

GEOLOGI DAN LINGKUNGAN PENGENDAPAN BATUBARA SEAM A1, SEAM A2, DAN SEAM B FORMASI MUARA ENIM DAERAH MUARA TIGA BESAR UTARA DAN SEKITARNYA KECAMATAN MARAPI, KABUPATEN LAHAT PROVINSI SUMATRA SELATAN

Irwansyah S, Sapto Kis Daryono, Basuki Rahmad
Jurusan 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 - Lokasi penelitian berada di daerah Muara Tiga Besar Utara, Kecamatan Merapi, Kabupaten Lahat, Provinsi Sumatra Selatan atau termasuk dalam wilayah konsesi PT Bukit Asam Tbk. Secara Geografis terletak pada 3°44'44" - 3°46'01" Lintang Selatan 103°42'8,4" - 103°44'38,2" Bujur Timur. Sedangkan secara koordinat terletak pada zona UTM 355897 mE-358997 mE dan 9585722 mE-9588972 mE dengan proyeksi UTM WGS84 48S, dengan menggunakan peta berskala 1:10.000 dengan luasan daerah 10,57 km² (1057 ha). Pola Pengaliran yang berkembang di daerah penelitian adalah *Subdendritik*. Geomorfologi daerah penelitian dibagi menjadi dua bentuk asal yang dibagi lagi menjadi 3 bentuklahan. Bentuk asal denudasional dengan bentuklahannya berupa perbukitan denudasional (D). Bentuk asal *Human Activity* dibagi menjadi 2 bentuklahan, yaitu timbunan sisa tambang (H1) dan lembah bukaan tambang (H2). Stratigrafi daerah penelitian dibagi menjadi 3 satuan tidak resmi yang diurutkan dari tua ke muda yaitu satuan batupasir Muara Enim, satuan batupasir tufan Muara Enim dan satuan batulempung Muara Enim. Umur ketiga satuan batuan tersebut di analisa menggunakan fosil spora dan polen (palinologi) dengan terdapat kehadiran fosil *Florschuetzia levipoli*, *Florschuetzia meridionalis*, *Florschuetzia trilobata* dan *Acrostichum aureum* didapatkan umur batuan Miosen Tengah-Miosen Akhir. Lingkungan pengendapan daerah penelitian terendapkan di lingkungan *Lower Delta Plain*. Struktur yang terdapat di daerah penelitian berupa lipatan Antiklin Muara Tiga Besar. Berdasarkan hasil analisa lingkungan pengendapan lapisan pembawa batubara dari tiga aspek (fisik, kimia dan biologi), didapatkan bahwa lapisan pembawa batubara tersebut diendapkan pada lingkungan *Lower Delta Plain* dengan lingkungan pengendapan batubara berupa *Marsh* yang terendapkan di pinggir danau ataupun laut. Rawa gambut tersebut terendapkan pada fase *limnic*.

Kata-kata kunci: *lower delta plain, subdendritic, limnic, marsh*

PENDAHULUAN

Formasi Muara Enim merupakan formasi pembawa lapisan batubara di Cekungan Sumatra Selatan, dan juga merupakan daerah yang banyak diterobos oleh intrusi andesit. Di beberapa tempat pada daerah penelitian terdapat tiga intrusi besar yang terdapat di daerah tersebut yaitu Bukit Asam *Dyke*, Suban *Sill*, Airlaya *Parasitic cone* (Pujobroto, A. dan Hutton, Andrian C., 2000). Intrusi tersebut berumur Plistosen (S. Gafoer et al, 1986).

Dalam penelitian ini indikator yang digunakan dalam penentuan lingkungan pengendapan menggunakan 3 aspek, yaitu secara fisik yang dilakukan dengan pengamatan secara megaskopis batuan yaitu tekstur dan struktur sedimen berdasarkan analisis profil dan penampang stratigrafi terukur yang akan dilakukan pendekatan model lingkungan pengendapan Horne, 1978. Aspek kimia dilihat dari kandungan semen pada batuan, total sulfur (Hunt, 1984 dalam Hariyanto, 2003) dan kandungan *mineral matter* pada analisis petrografi batubara. Aspek biologi berdasarkan analisis palinologi untuk menentukan umur batuan dan lingkungan pengendapan (Morley, 1978), serta melakukan analisis maseral batubara yang berguna untuk menentukan lingkungan pengendapan, mengetahui tumbuhan asal pembentukan batubara dan fasies batubara.

Diessel (1986) memperkenalkan dua parameter utama dalam penentuan fasies batubara berdasarkan komposisi maseral pada batubara yaitu *Tissue Preservation Index* (TPI) dan *Gelification Index* (GI) dan Calder (1991) menyatakan bahwa salah satu parameter dalam pembentukan mire / lahan gambut (rheotrophic, mesotropic dan ombrotropic) adalah kondisi pengaruh air tanah yang dicerminkan melalui nilai indeks (GWI) *Groundwater Index* yang secara langsung berhubungan dengan kontinuitas air hujan dan suplai nutrisi / ion-ion yang ada pada air.

Batubara di daerah penelitian memiliki nilai TPI, GI dan GWI yang bervariasi di ketiga lapisan batubara yang dijumpai, yaitu *seam A1*, *seam A2* dan *seam B*. Pada *seam A1* nilai TPI berkisar 0,03 - 0,41, nilai GI berkisar 2,88 - 47,33 dan GWI 0,11 - 0,22. *Seam A2* memiliki nilai 0,08 - 0,35, nilai GI berkisar 2,99 - 16,22 dan nilai GWI 0,10 - 7,61. *Seam B* memiliki nilai TPI berkisar 0,01 - 0,15, nilai GI berkisar 7,62 - 36,50, dan nilai GWI berkisar 0,16 - 0,56 berdasarkan hasil analisa laboratorium TekMira, maka dari itu perlu dilakukan penelitian mengenai lingkungan pengendapan batubara pada *seam A1*, *seam A2*, dan *seam B* guna untuk pemanfaatan batubara tersebut.

Maksud dari penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimana geologi daerah penelitian berdasarkan data singkapan, pola pengaliran, geomorfologi, profil detail dan penampang stratigrafi terukur. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimana lingkungan pengendapan batubara pada Formasi Muaraenim di daerah penelitian berdasarkan aspek fisik, kimia dan biologi.

METODE PENELITIAN

Peneliti melakukan beberapa tahapan dengan berbagai metode standar dalam pemetaan geologi detail (**Gambar 1**). Tahapan dan Metode tersebut adalah :

1. Tahap Persiapan; yang meliputi studi pustaka oleh peneliti-peneliti sebelumnya, [membuat proposal dan persiapan peralatan lapangan
2. Tahap pra-pemetaan; yang meliputi aspek geomorfologi, pengamatan stratigrafi dan struktur geologi daerah penelitian,
3. Tahap pemetaan; yang meliputi aspek geomorfologi, pengamatan stratigrafi dan struktur geologi daerah penelitian.
4. Tahap analisis data dan laboratorium; analisis struktur geologi, analisis sampel batuan berupa analisis sayatan tipis, analisis palinologi (polen dan spora) dan analisis maseral batubara. Analisis sampel batuan kemudian diintegrasikan dengan analisis penampang stratigrafi terukur untuk mendapatkan lingkungan pengendapan batubara berdasarkan tiga aspek, yaitu aspek fisik, kimia dan biologi.
5. Tahap penyusunan laporan dan penyajian data; yang meliputi pembuatan peta lintasan, peta geologi, peta geomorfologi, penampang stratigrafi terukur, profil detail dan lingkungan pengendapan batubara.

