.Teweh Timur Kab.Barito Utara, Kalimantan Tengah. *Skripsi* (tidak dipublikasikan). Yogyakarta: Fakultas Teknologi Mineral, Universitas Pembangunan Nasional.
- Komisi Sandi Stratigrafi Indonesia, 1996. *Sandi Stratigrafi Indonesia*. Bandung: Ikatan Ahli Geologi Indonesia.
- Lamberson, M.N., 1993. Composition and Fases Variations In Mid-Cretaceous Gates formation Coals, Northeastern British Columbia: Implications For Interpretations of Paleo-wetland Environments and Assessment Of Coalbed Methane Characteristics. *Disertasi* (tidak dipublikasikan). Canada: The University of British Columbia
- Morley, R.J, 1991, Tertiary Strtigraphic Palynology in Southeast Asia Current Status And New Directions. *Geol. Soc. Malaysia. Bulletin* 28, November 1991, pp1-36
- Pandita, H., dan Yahdi, Z., 2009, Paleoeкологи Formasi Pucangan di Daerah Kabuh ditinjau dari Kandungan Fosil Moluska. *Paper STTNAS*. Seminar Nasional Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi: ke-4, Yogyakarta.
- Pujobroto, A., 1997. Organic Petrology and Geochemistry of Bukit Asam Coal, South Sumatra, Indonesia. Laporan tidak dipublikasikan. *Disertasi doktoral*. University of Wollongong.

Pulunggono, A., dan Cameron, N.R., 1984. Sumatran Microplates, Their Characteristics and Their Role In The Evolution of The Central And South Sumatra Basins. *Proceeding*, Indonesian Petroleum Association Thirteenth Annual Convention and Exhibition.

Rahmad, B., 2013. Pengembangan Model Genesa Batubara Muara Wahau, Kalimantan Timur, Berdasarkan Karakteristik Maseral, Geokimia Organik dan Isotop Karbon Stabil. *Disertasi* (tidak dipublikasikan). Bandung: Institut Teknologi Bandung.

Rahmayuna, C.S., 2009. Geologi Daerah Tangkisan dan Sekitarnya, Kabupaten Purbalingga, Jawa Tengah dan Analisis Paleokologi Berdasarkan Studi Palinologi, Foraminifera dan Moluska. *Skripsi* (tidak dipublikasikan). Bandung: Institut Teknologi Bandung.

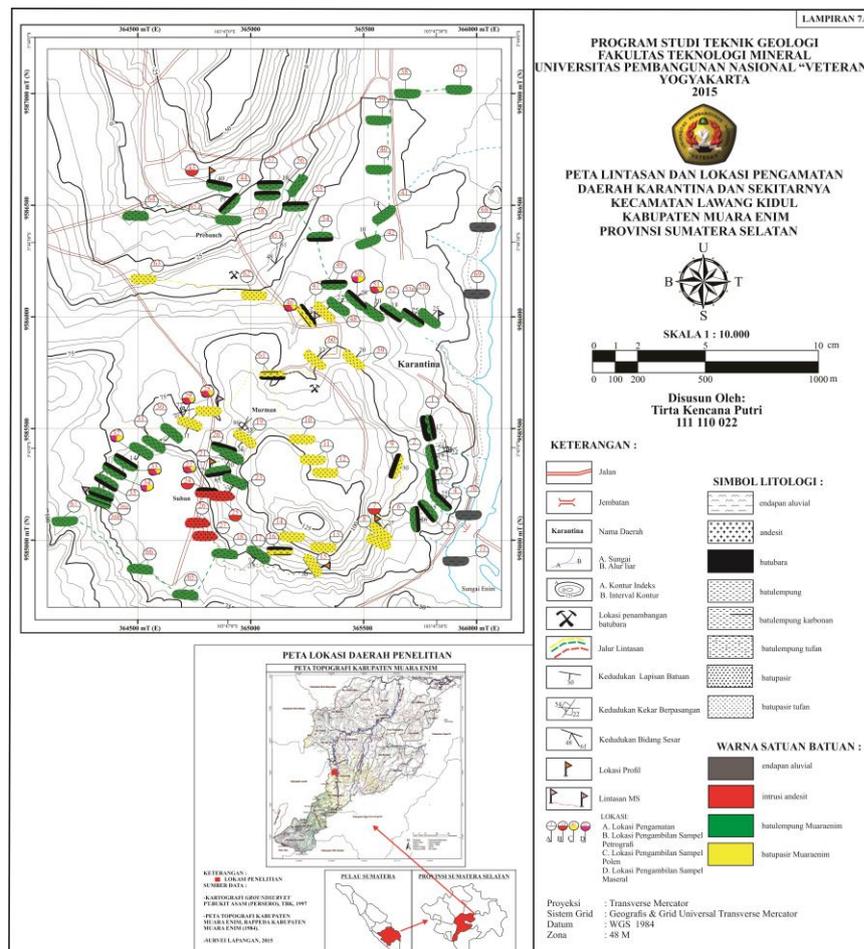
Setijadi, R., Widagdo, A., Suedy, S.W.A., 2011. Metode Bioprediksi Perubahan Iklim Menggunakan Fosil Polen dan Spora pada Kala Pliosen Di Daerah Banyumas. *Jurnal*. Dinamika Rekayasa Vol.7 No. 1 Februari 2011

Solochin, M.D., 2013. Geologi dan Studi Pendahuluan Lingkungan Pengendapan Formasi Pulau Balang Berdasarkan Analisis Palinologi, Daerah Palakan dan Sekitarnya, Kecamatan Sangatta, Kabupaten Kutai Timur, Provinsi Kalimantan Timur. *Skripsi* (tidak dipublikasikan). Yogyakarta: Fakultas Teknologi Mineral, Universitas Pembangunan Nasional.

