

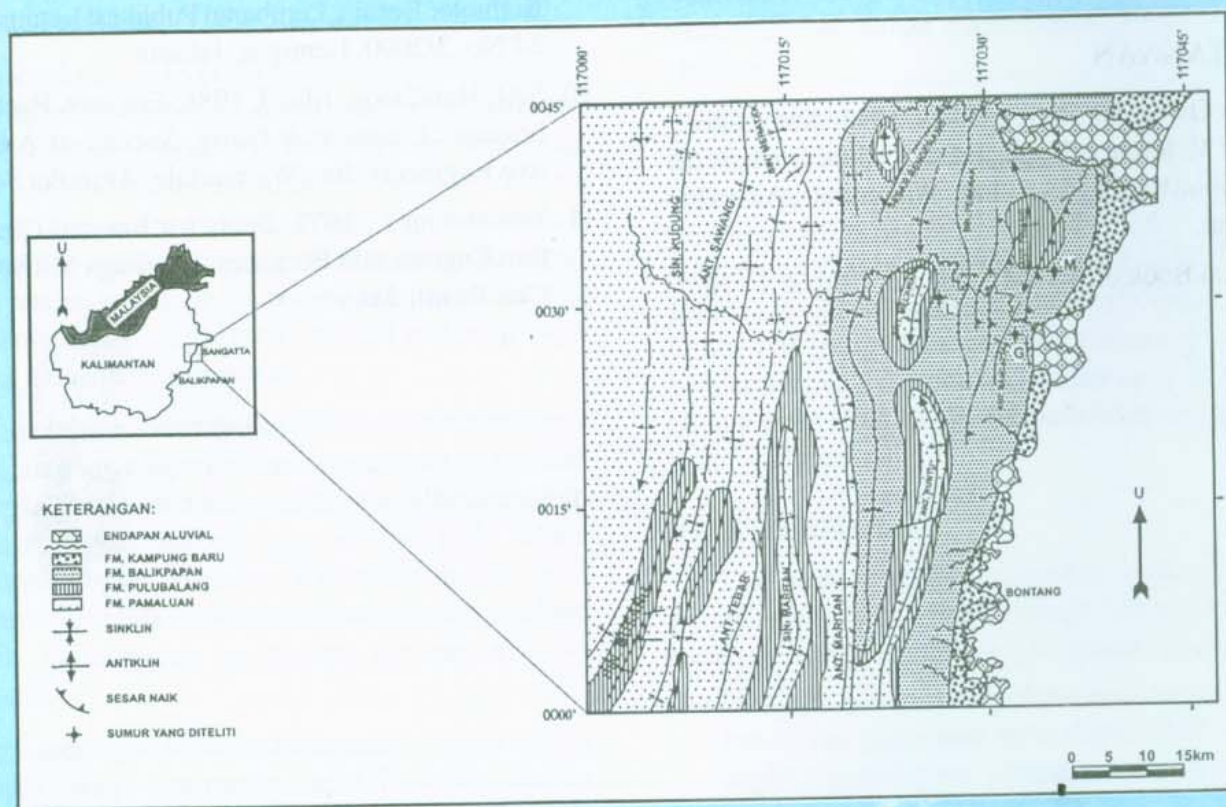
Analisis Palinologi Kuantitatif Endapan Delta Mahakam Umur Miosen Kalimantan Timur

Oleh:
Eko Budi Lelono

I. PENDAHULUAN

Analisis biostratigrafi resolusi tinggi saat ini sudah menjadi tuntutan banyak perusahaan minyak untuk memahami kondisi stratigrafi secara akurat. Dalam tulisan ini analisis biostratigrafi resolusi tinggi dikerjakan dengan cara menghitung semua individu palinomorf yang muncul pada preparat mewakili percontoh batuan tertentu (metode kuantitatif). Sedangkan metode konvensional dikerjakan dengan mengamati kemunculan dan kepunahan palinomorf indeks untuk rekonstruksi zone palinologi (metode kualitatif). Pada kenyataannya terbukti bahwa dalam satu zone kualitatif

terdapat beberapa *events* palinologi kuantitatif yang mencerminkan peristiwa stratigrafi lokal (Lelono, 2000). Dengan demikian terlihat bahwa analisis kuantitatif memberikan hasil yang lebih rinci dari pada analisis kualitatif. Tulisan ini bermaksud menunjukkan peranan analisis kuantitatif palinologi dalam memahami stratigrafi daerah penelitian yang terletak lebih kurang 6 kilometer timur laut kota Balikpapan, Kalimantan Timur (Gambar 1). Meskipun endapan delta di daerah ini diketahui kaya kandungan palinomorf, tetapi belum dimanfaatkan secara maksimal untuk mengungkap kondisi stratigrafi daerah ini. Untuk maksud tersebut



Gambar 1
Lokasi dan peta geologi daerah penelitian (diambil dari Biantoro dkk., 1991)

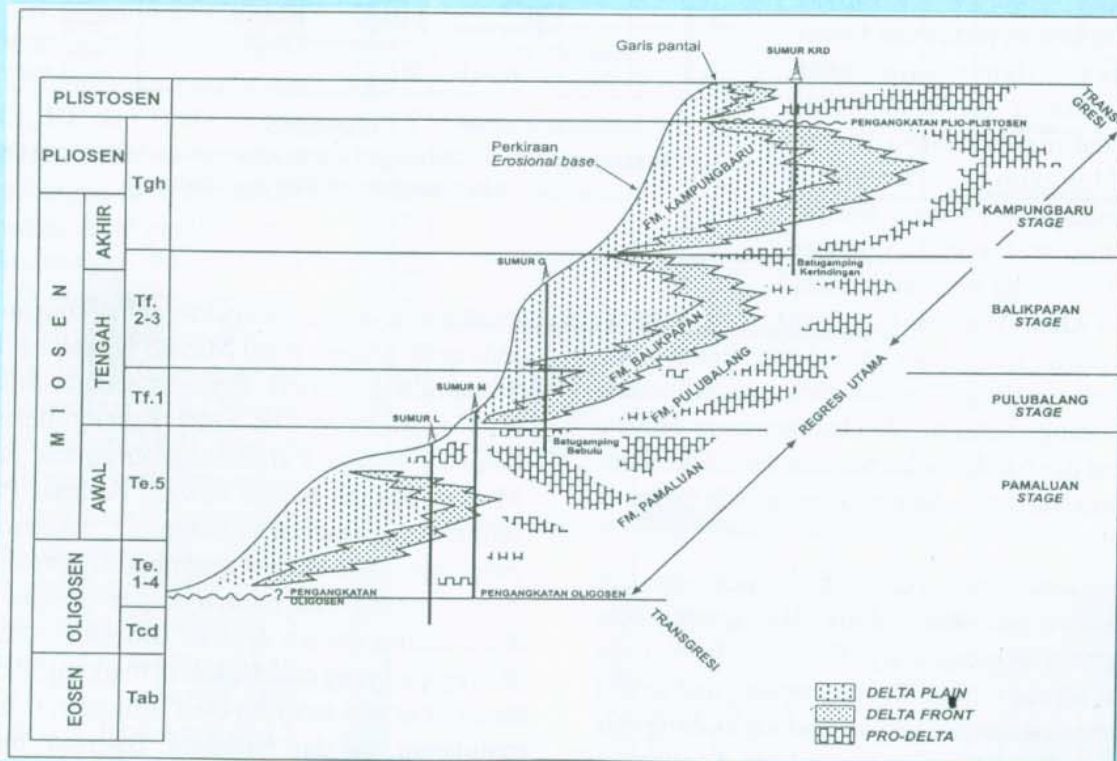
di atas, dipilihlah tiga sumur pemboran yang dianggap mewakili sedimen berumur Miosen Tengah seperti terlihat pada Gambar 1. Ketiga sumur ini diberi kode L, M dan G untuk menjaga kerahasiaannya karena ketiganya milik pelanggan LEMIGAS, sehingga data yang ada di dalamnya tidak mungkin ditampilkan secara rinci. Kenyataannya sumur L, M dan G dipakai oleh peneliti terdahulu (Biantoro dkk., 1991) untuk mengembangkan konsep stratigrafi daerah penelitian (Gambar 2). Seperti terlihat pada Gambar 1, sumur-sumur yang diteliti terletak di struktur antiklin yang menunjukkan target pencarian minyak pada perangkap struktur. Sumur L ditajak di Antiklin Melawan, sedangkan sumur M dibor di Antiklin Pinang. Kedua sumur tersebut sama dengan sumur yang dipilih oleh Biantoro dkk. (1991) untuk merekonstruksi kerangka stratigrafi daerah ini. Sementara itu, sumur G terletak di Antiklin Sangatta yang relatif dekat dengan sumur pilihan Biantoro dkk. lainnya seperti tergambar dalam publikasi mereka tahun 1991.