GEOLOGI REGIONAL

Fisiografi dan Kerangka Tektonik Regional

Pulau Sumatra memiliki orientasi barat-laut yang terbentang pada ekstensi dari Lempeng Benua Eurasia. Pulau Sumatra memiliki luas area sekitar 435.000 km², dihitung dari 1650 km dari Banda Aceh pada bagian Utara menuju Tanjungkarang pada bagian selatan. Lebarnya mencapai 100-200 km pada bagian utara dan sekitar 350 km pada bagian selatan. Trendline utama dari pulau ini cukup sederhana. Bagian belakangnya dibentuk oleh Pegunungan Barisan yang berada sepanjang bagian barat. Daerah ini membagi pantai barat dan pantai timur. Lereng yang menuju Samudra Hindia biasanya curam yang menyebabkan sabuk bagian barat biasanya berupa pegunungan dengan pengecualian 2 embayment pada Sumatra Utara yang memiliki lebar 20 km. Sabuk bagian timur pada pulau ini ditutupi oleh perbukitan besar dari Formasi Tersier dan dataran rendah alluvial. Pada diamond point di daerah Aceh, sabuk rendah bagian timur memiliki lebar sekitar 30 km, lebarnya bertambah hingga 150-200 km pada Sumatra Tengah dan Selatan.

Secara umum, Sumatra dapat dibagi menjadi 5 bagian (**Gambar 2**), yaitu :

- Busur Laut Sunda, berupa busur non-vulkanik yang terletak di luar pantai barat Pulau Sumatra, yaitu sepanjang Pulau Singkil, Nias, Kepulauan Mentawai, dan Enggano, menerus ke selatan Pulau Jawa. Busur ini memisahkan cekungan depan busur dengan palung tempat menjamahnya lempeng Indo-Australia ke Kontinen Sunda.
- Cekungan Depan Busur, terletak di antara busur luar non-vulkanik dan busur vulkanik Sumatra.
- Cekungan Belakang Busur, termasuk cekungan Sumatra Selatan dan Cekungan Sumatra Tengah. Cekungan-cekungan ini terbentuk oleh depresi batuan dasar di kaki Pegunungan Barisan.
- Jalur Pegunungan Barisan, dan memanjang arah barat-laut-tenggara, sejajar dengan Pulau Sumatra.
- Cekungan *intermontane*, atau *intra-arc-basin*.

GEOLOGI DAERAH PENELITIAN

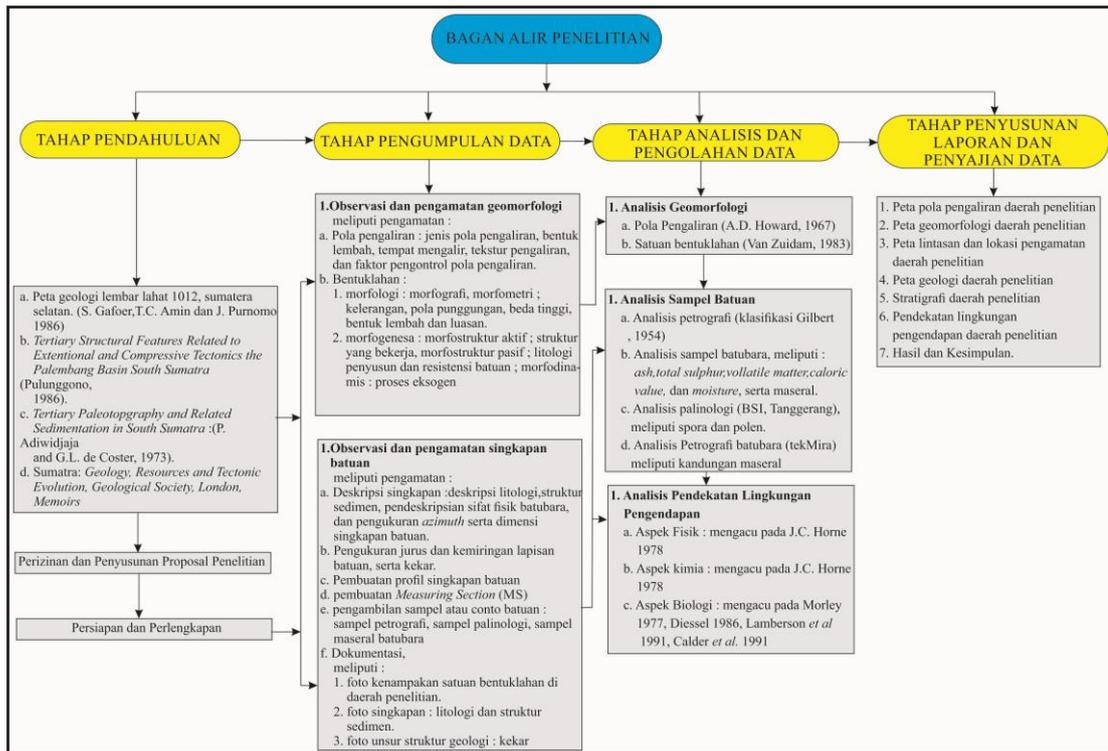
Geomorfologi

Berdasarkan aspek-aspek geomorfologi (klasifikasi Van Zuidam, 1983), maka bentuklahan pada daerah penelitian dapat dibagi menjadi dua satuan bentuk asal dengan tiga satuan bentuklahan (**Gambar 3**), yaitu:

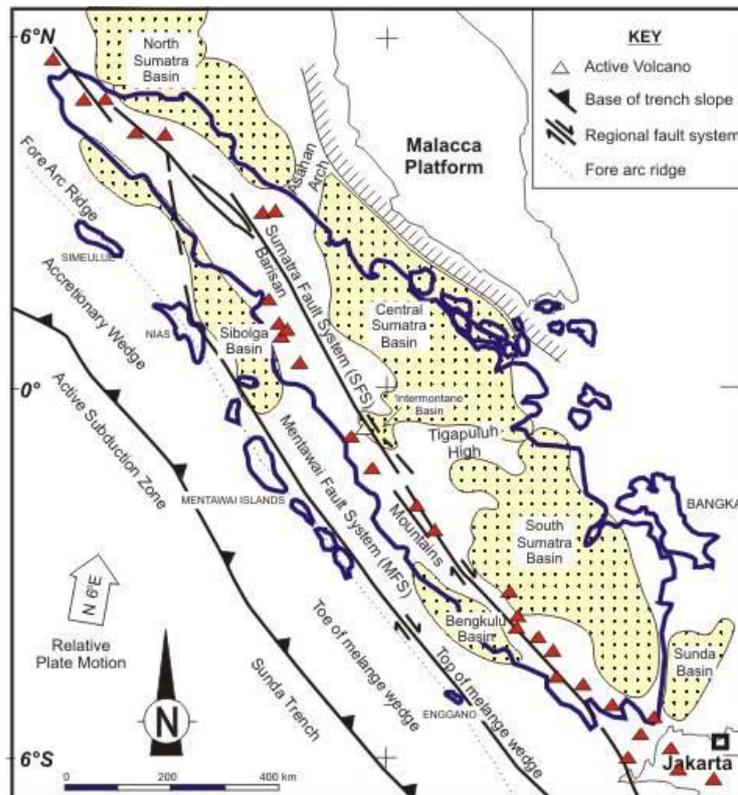
- a. Bentuk asal Denudasional dengan bentuklahan Perbukitan Denudasional (D)
- b. Bentuk asal *Human Activity* dengan bentuklahan Lahan timbunan sisa tambang (H1) dan Lembah bukaan tambang (H2).

