

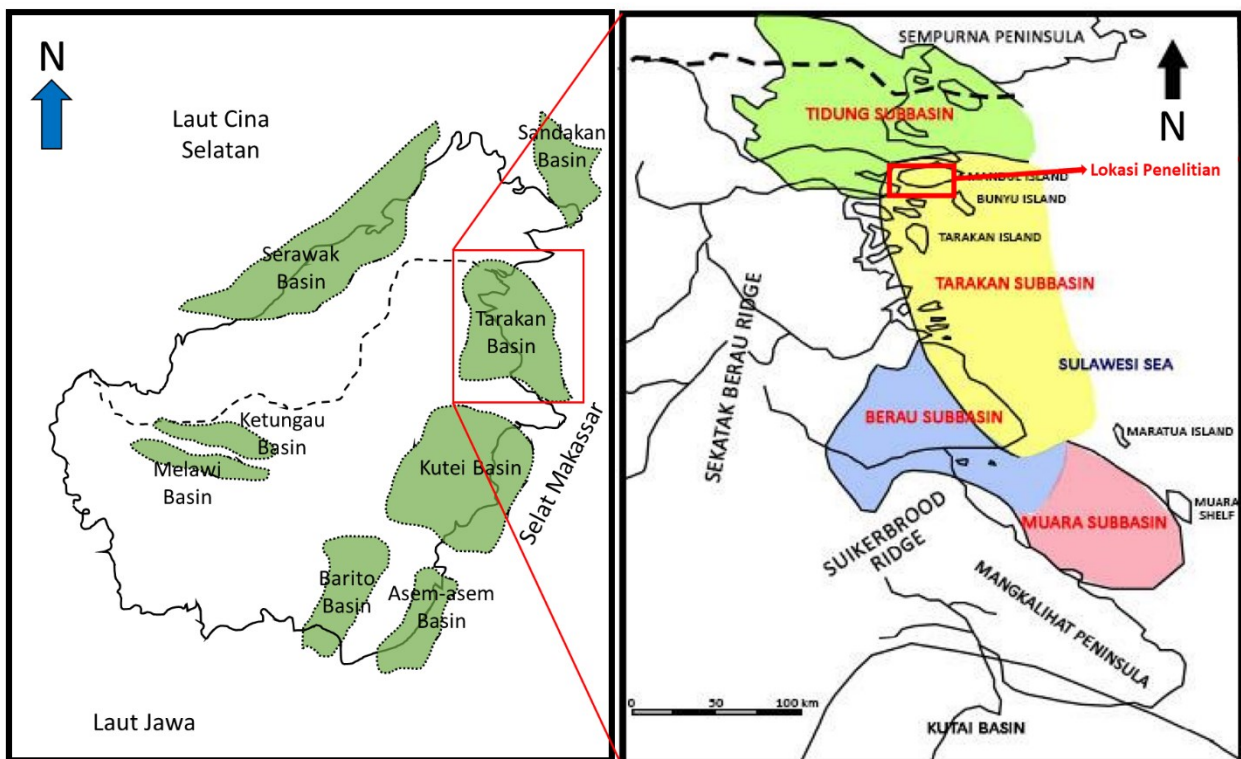
## BAB II

### GEOLOGI REGIONAL DAN GEOLOGI DAERAH PENELITIAN

#### II.1 GEOLOGI REGIONAL CEKUNGAN TARAKAN

Cekungan Tarakan merupakan salah satu cekungan berumur Tersier yang terletak di Kalimantan. Cekungan ini berada di Kalimantan bagian utara dan memiliki luas yang mencapai 40.000 km<sup>2</sup>. Cekungan Tarakan membentang dari utara hingga selatan, yang di batasi oleh Tinggian Semporna di bagian utara dan dibatasi oleh Tinggian Mangkalihat dan Punggungan Suikerbrood di bagian selatan. Di bagian barat, cekungan ini dibatasi oleh Tinggian Kuching dan ke arah timur cekungan ini menerus hingga batas yang tidak diketahui melewati paparan benua dari Laut Sulawesi hingga palung Makassar (Pertamina BPPKA, 2005).

Cekungan Tarakan dibagi menjadi empat sub-cekungan berdasarkan pusat sedimentasinya (Lentini dan Darman, 1996) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.1 yaitu sebagai berikut:



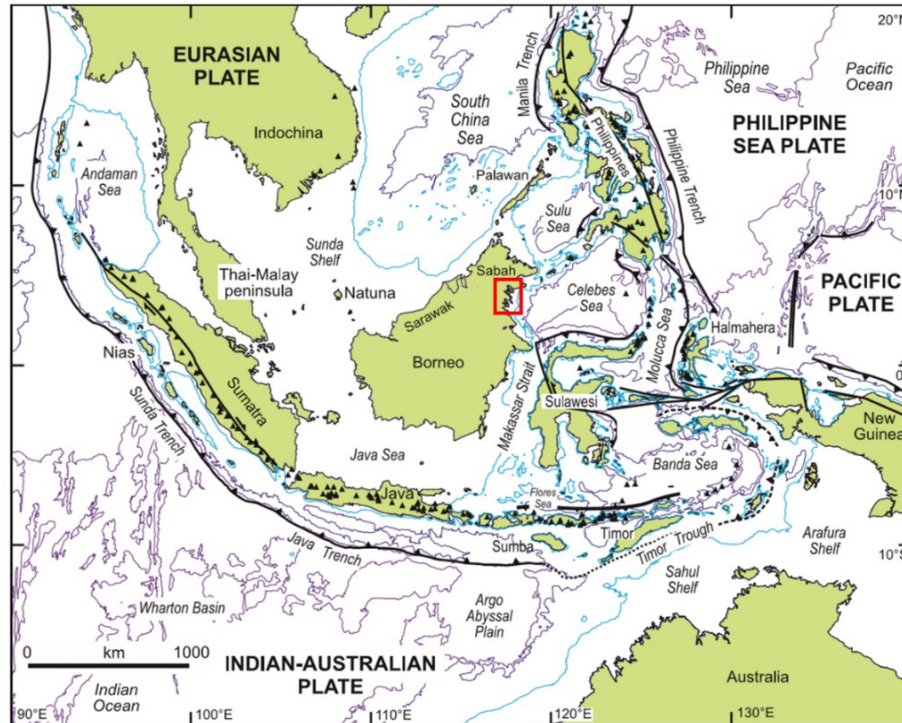
**Gambar 2.1** Cekungan Tarakan dan pembagian Sub-cekungan Tarakan (modifikasi dari Achmad dan Samuel, 1984).

1. Sub-cekungan Tidung, terletak di paling utara dari Cekungan Tarakan. Sub-cekungan ini dipisahkan dengan Sub-cekungan Tarakan oleh paparan karbonat (*Sebuku Platform*) yang merupakan pembajian Formasi Tarakan di sebelah utara.
2. Sub-cekungan Tarakan, terletak di bagian tengah dan merupakan sub-cekungan termuda. Perkembangan paling utara ke arah lepas pantai dari sub-cekungan ini berupa sedimen yang cukup tebal dari Formasi Bunyu yang berumur Pleistosen Akhir.
3. Sub-cekungan Berau, yang merupakan deposenter Cekungan Tarakan yang berlokasi di sebelah selatan Sub-cekungan Tarakan. Sub-cekungan ini dibatasi oleh singkapan PraTersier di sebelah utara dan selatan. Batas selatan dari sub-cekungan ini adalah Punggungan Suikerbrood yang terdiri dari batuan beku. Ke sebelah timur, Sub-cekungan Berau menerus menjadi Sub-cekungan Tarakan. Sub-cekungan Tarakan dan Subcekungan Berau dipisahkan berdasarkan pembajian Formasi Tarakan yang berumur Pliosen.
4. Sub-cekungan Muara yang merupakan pusat cekungan sedimentasi paling selatan. Perkembangan sedimennya ke arah lepas pantai di utara Tinggian Mangkalihat, dan dipisahkan dengan Sub-cekungan Berau di bagian utaranya oleh Punggungan Suikerbrood yaitu suatu Tinggian yang berarah barat-timur.

Lokasi penelitian terletak di Cekungan Tarakan khususnya pada Sub-cekungan Tarakan yang dapat dilihat pada kotak berwarna merah yang ditunjukkan pada Gambar 2.1.

### **II.1.1 Kerangka Tektonik Regional Cekungan Tarakan**

Cekungan Tarakan berada pada sistem tektonik Asia Tenggara, yang merupakan pertemuan antara tiga lempeng utama yaitu Lempeng Eurasia pada bagian utara, Lempeng IndoAustralia pada bagian selatan, dan Lempeng Pasifik yang juga termasuk di dalamnya Lempeng Laut Filipina pada bagian barat (Gambar 2.2). Cekungan Tarakan memiliki sejarah pembentukan yang cukup kompleks secara tektonik. Menurut Daly dkk. (1989) dalam Ellen dkk. (2008), Kalimantan bagian utara terbentuk akibat adanya kolisi antara Lempeng India dan Lempeng Eurasia yang terjadi 50 juta tahun yang lalu. Pembukaan Laut China Selatan ke arah utara yang diikuti oleh ekstensional pada Selat Makassar yang memisahkan bagian barat Sulawesi dengan bagian timur Kalimantan merupakan awal terbentuknya Cekungan Tarakan.



**Gambar 2.2 Kerangka tektonik Asia Tenggara (Hall, 2009).**

Lentini dan Darman (1996) membagi perkembangan tektonik Cekungan Tarakan menjadi tiga fase yaitu sebagai berikut:

1. Fase tektonik ekstensional

Cekungan Tarakan terbentuk dimulai pada umur Eosen Awal yang ditandai oleh peristiwa *rifting* atau pemekaran Selat Makassar (Hamilton, 1979; dalam Lentini dan Darman, 1996). Fase tektonik ekstensional ini membuka Cekungan Tarakan ke timur yang diindikasikan dengan hadirnya blok pensesaran ke arah timur. Pembukaan Selat Makassar ini diinterpretasikan berkaitan dengan kejadian tektonik yang sama dengan pembukaan Laut China Selatan (Rangin, 1991; dalam Lentini dan Darman, 1996).

2. Fase tektonik stabil

Cekungan Tarakan secara tektonik lebih stabil pada Eosen Akhir hingga Pleistosen yang ditandai dengan pengendapan sedimentasi deltaik yang menyebar dari berbagai sistem drainase dari barat ke timur. Kombinasi penurunan cekungan ditambah dengan pertumbuhan sesar menghasilkan ruang akomodasi untuk penambahan volume dari endapan deltaik. Gravitasi

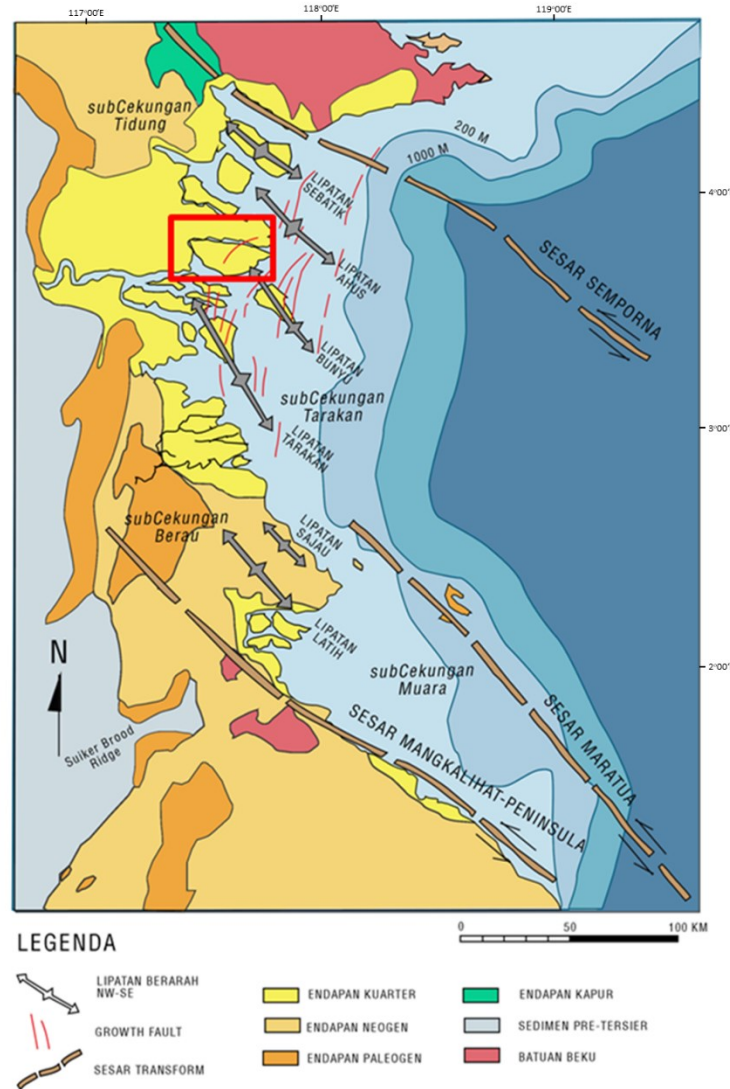
memicu terbentuknya *growth fault* sebagai respons terhadap peningkatan volume sedimen deltaik. *Growth fault* diindikasikan dengan persebaran sedimen deltaik ke arah barat yang semakin sedikit dan pengendapan karbonat mulai terbentuk di bagian yang lebih stabil. Sementara itu, di bagian timur cekungan yang dalam, terbentuk sedimen deltaik yang tebal dan berasosiasi dengan sesar normal yang terbentuk saat *rifting*.