Mengingat keterbatasan ruang, penulis hanya menampilkan data palinologi tertentu saja yang terkait dengan korelasi dan analisis stratigrafi sekuen seperti

distribusi palinomorf pilihan antara lain *Zonocostites ramonae*, *Florschuetzia meridionalis*, *F. levipoli*, *F. trilobata* (polen air payau), *Ilexpollenites* sp dan *Calophyllum* type (polen air tawar). Interpretasi litologi dibuat berdasarkan data log sumur yang disusun oleh pelanggan, yang dalam tulisan ini hanya ditampilkan litologinya saja dengan maksud untuk menunjang analisis stratigrafi sekuen.

II. STRATIGRAFI REGIONAL

Secara geologi, daerah penelitian merupakan bagian dari Cekungan Kutai. (Biantoro dkk., 1991) menggambarkan kondisi stratigrafi daerah penelitian seperti yang terlihat pada Gambar 2. Ia mengindikasikan adanya beberapa fase transgresi-regresi selama Eosen sampai Plistosen di Cekungan Kutai. Proses sedimentasi pertama kali terjadi pada umur Eosen sampai Oligosen yang dicirikan oleh fase transgresi dengan arah dari timur ke barat. Pada akhir Oligosen, fase sedimentasi berubah menjadi regresi dengan arah ke barat. Fase regresi ini diperkirakan berakhir pada Miosen. Meskipun demikian pada akhir Miosen diindikasikan telah terjadi fase transgresi yang

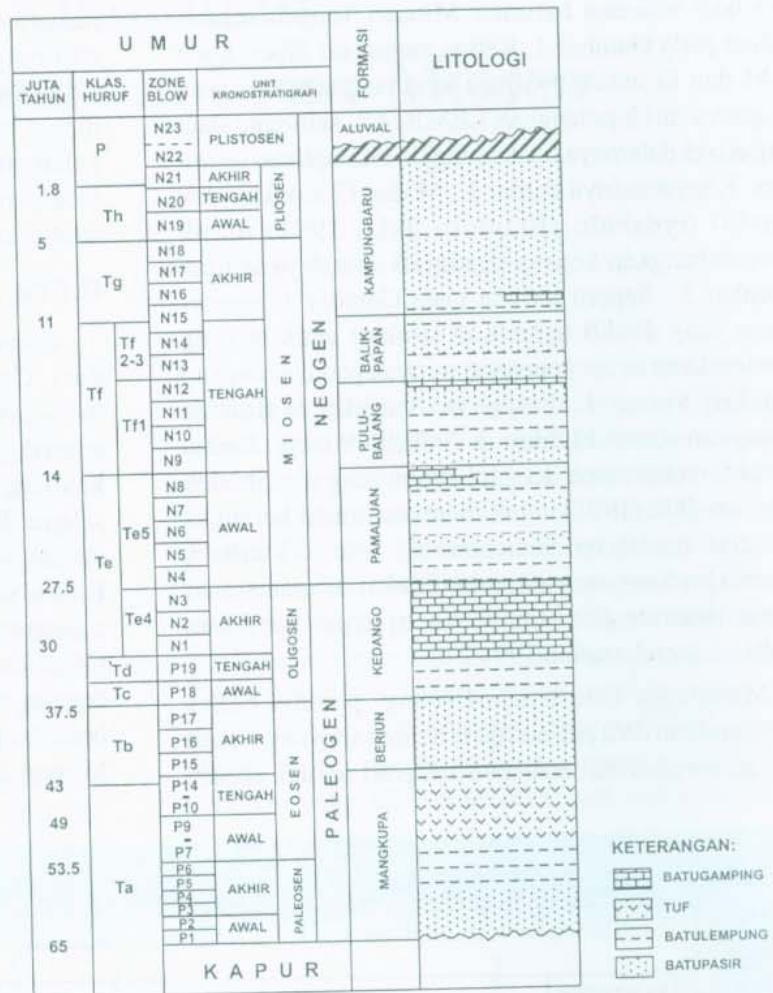


Gambar 2
Model stratigrafi daerah penelitian yang diusulkan
oleh L. Samuel (1975) dalam Biantoro, dkk., (1991)

relatif singkat (Biantoro dkk., 1991). Akhirnya, proses sedimentasi diakhiri dengan fase transisi yang terjadi sejak Pliosen sampai Plistosen.

Stratigrafi daerah penelitian tersusun oleh formasi berumur Tersier yang meliputi sedimen berumur Paleogen dan Neogen seperti ditunjukkan pada Gambar 3 (Biantoro dkk., 1991 dan Sukardi dkk., 1995). Formasi tertua yang terdapat di daerah ini adalah Formasi Mangkupa yang terdiri dari perselingan lapisan batupasir, tuf, batulanau, batulempung dan secara setempat dijumpai batubara dan konglomerat. Berdasarkan kemunculan foram planktonik *Globigerina cf. G. acostaensis* dan *Ga. nitapera* diinterpretasikan bahwa Formasi Mangkupa berumur Eosen-Oligosen (Sukardi dkk., 1995). Di samping itu juga ditafsirkan bahwa lingkungan pengendapan formasi ini adalah transisi (Sukardi dkk., 1995). Sebaliknya, Biantoro dkk. (1991) menafsirkan bahwa Formasi Mangkupa terbentuk pada umur Eosen Awal-Tengah. Hanya saja dasar penafsiran umur tersebut tidak disebutkan dalam publikasinya. Di atas Formasi Mangkupa, secara tidak selaras diendapkan Formasi Beruin yang diinterpretasikan sebagai endapan delta yang terbentuk pada umur Eosen Akhir (Biantoro dkk., 1991). Selanjutnya, di atas Formasi Beruin secara selaras diendapkan Formasi Kedango yang terbentuk pada umur Oligosen. Formasi Kedango tersusun oleh batugamping dengan sisipan napal dan batulanau karbonatan dan diendapkan di lingkungan laut dalam dengan facies turbidit (Sukardi dkk., 1995).

