

## **BAB II**

### **GEOLOGI REGIONAL**

#### **2.1 Fisiografi Cekungan Tarakan**

Cekungan Tarakan merupakan salah satu dari 3 (tiga) Cekungan Tersier utama yang terdapat di bagian timur *continental margin* Kalimantan (dari utara ke selatan: Cekungan Tarakan, Cekungan Kutai dan Cekungan Barito), yang dicirikan oleh hadirnya batuan sedimen klastik sebagai penyusunnya yang dominan, berukuran halus sampai kasar dengan beberapa endapan karbonat.

Secara fisiografi, Cekungan Tarakan meliputi kawasan daratan dan sebagiannya lagi kawasan lepas pantai. Di bagian utara dibatasi oleh tinggian Semporna yang terletak sedikit di utara perbatasan Indonesia - Malaysia, di sebelah selatan oleh Punggungan Mangkalihat yang memisahkan Cekungan Tarakan dengan Cekungan Kutai. Ke arah barat dari cekungan meliputi kawasan daratan sejauh 60 sampai 100 km dari tepi pantai hingga Tinggian Kucing, ke arah timur batas cekungannya diketahui melewati kawasan paparan benua dari Laut Sulawesi.

Lapangan MD terletak pada daerah Simenggaris yang secara geografis terletak di propinsi Kalimantan Timur bagian timurlaut mencakup area dengan luas 912 km<sup>2</sup> dan secara administratif daerah Simenggaris ini termasuk dalam dua kabupaten yang dibatasi oleh Sungai Sesayap. Di bagian utara termasuk wilayah Kabupaten Nunukan sedangkan bagian selatan termasuk wilayah Kabupaten Bulungan. Blok Simenggaris terdiri dari pulau-pulau yang dipisahkan oleh sungai-sungai yang sangat lebar. Lebar

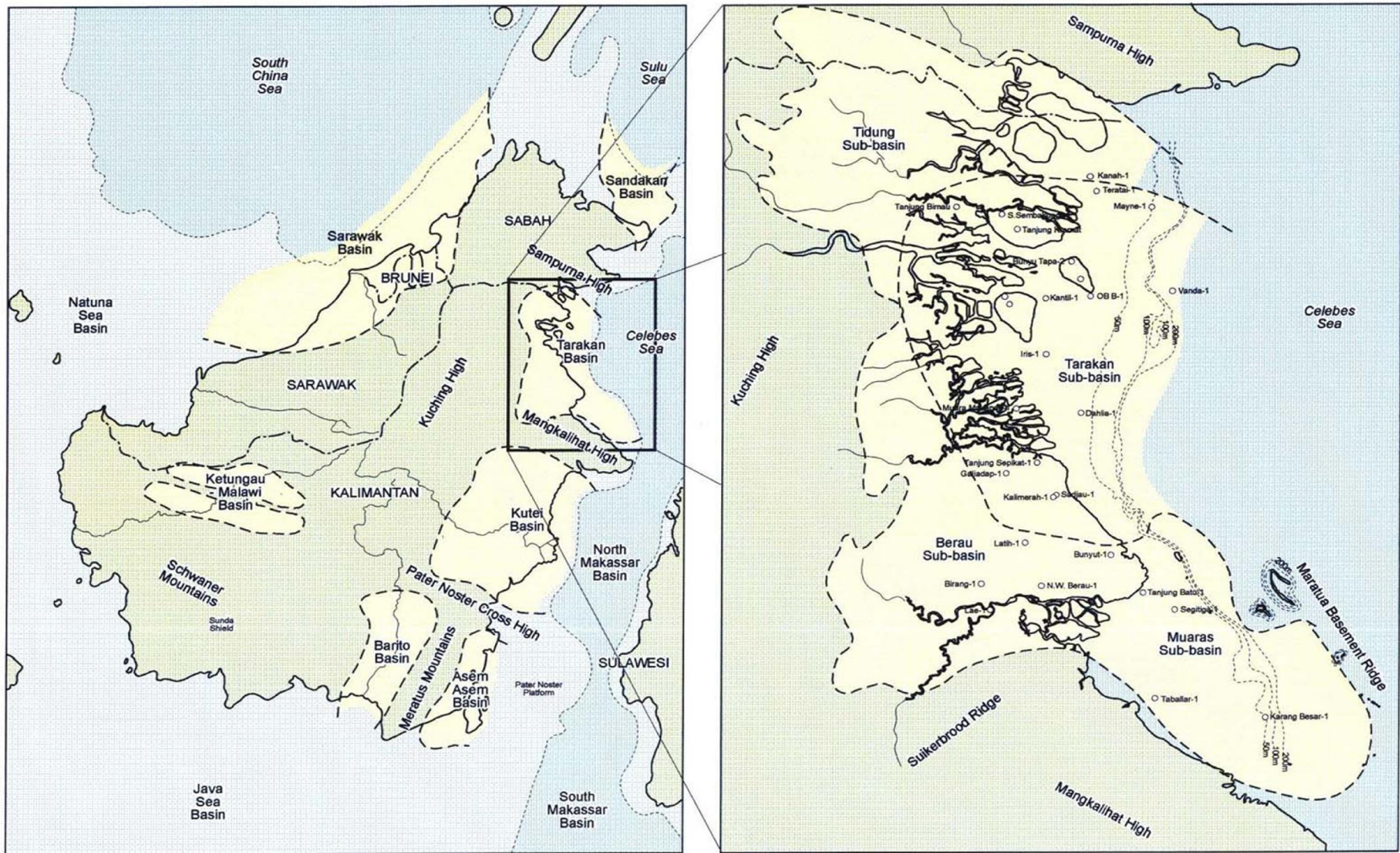
sungai dapat mencapai lebih dari 3,5 km. Daerahnya berupa daratan rawa-rawa, daerah transisi dan sebagian kecil daerah laut dangkal yang ditutupi oleh tumbuhan nipah dan *mangrove* dan hanya sebagian kecil berupa daratan yang ditutupi hutan tanaman keras. Cekungan Tarakan adalah daerah rendahan di sebelah utara Cekungan Kutai di bagian timur Pulau Kalimantan yang bersama dengan berbagai cekungan lainnya menjadi pusat pengendapan sedimen dari bagian timur laut *Sunda Land* selama zaman Kenozoikum. Batas Cekungan Tarakan di bagian barat dibatasi oleh lapisan Pra-Tersier Tinggian Kuching dan dipisahkan dari Cekungan Kutai oleh kelurusan timur-barat Tinggian Mangkalihat (**Gambar 2.1**).