### 3. Fase tektonik kompresi

Fase terakhir yaitu reaktivasi pergerakan sesar geser sepanjang sesar mendatar (*wrench fault*) yang melintasi Selat Makassar dan pembentuk lipatan berarah NW-SE hingga NNW-SSE mulai Pleistosen hingga Resen yang disebabkan oleh tektonik kompresional. Gerakan ini dihasilkan dari kolisi Lempeng Laut Filipina dengan timur laut Kalimantan. Gerakan ini mengakibatkan sedimen Miosen dan Pliosen terlipat dan tersesarkan dengan tren NW-SE hingga NNW-SSE (Pulau Nunukan dan Sebatik).

## II.1.2 Struktur Geologi Regional Cekungan Tarakan

Secara umum, pada Cekungan Tarakan terdapat struktur geologi berupa lipatan, sesar normal, sesar anjak, serta sesar geser dengan orientasi berarah NW-SE dan NE-SW. Gambar 2.3 menunjukkan gambaran struktur-struktur geologi yang ada pada Cekungan Tarakan. Struktur-struktur tersebut didominasi oleh aktivitas tektonik *rifting*, kompresi, dan pengangkatan. Aktivitas tektonik ini membentuk sesar-sesar geser (*wrench fault*) serta perlipatan NW-SE (Lentini dan Darman, 1996). Di beberapa tempat kompresi ini mengakibatkan terjadinya pembalikan sesar normal menjadi sesar anjak (Hidayati dkk., 2007). Tiga sesar geser utama yang ditemukan pada Cekungan Tarakan yaitu Sesar Semporna, Sesar Maratua, dan Sesar Mangkalihat-Peninsula. Sesar Semporna berada pada bagian paling utara cekungan yang memisahkan kompleks vulkanik Semenanjung Semporna dengan sedimen Neogen di Pulau Sebatik. Sesar Maratua sebagai zona kompleks transpresional membentuk batas Sub-cekungan Tarakan dan Sub-cekungan Muara. Sementara itu, Sesar Mangkalihat Peninsula, yang merupakan batas selatan Sub-cekungan Muara, bertepatan dengan garis pantai utara Semenanjung Mangkalihat, merupakan kemenerusan dari Sesar Palu-Koro di Sulawesi (Hidayati dkk., 2007).



**Gambar 2.3** Simplifikasi peta geologi pada Cekungan Tarakan (modifikasi dari Pertamina BPPKA, 2005).

Perlipatan berarah NW-SE juga ditemukan pada Cekungan Tarakan. Terdapat enam lipatan dari utara ke selatan, yaitu Lipatan Sebatik, Ahus, Bunyu, Tarakan, Sajau, dan Latih. Semakin ke utara, lipatan berumur semakin muda dan intensitas perlipatannya semakin meningkat (Pertamina BPPKA, 2005).

### II.1.3 Kerangka Stratigrafi Regional Cekungan Tarakan

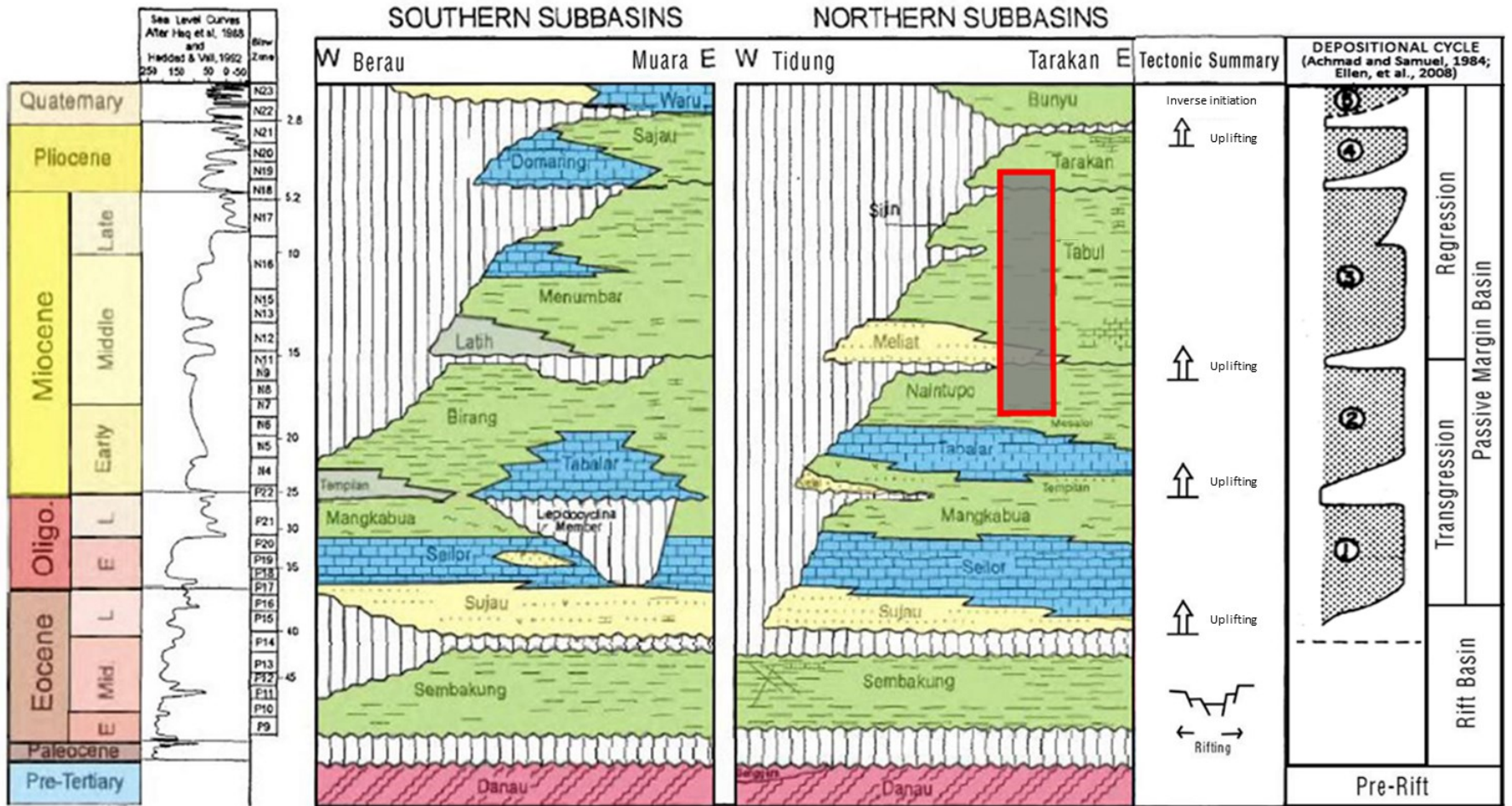
Menurut Ellen dkk. (2008), Cekungan Tarakan melewati tiga tahap evolusi cekungan, dimana setiap tahap tersebut memperlihatkan karakteristik litologi yang berbeda beda, yang

berhubungan dengan tektonisme dan kejadian transgresif dan regresifnya. Tiga tahap evolusi cekungan tersebut adalah *pre-rift*, *syn-rift*, dan *post-rift*.

Pada tahap *pre-rift*, stratigrafi wilayah ini didasari oleh batuan dasar Formasi Danau yang merupakan batuan metamorf yang berumur Trias-Kapur. Pada Eosen Awal, mulai terjadi *rifting* pada fase ekstensional. Tahap *syn-rift* dimulai dengan sedimentasi Kelompok Sekatak yang berisi Formasi Sembakung, Sujau, dan Malio. Formasi ini terdiri dari satuan silisiklastik yang membawa produk vulkanik, dan terendapkan secara tidak selaras di atas Formasi Danau. Formasi Sembakung tersebut berumur Eosen Tengah. Kemudian, terjadinya pengangkatan di bagian barat selama Eosen Tengah mengakibatkan erosi di puncak tinggian Sekatak dan merupakan tahap awal pengendapan endapan *post-rift* secara transgresi dan regresi.

Tahap selanjutnya yaitu tahap *post-rift*. Tahap ini berlangsung selama Oligosen Awal hingga Resen. Endapan *post-rift* ini diendapkan secara tidak selaras di atas endapan pada tahap *syn-rift*. Kelompok Sebuku diendapkan secara tidak selaras di atas Kelompok Sekatak yang terdiri dari Formasi Seilor yang setara dengan Formasi Mangkabua, Formasi Tempilan, Tabalar, Mesaloi, dan Naintupo. Kelompok Sebuku dicirikan dengan batuan karbonat yang berkembang selama fase transgresi *post-rift* Oligosen hingga Miosen Awal. Selanjutnya, kelompok Simenggaris merupakan kelompok termuda yang berisi Formasi Meliat (tertua), Tabul, Santul, Tarakan, dan Bunyu (termuda). Kelompok ini diendapkan selama regresi utama yang berasosiasi dengan pengangkatan tektonik regional. Kelompok ini diendapkan secara tidak selaras di atas Kelompok Sebuku. Menurut Ellen dkk. (2008), pengendapan yang berlangsung secara cepat pada formasi-formasi ini menyebabkan pembebanan lebih sehingga menyebabkan berkembangnya sesar membentuk sesar tumbuh.

Achmad dan Samuel (1984) membagi stratigrafi Cekungan Tarakan menjadi lima siklus pengendapan yang diendapkan secara tidak selaras di atas batuan dasar yang berumur Pra-Tersier (Gambar 2.4). Siklus 1 dan 2 merupakan siklus dengan sedimentasi non-deltaik, sedangkan siklus 3, 4, dan 5 termasuk ke dalam sedimentasi deltaik. Pengendapan Cekungan Tarakan dimulai dengan diendapkannya sedimen klastik Formasi Sembakung secara tidak selaras di atas batuan Pra-Tersier atau batuan dasar ekonomis. Batuan dasar ekonomis terdiri dari batuan sedimen tertua yang mengisi Cekungan Tarakan, yaitu Formasi Danau.



Gambar 2.4 Stratigrafi dan tatanan tektonik Cekungan Tarakan (modifikasi dari Achmad dan Samuel, 1984 dan Ellen dkk.,2008)

Formasi Danau merupakan formasi tertua yang telah terkena tektonik kuat dan termetamorfkan, mengandung kuarsa sabak, serpih, rijang radiolarian, dan breksi yang terserpentinisasi.

1. Siklus pengendapan Eosen Akhir – Oligosen Akhir

Siklus pengendapan pertama dimulai dengan pengendapan Formasi Sujau. Formasi ini terdiri dari batuan klastik kasar, yaitu konglomerat dan batupasir, serta batuan vulkanik, yang diendapkan secara tidak selaras di atas Formasi Sembakung, yang selanjutnya bergradasi ke atas menjadi paparan karbonat yaitu Formasi Seilor. Formasi ini terdistribusi meluas dan diendapkan pada umur Oligosen Awal. Di atas Formasi Seilor diendapkan Formasi Mangkabua secara selaras dan menandakan akhir siklus pertama. Formasi Mangkabua terdiri dari litologi napal yang tebal. Formasi ini diendapkan pada umur Oligosen Akhir. Pengendapan sedimen Formasi Mangkabua diakhiri dengan peristiwa pengangkatan, tersingkap, dan kemudian tererosi sebagian di bagian batas cekungan sebelah barat pada Oligosen Akhir (Achmad dan Samuel, 1984). Oleh karena itu, sebagian besar Formasi Mangkabua telah tererosi.

2. Siklus pengendapan Oligosen Akhir – Miosen Tengah

Siklus ini dimulai dengan pengendapan Formasi Tempilan yang terdiri dari batupasir tipis, tuf, serpih dan lapisan batubara. Formasi ini diendapkan secara tidak selaras di atas Formasi Mangkabua. Selanjutnya terjadi transgresi secara regional dan disertai pengendapan Formasi Tabalar. Formasi ini terdiri dari endapan batugamping mikritik berumur Oligosen Akhir – Miosen Awal yang mengindikasikan mulainya perkembangan paparan karbonat pada Cekungan Tarakan (Achmad dan Samuel, 1984). Formasi Tabalar diendapkan secara selaras di atas Formasi Tempilan. Pada akhir Miosen Awal diendapkan perselingan batupasir-batulempung dengan sisipan batugamping dari Formasi Naintupo yang ekuivalen dengan Formasi Birang di sebelah selatan cekungan. Formasi yang diendapkan pada rezim transgresi ini merupakan hasil perubahan fasies dari Formasi



Tabalar (Achmad dan Samuel, 1984). Seri dari batulempung yang berumur Miosen Awal hingga Miosen Tengah ini menunjukkan adanya peningkatan pengaruh lingkungan laut terbuka (*open marine*). Formasi Mesaloi, ekuivalen dengan Formasi Tabalar, merupakan bagian bawah dari Formasi Birang/Naintupo.