Sedimen umur Neogen diwakili oleh pembentukan Formasi Pamaluan, Pulubalang, Balikpapan dan Kampungbaru (Gambar 3). Formasi Pamaluan merupakan formasi umur Neogen tertua yang terdiri dari batulempung dengan sisipan tipis napal, batupasir dan batubara. Formasi ini secara selaras diendapkan di atas Formasi Kedango pada umur Miosen Awal di lingkungan neritik dalam-luar (Sukardi dkk., 1995). Formasi Pamaluan secara selaras ditindih oleh Formasi



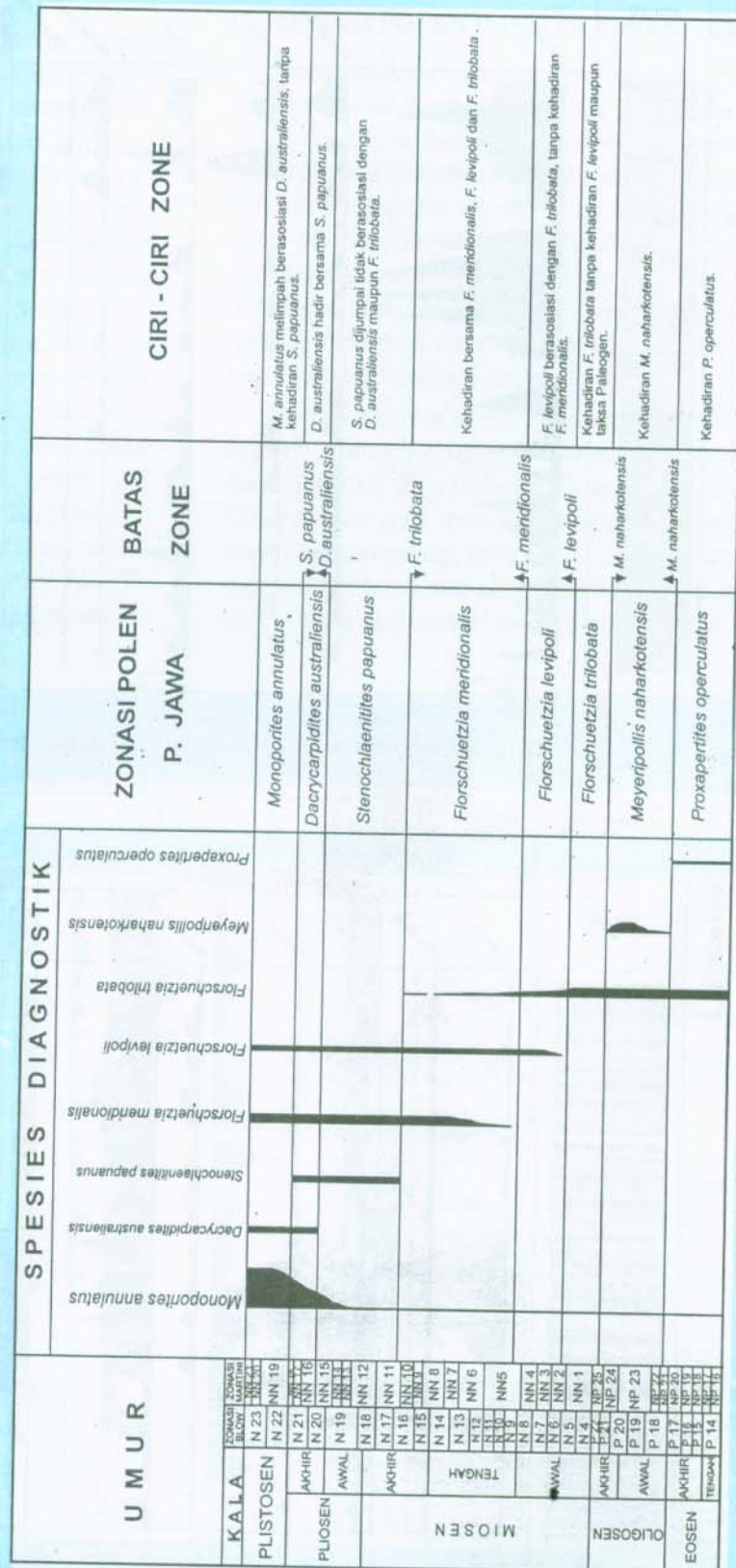
Gambar 3
Stratigrafi umum Cekungan Kutai (diambil dari Biantoro dkk., 1991 dengan sedikit perubahan)

Pulubalang yang diendapkan di lingkungan pro-delta pada umur Miosen Awal-Miosen Tengah bagian bawah (Sukardi dkk., 1995). Berbeda dengan Sukardi dkk. (1995), Biantoro dkk. (1991) menginterpretasikan bahwa Formasi Pulubalang terbentuk pada umur Miosen Tengah bagian bawah. Formasi Pulubalang terdiri dari perselingan batupasir, batulempung dan batulanau serta secara setempat dijumpai batubara, batugamping dan batupasir gampingan. Formasi Pulubalang secara selaras ditindih oleh Formasi Balikpapan yang diendapkan di lingkungan delta plain-delta front dan tersusun oleh batupasir, batulempung, batulanau, tuf dan batubara. Biantoro dkk. (1991) menentukan umur Miosen Tengah bagian atas untuk Formasi Balikpapan, sedangkan Sukardi dkk. (1995) mengusulkan umur Miosen Tengah-Akhir untuk formasi