Proses pengendapan Cekungan Tarakan di mulai dari proses pengangkatan. Transgresi yang diperkirakan terjadi pada Kala Eosen sampai Miosen Awal bersamaan dengan terjadinya proses pengangkatan gradual pada Tinggian Kuching dari barat ke timur. Pada Kala Miosen Tengah terjadi penurunan (regresi) pada Cekungan Tarakan, yang dilanjutkan dengan terjadinya pengendapan progradasi ke arah timur dan membentuk endapan delta, yang menutupi endapan prodelta dan batial. Cekungan Tarakan mengalami proses penurunan secara lebih aktif lagi pada Kala Miosen sampai Pliosen. Proses sedimentasi delta yang tebal relatif bergerak ke arah timur terus berlanjut selaras dengan waktu.

Cekungan Tarakan berupa depresi berbentuk busur yang terbuka ke timur ke arah Selat Makasar atau Laut Sulawesi yang meluas ke utara Sabah dan berhenti pada zona subduksi di Tinggian Semporna dan merupakan cekungan paling utara di Kalimantan. Tinggian Kuching dengan inti lapisan Pra-Tersier terletak di sebelah baratnya, sedangkan batas selatannya adalah *Ridge Suikersbood* dan Tinggian Mangkalihat.

Ditinjau dari fasies dan lingkungan pengendapannya, Cekungan Tarakan terbagi menjadi empat sub cekungan, yaitu Tidung *Sub-basin*, Tarakan *Sub-basin*, Muara *Sub-basin* dan Berau *Sub-basin*.

1. Tidung *Sub-basin*: Terletak paling utara dan untuk sebagian besar berkembang di daratan, terisi sedimen berumur Oligosen sampai Miosen Akhir. Dipisahkan dengan Berau *sub-basin* di bagian selatan oleh Sekatak *Ridge*.
2. Berau *Sub-basin*: Terletak pada bagian selatan dan sebagian besar berkembang di daratan. terisi oleh sedimen berumur Eosen Akhir sampai Miosen Akhir.
3. Tarakan *Sub-basin*: Terletak pada bagian tengah dan merupakan sub cekungan paling muda. Perkembangan paling utara ke arah lepas pantai dan terisi dengan Formasi Tarakan-Bunyu yang berumur Miosen Akhir.
4. Muara *Sub-basin*: Merupakan deposenter paling selatan dan perkembangan sedimennya ke arah lepas pantai di utara Tinggian Mangkalihat. Dipisahkan dengan Berau *sub-basin*, di utaranya oleh *Suikerbrood Ridge*, yaitu suatu Tinggian yang berarah Barat- Timur.



**Gambar 2.1** Cekungan Tarakan Kalimantan Timur (Sumber: *Core-Lab G&G Evaluation Simenggaris Block*)

## 2.2 Struktur Geologi Cekungan Tarakan

Struktur utama di Cekungan Tarakan adalah lipatan dan sesar yang umumnya berarah baratlaut-tenggara dan timurlaut-baratdaya. Terdapat pola deformasi struktur yang meningkat terutama sebelum Miosen Tengah bergerak ke bagian utara cekungan. Struktur-struktur di Sub-cekungan Muara dan Berau mengalami sedikit deformasi, sementara di Sub-cekungan Tarakan dan Tidung lebih intensif terganggu (Ahmad dkk, 1984). Sub-cekungan Berau dan Muara didominasi oleh struktur-struktur regangan yang terbentuk oleh aktifitas tektonik semasa Paleogen, sementara intensitas struktur di Sub-cekungan Tarakan dan Tidung berkembang oleh pengaruh berhentinya peregangan di Laut Sulawesi yang diikuti oleh aktifitas sesar-sesar mendatar di fasa akhir tektonik Tarakan (Fraser dan Ichram, 1999).