Traverse, 2007. *Paleopalynology*, Oxford: *British Library Cataloguing Publication Data*

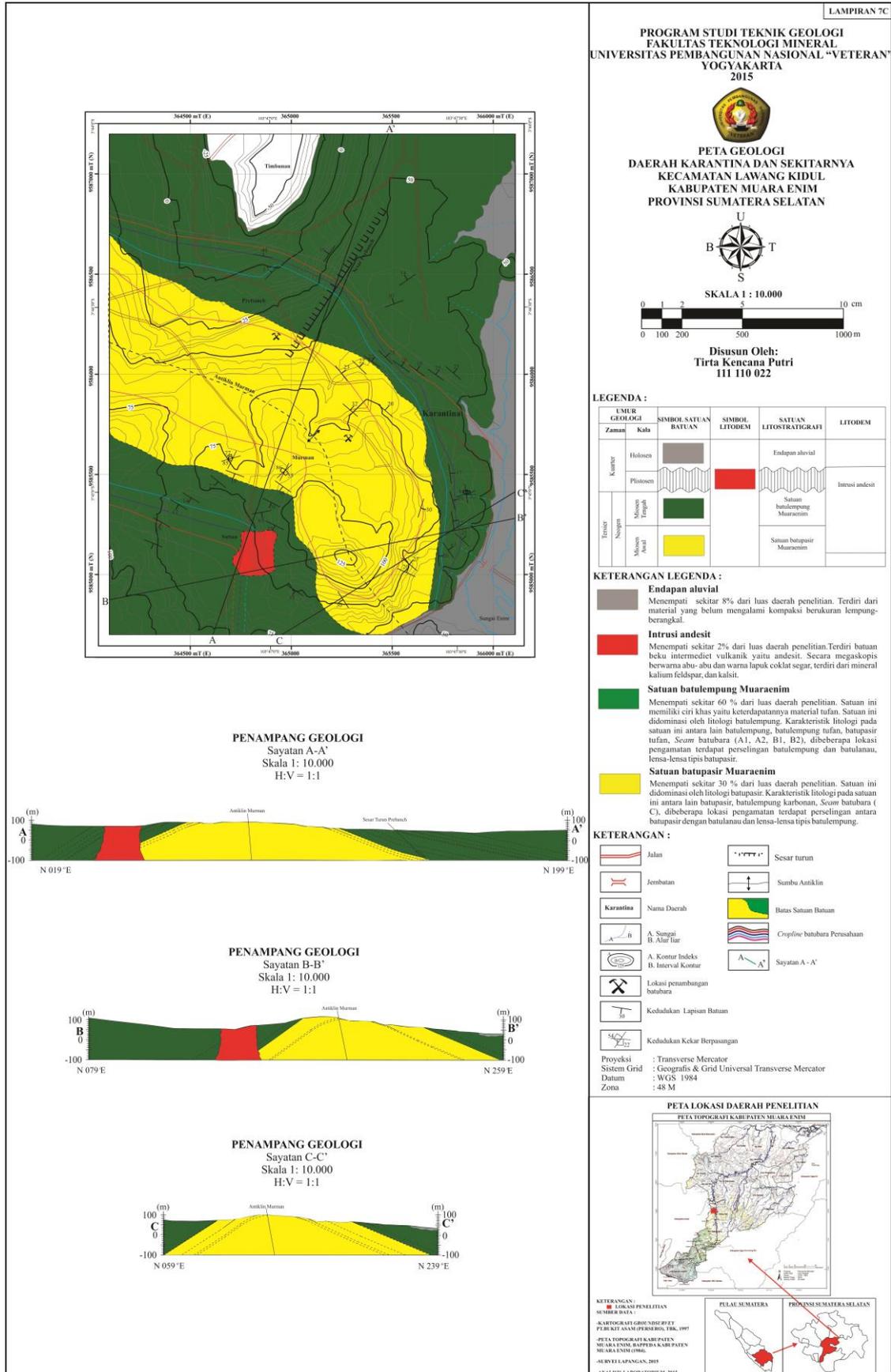
Thomas, L., 2002. *Coal Geology 2nd Edition*. Oxford: Wiley-Blackwell

Zuidam R.A. Van, 1983, *Guide to Geomorphology Aerial Photographic Interpretation and Mapping*, ITC, Enschede The Netherlands, p. 325



Lampiran 1. Peta Lintasan Daerah Penelitian





Lampiran 3. Peta Geologi Daerah Penelitian