Pola Pengaliran

Berdasarkan klasifikasi pola aliran oleh Howard (1967), sungai di daerah penelitian sudah mengalami ubahan dari pola aliran dasarnya yaitu pola aliran dendritik menjadi subdendritik. Sungai dengan pola aliran subdendritik ini tidak jauh berbeda dengan pola dasarnya yang menyerupai cabang-cabang pohon dengan tingkat resistensi litologi yang hampir seragam. Pola aliran ini menempati seluruh daerah penelitian. Pola ini dipengaruhi oleh topografi dan struktur yang masih sangat kecil seperti adanya sesar dimana secara perlahan pola ini akan berkembang menjadi pola aliran trellis.



Gambar 1. Diagram Alir Metodologi Penelitian



Gambar 2. Tatanan Tektonik Regional Pulau Sumatra (Darman dan Sidi, 2000)

BENTUK ASAL		DENUDASIONAL	HUMAN ACTIVITY	
BENTUK LAHAN		Perbukitan denudasional	Lahan timbunan sisa tambang	Lembah bukaan tambang
Simbol		D	H1	H2
Aspek Geomorfologi				
MORFOLOGI	MORFOGRAFI	Perbukitan	Dataran	Lembah
	MORFOMETRI			
	KELERENGAN	Datar - miring (0%-13%)	Landai (3%-7%)	Miring (8%-13%)
	POLA LERENG	Segala arah	-	-
	BEDA TINGGI	60 m - 90 m	60 m - 80 m	80 m - 110 m
	BENTUK LEMBAH	U	U	U
	LUASAN	50 %	35 %	15 %
MORFOGENESA	POLA PENGALIRAN	Subndritik	Subndritik	-
	MORFOSTRUKTUR AKTIF	Lipatan Antiklin	Lipatan Antiklin	Lipatan Antiklin
	MORFOSTRUKTUR PASIF	Resistensi sedang- kuat, litologi penyusun terdiri dari batupasir tuffan, batulempung, batupasir dan batubara	Resistensi sedang - kuat, litologi penyusun terdiri dari batupasir tuffan, batulempung, dan batupasir	Resistensi lemah - kuat, litologi penyusun terdiri dari batupasir tuffan, batulempung, dan batupasir
	MORFOSTRUKTUR DINAMIS	Pelapukan dan erosi	Kegiatan manusia Pelapukan dan erosi	Kegiatan manusia Pelapukan dan erosi

Gambar 3. Klasifikasi satuan bentuklahan daerah Penelitian satuan

Stratigrafi

Berdasarkan hasil pengamatan lapangan berupa penampang stratigrafi terukur, analisa laboratorium dan pertimbangan dari beberapa referensi, maka dihasilkan kolom stratigrafi daerah Muara Tiga Besar Utara dan sekitarnya (**Gambar 4**), dari tua ke muda, stratigrafi pada daerah penelitian adalah sebagai berikut :

- **Satuan batupasir Muaraenim**

Satuan Batupasir Muaraenim ini menempati 50% dari luas total daerah penelitian. Berdasarkan kenampakan dilapangan, seperti pada LP 37, 38 dan 48 di bagian Barat daerah penelitian, menunjukkan bahwa satuan ini memiliki karakteristik berwarna coklat kemerahan; didominasi oleh batupasir berukuran sedang sampai halus, fragmen berupa kuarsa, plagioklas dan k. feldspar yang merupakan kemas terbuka (*mud supported*) dengan semen silica dan oksida besi. Selain itu, litologi yang terdapat pada satuan ini adalah batulanau, batulempung karbonan, batupasir tuffan, dan barubara *seam B* dengan tebalnya sesuai pada penampang stratigrafi terukur lebih kurang 40 meter. Struktur sedimen yang berkembang di satuan ini antara lain masif, perlapisan sejajar, *parallel lamination*, dan *flaser bedding*. Berdasarkan pengamatan mikroskopis atau petrografis yang telah dilakukan pada batupasir didapatkan hasil yaitu Arkosic Wacke (Klasifikasi Gilbert 1954), warna coklat terang, tekstur klastik, di dukung oleh lumpur (*mud supported*), ukuran butir , 0,004 mm, tersusun oleh mineral *mud*, kuarsa, opak, k. feldspar dan plagioklas.

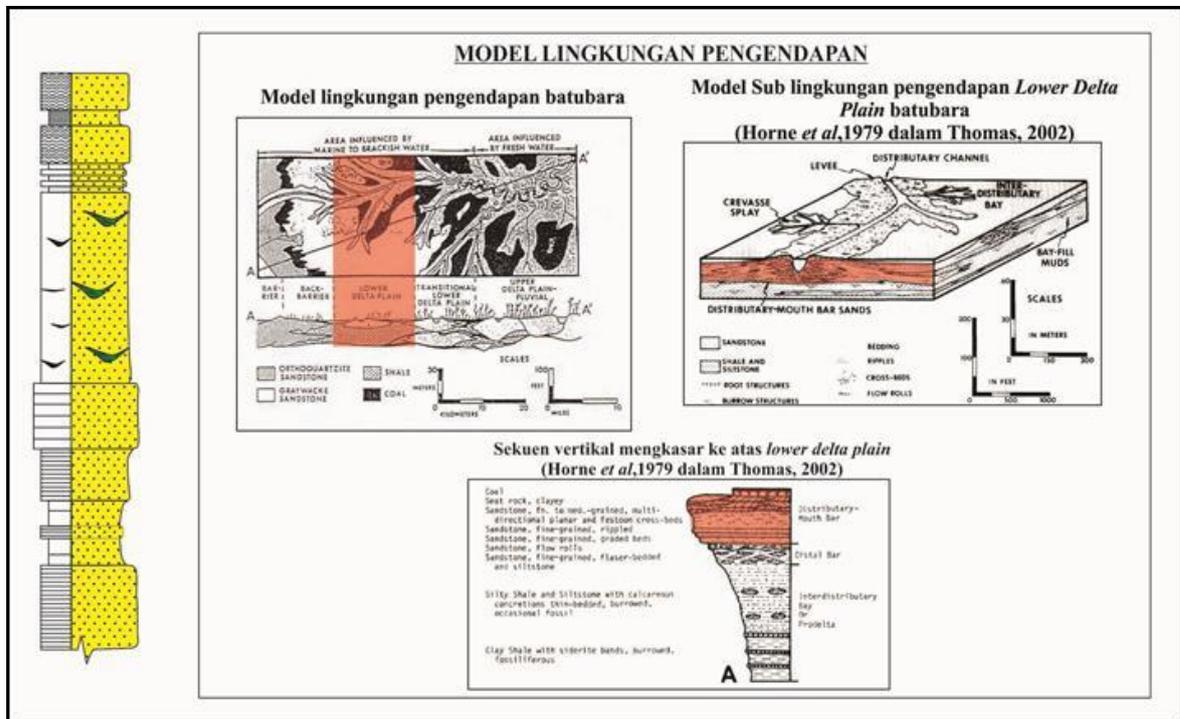
Penentuan lingkungan pengendapan satuan ini dilakukan penulis berdasarkan analisis profil dan penampang stratigrafi terukur dan pendekatan model lingkungan pengendapan yang dikemukakan oleh Horne (1978). Dari hasil penampang stratigrafi terukur, didapatkan lingkungan pengendapan satuan ini adalah *Lower Delta Plain* (**Gambar 5**) dengan sub-lingkungan pengendapan *Distributary Mouth Bar*. Penentuan umur satuan batupasir Muaraenim ini penulis melakukan analisa palinologi pada conto sampel IRW-3, didapatkan didapatkan hasil polen yaitu *Florschuetzia levipoli*, *Florschuetzia meridionalis*, *Florschuetzia trilobata*, dan *Acrostichum aureum*. Menurut Haseldonckx (1974) fosil polen *Acrostichum* merupakan fosil penciri lingkungan *Back Mangroove* dengan umur menurut Morley (1978) pada daerah penelitian berkisar Miosen Tengah – Miosen Akhir. Hubungan satuan batupasir Muaraenim dengan satuan di atasnya, satuan batupasir-tufan Muaraenim adalah selaras berdasarkan pengamatan di lapangan yang ditandai dengan adanya kontak gradasi *soil* dari batupasir dengan batupasir-tufan.