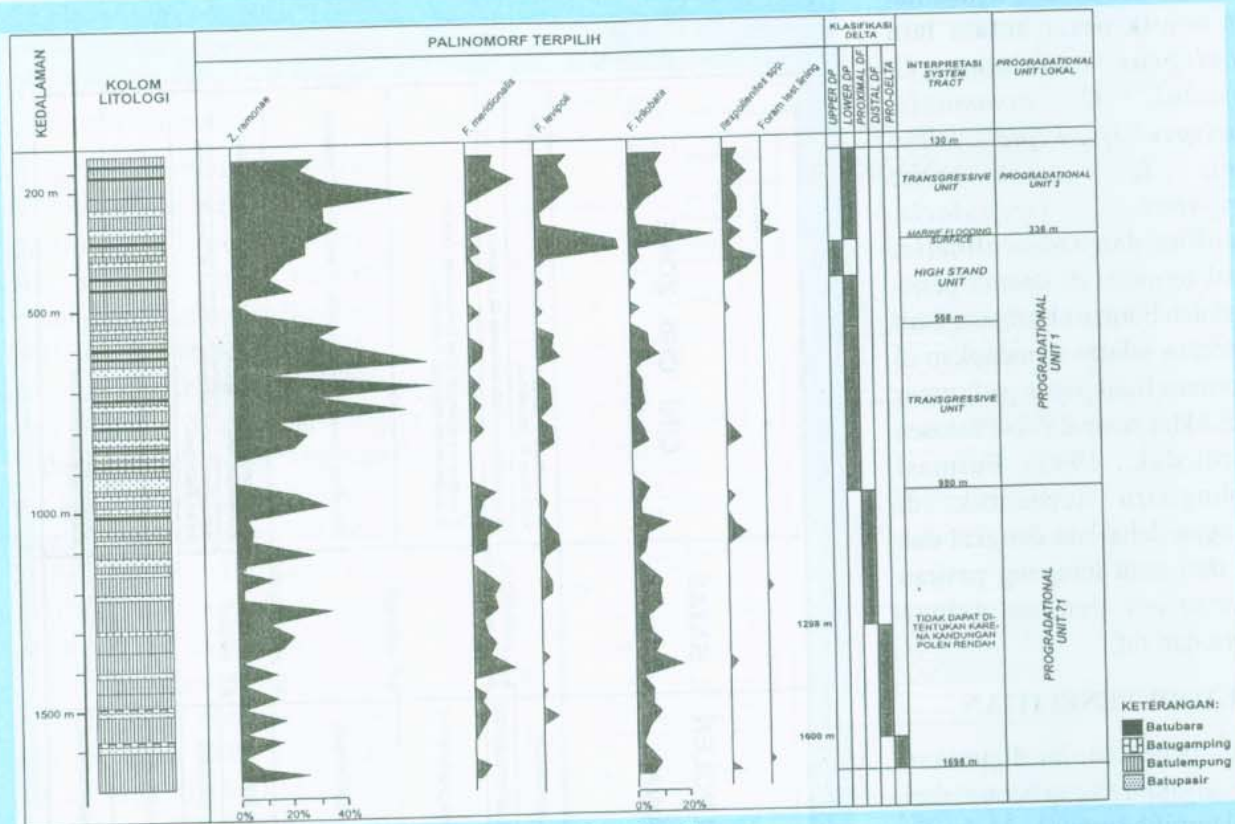
yang sama berdasarkan kehadiran forum bentik besar antara lain *Cycloclypeus annulatus*, *C. innornatus*, *C. communis*, *Cycloclypeus sp.*, *Lepidocyclina rutteni*, *L. sumatraensis*, *Miogypsina irregularis*, *Operculina* dan *Operculinella*. Formasi termuda di daerah penelitian adalah Formasi Kampungbaru yang secara selaras diendapkan di atas Formasi Balikpapan pada umur Miosen Akhir sampai Plio-Plistosen (Sukardi dkk., 1995). Formasi Kampungbaru terbentuk di lingkungan delta-laut dangkal dan terdiri dari batu lempung pasir dan batupasir dengan sisipan batubara dan tuf.

III. METODE PENELITIAN

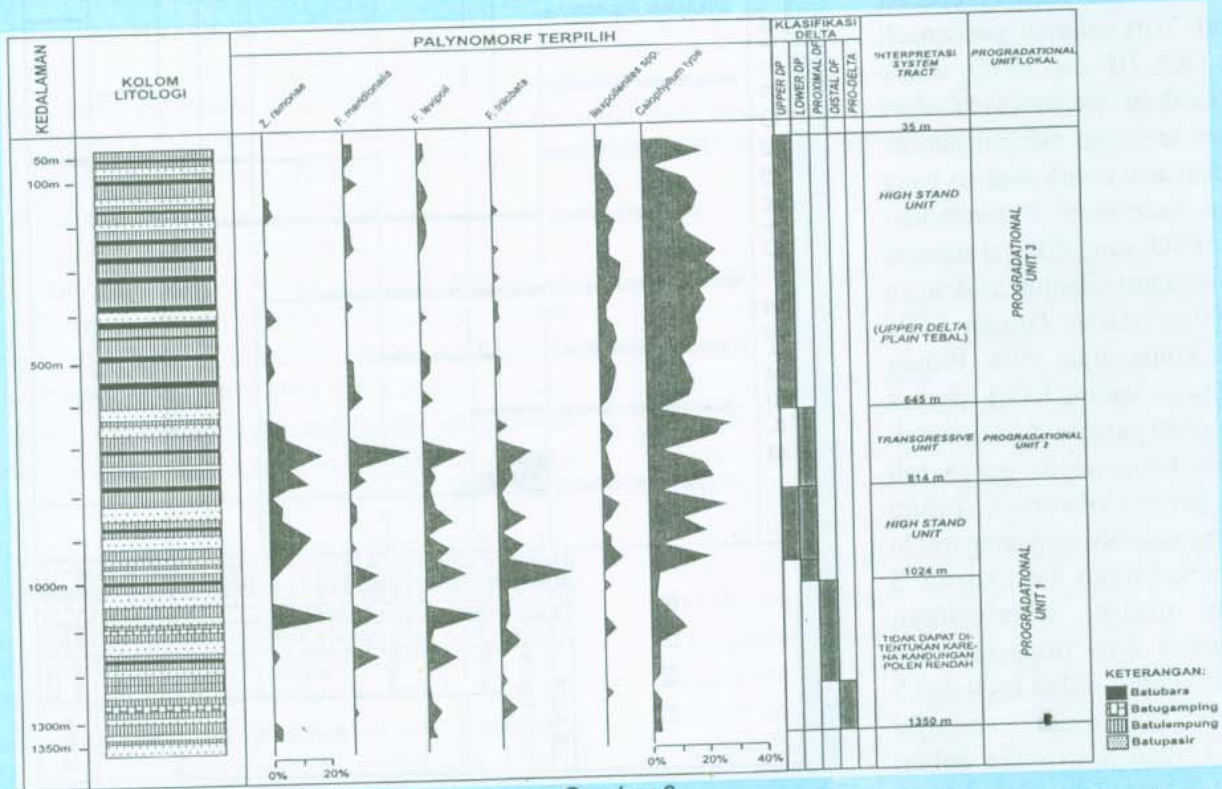
Pada penelitian ini digunakan percontoh *cutting* yang berasal dari interval terpilih sumur L, M dan G. Semua percontoh ini diproses di laboratorium Stratigrafi LEMIGAS dengan menggunakan teknik preparasi standar. Teknik preparasi meliputi perendaman percontoh dalam HCl, HF dan HNO₃ untuk memisahkan palinomorfe dari sedimen sehingga didapat jumlah yang memadai untuk analisis yang bersifat kuantitatif. Perendaman dalam HNO₃ yang dikenal sebagai proses oksidasi dilanjutkan dengan perendaman dalam larutan KOH dengan konsentrasi 10%. Proses perendaman dalam KOH disebut proses alkali yang bertujuan untuk membersihkan residu percontoh akibat proses oksidasi. Tahap selanjutnya adalah menyaring residu dengan saringan berukuran 5 mikron untuk memisahkan palinomorfe dari material lain berukuran debris (lebih kecil dari 5 mikron) sehingga mampu meningkatkan jumlahnya dalam residu. Terakhir, residu dipindahkan ke gelas preparat untuk pembuatan



Gambar 4
Zonasi polen Pulau Jawa yang diusulkan oleh Rahardjo dkk. (1994)



Gambar 5
Diagram penyebaran kuantitatif dari palinomorf terpilih di sumur L



Gambar 6
Diagram penyebaran kuantitatif dari palinomorf terpilih di sumur M

slide dengan menggunakan *polyvinyl alcohol* dan *canada balsam*. Pada tahapan ini, residu telah siap dianalisis di bawah mikroskop.