### 3. Siklus pengendapan Miosen Tengah – Miosen Akhir

Siklus ini diawali dengan adanya pengangkatan pada batas barat cekungan pada Awal Miosen Tengah. Pengangkatan tersebut menyebabkan adanya endapan klastik baru yang dapat diendapkan dalam bentuk delta yang mengalami progradasi dari barat ke timur seiring berjalannya waktu. Formasi Birang dan Naintupo dialasi secara tidak selaras oleh Formasi Latih di bagian selatan dan Formasi Meliat di bagian utara cekungan. Formasi Latih diendapkan pada lingkungan laut dangkal hingga delta pada umur Miosen Tengah. Formasi ini terdiri dari batupasir kasar dan terdapat serpih karbonan, dan batugamping tipis. Satuan litologi Formasi Latih ekuivalen dengan Formasi Meliat. Kemudian di atas Formasi Meliat diendapkan Formasi Tabul yang terdiri dari batupasir, batulanau, dan serpih dengan sedikit gamping dan batubara. Menurut Baggelaar (1951) dalam Achmad dan Samuel (1984), di beberapa laporan didefinisikan bahwa bagian atas dari Formasi Tabul ekuivalen dengan Formasi Santul. Formasi ini diendapkan pada Miosen Akhir pada lingkungan dataran delta (*delta plain*). Pada Miosen Tengah - Miosen Akhir, pengendapan pada lingkungan laut yang terjadi mengendapkan Formasi Menubar (Buchan dkk., 1971; dalam Achmad dan Samuel, 1984). Formasi Menubar terdiri atas batulempung gampingan, napal, dan batugamping di Sub-cekungan Muara. Pada Sub-cekungan ini, sedimen terendapkan secara tidak selaras di atas Formasi Birang. Semakin ke atas, Formasi Menubar berkembang secara berangsur menjadi batugamping mikritik. Pada Sub-cekungan Berau, Formasi Menubar diendapkan secara selaras di atas Formasi Latih, tetapi tererosi selama Miosen Akhir.

### 4. Siklus pengendapan Pliosen

Siklus pengendapan selanjutnya merupakan pengendapan Formasi Tarakan, yang merupakan seri deltaik yang berumur Pliosen. Formasi ini diendapkan secara tidak selaras di atas formasi yang lebih tua. Formasi ini terdiri dari batupasir, serpih, dan sisipan batulempung, dan lapisan batubara lignit yang merupakan fasies dataran delta

hingga fluvial. Di sebelah selatan cekungan, formasi ini berkembang sebagai Formasi Sajau yang berangsur berubah menjadi batugamping. Formasi ini kemudian disebut sebagai Formasi Domaring yang berkembang di sebelah selatan bagian barat cekungan.

#### 5. Siklus pengendapan Pleistosen

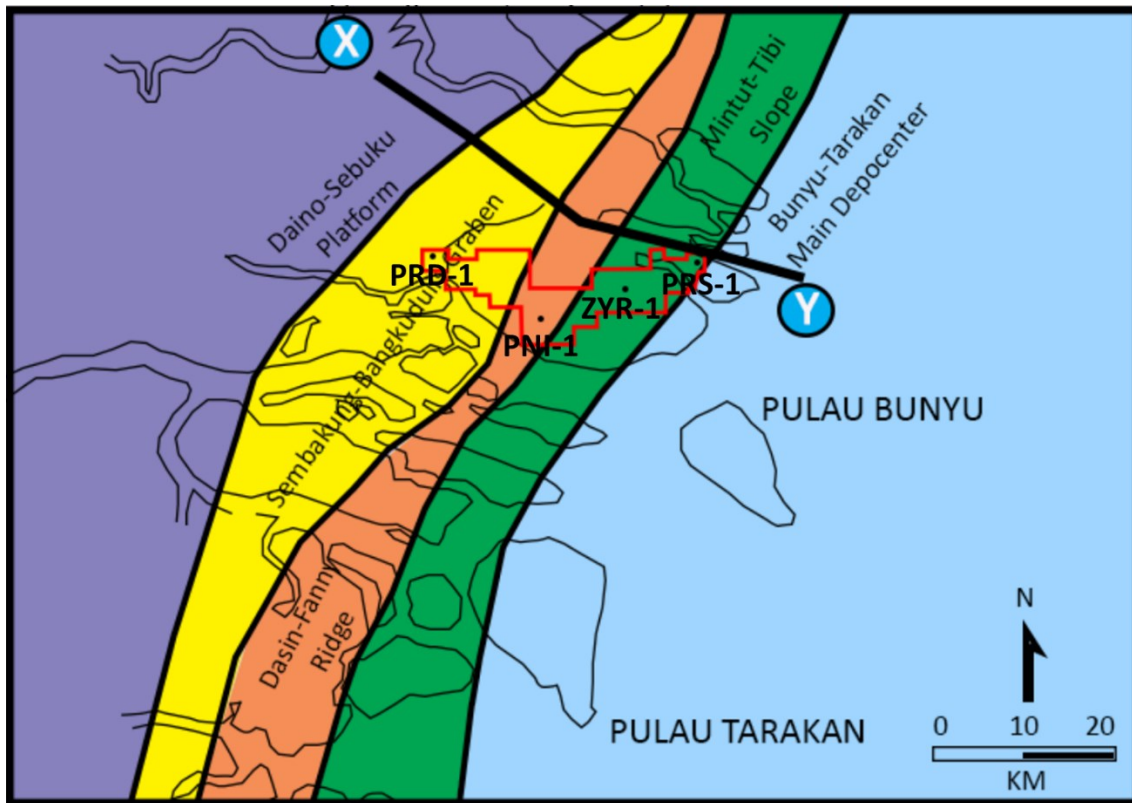
Siklus pengendapan terakhir terjadi pada Pleistosen hingga saat ini yang ditandai dengan diendapkannya Formasi Bunyu dan Waru. Formasi Bunyu diendapkan pada dataran delta bagian atas (*upper delta plain*) hingga lingkungan fluvial, sementara batugamping dan napal Formasi Waru diendapkan ke arah laut (Achmad dan Samuel, 1984).

## II.2 GEOLOGI DAERAH PENELITIAN

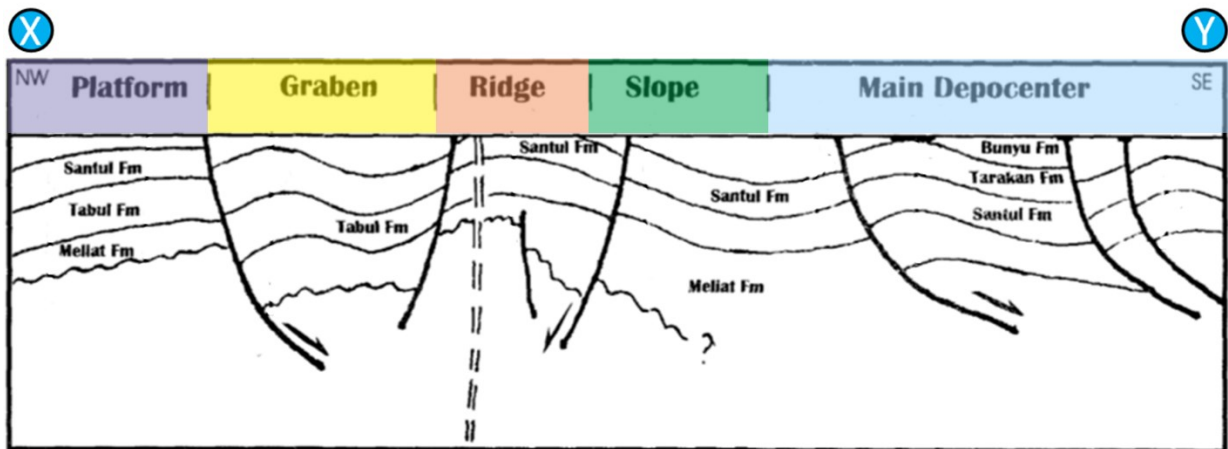
Lapangan CGK berada di bagian utara Cekungan Tarakan yaitu terletak pada Sub-cekungan Tarakan. Lapangan ini melampar luas dari daerah Sesayap di bagian barat cekungan hingga Pulau Mandul dibagian timur cekungan. Lapangan ini termasuk wilayah kerja Pertamina dan sekarang dioperasikan oleh PT JOB Pertamina-Medco E&P. Pada lapangan penelitian ini terdapat empat buah sumur yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu Sumur PRD-1, PNI-1, ZYR-1, dan PRS-1.

### II.2.1 Struktur Geologi Daerah Penelitian

Biantoro dkk. (1996), membagi Sub-cekungan Tarakan menjadi lima daerah geologi yang berdasar pada proses sedimentasi yang berjalan dan perkembangan sesar-sesar normal (*growth fault*) di Sub-cekungan tersebut. Daerah tersebut apabila diurutkan dari barat ke timur yaitu Paparan Daino-Sebuku, *Graben* Sembakung-Bangkudulis, Punggungan Dasin-Fanny, Lereng Mintut-Tibi, dan yang terakhir yaitu Deposenter Bunyu-Tarakan (Gambar 2.5). Penampang yang melintasi wilayah-wilayah tersebut ditunjukkan pada Gambar 2.6. Sesar tumbuh cukup berkembang di daerah Lapangan CGK dan lapangan ini terletak pada wilayah *Graben* Sembakung-Bangkudulis, Punggungan Dasin-Fanny, dan Lereng Mintut-Tibi.



Gambar 2.5 Pembagian Sub-cekungan Tarakan berdasarkan perkembangan sesar normal (*growth fault*) dan proses sedimentasi (modifikasi dari Biantoro dkk., 1996).

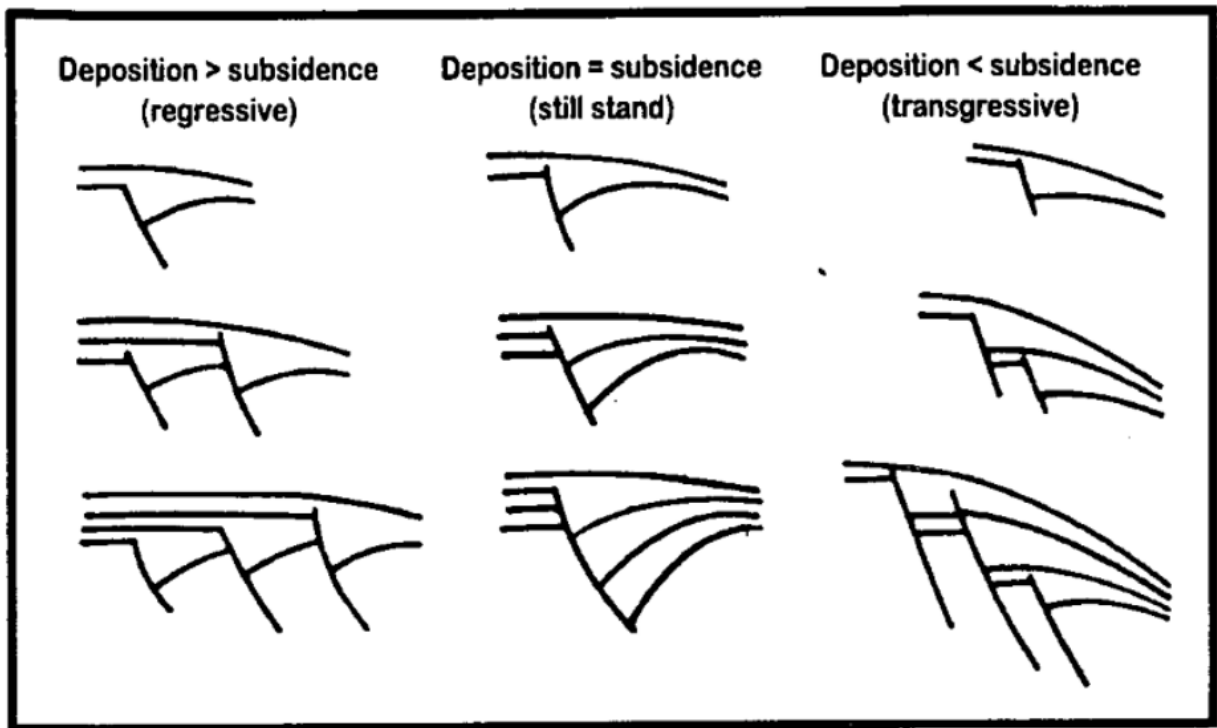


Gambar 2.6 Penampang geologi yang melewati Sub-cekungan Tarakan (Pertamina, 1993; dalam Biantoro dkk., 1996).

Sesar tumbuh terjadi bersamaan dengan sedimentasi dan terbentuk akibat kecepatan sedimentasi yang tinggi serta mengandung material kasar (Biantoro dkk. 1996). Bidang sesar

yang mengalami penurunan ke arah *basinward* dan berbentuk hiperbolik menyebabkan akumulasi sedimen pada bagian *footwall* lebih tebal daripada sedimen pada bagian *hangingwall*.

Bruce (1972) dalam Biantoro dkk. (1996) mengklasifikasikan tiga tipe sesar tumbuh yang umum terbentuk berdasarkan kecepatan dari sedimentasi dan penurunan dasar cekungan (Gambar 2.7). Apabila kecepatan sedimentasi lebih besar daripada kecepatan penurunan dasar cekungan (fase regresi), maka sesar tumbuh akan berprogadasi ke arah cekungan membentuk *roll-over* minor. Selanjutnya, bila kecepatan sedimentasi sama dengan kecepatan penurunan dasar cekungan (*stillstand*), sesar tumbuh utama akan menunjukkan struktur *roll-over* yang jelas dan pergeseran vertikal yang besar. Sementara itu, jika kecepatan sedimentasi lebih kecil daripada kecepatan penurunan cekungan (fase transgresi), maka sesar yang membentuk struktur tangga (*stepping*) akan muncul tanpa *roll-over*. Tipe sesar tumbuh yang pertama dan kedua umumnya terjadi di lingkungan delta yang regresif.