- **Satuan batupasir-tufan Muaraenim**

Satuan Batupasir-tufan Muaraenim ini menempati 10% dari luas total daerah penelitian. Berdasarkan kenampakan dilapangan, di bagian Timur daerah penelitian, menunjukkan bahwa satuan ini memiliki karakteristik berwarna coklat; didominasi oleh batupasir berukuran sedang sampai halus, fragmen berupa kuarsa, plagioklas, massa gelas dan k. feldspar yang merupakan kemas terbuka (*mud supported*) dengan semen silica dan oksida besi.

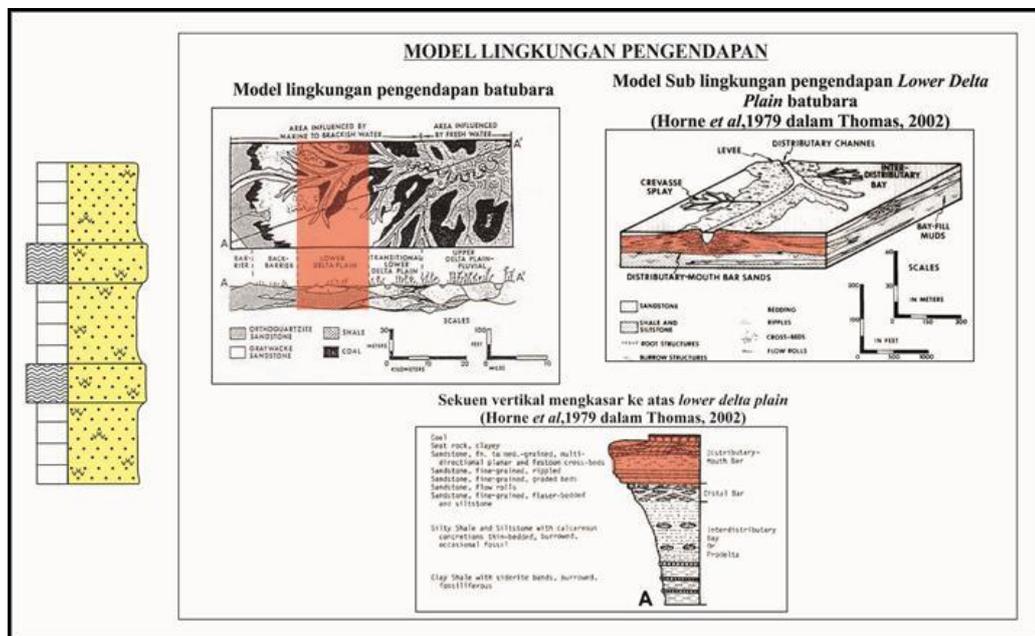
UMUR		Warna Satuan Batuan	Satuan Batuan	Pemerian	Lingkungan Pengendapan
Zaman	Kala				
Tersier	Miosen Tengah - Akhir		Batupasir Muaraenim	Satuan batupasir Muaraenim, terdiri dari batupasir, batulempung bercepat karbon, dan batubara. Menindih secara selaras diatas satuan batulempung Muaraenim. Satuan batuan ini didominasi oleh Batupasir	LOWER DELTA PLAIN
			Batulempung Muaraenim	Satuan batulempung Muaraenim, terdiri dari perselingan batupasir tuffan dengan batulempung sisipan, batupasir, batulempung bercepat karbon, dan batubara. Menindih secara selaras diatas satuan batupasir Muaraenim. Satuan batuan ini didominasi oleh Batulempung	
			Endapan Aluvial	Endapan ini terdiri atas endapan material lepas yang terendapkan di tubuh sungai dengan ukuran lempung-berangkal. Endapan ini merupakan endapan yang berumur Holosen dan proses terbentuknya masih berlangsung sampai	
Kuarter	Holosen				DARAT

Gambar 4. Kolom stratigrafi daerah penelitian (Penulis, 2015)



Gambar 5. Pendekatan model lingkungan pengendapan satuan batupasir Muara Enim (J.C.Horne, 1979) dengan lingkungan pengendapan Lower Delta Plain

Selain itu litologi yang terdapat pada satuan ini adalah batulanau, batulempung karbonan, batupasir, dan barubara *seam* A2 dengan tebalnya sesuai pada penampang stratigrafi terukur lebih kurang 20 meter. Struktur sedimen yang berkembang di satuan ini antara lain masif, perlapisan sejajar, *ripple lamination* dan *parallel lamination*. Berdasarkan pengamatan mikroskopis atau petrografis yang telah dilakukan pada batupasir dengan kode sampel IRW3/B, didapatkan hasil yaitu *Chiefly Volcanic Wacke* (Klasifikasi Gilbert 1954), warna coklat terang, tekstur klastik, di dukung oleh lumpur (*mud supported*), ukuran butir, 0,004 mm, tersusun oleh mineral *mud*, kuarsa, opak, k. feldspar, massa gelas dan plagioklas. Penentuan lingkungan pengendapan satuan ini dilakukan penulis berdasarkan analisis profil dan penampang stratigrafi terukur dan pendekatan model lingkungan pengendapan yang dikemukakan oleh Horne (1978). Dari hasil penampang stratigrafi terukur, didapatkan lingkungan pengendapan satuan ini adalah *Lower Delta Plain* (**Gambar 6**) dengan sub-lingkungan pengendapan *Distributary Mouth Bar*. Penentuan umur satuan batupasir Muaraenim ini penulis melakukan analisa palinologi pada conto sampel IRW-3, didapatkan hasil polen yaitu *Florschuetzia levipoli*, *Florschuetzia meridionalis*, *Florschuetzia trilobata*, dan *Acrostichum aureum*. Menurut Haseldonckx (1974) fosil polen *Acrostichum* merupakan fosil penciri lingkungan *Back Mangroove* dengan umur menurut Morley (1978) pada daerah penelitian berkisar Miosen Tengah-Miosen Akhir. Hubungan satuan batupasir-tufan Muaraenim dengan satuan di atasnya, satuan batulempung Muaraenim adalah selaras berdasarkan pengamatan di lapangan yang ditandai dengan adanya kontak gradasi *soil* dari batupasir dengan batupasir-tufan.