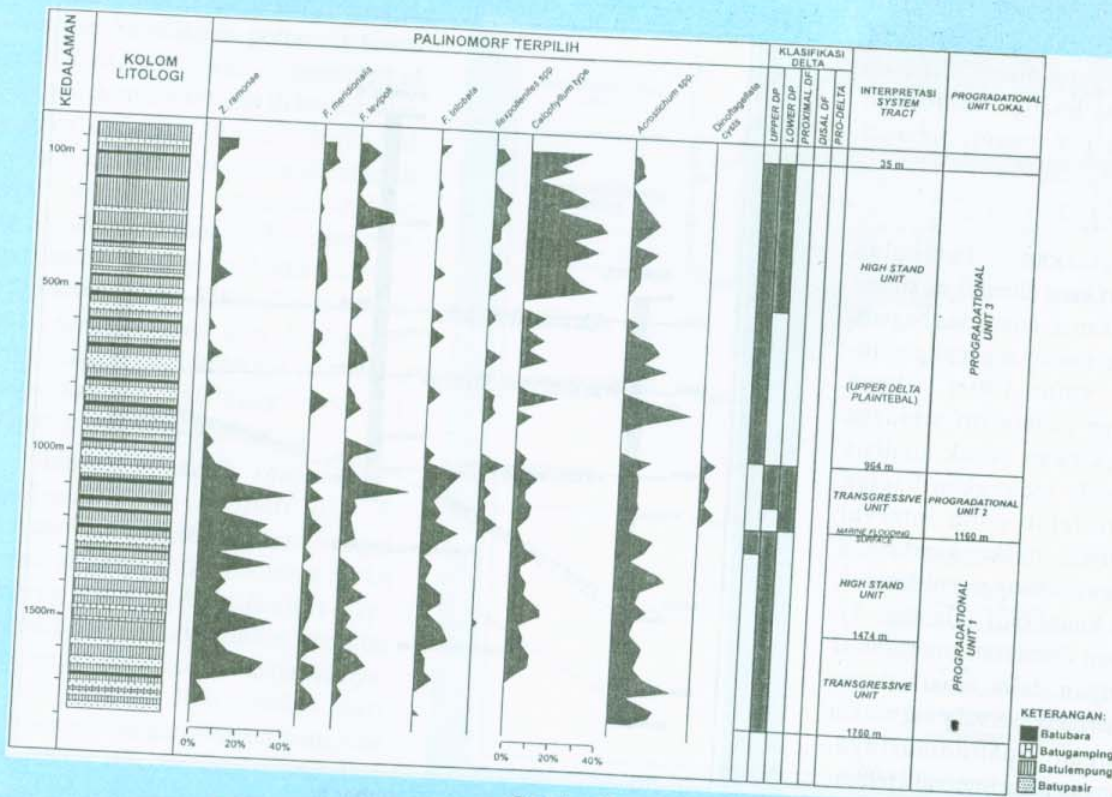
Pengujian fosil polen dan spora dilakukan dengan menggunakan mikroskop transmisi untuk memberi nama dan menghitung jumlahnya. Hasil pengujian ini dicatat dalam lembar pencatatan yang selanjutnya digunakan untuk berbagai analisis. Pekerjaan mikroskopis ini juga bertujuan untuk mendapatkan palinomorf sebanyak 250 individu dalam setiap percontoh agar penerapan metode analisis kuantitatif dianggap valid (Morley, *pers. comm.*). Selanjutnya, nama-nama fosil tersebut dan kelimpahannya (jumlahnya) diplotkan dalam suatu diagram dengan menggunakan perangkat lunak StrataBugs. Interpretasi umur sedimen ditentukan dengan merujuk pada zonasi polen yang diusulkan oleh Rahardjo dkk. tahun 1995 (Gambar 4). Sedangkan analisis lingkungan pengendapan purba mengacu klasifikasi delta berdasarkan jenis vegetasinya oleh Morley (1977). Analisis stratigrafi sekuen merujuk pada hasil penelitian

yang dilakukan oleh Morley (1995) dan Azmi dkk. (*in press*).

IV. ZONASI POLEN DAERAH PENELITIAN

Berdasarkan kemunculan polen air payau *Florschuetzia meridionalis* dan *F. trilobata* serta absennya spora *Stenochlaenidites papuanus*, maka sedimen yang ditembus sumur L, M dan G berada pada zone *Florschuetzia meridionalis* atau setara dengan umur Miosen Tengah (Rahardjo dkk., 1995, Gambar 4). Melimpahnya *F. meridionalis* di sebagian besar sedimen di ketiga sumur tersebut, menunjukkan bahwa sedimen-sedimen tersebut berumur Miosen Tengah bagian atas (Gambar 5, 6 dan 7).

Berdasarkan analisis kuantitatif polen tertentu seperti *Zonocostites ramonae*, *Florschuetzia meridionalis*, *F. trilobata*, *Ilexpollenites sp.* dan *Calophyllum type*, maka diusulkan 6 *palynological events* yang membagi zone *Florschuetzia meridionalis* menjadi beberapa sub-zone yang lebih rinci (Gambar 8). *Palynological events* ini bermanfaat untuk korelasi



Gambar 7
Diagram penyebaran kuantitatif dari palinomorf terpilih di sumur G

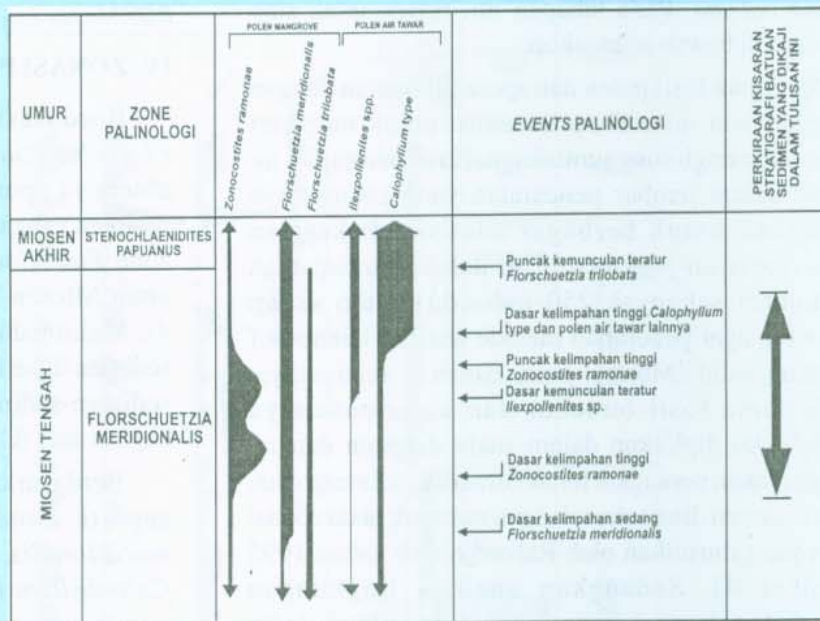
detail antara sumur meskipun hanya berlaku lokal. Enam *events* tersebut dari tua ke muda adalah (Gambar 8): (1) dasar kelimpahan sedang *F. meridionalis*, (2) dasar kelimpahan tinggi *Z. ramonae*, (3) dasar kemunculan teratur *Ilexpollenites sp.*, (4) puncak kelimpahan tinggi *Z. ramonae*, (5) dasar kelimpahan tinggi *Calophyllum type* dan polen air tawar lainnya dan (6) puncak kemunculan teratur *F. trilobata*. Berdasarkan sebagian *events* yang diusulkan di atas, maka sumur L, M dan G dapat dikorelasikan seperti tampak pada Gambar 9. Korelasi ini sangat bermanfaat bagi analisis stratigrafi lainnya seperti analisis sekuen.