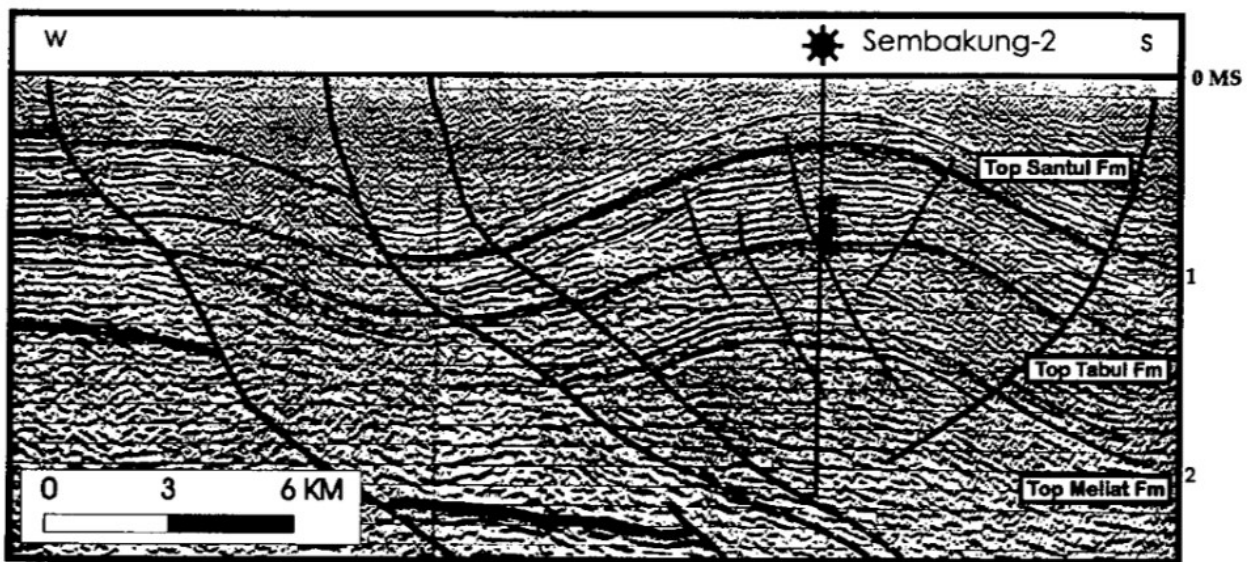


**Gambar 2.7** Tipe sesar tumbuh yang terbentuk berdasarkan kecepatan sedimentasi dan penurunan dasar cekungan (Bruce, 1972; dalam Biantoro dkk., 1996).

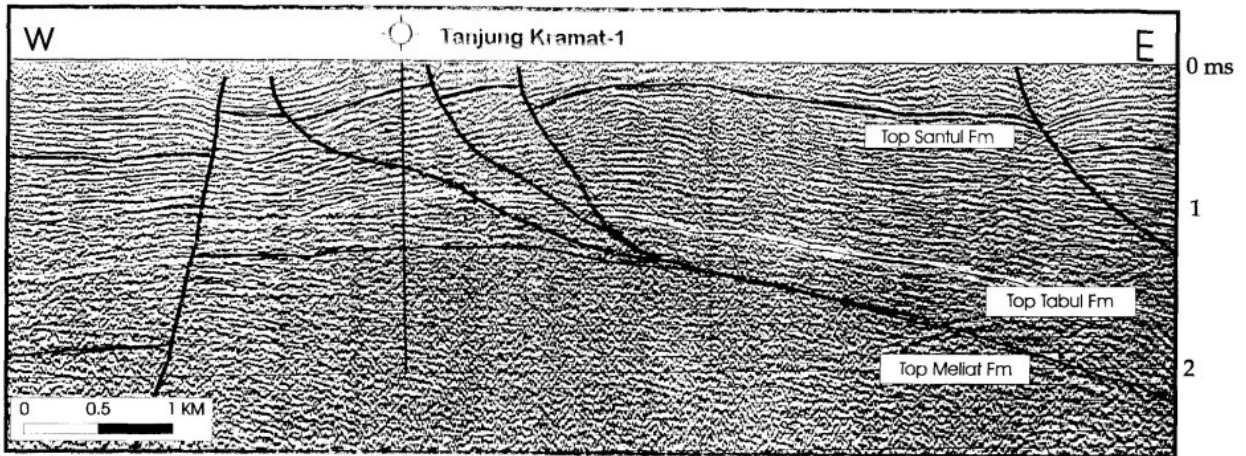
Daerah *Graben* Sembakung-Bangkudulis memiliki struktur yang dikontrol oleh perkembangan struktur *roll-over* yang jelas. Besarnya pergeseran vertikal dan struktur *roll-over* yang jelas menunjukkan sesar tumbuh berkembang pada keadaan kecepatan sedimentasi sama dengan kecepatan penurunan cekungan seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 2.8.

Selanjutnya, sesar tumbuh di daerah Punggungan Dasin-Fanny murni terbentuk akibat sedimentasi yang cepat, yaitu saat awal pengendapan Formasi Tabul (Miosen Akhir). Penampang seismik pada Gambar 2.9 menunjukkan sesar-sesar tumbuh memotong Formasi Tabul dan Santul. Namun pada puncak Formasi Meliat, bidang sesar tumbuh tersebut bergabung menjadi satu bidang lapisan dan membentuk lengkungan.

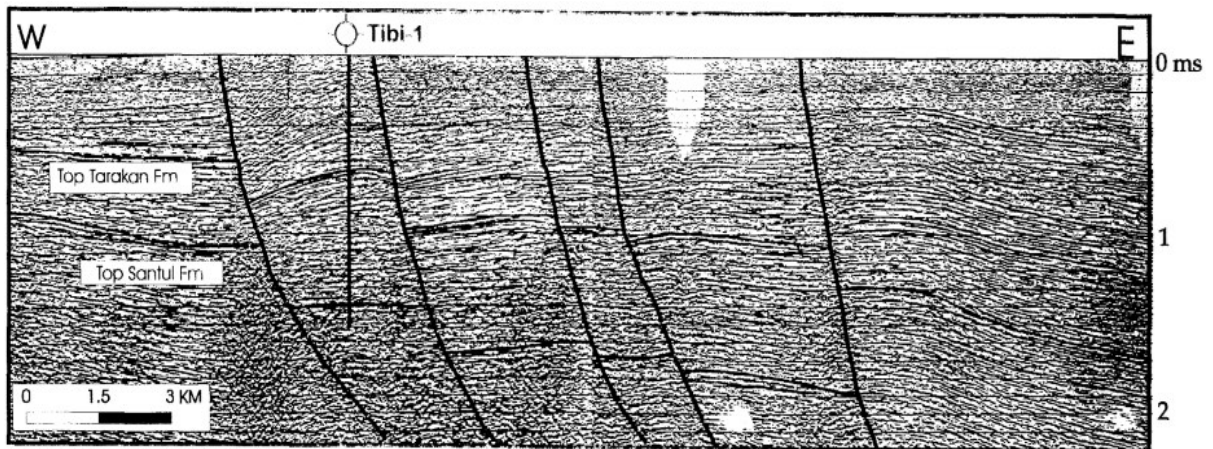
Sesar-sesar tumbuh di daerah Lereng Mintut-Tibi memiliki karakteristik yang sama dengan sesar tumbuh di daerah Punggungan Dasin-Fanny. Gambar 2.10 menunjukkan sesar-sesar tumbuh di daerah Lereng Mintut-Tibi yang membentuk bidang melengkung dan berprogradasi ke arah timur cekungan. Sedimen pada daerah Lereng Mintut-Tibi cenderung lebih tebal dan dikontrol oleh kecepatan sedimentasi yang tinggi secara regresif.



Gambar 2.8 Penampang seismik yang melewati daerah *Graben* Sembakung-Bangkudulis (Biantoro dkk., 1996).



**Gambar 2.9** Penampang seismik yang melewati daerah Punggungan Dasin-Fanny (Biantoro dkk., 1996).



**Gambar 2.10** Penampang seismik yang melewati daerah Lereng Mintut-Tibi (Biantoro dkk., 1996).

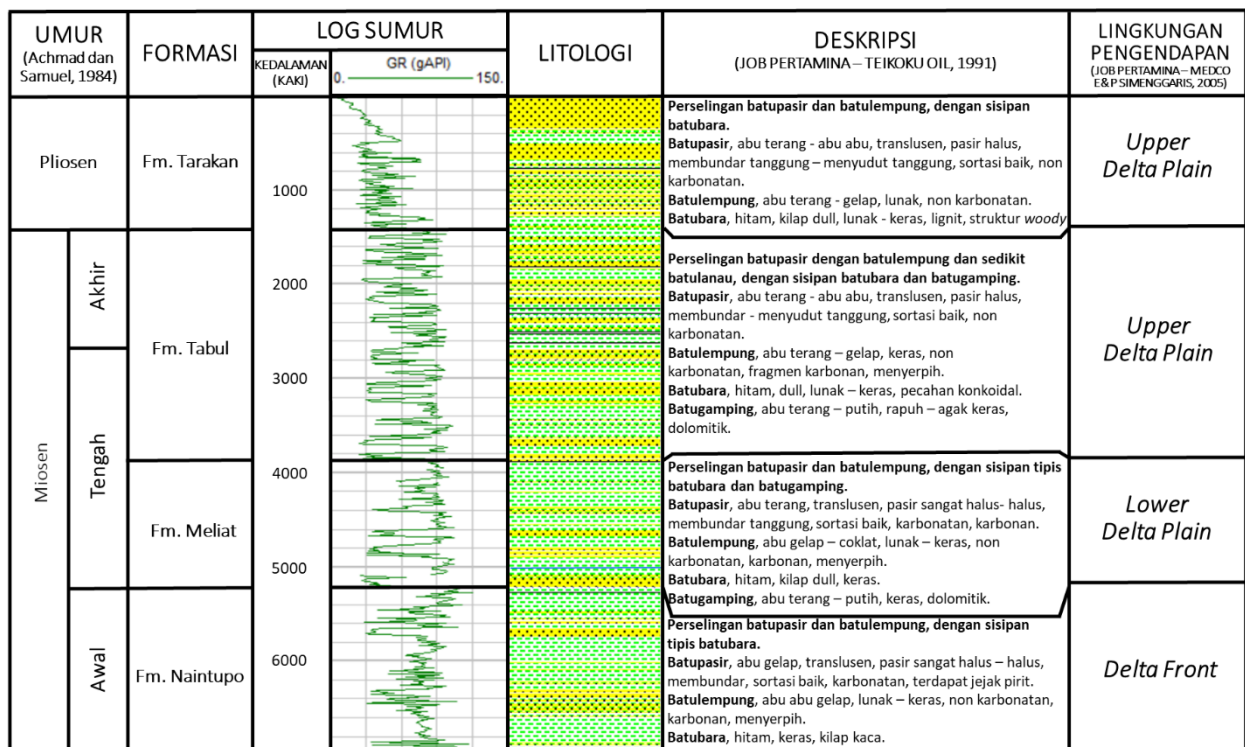
## II.2.2 Stratigrafi Daerah Penelitian

Sumur-sumur pada Lapangan CGK menembus Formasi Tarakan yang berumur Pliosen, Formasi Tabul yang berumur Miosen Tengah hingga Miosen Akhir, Formasi Meliat yang berumur Miosen Tengah, dan Formasi Naintupo yang berumur Miosen Tengah hingga Miosen Akhir. Menurut Baggelaar (1951) dalam Achmad dan Samuel (1984), Formasi Santul merupakan bagian atas dari Formasi Tabul. Pada sumur-sumur di daerah penelitian, deskripsi litologi dilakukan berdasarkan log talikawat, deskripsi *core* atau *side wall core*, dan *completion*

log atau *mudlog*. Berikut ini merupakan stratigrafi dari masing-masing sumur di daerah penelitian:

### II.2.2.1 Sumur PRD-1

Sumur PRD-1 dibor hingga kedalaman 6899,4 kaki. Terdapat empat formasi yang teridentifikasi pada sumur ini, yaitu, dari tua ke muda, Formasi Naintupo, Meliat, Tabul, dan Tarakan (Gambar 2.11). Formasi Naintupo terdiri dari perselingan batupasir-batulempung dengan sisipan tipis batubara yang berumur Miosen Awal. Formasi Meliat terdiri dari perselingan batupasir-batulempung dengan sisipan tipis batubara dan batugamping yang berumur Miosen Tengah. Formasi Tabul terdiri dari perselingan batupasir dengan batulempung dan batulanau dan terdapat sisipan batubara dan batugamping yang berumur Miosen Akhir sampai Miosen Tengah. Formasi Tarakan terdiri dari perselingan batupasir - batulempung dan sisipan batubara yang berumur Pliosen.



Gambar 2.11 Kolom stratigrafi Sumur PRD-1.

Lingkungan pengendapan pada sumur ini diidentifikasi dengan melihat karakteristik log sinar gamma dan deskripsi batuan yang tercantum pada laporan pengeboran untuk masing-masing formasi. Log sinar gamma pada Formasi Tarakan, Tabul, dan Meliat menunjukkan suksesi fasies

yang menghalus ke atas atau yang biasa disebut dengan *bell shape* yang mengindikasikan lengkungan pengendapan dataran delta (*delta plain*). Berdasarkan posisinya, dataran delta dibagi menjadi dua bagian yaitu dataran delta atas (*upper delta plain*) dan dataran delta bawah (*lower delta plain*). Secara umum, endapan dataran delta atas lebih kasar dibandingkan dengan dataran delta bawah karena endapan dataran delta atas masih dipengaruhi oleh lingkungan fluvial. Pada Sumur PRD-1 terlihat bahwa Formasi Tarakan dan Tabul memiliki karakteristik batupasir yang relatif lebih kasar dibandingkan dengan Formasi Meliat. Oleh karena itu, Formasi Tarakan dan Tabul diendapkan pada lingkungan dataran delta atas sedangkan Formasi Meliat diendapkan pada lingkungan dataran delta bawah. Formasi Naintupo diendapkan pada lingkungan *delta front*. Hal ini terlihat dari karakteristik suksesi yang mengasar ke atas (*funnel shape*) pada log sinar gamma dan diinterpretasikan akibat adanya peningkatan kekuatan arus pengendapan. Selain itu jumlah komposisi lempung juga dapat digunakan dalam penentuan lingkungan pengendapan. Pada pengendapan regresi, lempung akan diendapkan ke arah cekungan (*basinward*), sehingga akan ditemukan lempung yang lebih banyak pada lingkungan *delta front*. Hal ini juga terlihat pada Gambar 2.11 yang menunjukkan semakin tebalnya interval batulempung terhadap kedalaman pada sumur PRD-1.