Di Cekungan Tarakan terdapat 3 *sinistral wrench fault* yang saling sejajar dan berarah baratlaut-tenggara, yaitu:

1. Sesar Semporna yaitu sesar mendatar yang berada di bagian paling utara, memisahkan kompleks vulkanik Semenanjung Semporna dengan sedimen neogen di Pulau Sebatik.
2. Sesar Maratua sebagai zona *kompleks* transpresional membentuk batas Sub-cekungan Tarakan dan Muara.
3. Sesar Mangkalihat Peninsula, yang merupakan batas sebelah selatan Sub-cekungan Muara bertepatan dengan garis pantai utara Semenanjung Mangkalihat dan merupakan kemenerusan dari Sesar Palu-Koro di Sulawesi.

Struktur sesar tumbuh (*growth fault*) paling umum terdapat di Sub-cekungan Tarakan dengan arah utara-baratlaut (di selatan) dan timurlaut (di utara) dengan perubahan *trend* yang diperlihatkan oleh perubahan orientasi garis pantai pada mulut Sungai Sesayap, dari utara-baratlaut di selatan Pulau Tarakan ke arah timurlaut di utara

Pulau Bunyu (Wight, dkk. 1993). Kelompok sesar yang berarah utara lebih menerus dan mempunyai *offset* terbesar.

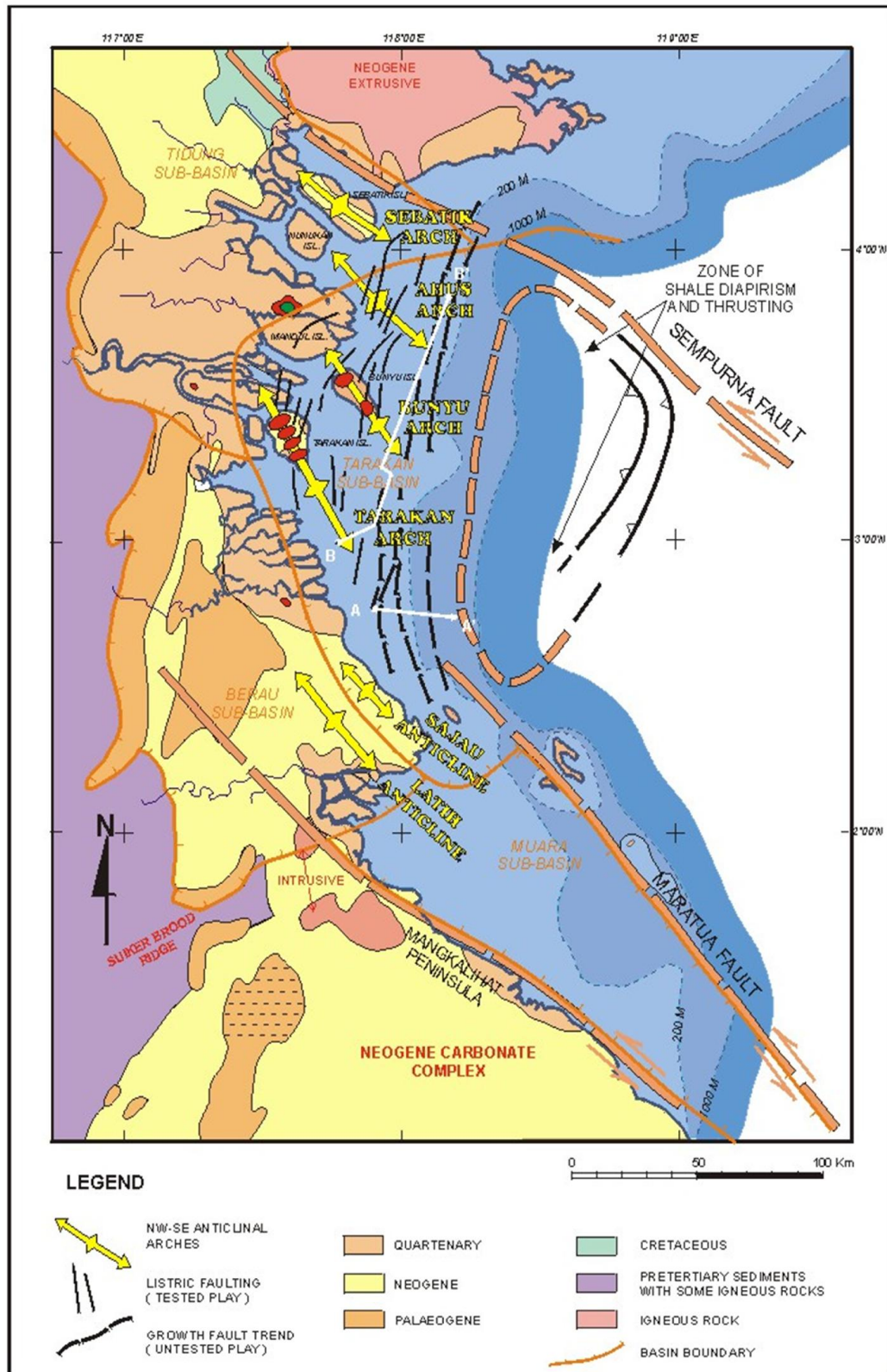
Di daerah daratan (*onshore*), yang melingkupi sub-sub cekungan Tidung, Berau, dan Tarakan, peta geologi permukaan menunjukkan adanya 2 rejim struktur yang berbeda antara daerah Sekatak-Bengara (Sub-cekungan Berau) dengan daerah Simenggaris (Sub-cekungan Tarakan). Di Sekatak-Bengara sesar-sesar turun dan mendatar berarah utara dan barat laut mendominasi terutama karena yang tersingkap di permukaan umumnya adalah endapan-endapan paleogen. Sementara di daerah Simenggaris sesar-sesar turun dan mendatar berarah timurlaut mendominasi permukaan geologi yang ditempati oleh endapan-endapan Neogen.