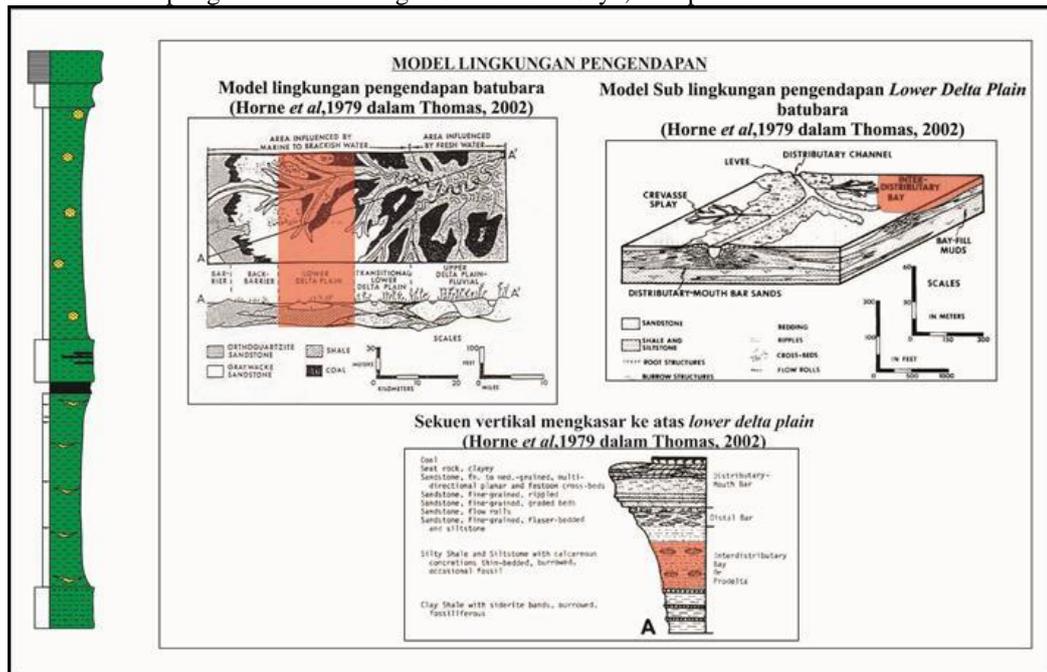


Gambar 6. Pendekatan model lingkungan pengendapan satuan batupasir-tufan Muaraenim (J.C.Horne, 1978, 1979) dengan lingkungan pengendapan *Lower Delta Plain*

• Satuan batulempung Muaraenim

Satuan Batulempung Muaraenim ini menempati 35% dari luas total daerah penelitian. Berdasarkan kenampakan di lapangan, seperti di bagian Timur daerah penelitian, menunjukkan bahwa satuan ini memiliki karakteristik berwarna coklat; didominasi oleh batupasir berukuran sedang sampai halus, fragmen berupa kuarsa, plagioklas, massa gelas dan k. feldspar yang merupakan kemas terbuka (*mud supported*) dengan semen silika dan oksida besi. Selain itu, litologi yang terdapat pada satuan ini adalah batulanau, batulempung karbonan, batupasir, dan barubara *seam* A1 dengan tebalnya sesuai pada penampang stratigrafi terukur lebih kurang 20 meter. Struktur sedimen yang berkembang di satuan ini antara lain masif, perlapisan sejajar, *ripple lamination*, *lenticular bedding* dan *parallel lamination*. Berdasarkan pengamatan mikroskopis atau petrografis yang telah dilakukan pada lokasi pengamatan 32 pada batupasir dengan kode sampel IRW3/B, didapatkan hasil yaitu *Claystone* (Klasifikasi Gilbert 1954), warna abu-abu gelap, tekstur klastik, di dukung oleh lumpur (*mud supported*), ukuran butir, 0,004 mm, tersusun oleh mineral *mud*, kuarsa, opak, k. feldspar, massa gelas dan plagioklas. Penentuan lingkungan pengendapan satuan ini dilakukan penulis berdasarkan analisis profil dan penampang stratigrafi terukur dan pendekatan model lingkungan pengendapan yang dikemukakan oleh Horne (1978). Dari hasil penampang stratigrafi terukur, didapatkan lingkungan pengendapan satuan ini adalah *Lower Delta Plain* (**Gambar 7**) dengan sub-lingkungan pengendapan *Distal Bar*, *Distributary Mouth Bar* dan *Swamp*. Penentuan umur satuan batupasir Muaraenim ini penulis melakukan analisa palinologi pada conto sampel IRW-3, didapatkan hasil polen yaitu *Florschuetzia levipoli*, *Florschuetzia meridionalis*, *Florschuetzia trilobata*, dan *Acrostichum aureum*. Menurut Haseldonckx (1974) fosil polen *Acrostichum* merupakan fosil penciri lingkungan *Back*

Mangrove dengan umur menurut Morley (1978) pada daerah penelitian berkisar Miosen Tengah-Miosen Akhir. Hubungan satuan batulempung Muaraenim dengan satuan di atasnya, endapan aluvial



Gambar 7. Pendekatan model lingkungan pengendapan satuan batulempung Muaraenim (J.C.Horne , 1979) dengan lingkungan pengendapan *Lower Delta Plain*

- **Satuan Endapan Aluvial**

Satuan endapan alluvial ini menempati 5% dari luas total daerah penelitian. Endapan alluvial ini tersusun dari material sedimen yang belum mengalami konsolidasi yang berukuran lempung-batupasir kasar. Endapan ini berumur Holosen dan proses pengendapannya berlangsung sampai saat ini.