#### **II.2.2.2 Sumur PNI-1**

Sumur PNI-1 dibor hingga kedalaman 7814.8 kaki. Terdapat empat formasi yang teridentifikasi pada sumur ini, yaitu, dari tua ke muda, Formasi Naintupo, Meliat, Tabul, dan Tarakan (Gambar 2.12). Formasi Naintupo berumur Miosen Awal, terdiri dari perselingan batupasir dengan batulempung dan batulanau dengan sisipan tipis batubara. Formasi Meliat berumur Miosen Tengah dan diendapkan di atas Formasi Naintupo. Formasi Meliat terdiri dari perselingan batupasir dengan batulempung dan batulanau serta terdapat sisipan batubara dan batugamping. Di atas Formasi Meliat diendapkan Formasi Tabul yang berumur Miosen Tengah – Miosen Akhir. Formasi Tabul terdiri dari perselingan batupasir dengan batulempung dan sisipan batubara dan batugamping.

Formasi Tarakan berumur Pliosen dan diendapkan di atas Formasi Tabul, dan terdiri dari perselingan batupasir dengan batulempung dan batulanau serta terdapat sisipan batubara. Log sinar gamma pada Formasi Tarakan, Tabul, dan Meliat menunjukkan suksesi fasies yang menghalus ke atas atau yang biasa disebut dengan *bell shape* yang mengindikasikan lengkungan



pengendapan *delta plain*. Selain itu, sisipan batubara yang cukup signifikan pada ketiga formasi tersebut juga mengindikasikan lingkungan pengendapan *delta plain*. Secara umum, endapan di lingkungan *upper delta plain* lebih kasar dibandingkan dengan *lower delta plain* karena adanya pengaruh lingkungan fluvial yang signifikan. Pada Sumur PNI-1 terlihat bahwa Formasi Tarakan dan Tabul memiliki karakteristik batupasir yang relatif lebih kasar dibandingkan dengan Formasi Meliat. Oleh karena itu, Formasi Tarakan dan Tabul diendapkan pada lingkungan *upper delta plain* sedangkan Formasi Meliat diendapkan pada lingkungan *lower delta plain*. Formasi Naintupo diendapkan pada lingkungan *delta front*.

UMUR (Achmad dan Samuel, 1984)	FORMASI	LOG SUMUR		LITOLOGI	DESKRIPSI (JOB PERTAMINA – TEIKOKU OIL, 1991)	LINGKUNGAN PENGENDAPAN (JOB PERTAMINA – MEDCO E&P SIMENGGARIS, 2005)
		KEDALAMAN (KAKI)	GR (gAPI)			
Miosen	Pliosen	Fm. Tarakan	1000		Perselingan batupasir dengan batulempung dan sedikit batulanau, dengan sisipan batubara. Batupasir, abu terang, translusen, loose, pasir kasar – sedang, butir menyudut tanggung, sortasi buruk, karbonatan. Batulempung, abu gelap, lunak, karbonatan, terdapat jejak batubara. Batulanau, coklat terang – gelap, lunak, karbonatan, dan karbonan. Batubara, hitam, kilap dull, struktur woody.	Upper Delta Plain
			2000		Fm. Tabul	Perselingan batupasir dengan batulempung, dengan sisipan batubara dan batugamping. Batupasir, abu terang - abu abu, translusen, pasir sedang – halus, membundar – menyudut tanggung, sortasi baik, porositas buruk – sedang, sedikit karbonatan, kadang terdapat semen karbonatan. Batulempung, abu gelap – coklat, lunak – keras, karbonan, menyerpih. Batubara, hitam, kilap dull, lunak – keras, pecahan konkoidal, struktur woody. Batugamping, abu terang – putih, rapuh – agak keras, kompak, kilap dull.
	3000	Fm. Meliat	Perselingan batupasir dengan batulempung dan batulanau, dengan sisipan batubara dan batugamping. Batupasir, abu terang, translusen, pasir sangat halus, membundar - menyudut tanggung, sortasi baik, porositas sedang, karbonatan. Batulempung, abu gelap – coklat, lunak – keras, karbonan, menyerpih. Batulanau, abu terang, keras, karbonatan, karbonan, struktur bandeol. Batubara, hitam, keras, struktur woody, pecahan konkoidal, kaca. Batugamping, putih kecoklatan, sedang - keras, kilap dull, mineral kalsit.			Lower Delta Plain
	4000		Fm. Naintupo			Perselingan batupasir dengan batulempung dan batulanau, dengan sisipan tipis batubara. Batupasir, abu terang - abu abu, translusen, pasir halus, membundar tanggung – menyudut tanggung, sortasi baik, karbonatan. Batulempung, abu abu, keras, karbonan, menyerpih. Batulanau, abu abu terang, lunak – keras, karbonan. Batubara, hitam, lunak – keras, struktur woody.
	5000	7000				

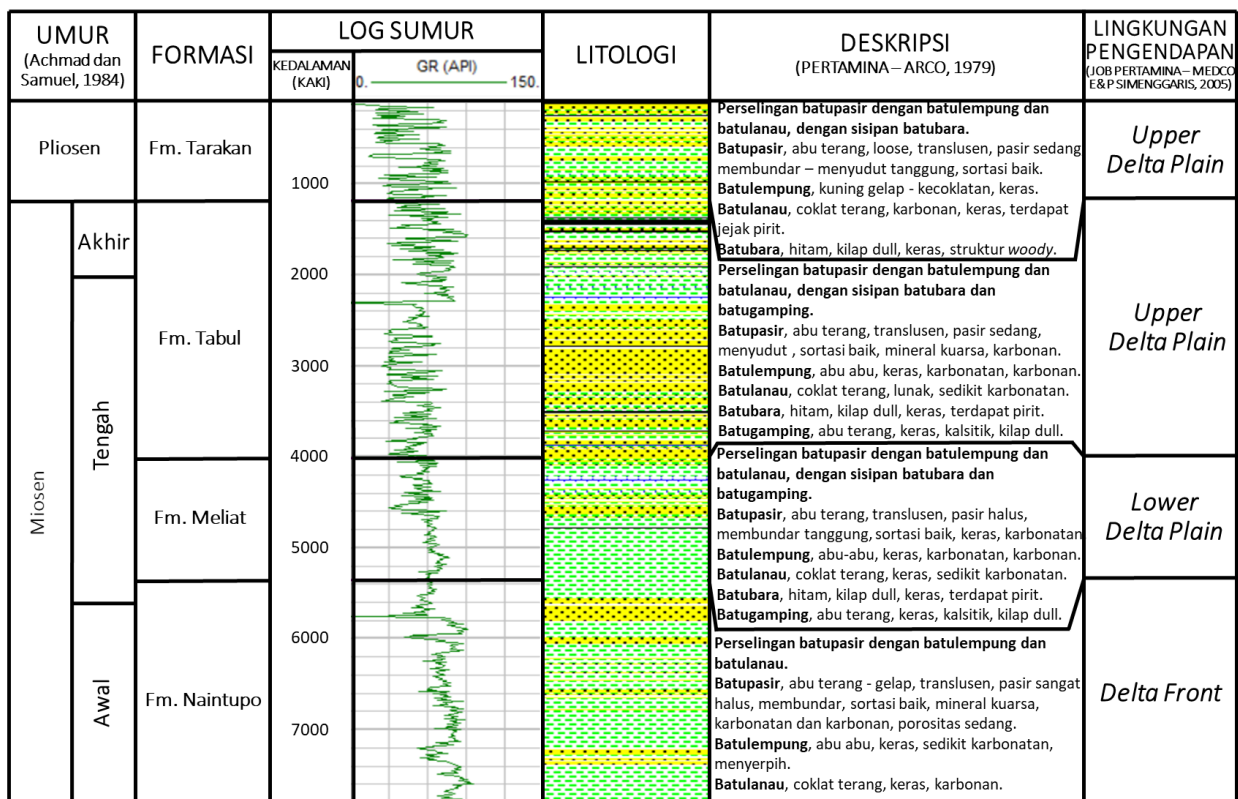
Gambar 2.12 Kolom stratigrafi Sumur PNI-1.

Hal ini terlihat dari karakteristik suksesi yang mengasar ke atas (*funnel shape*) pada log sinar gamma dan diinterpretasikan akibat adanya peningkatan kekuatan arus pengendapan. Selain itu jumlah komposisi lempung juga dapat digunakan dalam penentuan lingkungan pengendapan. Pada pengendapan regresi, lempung akan diendapkan ke arah cekungan (*basinward*), sehingga akan ditemukan lempung yang lebih banyak pada lingkungan *delta front*. Hal ini juga terlihat pada Gambar 2.12 yang menunjukkan semakin tebalnya interval batulempung terhadap kedalaman pada Sumur PNI-1.

### II.2.2.3 Sumur ZYR-1

Sumur ZYR-1 dibor hingga kedalaman 7747,9 kaki di bawah permukaan laut. Sumur ini menembus Formasi Naintupo yang berumur Miosen Awal, Formasi Meliat yang berumur Miosen Tengah, Formasi Tabul yang berumur Miosen Tengah – Miosen Akhir, dan Formasi Tarakan yang berumur Pliosen (Gambar 2.13).

Formasi Naintupo terdiri dari perselingan batupasir-batulempung dan batulanau. Formasi Meliat diendapkan di atas Formasi Naintupo, dengan litologi berupa perselingan batupasir dengan batulempung dan batulanau dan terdapat sisipan batubara dan batugamping. Di atas Formasi Meliat diendapkan Formasi Tabul yang terdiri dari perselingan batupasir-batulempung dan batulanau dengan sisipan batubara dan batugamping.



Gambar 2.13 Kolom stratigrafi Sumur ZYR-1.

Formasi Tarakan diendapkan di atas Formasi Tabul, yang disusun oleh perselingan batupasir-batulempung dengan sisipan tipis batubara. Formasi Tarakan, Tabul, dan Meliat diendapkan di lingkungan *delta plain*, yang terlihat dari suksesi fasies yang menghalus ke atas (*bell shape*) pada log sinar gamma, ukuran butir batupasir yang lebih kasar dibandingkan dengan Formasi

Naintupo, dan adanya sisipan batubara. Batupasir pada Formasi Meliat lebih halus dan pengaruh batubara kurang signifikan dibandingkan pada dua formasi di atasnya. Oleh karena itu, Formasi Meliat diendapkan pada lingkungan *lower delta plain*, sementara Formasi Tabul dan Tarakan diendapkan pada lingkungan *upper delta plain*. Sedangkan Formasi Naintupo menunjukkan karakteristik sukseksi fasies yang mengasar ke atas (*funnel shape*) pada log sinar gamma yang mengindikasikan lingkungan pengendapan *delta front*. Hal tersebut juga terlihat pada karakteristik litologi Formasi Naintupo yang menunjukkan tidak adanya batubara dan ukuran batupasir yang lebih halus dibandingkan formasi di atasnya.