Di sebelah timur Pulau Tarakan terdapat *trend* struktur sesar tumbuh yang berarah utara-selatan dan makin ke timur lagi terdapat *zone shale* diapir dan *thrusting*. Jalur seismik regional yang menerus sampai ke lepas pantai memperlihatkan tipe struktur dari rejim ekstensional dan sistem sesar utara-selatan tersebut. Progradasi delta ke arah timur dan *forced-regression* selama turunnya muka laut mengendapkan batuan reservoir di daerah lereng kontinental dalam suatu rejim sesar-anjak di muka delta (*toe-thrusting system*).

Selain struktur sesar, di Cekungan Tarakan berkembang 5 buah *arch* (busur) atau antiklin besar terutama di bagian barat. Dari utara ke selatan busur-busur tersebut dinamakan Busur Sebatik, Ahus, Bunyu, Tarakan dan Latih. Busur-busur tersebut sebenarnya adalah tekukan menunjam (*plunging flexure*) yang besar berarah tenggara dibentuk oleh transpresi timurlaut-baratdaya dan berorientasi utara barat laut – selatan tenggara. Umur dari kompresi makin muda ke arah utara. Intensitas lipatan juga meningkat ke arah utara dimana busur yang makin besar di lepas pantai menghasilkan lipatan yang tajam dan sempit di daratan, yaitu di daerah Simenggaris.

Busur Latih dan antiklin-antiklin kecil yang berkembang di bagian selatan dari Cekungan Tarakan (Sub-cekungan Muara) juga mempunyai orientasi baratlaut-tenggara. Antiklin-antiklin minor di selatan ini merupakan struktur inversi, dimana di bagian intinya ditempati oleh lempung laut dalam Eosen sampai Miosen Akhir dan batugamping turbidit yang ketat (Wight dkk., 1993).





**Gambar 2.2** Simplified Geologic Map of The Tarakan Basin (Sumber: Pertamina-BEICIP,1992; Netherwood&Wight,1993; Situmorang&Buchan,1992)



### 2.3 Tektonik Sub-Cekungan Tarakan

Secara tektonik, sejarah Sub-Cekungan Tarakan saat ini merupakan gambaran hasil aktifitas tektonik Plio - Pleistosen. Elemen-elemen tektonik utama sebagai penyusun cekungan adalah:

1. Melange Kapur/Eosen Awal, jalur Kalimantan Tengah di bagian barat. Daerah ini tersusun oleh batuan metamorf yang tertektonisasi kuat. Achmad dan Samuel (1984), memperkirakan jalur ini berumur Permo-Karbon atau Jura-Kapur.
2. Semenanjung Semporna yang membentuk tinggian terletak di sebelah utara perbatasan Indonesia dan Malaysia. Menurut Hamilton (1979), kompleks Semporna termasuk Busur Sulu dan secara genetic berhubungan dengan proses tumbukan lempeng Filipina dan NE Kalimantan.
3. Semenanjung Mangkalihat di bagian selatan merupakan tinggian dengan lapisan sedimen tersier tipis, memisahkan Cekungan Tarakan di utara dan Kutai di bagian selatan.
4. Kearah timur, Cekungan Tarakan menyebar melintasi Laut Sulawesi menuju palung laut Makasar. Batas paling timur dari Cekungan Tarakan tidak dapat ditentukan secara jelas. Elemen tektonik Cekungan Tarakan, Kalimantan Timur (Samuel, 1984) Blok Simenggaris.