V. ANALISIS STRATIGRAFI SEKUEN

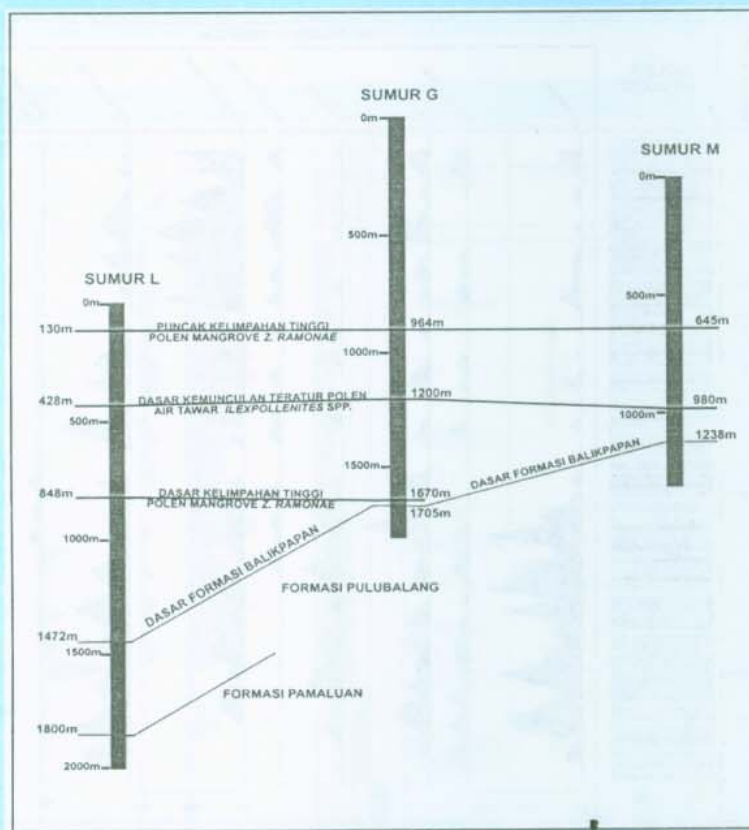
Analisis sekuen stratigrafi dibuat berdasarkan data kuantitatif palinologi yang dikombinasikan dengan data litologi. Analisis ini dilakukan per sumur, sebagai berikut:

A. Sumur L

Berdasarkan kumpulan palinomorf yang ditemukan, sumur L dipisahkan menjadi dua bagian. Bagian pertama yang meliputi interval 980m-130m kaya kandungan palinomorf sehingga memungkinkan untuk analisis kuantitatif, sedangkan bagian kedua terletak pada interval 1698m-980m miskin kandungan palinomorf sehingga sulit untuk analisis kuantitatif (Gambar 5). Meskipun demikian interpretasi lingkungan delta masih dapat dilakukan pada interval yang miskin kandungan palinomorfnya. Lingkungan pada interval 1698m-980m berubah dari lingkungan dengan pengaruh laut kuat ke lingkungan dengan pengaruh laut



Gambar 8
Events palinologi kuantitatif yang ada di daerah penelitian yang digunakan untuk korelasi stratigrafi detil (seperti terlihat pada Gambar 9)



Gambar 9
Korelasi stratigrafi sumur L, M dan G berdasarkan kelimpahan polen mangrove *Zonocostites ramonae* dan polen air tawar *Ilexpollenites sp.*

lemah, di mana fasies *pro-delta* di interval 1698m-1600m berubah menjadi *distal delta front* di interval 1600m-1298m dan diakhiri dengan fasies *proximal delta front* di interval 1298m-980m (Gambar 5). Interval 1698m-980m dianggap mewakili *progradational unit-1*, meskipun ada kemungkinan interval ini terdiri lebih dari satu *progradational unit*. Oleh karenanya diperlukan analisis mikropaleontologi lain untuk memastikan akurasi interpretasi ini.

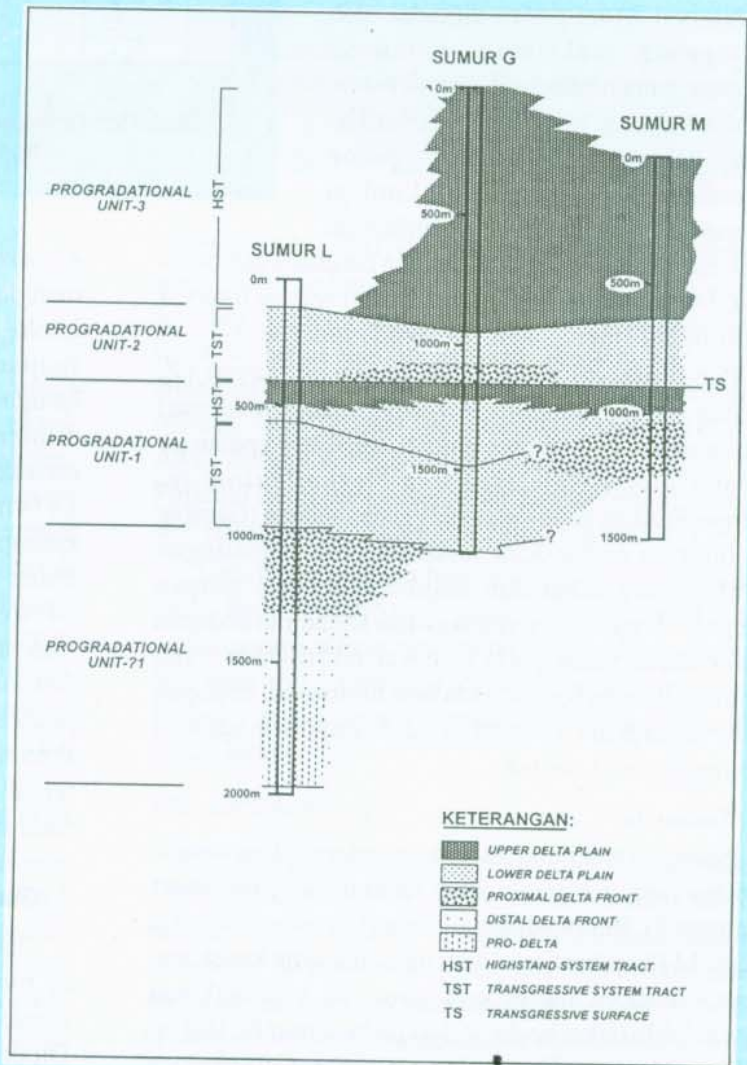
Interval 980m-568m dicirikan oleh kelimpahan tinggi polen mangrove *Zonocostites ramonae* (Gambar 5). Secara litologi interval ini tersusun oleh batulempung, batupasir *channel* (beberapa cukup tebal) dan batubara. Kombinasi antara data palinologi dan litologi menunjukkan adanya fasies *lower delta plain* yang luas yang terbentuk pada fase naiknya muka air laut (Azmi dkk., *in-press*). Disamping itu interval dengan kelimpahan tinggi polen mangrove mengindikasikan kondisi *transgressive* (Morley, 1995). Setelah fase *transgressive* ini muka laut semakin naik sehingga mencapai fase *highstand* pada interval 568m-338m. Fase *highstand* ini dicirikan oleh penurunan polen *Z. ramonae*. Sebaliknya polen air tawar *Ilexpollenites sp.* meningkat kelimpahannya terutama di bagian atas interval 568m-338m. Hal ini menunjukkan adanya ekspansi endapan *upper delta plain* pada akhir fase *highstand*. Interpretasi ini didukung oleh bukti kehadiran lapisan batubara tebal pada interval 450m-338m. Dalam hal ini unit *transgressive* dan *highstand* disimpulkan sebagai satu *progradational unit* yang tebal dan disebut *progradational unit-1*.