#### **II.2.2.4 Sumur PRS-1**

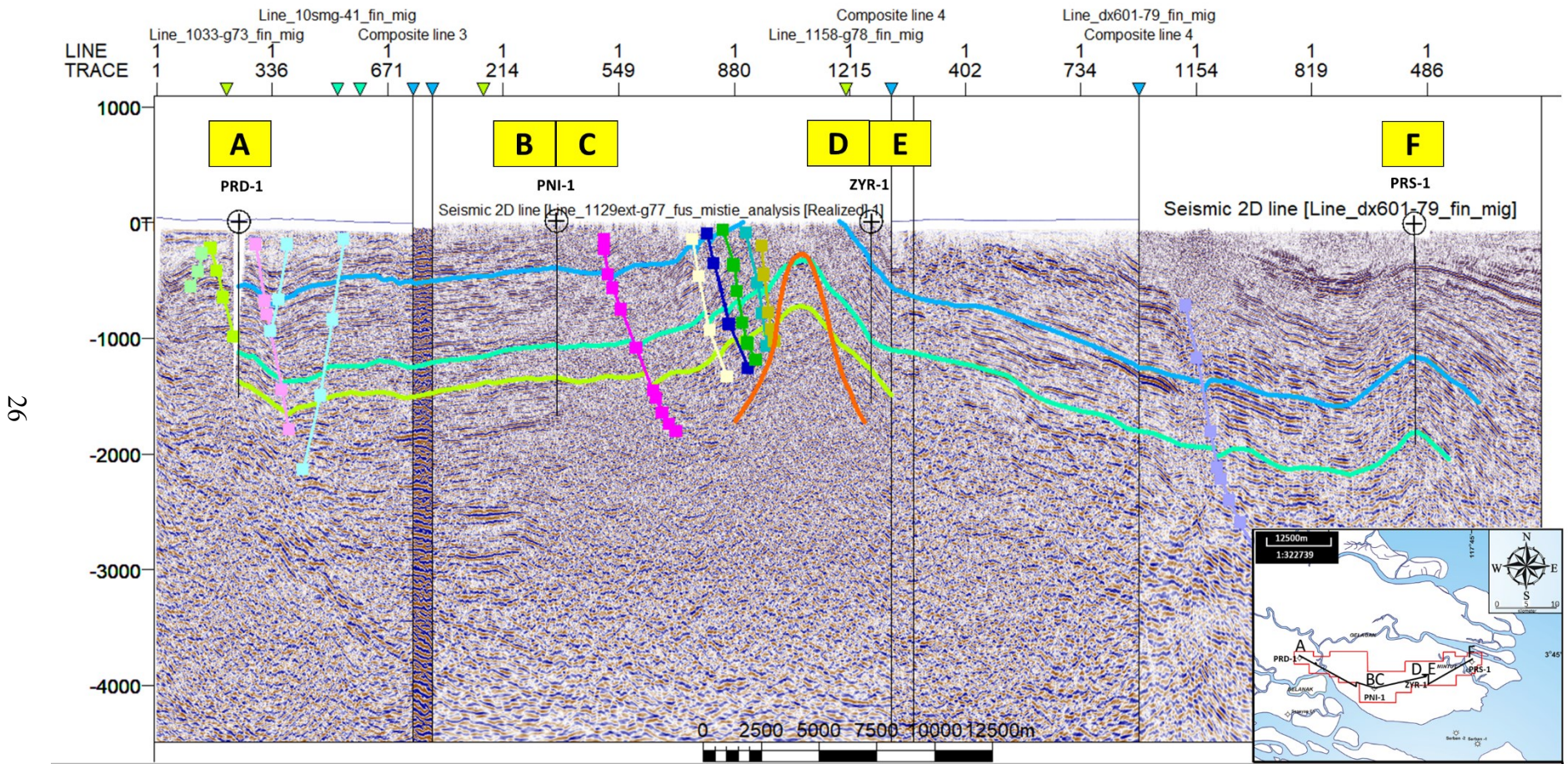
Sumur PRS-1 dibor hingga kedalaman 9412 kaki tetapi data log sinar gamma hanya tersedia hingga kedalaman 7712 kaki di bawah permukaan kaki. Terdapat tiga formasi yang teridentifikasi dari sumur ini yaitu Formasi Meliat yang berumur Miosen Tengah, Formasi Tabul yang berumur Miosen Akhir – Miosen Tengah, dan Formasi Tarakan yang berumur Pliosen (Gambar 2.14). Formasi Meliat terdiri dari perselingan batupasir dengan batulempung dengan sisipan batugamping. Di atas Formasi Meliat diendapkan Formasi Tabul yang terdiri dari perselingan batupasir dengan batulempung dan batulanau, serta sisipan batubara dan batugamping. Formasi Tarakan diendapkan di atas Formasi Tabul, berupa perselingan batupasir dengan batulempung dan batulanau, serta terdapat sisipan batubara dan batugamping. Lingkungan pengendapan pada sumur ini diidentifikasi dengan melihat karakteristik log sinar gamma dan deskripsi batuan yang tercantum pada laporan pengeboran untuk masing-masing formasi. Ketiga formasi yang teridentifikasi diendapkan pada lingkungan *delta plain*, yang terlihat dari sukseksi fasies yang menghalus ke atas (*bell shape*) pada log sinar gamma dan adanya sisipan batubara dan batugamping. Pada Sumur PRS-1 (Gambar 2.14) terlihat bahwa Formasi Tarakan dan Tabul memiliki karakteristik batupasir yang relatif lebih kasar dibandingkan dengan Formasi Meliat dan semakin tebalnya interval batulempung pada Formasi Meliat. Selain itu, pengaruh batubara terlihat lebih signifikan pada Formasi Tarakan dan Tabul. Oleh karena itu, Formasi Tarakan dan Tabul diendapkan pada lingkungan *upper delta plain* sedangkan Formasi Meliat diendapkan pada lingkungan *lower delta plain*.

UMUR (Achmad dan Samuel, 1984)	FORMASI	LOG SUMUR		LITOLOGI	DESKRIPSI (PERTAMINA – ARCO, 1979)	LINGKUNGAN PENGENDAPAN (JOB PERTAMINA – MEDCO E&P SIMINGGARIS, 2005)		
		KEDALAMAN (KAKI)	Gamma Ray (GRI)					
Pliosen	Fm. Tarakan	1000			<p>Perselingan batupasir dengan batulempung dan batulanau, dengan sisipan batubara dan batugamping.</p> <p><b>Batupasir</b>, abu terang, translusen, pasir sedang - halus, menyudut tanggung, sortasi baik, porositas baik, mineral kuarsa, karbonan.</p> <p><b>Batulempung</b>, abu abu, lunak, lengket, lanauan.</p> <p><b>Batulanau</b>, coklat terang, lunak – keras, semen karbonatan.</p> <p><b>Batubara</b>, hitam, kilap dull, lunak – keras, struktur woody, kadang berlapis.</p> <p><b>Batugamping</b>, abu abu terang – putih, keras, porositas buruk, lanauan.</p>	Upper Delta Plain		
		2000						
3000								
4000								
Miosen	Akhir	Fm. Tabul				5000	<p>Perselingan batupasir dengan batulempung dan batulanau, dengan sisipan batubara dan batugamping.</p> <p><b>Batupasir</b>, abu gelap, translusen, pasir halus, membundar tanggung, sortasi baik, porositas baik, mineral kuarsa, karbonatan, karbonan.</p> <p><b>Batulempung</b>, abu gelap, lunak, menyerpih, terdapat peralapisan material karbonan.</p> <p><b>Batulanau</b>, abu terang, keras, terdapat peralapisan material karbonan.</p> <p><b>Batubara</b>, hitam, kilap dull, lunak – keras, pecahan konkoidal, struktur woody.</p> <p><b>Batugamping</b>, abu kecoklatan, keras, dull.</p>	Upper Delta Plain
						6000		
	Tengah	Fm. Meliat				7000		

Gambar 2.14 Kolom stratigrafi Sumur PRS-1.

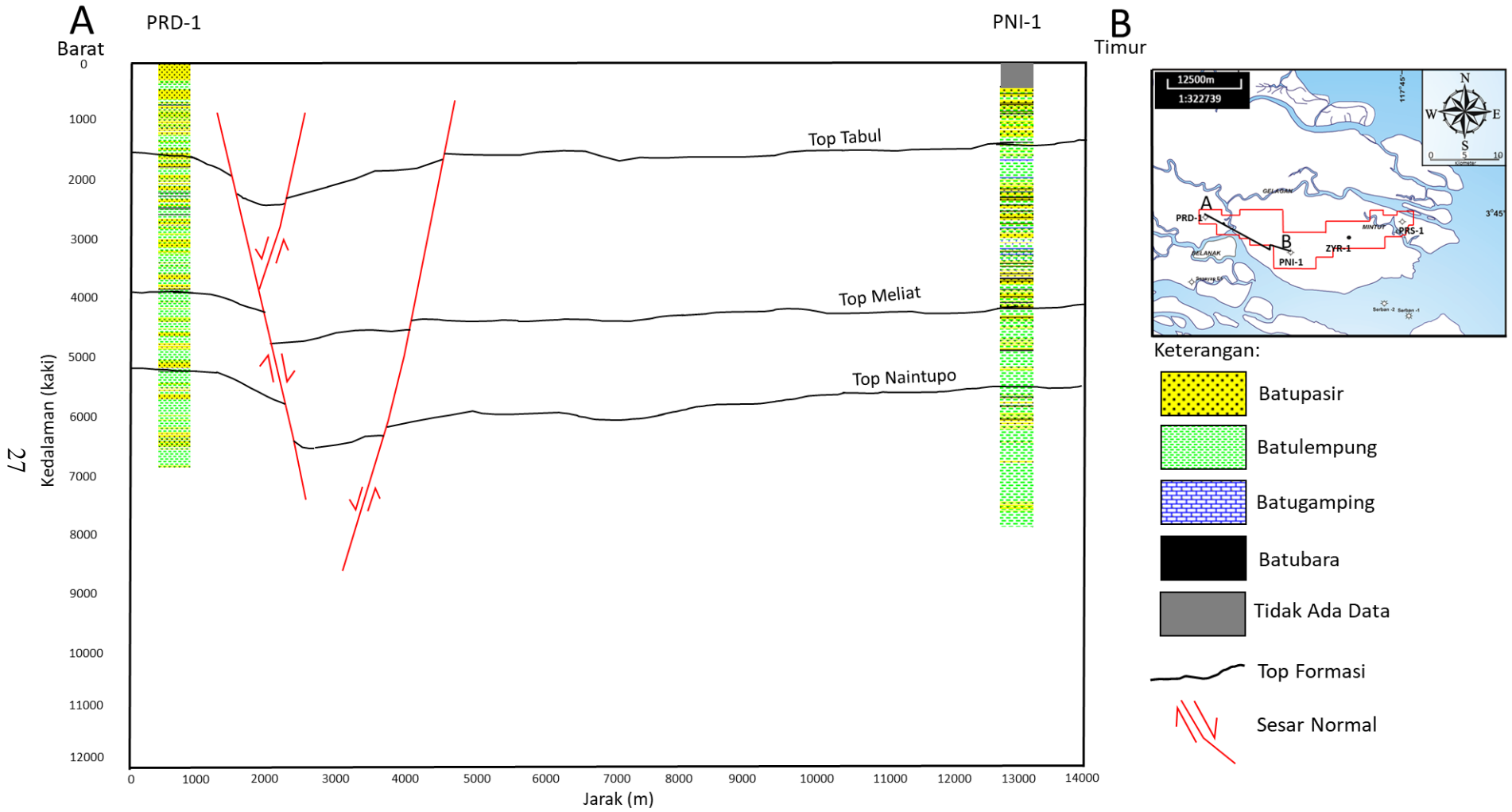
### II.2.2.5 Penyebaran Formasi

Penyebaran formasi pada daerah penelitian digambarkan pada penampang seismik (Gambar 2.15), korelasi puncak masing-masing formasi, dan struktur-struktur yang ada pada lapangan CGK. Terdapat tiga penampang seismik berarah relatif barat-timur pada daerah penelitian, yaitu penampang A-B, C-D, dan E-F. Penampang A-B melewati sumur PRD-1 dan PNI-1 ditunjukkan pada Gambar 2.16, penampang C-D melewati sumur PNI-1 dan ZYR-1 ditunjukkan pada Gambar 2.17, dan penampang E-F melewati sumur ZYR-1 dan PRS-1 ditunjukkan pada Gambar 2.18. Pada penampang A-B terlihat adanya sesar-sesar normal berupa sesar tumbuh yang memotong Formasi Tarakan, Tabul, Meliat, dan Naintupo serta formasi cenderung menebal ke arah timur. Penampang C-D menggambarkan sesar-sesar normal berupa sesar tumbuh yang memotong Formasi Tarakan hingga Naintupo serta menunjukkan relatif penebalan formasi ke arah timur, sedangkan penampang E-F menunjukkan semakin ke arah timur puncak formasi relatif mengalami pendalaman.