### 2.4 Stratigrafi Regional Sub-Cekungan Tarakan

Stratigrafi regional Sub-Cekungan Tarakan yang digunakan dalam studi mengacu pada pembagian dan tatanama dari Achmad dan Samuel (1984) dan Akuanbatin, *et.al.*(1984). Berdasarkan pemisahan tersebut stratigrafi Cekungan Tarakan didasari oleh batuan dari formasi-formasi berumur Kapur hingga Eosen Tengah yang termasuk kedalam *group* Formasi Sembakung. Di atas *group* Formasi Sembakung secara tidak selaras menumpang batuan sedimen dari umur Eosen Akhir hingga Pleistosen. Sedimen tersebut

terbagi kedalam 5 siklus pengendapan, yaitu terdiri dari 2 siklus transgresif yang dimulai dari Eosen Akhir hingga Miosen Awal (siklus 1 dan siklus 2), 3 siklus regresif mulai Miosen Tengah hingga Pleistosen (siklus 3, 4, 5). (**Gambar 2.3**).

### **Kapur-Eosen Tengah (*Basement Complect*)**

*Basement complect* tersusun oleh batuan sedimen yang telah mengalami metamorfosis lanjut dan terdiri dari Formasi Danau, Formasi Sembakung dan Formasi Malio. Formasi Danau merupakan formasi yang tertua, tertektonisasi kuat dan sebagian termetamorfosakan, terdiri dari: *quartzite, shale, slate, phillite, chert radiolarian*, dan *breksi serpentinite*, diperkirakan berumur Kapur. Secara tidak selaras di atas Formasi Danau diendapkan Formasi Sembakung pada Paleosen/Eosen Awal, terdiri dari batupasir, batulempung lanauan, dan batuan vulkanik. Di atas Formasi Sembakung diikuti oleh pengendapan Formasi Malio berumur Eosen Tengah yang terdiri dari batulempung berfosil, karbonan kadang-kadang mikaan. Formasi-formasi tersebut merupakan sikuen yang sangat kompak, terlipat kuat dan tersesarkan.

### **Eosen Akhir/Oligosen(siklus 1)**

Sedimen siklus-1 terdiri dari Formasi Sujau, Seilor dan Mangkabua dan ketiganya menumpang secara tidak selaras di atas *group* Formasi Sembakung dan menunjukkan hubungan menjemari ke arah timur dimulai dari Formasi Sujau di bagian barat kemudian berubah menjadi Formasi Mangkabua dan Formasi Seilor ke arah timur.

### **Oligosen Akhir-Miosen Awal(siklus-2)**

Sedimen siklus-2 tersusun oleh Formasi Tempilan di bagian bawah dan Formasi Naintupo di bagian atas.

#### 1. Formasi Tempilan

Formasi Tempilan menumpang secara tidak selaras di atas sedimensedimen yang lebih tua dan secara umum tersusun oleh batupasir dengan ketebalan dari 1,7 ft hingga 80 ft, dan telah mengalami silifikasi. Berdasarkan data nanofosil diinterpretasikan berumur Oligosen Akhir sampai Miosen Awal diendapkan pada lingkungan supralitoral-litoral berupa endapan fluvial bermeander dan *tidal flat*.

#### 2. Formasi Naintupo

Formasi Naintupo secara umum tersusun oleh batulempung, batulanau dengan sisipan batupasir.

### **Miosen Tengah-Akhir (Siklus 3)**

Sedimen siklus-3 terdiri dari Formasi Meliat, Formasi Tabul dan Formasi Santul yang diendapkan mulai dari Formasi Meliat yang tertua kemudian Formasi Tabul dan Formasi Santul.

#### 1. Formasi Meliat

Formasi Meliat menumpang secara tidak selaras di atas sedimen siklus-2 dan secara umum terdiri dari batulanau, batulempung/serpih, batupasir, di beberapa tempat berkembang batubara dan batugamping. Berdasarkan data Foraminifera dan palinologi, Formasi Meliat berumur Miosen Tengah bagian bawah, secara umum diendapkan pada lingkungan *transisi (litoral)* sampai laut terbuka (*inner sublitoral*).

## 2. Formasi Tabul

Formasi Tabul menumpang secara selaras di atas Formasi Meliat. Penebalan terjadi pada jalur Sembakung-Bangkudulis. Secara umum Formasi Tabul, didominasi oleh batupasir, batulempung/serpih, karbonan dan beberapa tempat berkembang batubara. Ke arah tengah batupasir berkembang baik terutama di bagian tengah dan bawah formasi membentuk endapan-endapan *channel* dengan ketebalan bervariasi dari 3 ft hingga 140 ft. Batubara pada bagian utara dan tengah tidak berkembang, namun di bagian tepi barat batubara berkembang sebagai perselingan dengan batulempung dan batupasir dengan tebal antara 0,7-6 ft. Di bagian selatan jalur ini perkembangan batupasir menjadi tipis-tipis dan berkembang batubara sebagai perselingan dengan batulempung, batulanau dan batupasir, ketebalan batubara antara 1,7-10 ft.