Polen air payau *Z. ramonae*, *F. meridionalis*, *F. levipoli* dan *F. trilobata* mencapai kelimpahan tertinggi di interval 338m-130m (Gambar 5). Di samping itu *Ilexpollenites sp.* memperlihatkan kelimpahan sedang, sama dengan pada interval di bawahnya. Interval 338m-130m terdiri dari batulempung dengan sisipan batupasir dan batubara. Bagian bawah interval ini ditandai oleh kehadiran *foraminiferal test lining* (indikator lingkungan laut)

yang mengindikasikan adanya *marine flooding surface* atau *transgressive surface*. Berdasarkan data ini disimpulkan bahwa sedimen interval 338m-130m merupakan unit *transgressive* yang menyusun *progradational unit-2*.

B. Sumur M

Sumur M menembus sedimen pada interval 35m-1350m. Sedimen pada sumur M umumnya menunjukkan kandungan palinomorf tinggi, kecuali di bagian bawah sumur (interval 1024m-1350m) memperlihatkan kandungan palinomorf rendah (Gambar 6). Oleh karena itu interval 1024m-1350m tidak memungkinkan untuk analisis stratigrafi sekuen. Interval 1024m-814m ditandai oleh kelimpahan sedang



Gambar 10
Sketsa perkembangan progradational units pembentuk endapan delta di sumur L, M dan G

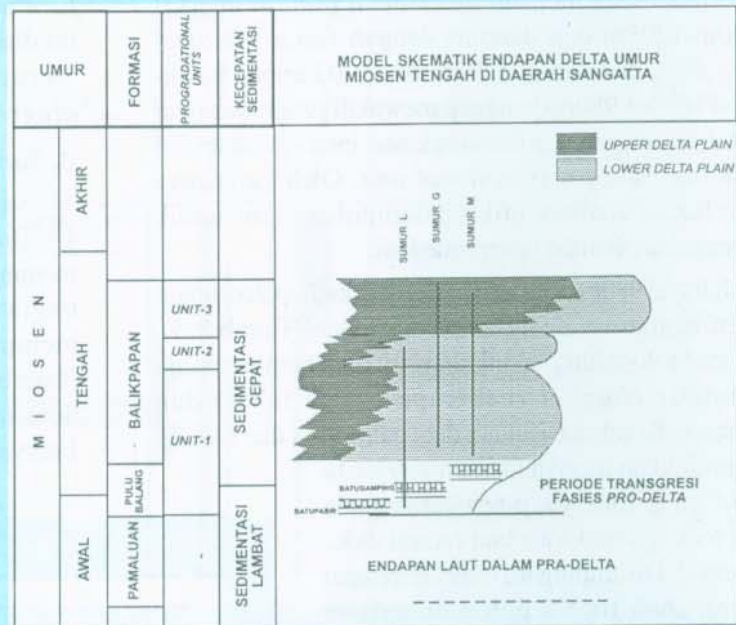
polen air payau *Z. ramonae*, *F. meridionalis*, *F. levipoli* dan *F. trilobata*. Secara litologi interval ini dicirikan oleh perselingan batupasir, batulempung dan batubara. Berdasarkan data ini disimpulkan bahwa interval 1024m-814m menunjukkan unit *highstand*. Kesimpulan ini didukung oleh peningkatan kelimpahan polen air tawar *Ilexpollenites sp.* dan lapisan batupasir yang tebal di bagian atas interval 1024m-814m yang mengindikasikan adanya ekspansi endapan *upper delta plain* yang terjadi pada akhir fase *highstand*. Unit *highstand* interval ini diinterpretasikan sebagai bagian dari *progradational unit-1* (Gambar 6).

Interval 814m-645m ditandai oleh kelimpahan maksimum polen *Z. ramonae* yang menunjukkan unit *transgressive* (Morley, 1995). Unit ini dicirikan oleh kelimpahan sedang polen *Ilexpollenites sp.* (Gambar 6). Litologi interval 814m-645m tersusun oleh lapisan tebal batulempung dengan sisipan batubara dan batupasir. Disimpulkan bahwa unit *transgressive* interval 814m-645m merupakan *progradational unit-2*.

Pada interval 645m-35m polen air payau (*Z. ramonae*, *F. meridionalis*, *F. levipoli* dan *F. trilobata*) menunjukkan kelimpahan rendah, sebaliknya polen air tawar *Calophyllum type* dan *Ilexpollenites sp.* memperlihatkan kelimpahan tinggi dan sedang (Gambar 6). Interval 645m-35m tersusun oleh perselingan batulempung tebal dan batubara dengan sisipan batupasir. Data ini mengindikasikan kehadiran endapan *upper delta plain* pada interval 645m-35m yang kemungkinan terbentuk pada fase *highstand*. Endapan *upper delta plain* yang tebal ini disimpulkan sebagai *progradational unit-3*.

C. Sumur G

Sumur G meliputi sedimen dari interval 35m sampai 1760m yang umumnya kaya kandungan palinomorf (Gambar 7). Kelimpahan palinomorf di sumur ini mirip sumur M (Gambar 6) yang mengindikasikan kedekatan letak keduanya, hanya saja sumur M kemungkinan berada lebih dekat ke darat dari pada sumur G. Hal ini terlihat dari kehadiran polen air tawar *Calophyllum type* dan *Ilexpollenites sp.* yang menunjukkan kelimpahan tinggi dan sedang di sumur M. Kelimpahan tinggi palinomorf air payau *Zonocostites ramonae* dan



Gambar 11
Model litostratigrafi endapan delta berumur Miosen Tengah yang terbentuk di daerah penelitian

Acrostichum sp. pada interval 1760m-1474m mengindikasikan fase *transgressive* (Morley, 1995). Litologi interval ini didominasi oleh batulempung dengan sisipan tipis batupasir. Selain itu dijumpai pula batugamping dan sedikit batubara. Dengan demikian diinterpretasikan bahwa interval 1760m-1474m mewakili unit *transgressive*. Interval selanjutnya adalah 1474m-1160m yang dicirikan oleh penurunan kelimpahan polen mangrove *Z. ramonae* (Gambar 7). Polen ini sedikit meningkat di bagian atas interval 1474m-1160m. Peningkatan *Z. ramonae* di bagian atas interval ini yang diikuti oleh peningkatan polen air tawar *Ilexpollenites sp.* menunjukkan ekspansi *upper delta plain* selama fase *highstand*. Hal ini didukung oleh kehadiran batubara dalam jumlah signifikan pada interval 1240m-1160m (Gambar 7). Unit *transgressive* pada interval 1760m-1474m dan unit *highstand* pada interval 1474m-1160m menyusun *progradational unit-1* (Gambar 7).