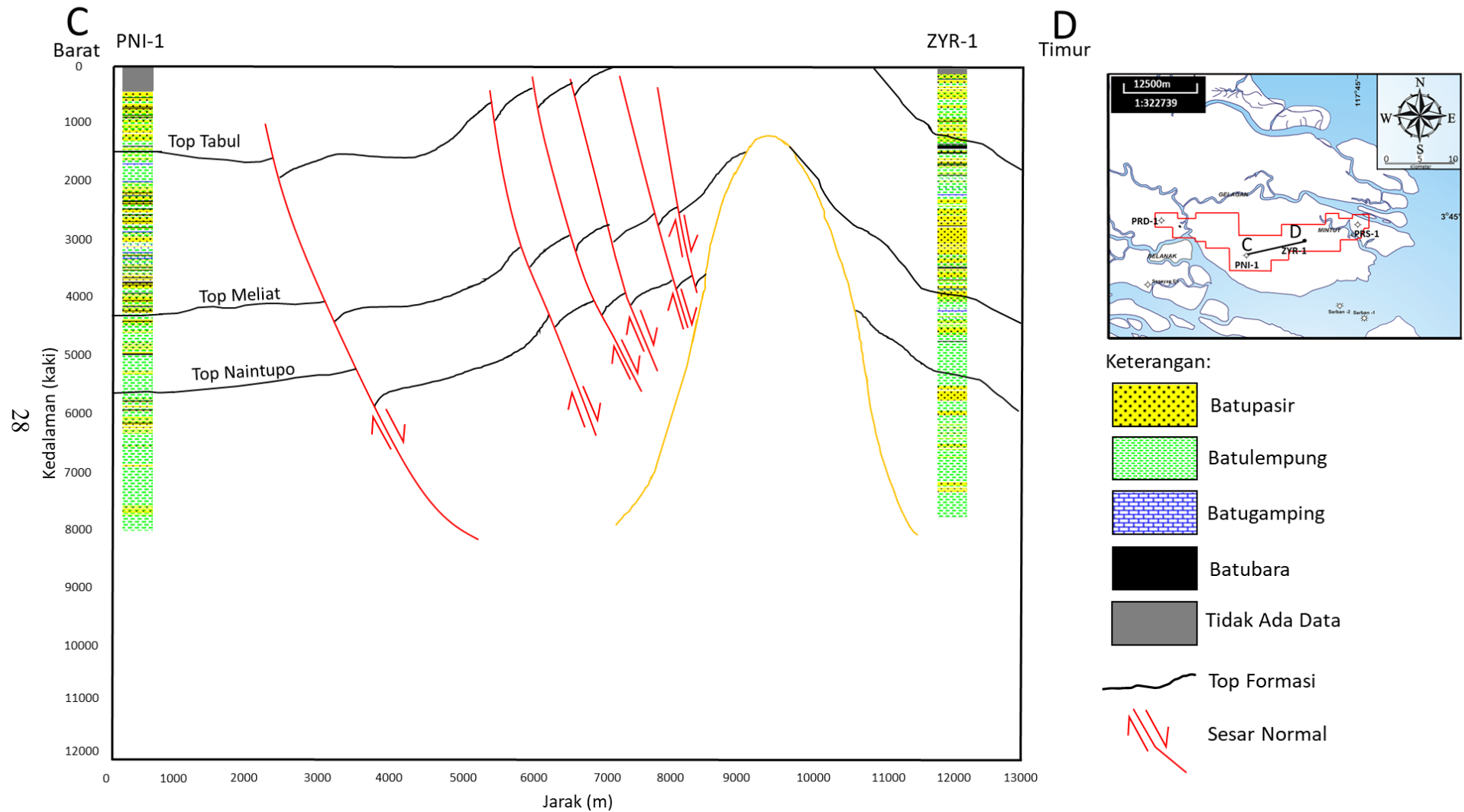


26

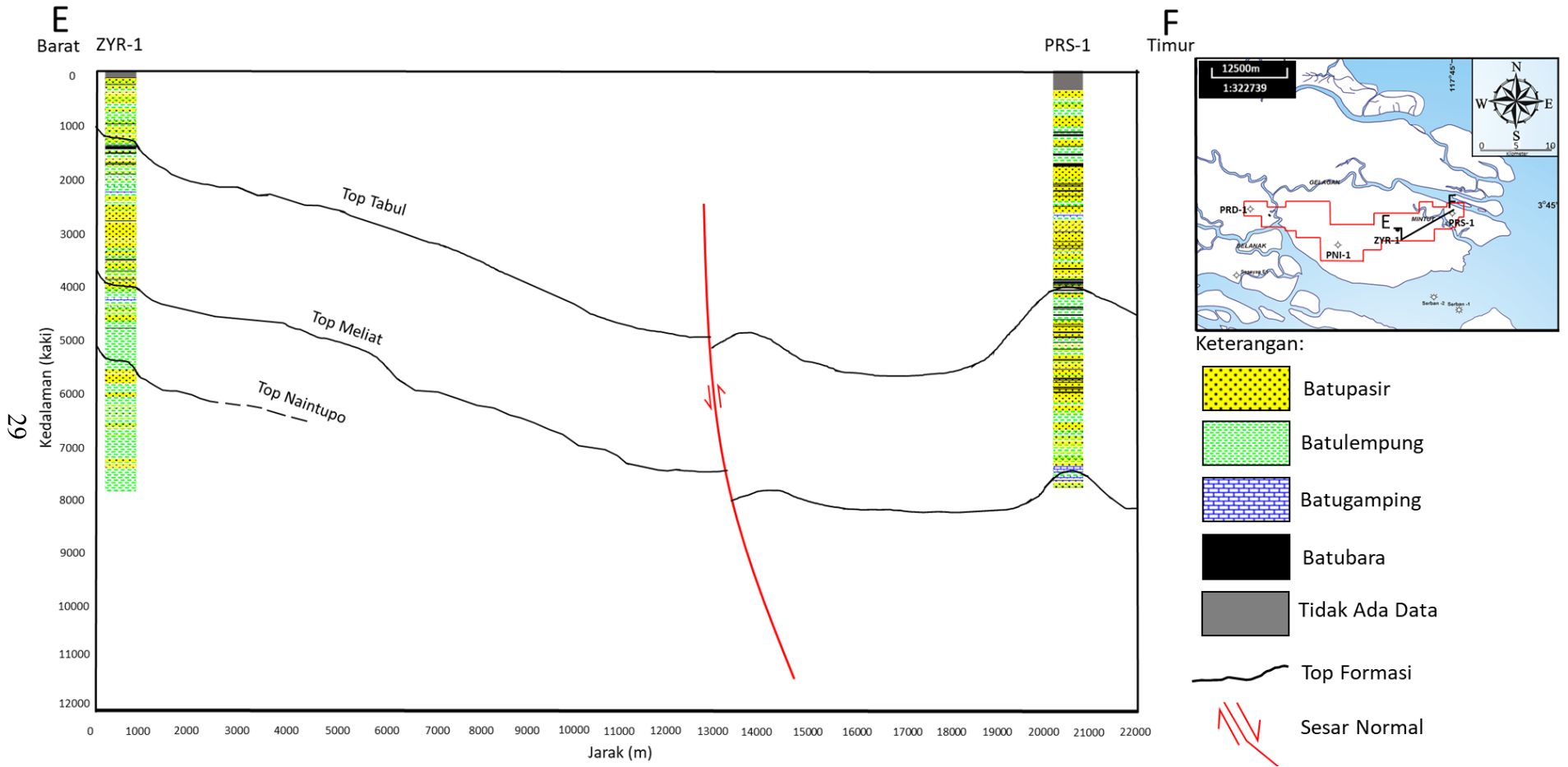
Gambar 2.15 Penampang seismik Lapangan CGK.



**Gambar 2.16** Penampang A-B yang melewati Sumur PRD-1 dan PNI-1.



**Gambar 2.17 Penampang C-D yang melewati Sumur PNI-1 dan ZYR-1.**



**Gambar 2.18 Penampang E-F yang melewati Sumur ZYR-1 dan PRS-1.**

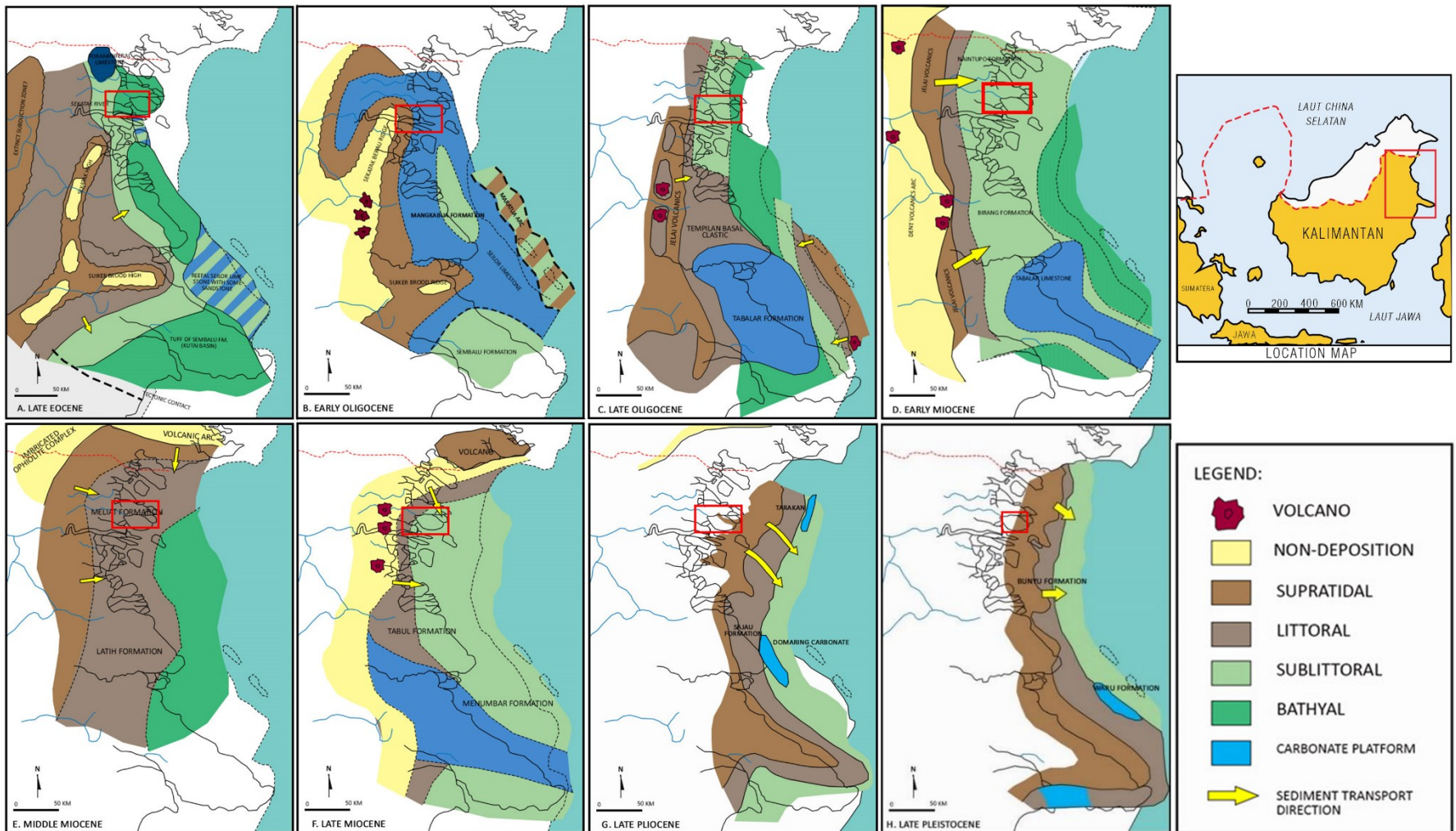


### II. 3 SINTESIS GEOLOGI DAERAH PENELITIAN

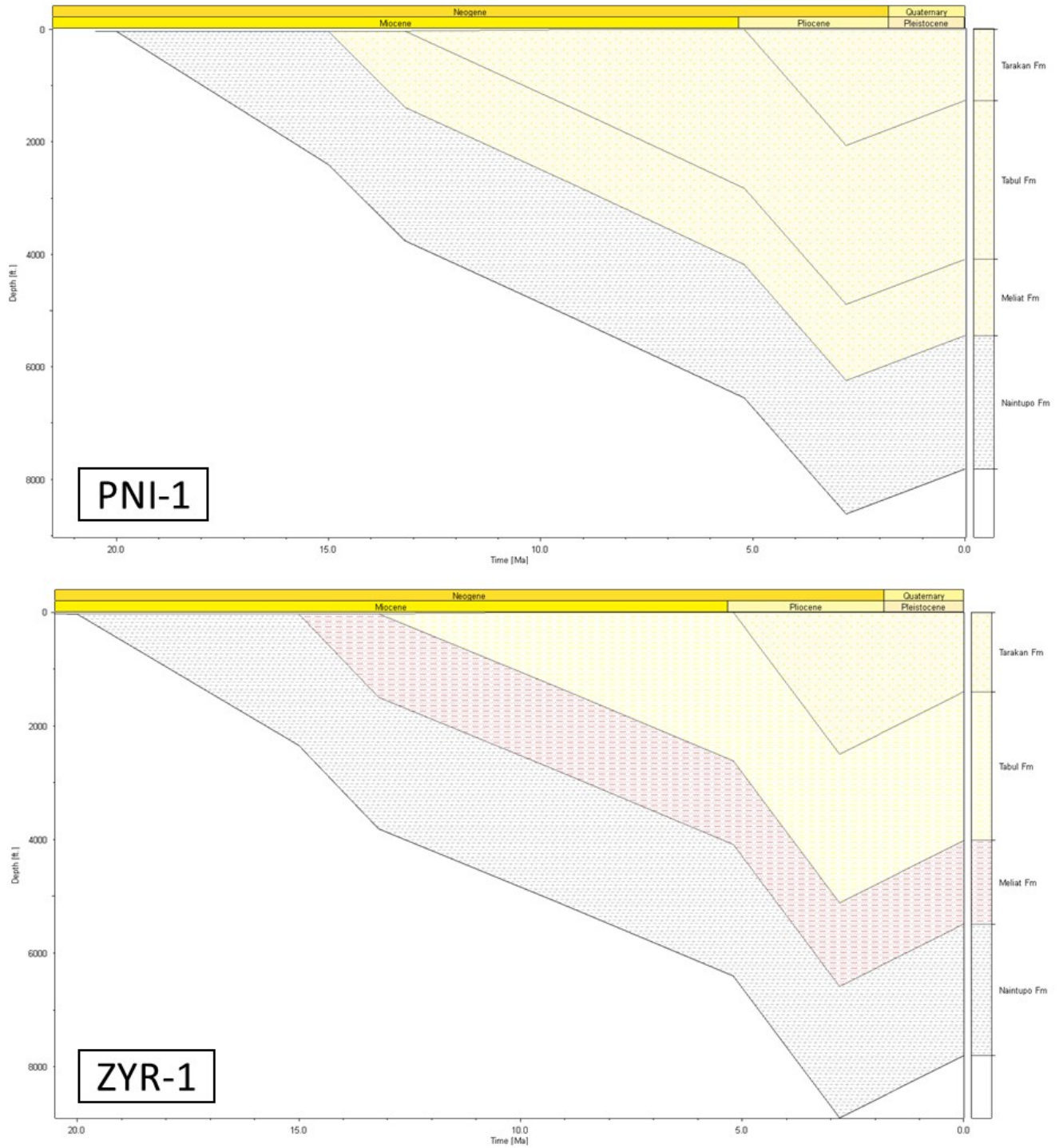
Sejarah geologi daerah penelitian, yang merupakan bagian dari Cekungan Tarakan, dimulai dengan *rifting* pada fase ekstensional yang berlangsung dari Eosen Awal. Paleogeografi regional Cekungan Tarakan mulai dari Eosen Akhir hingga Pleistosen Akhir ditunjukkan oleh Gambar 2.19. Pada saat *rifting* diendapkan Formasi Sembakung yang berlangsung pada Eosen Tengah (Lentini dan Darman, 1996). Formasi ini diendapkan pada lingkungan pengendapan laut dalam (Achmad dan Samuel, 1984). Selanjutnya, Formasi Sujau diendapkan pada Eosen Akhir di atas Formasi Sembakung secara tidak selaras. *Rifting* yang berlangsung dari Eosen Awal berakhir pada masa Eosen Akhir. Pada masa Eosen Akhir terjadi pengangkatan yang menyebabkan lingkungan pengendapan pada daerah penelitian berubah menjadi laut dangkal (Achmad dan Samuel, 1984). Sumur-sumur pada daerah penelitian tidak ada yang menembus endapan *syn-rift* ini.