## 3. Formasi Santul

Formasi Santul menumpang secara selaras di atas Formasi Tabul dan dicirikan oleh perselingan batupasir, batulempung dan batubara. Batupasir sebagian menunjukkan ciri endapan *channel*.

### **Pliosen-Pleistosen (Siklus 4 dan 5)**

Sedimen siklus-4 disusun oleh satu formasi, yaitu Formasi Tarakan. Demikian halnya sedimen siklus-5, yaitu hanya terdiri dari Formasi Bunyu yang menumpang secara tidak selaras diatas Formasi Tarakan.

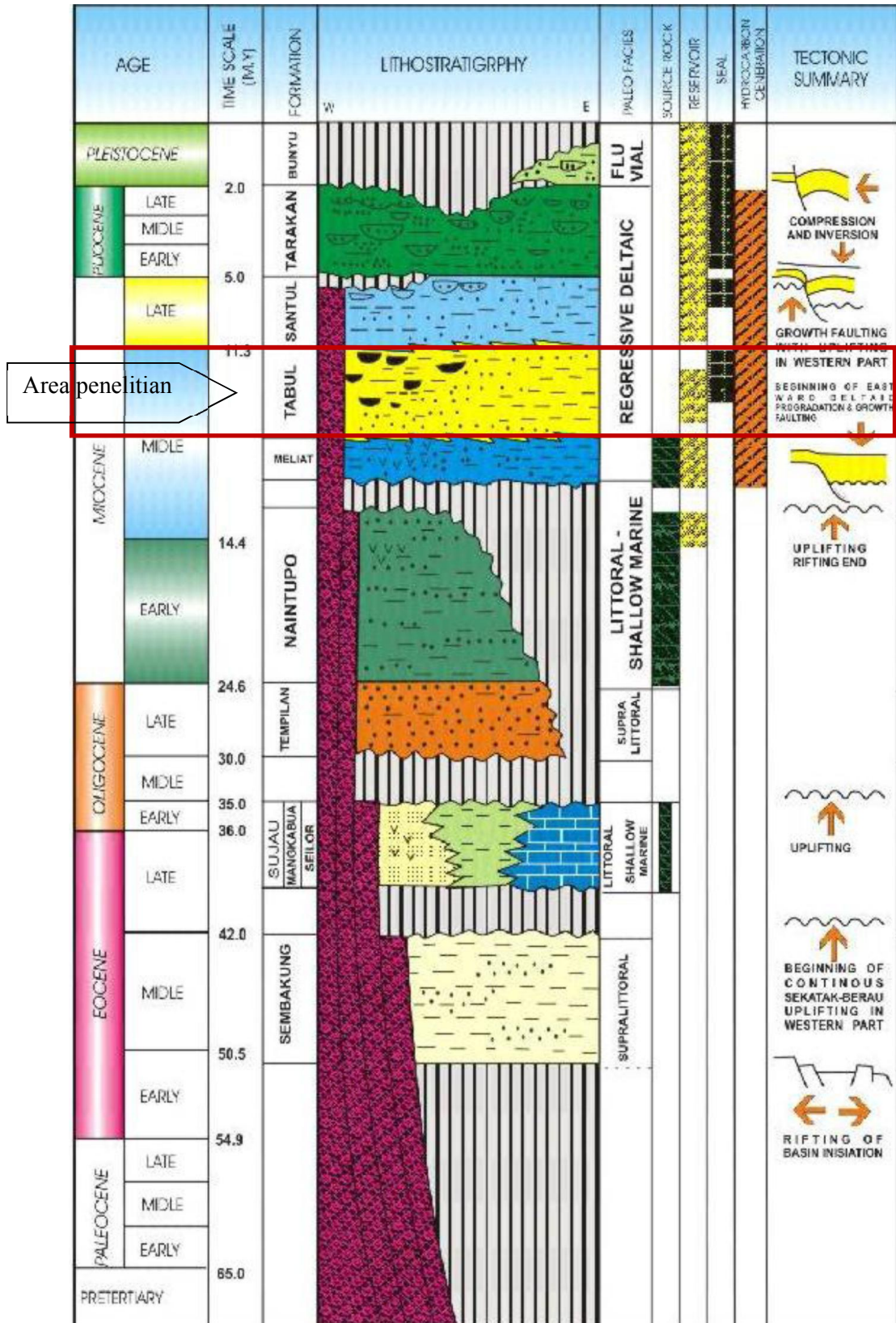
#### 1. Formasi Tarakan

Formasi Tarakan memiliki kontak erosional dengan Formasi Santul di bawahnya dan dicirikan oleh perselingan batupasir, batulempung dan batubara. Batupasir umumnya berbutir sedang sampai kasar, kadang-kadang konglomeratan, lanauan atau lempungan. Batubara berkembang tebal hingga 10-16 ft atau lebih.

Berdasarkan data palinologi, Formasi Tarakan berumur Pliosen dengan lingkungan pengendapan *supralitoral* sampai *litoral*.