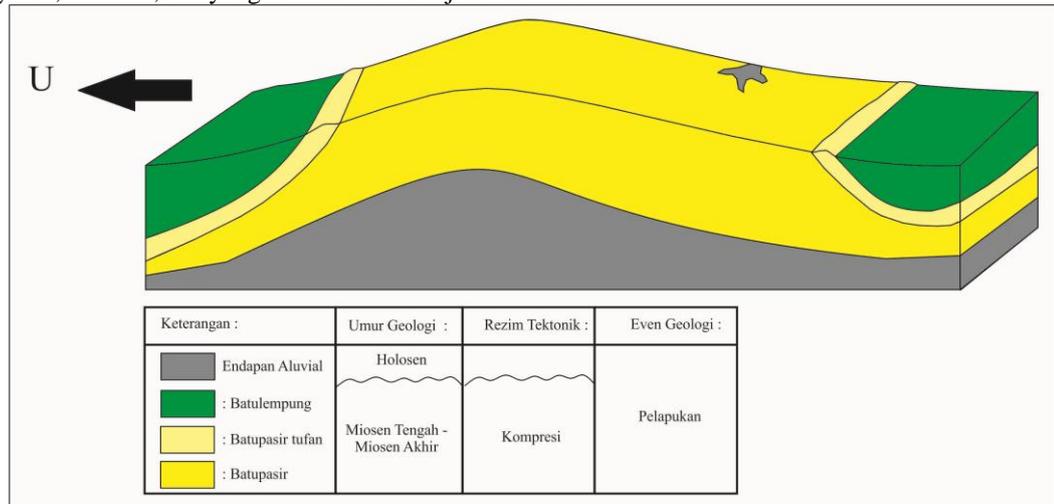
Sejarah Geologi

Sejarah geologi daerah Muara Tiga Besar dan sekitarnya dimulai pada kala Miosen Akhir-Pliosen Awal (Gafoer *et al* , 1986). Berdasarkan hasil analisa palinologi yang penulis lakukan didapatkan umur pada daerah penelitian adalah Miosen Tengah-Miosen Akhir. Satuan batupasir Muaraenim, satuan batupasir-tufan Muaraenim dan satuan batulempung Muaraenim terendapkan pada kala ini dengan lingkungan pengendapan *Lower Delta Plain* menurut Horne, 1978. Satuan Batupasir Muaraenim didominasi oleh kehadiran butiran dan sedimen organik berupa *seam* batubara, satuan batupasir tufan didominasi oleh kehadiran pasir tufan, kehadiran tuf ini berasal dari aktivitas gunung api, dan pada satuan batulempung didominasi oleh kehadiran *mud*. Ketiga satuan batuan tersebut memiliki pola yang relatif sama, yaitu mengkasar keatas, sehingga penulis menginterpretasikan bahwa ketiga satuan batuan tersebut diendapkan pada fase regresi, semakin keatas pengendapannya menunjukkan material sedimen semakin mendekati darat. Aktivitas tektonik pada meningkat setelah pengendapan pada ketiga satuan batuan formasi Muaraenim tersebut. Aktivitas tersebut berupa gaya tekanan atau kompresi yang relatif berarah timurlaut-baratdaya. Kompresi tersebut menyebabkan satuan batupasir Muaraenim, satuan batupasir-tufan Muaraenim dan satuan batulempung Muaraenim mengalami pengangkatan dan perlipatan. Pola kompresi yang berarah timur laut-barat daya tersebut menghasilkan struktur lipatan pada daerah penelitian dengan arah relatif tenggara-barat laut. Pengendapan pada formasi Muaraenim ini berhenti setelah fase kompresi tersebut berlangsung karena pada saat itu. Formasi Muaraenim sudah menjadi tinggian akibat kompresi (**Gambar 8**).

Lingkungan Pengendapan Batubara Formasi Muaraenim

Penulis menggunakan konsep interpretasi lingkungan pengendapan sedimen pembawa batubara dan batubara berdasarkan Horne *et al* (1978) dari litologi dan struktur sedimen yang ada dan fasies batubara berdasarkan Diessel (1986), untuk menentukan derajat dekomposisi dan dalam fase apakah gambut terendapkan; Lamberson *et al* (1991), pada dasarnya sama dengan Diessel (1986), tetapi menekankan terhadap proses-proses apa saja yang mendominasi akumulasi gambut pada suatu raa dan bagaimana suplai sedimen klastik; dan Calder *et al* (1991) untuk mengetahui jenis rawa gambut, indeks muka air tanah dan tipe tumbuhan dari rawa gambut tersebut, dari hasil analisis maseral. Lingkungan pengendapan batubara Formasi Muaraenim ini dibagi menurut tiga satuan batuan yang terletak di daerah penelitian, yaitu satuan batupasir Muaraenim, satuan batupasir-tufan Muaraenim dan satuan batulempung Muaraenim. *Seam* batubara di satuan batupasir Muaraenim terletak pada *seam* B. *Seam* batubara ini jika dilihat dari penampang stratigrafi terukur memiliki ketebalan lebih kurang 40 meter dengan nilai reflektan *vitritine* (Rr) 0,38 yang termasuk

dalam peringkat *sub-bituminous* B. Berdasarkan hasil analisis petrografi batubara, didapatkan bahwa kandungan *vitrinite*-nya 19,8 % - 74,2% yang didominasi oleh jenis maseral