Interval 1160m-964m ditandai oleh kelimpahan tinggi *Z. ramonae*, *Florschuetzia levipoli* dan *F. trilobata* mengindikasikan unit *transgressive* (Morley, 1995). Diperkirakan bagian bawah interval ini merupakan *marine flooding surface* karena kehadiran fosil laut dinoflagelata dengan kelimpahan sedang dan litologi batulempung pada interval 1160m-1100m (Gambar 7).

Marine flooding surface ini mencirikan keberadaan *progradational unit-2* yang meliputi unit *transgressive* pada interval 1160m-964m.

Interval 964m-35m merupakan interval teratas sumur G yang dicirikan oleh kelimpahan rendah polen mangrove seperti *Zonocostites ramonae* dan *Florschuetzia meridionalis*. Sebaliknya polen air tawar *Calophyllum type* hadir dengan kelimpahan sedang-tinggi. Secara litologi interval 964m-35m ditandai oleh kehadiran batubara dalam jumlah besar. Kondisi ini menunjukkan bahwa sedimen pada interval 964m-35m terbentuk di lingkungan *upper delta plain* selama berlangsungnya fase *highstand*. Diasumsikan bahwa *upper delta plain* yang tebal ini mewakili *progradational unit-3*.

VI. MODEL STRATIGRAFI DAERAH PENELITIAN

Berdasarkan interpretasi stratigrafi sekuen, maka dibuat korelasi antara sumur L, M dan G untuk merekonstruksi model stratigrafi di daerah penelitian. Datum korelasi sumur dipilih *transgressive surface* karena ia dijumpai di hampir semua sumur (Gambar 10). Korelasi ini menunjukkan bahwa sumur L terletak di lingkungan delta terdalam dibandingkan dua sumur lainnya. Hal ini dibuktikan dengan keberadaan endapan *pro-delta* di sumur L. Jenis endapan ini tidak dijumpai di sumur M dan G. Selain itu *progradational unit-3* yang tersusun oleh endapan *upper delta plain* tidak ditemukan di sumur L, kemungkinan karena letaknya yang lebih dalam (lebih ke laut) dari pada sumur M dan G.

Korelasi unit *progradational* yang ada di sumur L, M dan G memungkinkan suatu pemodelan dari perkembangan sedimen delta di daerah penelitian (Gambar 11). Pemodelan ini lebih menekankan pada kronostratigrafi unit-unit *progradational* bukan pada periode *transgressive* dari fasies *delta front* dan *pro-delta* yang muncul di bagian bawah Formasi Pulubalang. Secara umum model yang diusulkan dalam tulisan ini mirip dengan model yang diperkenalkan oleh

UMUR	ZONE PALINOLOGI	EVENTS PALINOLOGI	FORMASI	PROGRADATIONAL UNITS
MIOSEN	AKHIR	STENOCHLAENIDITES PAPIUANUS		
	TENGAH	FLORSCHUETZIA MERIDIONALIS	BALIKPAPAN	UNIT-3 UNIT-2 UNIT-1
			PULUBALANG	UNIT-?1
AWAL	FLORSCHUETZIA LEVIPOLI		PAMALUAN	

Gambar 12
Zonasi polen lokal untuk umur Miosen Tengah yang berlaku di daerah penelitian

Biantoro dkk. (1991, Gambar 2). Perbedaannya terletak pada umur sedimen delta yang ada di ketiga sumur tersebut. Studi ini menyimpulkan bahwa umur sedimen delta tersebut adalah Miosen Tengah, sedangkan Biantoro dkk. (1991) menafsirkan umur lebih tua yaitu Miosen Awal-Tengah. Dalam studi ini, sedimen Miosen Awal diduga sebagai batulempung laut dalam dari Formasi Pamaluan yang dapat dikelompokkan sebagai seri endapan laut dalam pra delta (Gambar 11).

Untuk merangkum hasil analisis seperti diuraikan pada Bab 5 sampai 7, maka dibuat tabel yang merekonstruksi hubungan antara *palynological events* dan unit-unit litostratigrafi berumur Miosen Awal-Tengah yang terdapat di daerah penelitian seperti terlihat pada Gambar 12.

VII. KESIMPULAN

Analisis palinologi memberikan kontribusi signifikan dalam kajian stratigrafi endapan delta berumur Miosen yang terbentuk di daerah penelitian. Analisis kuantitatif palinologi dikombinasikan dengan data litologi dapat memisahkan sedimen yang terdapat di sumur L, M dan G menjadi unit-unit *transgressive* dan *highstand*. Unit-unit ini menyusun unit *progradational* (1, 2 dan 3) yang memperlihatkan perkembangan sedimen delta pada umur Miosen Tengah. Korelasi unit-unit *progradational* menunjukkan bahwa proses

sedimentasi di sumur L berlangsung lebih awal dari proses sedimentasi di sumur M dan G.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dr. R. J. Morley atas masukannya yang sangat berharga selama studi ini berlangsung. Ucapan yang sama ditujukan pula kepada L. Nugrahaningsih atas bantuannya dalam mengidentifikasi palinomorf yang terdapat pada percontoh *cutting* yang berasal dari sumur yang diuji.

KEPUSTAKAAN

1. Azmi, M. Y., Shamsuddin, J. and Morley, R. J., in press. Palynological Characterization of System Tracts Using Two Quaternary Sections from Malaysia. *Palynology*.
2. Biantoro, E., Yulian, B. and Muchlis, I., 1991. Identifikasi Gejala Diaphirik dalam Hubungannya dengan Pemerangkapan Hidrokarbon di Lapangan Sangatta dan Sekitarnya. *Indon. Assoc. of Geologist, 20th Ann. Convent.*, pp. 163-179.

3. Jaramillo, C. A. and Oboh-Ikuenobe, F. E., 1999. Sequence Stratigraphic Interpretations from Palynofacies, Dinocyst and Lithological Data of Upper Eocene-Lower Oligocene Strata in Southern Mississippi and Alabama, U. S. Gulf Coast. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 145, pp. 259-302.
4. Lelono, E. B., 2000. The Use of Palynology in Sequence Stratigraphy Analysis. A Case Study: The Eocene Nanggulan Formation. *Lemigas Scientific Contribution* 3/2000.
5. Morley, R. J., 1977. Floral Zones Applicable to Neogene of Eastern Kalimantan. Unpublished Report. pp. 1-5.
6. Morley, R. J., 1995. Biostratigraphic Characterisation of Systems Tracts in Tertiary Sedimentary Basins. *International Symposium on Sequence Stratigraphy in SE Asia*, Indon. Petrol. Assoc., pp. 49-71.
7. Sukardi, Sikumbang, N., Umar, I. and Sunaryo, R., 1995. Geological Map of the Sangatta Quadrangle, Kalimantan. *Geological Research and Development Centre*, Bandung. •