## 2. Formasi Bunyu

Sedimen siklus-5 diwakili oleh Formasi Bunyu yang menumpang secara tidak selaras diatas Formasi Tarakan berumur Pleistosen/Kwarter berdasarkan data palinologi, terdiri dari batupasir, konglomerat berselingan dengan batubara dan lempung.



Gambar 2.3 Kolom stratigrafi Sub-Cekungan Tarakan (Internal report Pertamina-Medco E&P, 2001)



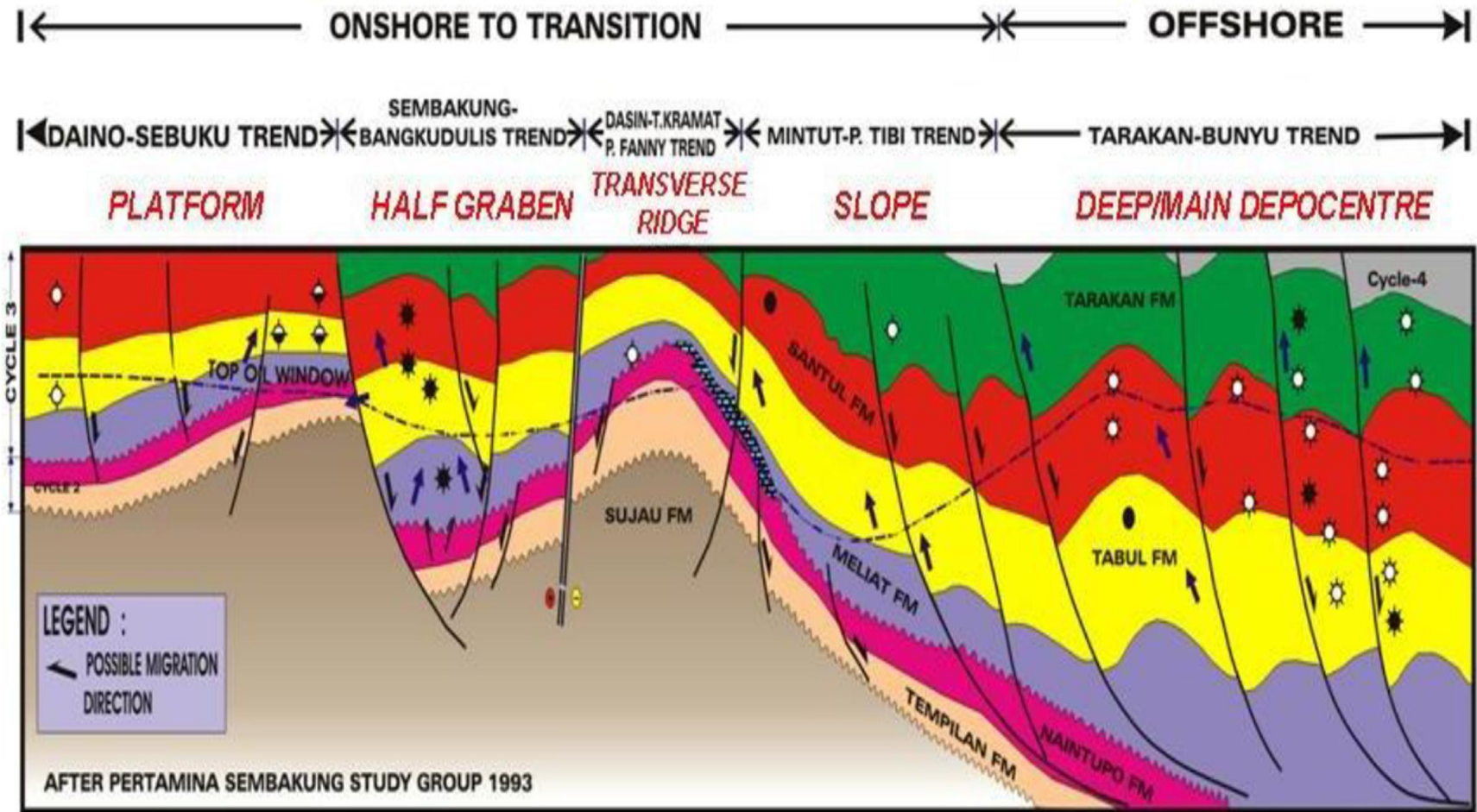
## 2.5 Sistem Petroleum Cekungan Tarakan

Dari **Gambar 2.4** bawah ini akan dijelaskan komponen *petroleum system* pada cekungan Tarakan:

### 1. *Source Rock*

Formasi yang berpotensi sebagai *source rock* adalah Formasi Sembakung, Meliat, dan Tabul (Sasongko, 2006). Formasi Meliat juga memiliki batuan yang mengandung material organik yang cukup dengan sebagian formasi temperaturnya cukup tinggi, sehingga mampu mematangkan hidrokarbon. Batuan Formasi Tabul merupakan *source rock* terbaik karena memiliki material organik tinggi dan HI lebih dari 300, sehingga hidrokarbon telah matang. Ketebalan formasi ini mencapai 1700 m, sehingga mampu menyediakan hidrokarbon yang melimpah.