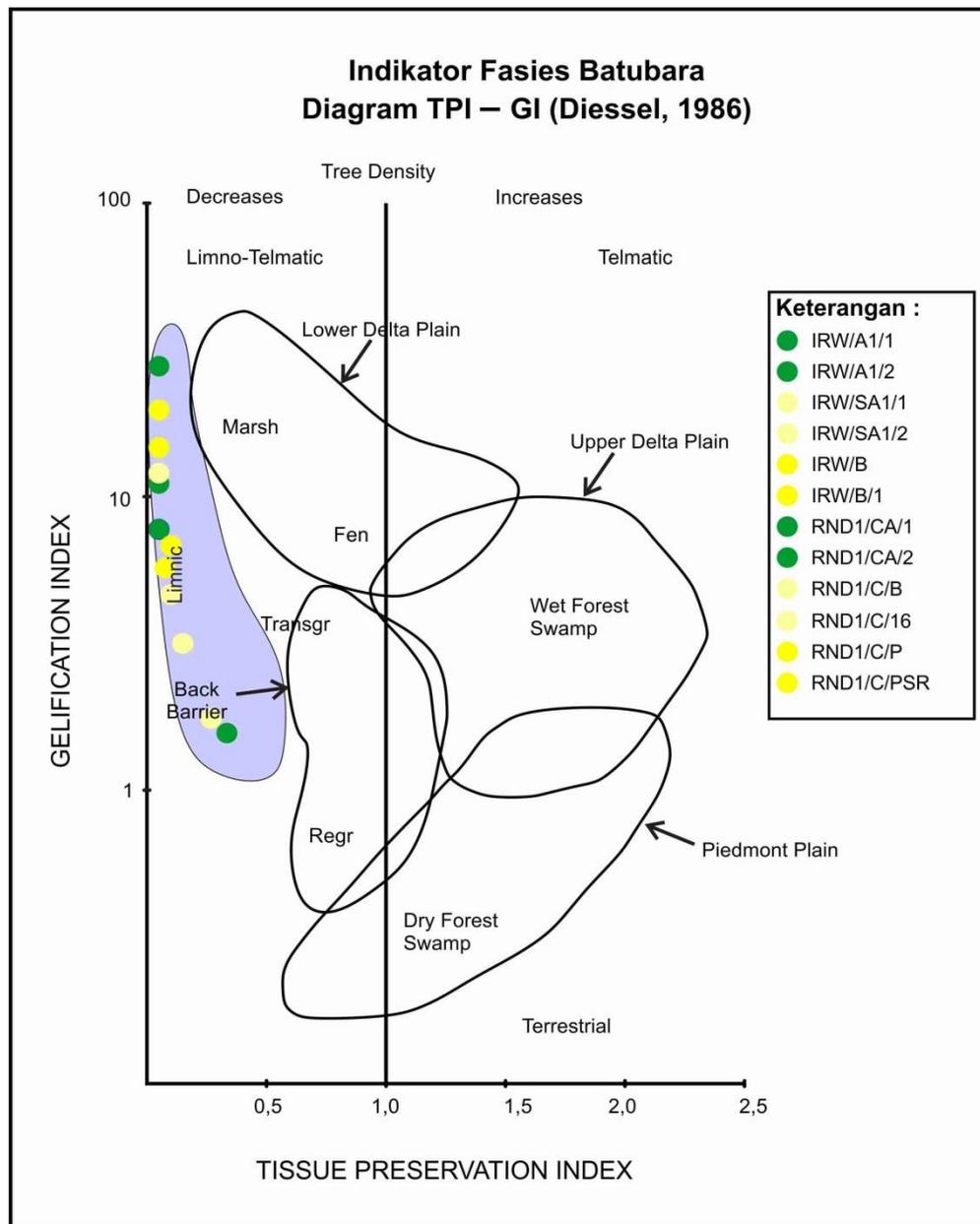


Gambar 8. Model lingkungan pengendapan daerah penelitian pada kala Miosen Tengah-Miosen Akhir

detrovitrinite(19,8% - 73,8%), *telovitrinite*(0% - 3,6%), dimana sisanya merupakan sub-kelompok maseral *gelovitrinite* (0% - 1,6%); kandungan *liptinite* (0% - 11,6%); kandungan *inertinite* pada *seam* ini termasuk rendah, yaitu hanya 0,8% - 8,2% yang terdiri dari *telo-inertinite* (2,6%) dan *detro-inertinite* (1,0%).

Seam batubara di satuan batupasir-tufan Muaraenim terletak pada *seam* A2. *Seam* batubara ini jika dilihat dari penampang stratigrafi terukur memiliki ketebalan lebih kurang 25 meter dengan nilai reflektan *vitrinite* (Rr) 0,34 yang termasuk dalam peringkat *sub-bituminous* B. Berdasarkan hasil analisis petrografi batubara, didapatkan bahwa kandungan *vitrinite*-nya 58,4 % - 75,2% yang didominasi oleh jenis maseral *detrovitrinite*(59,8% - 72,2%), dimana sisanya merupakan sub-kelompok maseral *telovitrinite* (1,4% - 3,6%) dan *gelovitrinite*(0,6% - 11%); kandungan *liptinite* (0,6% - 10,4%); kandungan *inertinite* pada *seam* ini termasuk sedang, yaitu hanya 3,6% - 21,4% yang terdiri dari *telo-inertinite* (3,2%-18,4%) dan *detro-inertinite* (0,4%-1,4%). *Seam* batubara di satuan batulempung Muaraenim terletak pada *seam* A1. *Seam* batubara ini jika dilihat dari penampang stratigrafi terukur memiliki ketebalan lebih kurang 20 meter dengan nilai reflektan *vitrinite* (Rr) 0,35 yang termasuk dalam peringkat *sub-bituminous* B. Berdasarkan hasil analisis petrografi batubara, didapatkan bahwa kandungan *vitrinite*-nya 68,6 % - 85,2% yang didominasi oleh jenis maseral *detrovitrinite* (55,0% - 78,2%), sisanya merupakan sub-kelompok maseral *telovitrinite* (1,4% - 3,6%) dan *gelovitrinite*(1,0% - 8,6%); kandungan *liptinite* (2,6% - 9,6%); kandungan *inertinite* pada *seam* ini termasuk sedang, yaitu hanya 1,8% - 23,8% yang terdiri dari *telo-inertinite*6,0% - 18,2% dan *detro-inertinite* (0%-8,6%).

Dari hasil analisis lingkungan pengendapan dan fasies batubara dengan menggunakan konsep Diessel (1986), Lamberson *et al.* (1991), didapatkan bahwa lingkungan pengendapan batubara berada di lingkungan *marsh* dalam kondisi *limnic* (*low moor*) yang kontradiksi dengan hasil konsep Calder *et al.* (1991) yang berupa *telmatic* (*high moor*). Jika diintegrasikan kedua hasil ini, dapat disimpulkan bahwa rawa gambut berupa *marsh* yang berbentuk seperti kubah/punggungan (*Bog*) dalam kondisi *limnic* daerah beriklim tropis dengan dua musim (musim kemarau dan hujan), yang berkontribusi besar terhadap akumulasi pembentukan gambut terutama fluktuasi perubahan muka air rawa gambut, sebagai kontrol utama dalam akumulasi gambut (Dehmer, 1993 dalam Rahmad, 2013). Berdasarkan hasil yang didapatkan, maka lingkungan pengendapan pembawa batubara berdasarkan analisa palinologi (polen dan spora) menurut Haseldonckx (1974) daerah penelitian terendapkan di lingkungan *Back Mangroove* (*Lower Delta Plain*), dan lapisan batubara berdasarkan analisa petrografi batubara terendapkan pada lingkungan *limnic* dan *marsh* (Gambar 9).



Gambar 9. Klasifikasi Diessel 1986 Formasi Muaraenim

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pemetaan geologi yang dilaksanakan di daerah Muara Tiga Besar Utara dan sekitarnya, Kecamatan Marapi, Kabupaten Lahat, Provinsi Sumatra Selatan, dapat disimpulkan bahwa daerah penelitian sebagai berikut :

1. Geologi daerah penelitian:
 - a. Pola pengaliran di daerah penelitian adalah *subdendritic*
 - b. Geomorfologi di daerah penelitian di bagi menjadi duasatuan bentuk asal, yaitu Denudasional (D) dan *Human activity* (H) yang dapat dibagi kedalam tiga bentuk lahan, yaitu perbukitan denudasional (D), Lahan timbunan sisa tambang (H1) dan Lembah bukaan tambang (H2).
 - c. Stratigrafi daerah penelitian dibagi menjadi 4 satuan, dari yang paling tua yaitu Satuan Batupasir Muaraenim, Satuan Batupasir-tufan Muaraenim, Satuan Batulempung Muaraenim dan Satuan Endapan Aluvial, satuan batuan ini memiliki umur berdasarkan hasil analisis palinologi adalah Miosen Tengah-Miosen Akhir dengan lingkungan pengendapannya *Lower Delta Plain* atau *Back Mangroove*.
 - d. Struktur geologi yang berkembang di daerah penelitian adalah lipatan antiklin Muara Tiga Besar denga arah tegasan utara-selatan dan kekar.