Menurut Achmad dan Samuel (1984), memasuki umur Oligosen Awal pengendapan transgresif dimulai, yang mengendapkan Formasi Seilor secara selaras di atas Formasi Sujau dan membentuk paparan karbonat di laut dangkal. Kemudian sedimentasi secara transgresi terus berjalan hingga lingkungan pengendapan berangsur menjadi laut dalam dan pengendapan Formasi Mangkabua yang semakin luas. Sumur-sumur pada daerah penelitian juga tidak ada yang menembus formasi berumur Oligosen Awal – Akhir.

Pada Oligosen Akhir, terjadi pengangkatan kembali pada bagian barat cekungan sehingga Formasi Mangkabua terangkat dan mengalami erosi (Achmad dan Samuel, 1984). Setelah itu di atas Formasi Mangkabua diendapkan Formasi Tempilan dan Tabalar secara tidak selaras. Setelah pengendapan Formasi Tempilan dan Tabalar berakhir, terendapkan Formasi Naintupo yang berisi endapan klastik. Pada akhir Miosen Awal, proses sedimentasi terus berjalan setelah terendapkannya Formasi Naintupo yang menyebabkan lingkungan pengendapan berubah menjadi lingkungan delta, yaitu *delta front*. Fase pengendapan sedimen pada akhir Miosen Awal berubah menjadi fase regresif. Progradasi ke arah timur pada Miosen Tengah mengendapkan Formasi Meliat dalam fase regresif di atas Formasi Naintupo dengan lingkungan *lower delta plain*. Pada sejarah pemendaman (Gambar 2.20), terlihat bahwa kecepatan sedimentasi meningkat saat pengendapan Formasi Meliat. Formasi Meliat terdiri dari endapan sedimen klastik.



Gambar 2.19 Paleogeografi Cekungan Tarakan dari Eosen Akhir hingga Pleistosen Akhir (Pertamina BPPKA, 2005).



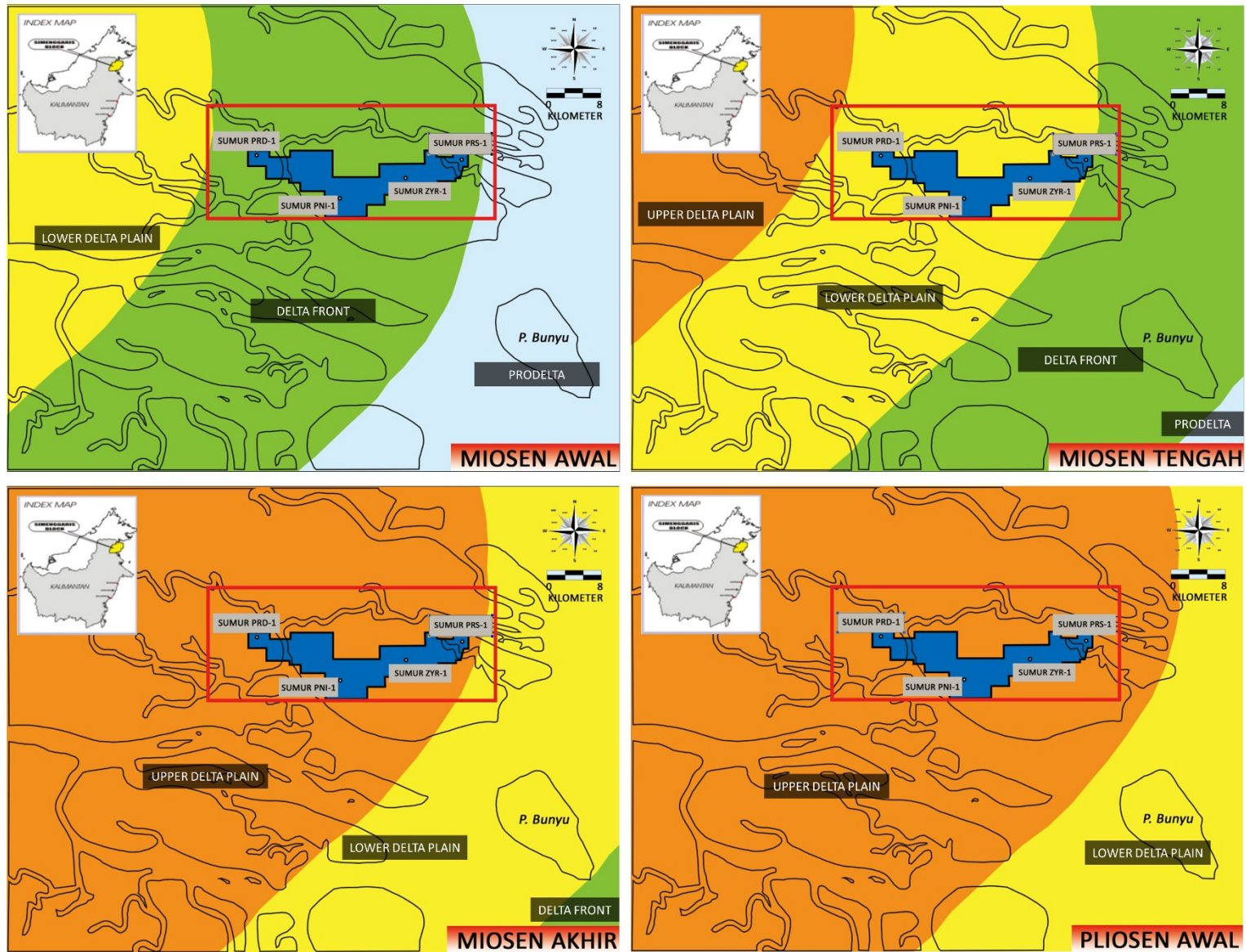
**Gambar 2.20 Kurva sejarah pemendaman Sumur PNI-1 dan Sumur ZYR-1.**

Menurut Achmad dan Samuel (1984), kecepatan sedimentasi yang tinggi dengan suplai sedimen yang besar ini mengakibatkan reaktivasi sesar-sesar tua, dan membentuk sesar tumbuh (*growth fault*). Oleh karena itu pada umur ini sesar tumbuh juga mulai berkembang. Setelah itu, Formasi Tabul yang terdiri dari endapan klastik diendapkan di atas Formasi Meliat pada umur Miosen Tengah – Akhir pada lingkungan pengendapan *upper delta plain*.

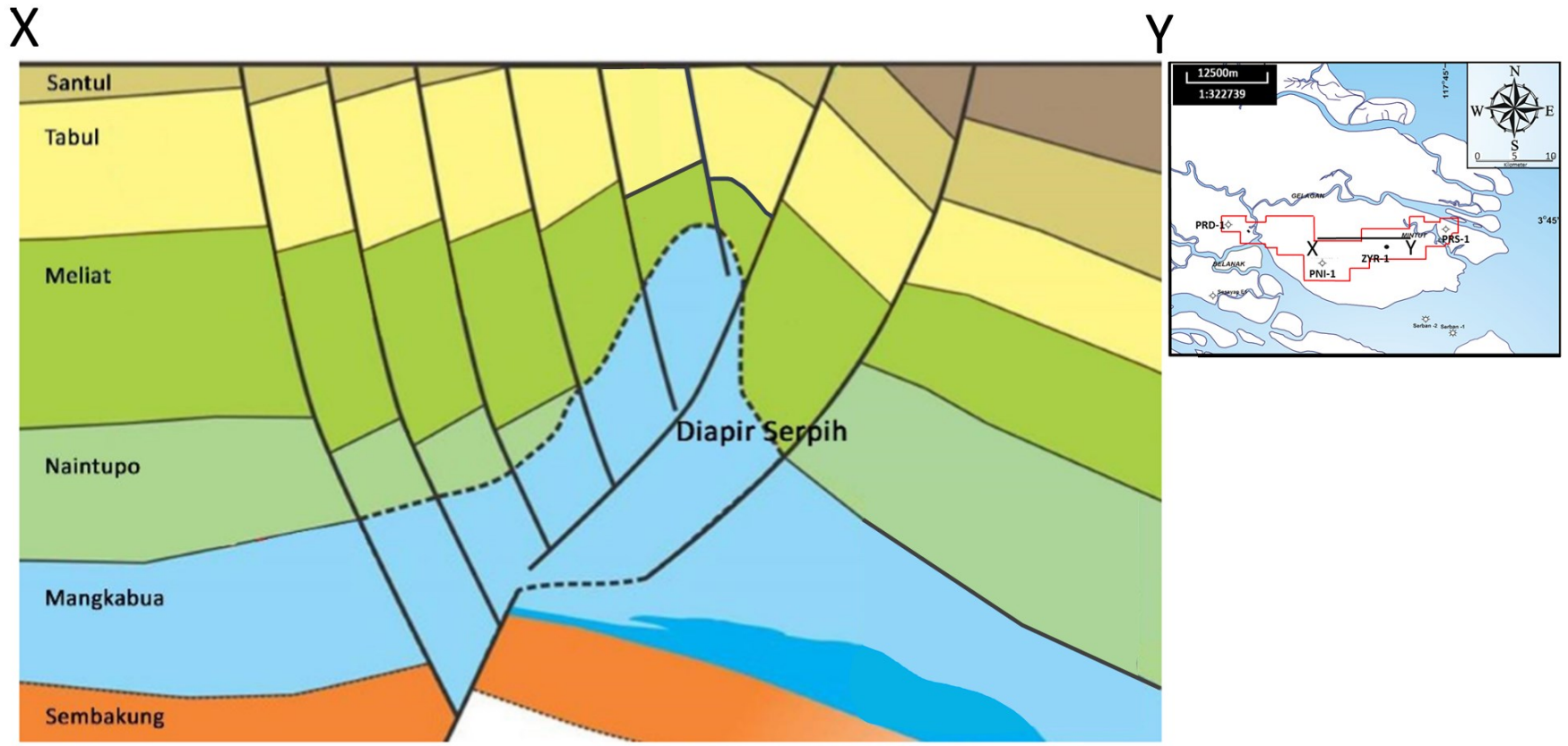
Pengendapan dengan struktur sesar tumbuh terus berjalan hingga terendapkannya Formasi Tarakan pada umur Pliosen. Kemudian terjadi pengangkatan pada bagian barat cekungan yang menyebabkan Formasi Tarakan terangkat dan tererosi. Pengangkatan tersebut terlihat pada kurva sejarah pemendaman pada Gambar 2.20. Progradasi delta ke arah timur terus berjalan, dan terendapkan sedimen klastik Formasi Tarakan di atas Formasi Tabul pada lingkungan *upper delta plain*.

Pengangkatan pada umur Pliosen (Gambar 2.20) menyebabkan daerah penelitian tidak lagi menjadi lingkungan pengendapan sedimen pada umur Pleistosen hingga Resen. Hal ini ditunjukkan dengan tidak ditemukannya endapan formasi yang lebih muda daripada Formasi Tarakan pada sumur-sumur daerah penelitian. Endapan-endapan yang lebih muda seperti Formasi Bunyu dan Waru diendapkan pada bagian timur cekungan tepatnya pada perairan Selat Makassar. Ilustrasi lingkungan pengendapan daerah penelitian dari setiap umur ditunjukkan pada Gambar 2.21.

Sesar-sesar yang terbentuk dan tereaktivasi karena pembebanan menyebabkan adanya zona lemah di sekitar sesar-sesar tersebut (JOB Pertamina – Medco E&P Simenggaris, 1980). Akibat adanya zona lemah tersebut, tekanan tinggi pada serpih Formasi Mangkabua yang mengalami *overpressure* kuat keluar melalui rekahan-rekahan di zona lemah tersebut dan membentuk struktur diapir, sehingga terekam keberadaan diapir serpih di bagian timur dari Lapangan CGK serta membentuk antiklin. Gambar 2.22 menggambarkan antiklin akibat diapir serpih pada Lapangan CGK. Pada umur Pleistosen cekungan mulai memasuki fase kompresi, yang menyebabkan terjadi pengaktifan kembali sesar-sesar mendatar dan terjadinya kompresi (Lentini dan Darman, 1996). Fase ini menyebabkan inversi pada sesar-sesar tumbuh yang telah terbentuk selama pengendapan cekungan ini, tetapi pada daerah penelitian tidak ditemukan adanya sesar-sesar anjak.



Gambar 2.21 Ilustrasi perubahan lingkungan pengendapan Lapangan CGK (JOB Pertamina – Medco E&P Simenggaris, 2005).



Gambar 2.22 Gambaran diapir serpih di Cekungan Tarakan (JOB Pertamina – Medco E&P Simenggaris, 2005).