Menurut L.J. Polito (1978, dalam *Indonesia Basins Summaries* 2006), batuan penghasil hidrokarbon di Cekungan Tarakan melampar di Formasi Tabul, Meliat, Santul, Tarakan dan Naintupo. Wight *et al* (1992, dalam *Indonesia Basins Summaries* 2006) juga memberikan argumen bahwa *source rock* berasal dari fasies *fluvio-lacustrine*. Samuel (1980, dalam *Indonesia Basins Summaries* 2006) menyebutkan bahwa dari kematangan termal dan geokimia, hanya gas yang bisa didapatkan di Formasi Tabul, Santul dan Tarakan. Migrasi bekerja pada blok-blok yang terbentuk Mio-pliocene.



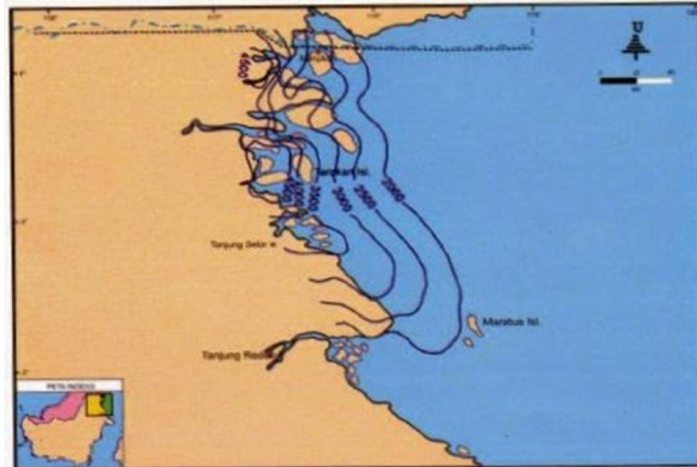
Gambar 2.4 Play Concept Model of Tarakan Basin

## 2. *Reservoir*

Karakteristik batuan yang terdapat pada Formasi Sembakung, Meliat/Latih, Tabul, dan Tarakan/Sanjau menunjukkan potensial sebagai *reservoir*. Batuan mempunyai kastika kasar dengan geometri sedimen deltaik yang penyebarannya terbatas. Berdasarkan *Indonesia Basins Summaries* (2006), Formasi Meliat, Tabul, Santul, dan Tarakan merupakan seri delta dengan batupasir berbentuk *channel* dan *bar*. Formasi Meliat berisi batupasir dan *shale* dengan lapisan tipis batubara. Kualitas *reservoir* yang ada termasuk sedang-bagus dengan pelamparan yang cukup luas. Formasi Tabul berisi batupasir, batulanau, *shale* dengan lapisan tipis batubara. Tebal formasi mencapai 400-1500 m dan menebal ke arah timur. Formasi Santul merupakan fasies *delta plain* sampai *delta front* proksimal. Formasi ini didominasi oleh batupasir dan *shale* dengan lapisan tipis batubara. Batupasir mempunyai ketebalan 40-60 m. Pada beberapa titik, ada *channel* batupasir yang tebalnya mencapai 115 m. Formasi Tarakan yang berumur Pliosen merupakan seri delta dengan dominasi litologi berupa pasir, lempung, dan batubara yang menunjukkan fasies *delta plain* hingga fluviatil.

## 3. *Seal Rock*

Batuan yang menjadi *seal* atau tudung adalah batuan penyusun Formasi Sembakung, Mangkabua, dan Birang yang merupakan batuan sedimen klastik dengan ukuran butir halus. Formasi Meliat/Latih, Tabul dan Tarakan tersusun oleh batulempung hasil endapan delta *intraformational* yang berfungsi pula sebagai batuan tudung.



**Gambar 2.5** Penyebaran *Isopach* Formasi Tabul yang mengandung batuan Penudung (Sasongko *et al*, 2006)

#### 4. *Traps*

Sistem perangkap hidrokarbon yang terdapat di Cekungan Tarakan adalah perangkap stratigrafi karena adanya asosiasi litologi batuan sedimen halus dengan lingkungan pengendapannya delta. Namun pada umur Plio-Pleistosen, terjadi tektonik yang memungkinkan terbentuknya struktur geologi dan dapat terjadi perangkap hidrokarbon yang berhubungan dengan *syngenetic fault* dan struktur antiklin.

#### 5. Migrasi

Model migrasi yang terjadi di Cekungan Tarakan disebabkan oleh sesar normal dan sesar naik serta perbedaan elevasi. Samuel (1980, dalam *Indonesia Basins Summaries* 2006) menyebutkan bahwa migrasi hidrokarbon bekerja pada blok-blok yang terbentuk Mio-Pliosen. Hal itu juga didukung dengan waktu yang tepat proses pematangan hidrokarbon pada Miosen Akhir dari Formasi Tabul dan Tarakan akibat intrusi batuan beku. Pematangan hidrokarbon terjadi pada kedalaman 4300 m.