2. Lingkungan Pengendapan:

Berdasarkan hasil analisis lingkungan pengendapan batubara dari tiga aspek (fisik, kimia, dan biologi), didapatkan bahwa batubara tersebut diendapkan pada lingkungan *Lower Delta Plain* (Horne *et al.*, 1978) dengan sub-lingkungan pengendapannya berupa *marsh* (Diessel, 1986 dan Lamberson *et al.*, 1991)

DAFTAR PUSTAKA

- Adiwijaya, P., and De Coster, G.L., 1973, *Pre-Tertiary Paleotopography and Related Sedimentation in South Sumatra*. IPA Proc., 2nd Ann. Conv., p. 89-103
- Angayana, K., Widayat, A.H., 2007, Interpretasi Fasies/Lingkungan Pengendapan Batubara dan Variasi Sulfur untuk Rekomendasi Strategi Eksplorasi, *Jurnal Geoaplika* Vol.2, No.1, hal. 35-52
- Barber, A.J *et al.*, 2005, *Sumatra: Geology, Resources and Tectonic Evolution*, *Geological Society*, London, Memoirs, 31, p. 86-97, 137-140, & 228-233.
- Boggs, S.Jr., 2006, *Principles of Sedimentology and Stratigraphy*. Pearson Prentice Hall, Pearson Education Inc, Upper Saddle River, New Jersey 07458, p.242 – 243.
- Brahmantyo, Budi & Bandonu., 2006, Klasifikasi Bentuk Muka Bumi (*landform*) untuk Pemetaan Geomorfologi pada skala 1:25.000 dan Aplikasinya untuk penataan Ruang, *Jurnal Geoaplika* Vol. 1 No. 2, hal. 71 – 78.
- Bishop, M.G., 2001, *South Sumatra Basin Province, Indonesia*, USGS Open-file report 99-50-S
- 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. Geol France*, t. 162, no2. P. 238-298.
- Coster, G.L. de., 1974, *The Geology of the Central and South Sumatra Basins*. IPA Proc., 3rd Ann. Conv., p. 77-110
- Diessel, C.F.K. 1986, On the Corelation Between Coal Facies and Depositional Environment. University of New Castle, New South Wales: *Proceedings 20th Symposium of Department Geology*, p.19-22.
- Diessel, C.F.K., 1992, *Coal Bearing Depositional Systems*. Springer Verlag Berlin. Heidelberg.
- Gafoer S., Cobrie T., Purnomo J., 1986, *PetaGeologi Lembar Lahat, Sumatra Selatan, skala 1:250.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi (P3G) Bandung.
- Ginger dan Fielding, 2005, The Petroleum Systems and Future Potential of The South Sumatra Basin. *Proceeding, Indonesian Petroleum Association Thirtieth Annual Convention and Exhibition*.
- Hariyanto, A., 2003, *Geology and Geochemistry of Tertiary Coal*, Sebuku Island, South Kalimantan, Indonesia. Tidak dipublikasikan.
- Haseldonckx, P., 1974, *Palynological Interpretations of Paleoenvironments in South East Asia*, Sains Malaysiana.
- Horne, J. C., 1978, Depositional Models in Coal Exploration and Mine Palnning in Appalachian Region, Texas. *AAPG Convention SEPM Houston*.
- Howard, A.D., 1967, Drainage Analysis in geologic interpretation, *AAPG Bull Vol.51, No. 11*. California.
- Komisi Sandi Stratigrafi Indonesia, 1996. *Sandi Stratigrafi Indonesia*. Ikatan Ahli Geologi Indonesia. Bandung.
- Kuncoro, P. B., 1996, *Model Pengendapan Batubara Untuk Menunjang Eksplorasi dan Perencanaan Penambangan*. Laporan tidak dipublikasikan. Program Pascasarjana. Institut Teknologi Bandung.
- Lamberson, M.N., Bustin, R.M., Kalkreuth, W. 1991, Lithotype (Maceral) Composition and Variations Correlated with Paleo-wetland Environments, Gates Formation, Northeastern British Columbia. Amsterdam: Elsevier Science Publishers B.V. *International Journal of Coal Geology* 18p. 87-124.
- Morley, R. J., 1978, *Palynology of Tertiary and Quaternary Sediments in Southeast Asia*. Proc. Indonesian Petroleum Association 6th Annual Conv. P. 255-276
- Moore, P. D dan Webb, J. A. 1978, *An Illustrated Guide to Pollen Analysis*, The Ronald Press. Company, New York.
- Mitsch, W., J and J.G. Gosselink. 1994, *Wetlands in Water Quality Prevention, Identification and Management of Diffuse Pollution*. Van Nostrand Reinhold, New York.
- Pujobroto, A., 1997, *Organic Petrology and Geochemistry of Bukit Asam Coal, South Sumatra, Indonesia*. Laporan tidak dipublikasikan, Disertasi doktoral. University of Wollongong.
- Pujobroto, A. dan Hutton, A.C., 2000, Influence of Andesitic Intrusions On Bukit Asam Coal, South Sumatra Basin, Indonesia. *Proceedings Southest Asian Coal Geology* (p81-p84). Department of Mines and Energy of The Republic of Indonesia.
- Pulunggono, A., 1976, *Recent knowledge of hydrocarbon potensials in sedimentary basins of Indonesia*, AAPG Memoir 25, hal. 239 – 249.
- Pulunggono, A., Haryo, S. Agus., Kosuma, G. Christine, 1992, *Pre-Tertiary and Tertiary Fault Systems as a Framework of the South Sumatra Basin*. IPA Proc. 21th Ann. Conv.
- Pulunggono, A., 1986, *Tertiary Structural Features Related to Extentional nad Compressive Tectonis In The Palembang Basin South Sumatra*. IPA Proc. 15th Ann. Conv., p. 187-213

- Rahmad, B., 2013, *Pengembangan Model Genesa Batubara Muara Wahau, Kalimantan Timur, Berdasarkan Karakteristik Maserai, Geokimia Organik dan Isotop Karbon Stabil*. Laporan tidak dipublikasikan. Disertasi doctoral. Institut Teknologi Bandung.
- Rahmad, B., Suprpto, Ediyanto, Ardianto, F., Aditya, D. P., Irwanto, H., 2013, Pengaruh Intrusi Andesit Terhadap Komposisi Mikroskopis Batubara Kemuning, Kecamatan Taba Penanjung, Kabupaten Bengkulu Tengah, Propinsi Bengkulu. *Paper Seminar Kebumihan UGM*. Universitas Gajah Mada.
- Setyo Mulyo, Kurniawan., 1999, Geologi dan Studi Batubara Daerah Muara Tiga Besar dan Sekitarnya, Kecamatan Tanjung Agung, Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatra Selatan, Jurusan Teknik Geologi UPN "Veteran" Yogyakarta. Tidak dipublikasikan.
- Stach, E., Mackowsky, M., Th., Teichmuller, M., Tailor, G.H., Chandra, D. & Techmuller,R., 1982, *Stach's Textbook of Coal Petrology 3th edition*. Gebr.Borntraeger, Berlin-Stuttgart.
- Thomas, Larry., 2002, *Coal Geology*, West Sussex PO19 8SQ, England., John Willey & Sons Ltd. Chicsester. England
- Verstappen, 1985, *Geomorphological Survey For Environmental Development*, Amsterdam, Elsevier Science Publishing Company Inc.
- Ward, R Collinetal., 1983, *Coal Geologyand Coal Technology*. Blacwell Scientific Publication. Melbourne.
- Williams, H., Turner, F.J., Gilbert, C.H., 1954, *Petrography. An Introduction the Studies of Rocks in Thin Sections*. University of California, Berkeley.
- Zuidam, R.A., 1983, *Guide to Geomorphology Aerial Photographic Interpretation and Mapping*.ITC. Enschede The Netherlands.