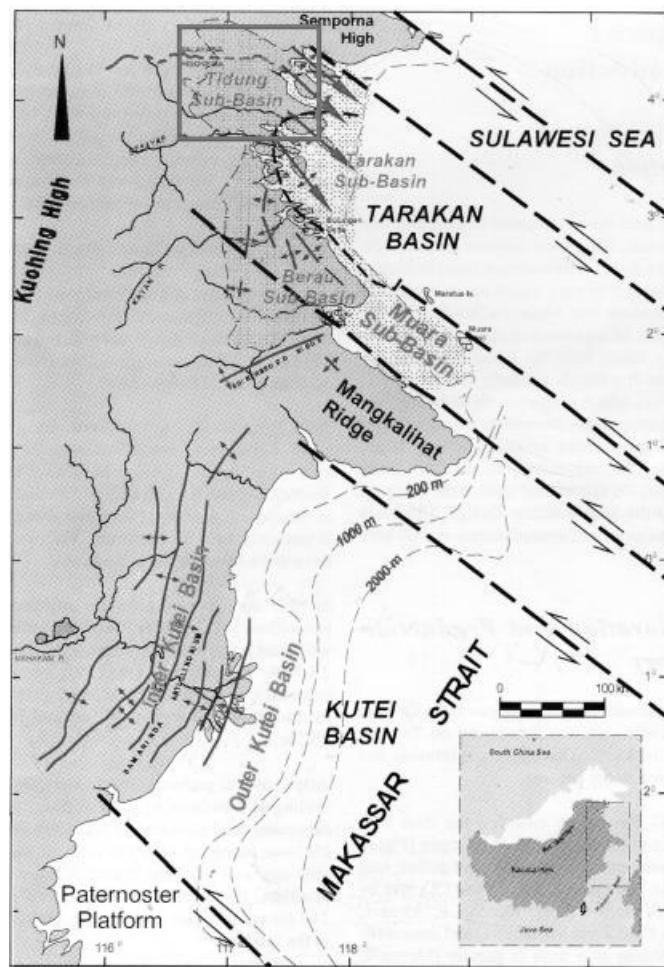


BAB III GEOLOGI REGIONAL CEKUNGAN TARAKAN

Bab ketiga membahas mengenai fisiografi, struktur geologi regional, stratigrafi regional, dan sistem petroleum dari Cekungan Tarakan.

III.1. Fisiografi Regional Cekungan Tarakan



Gambar 3. 1. Peta cekungan yang ada di Kalimantan bagian timur (Pertamina BPPKA, 1996). Daerah penelitian berada pada kotak berwarna merah, tepatnya pada Subcekungan Tidung di bagian utara.

Cekungan Tarakan berada di Pulau Kalimantan bagian timurlaut. Lokasi cekungan dapat dilihat pada **Gambar 3.1**. Secara geografis, cekungan ini terletak di koordinat $117^{\circ}37'30''$ - $118^{\circ}18'30''$ BT dan $2^{\circ}58'10''$ - $3^{\circ}27'45''$ LS. Cekungan ini dibatasi dengan tinggian Semporna di bagian utara dengan singkapan batuan berumur

Mesozoikum. Di bagian selatan, cekungan ini dibatasi oleh Punggungan Mangkalihat yang memisahkan Cekungan Tarakan dengan Cekungan Kutai. Di bagian baratnya dibatasi oleh Tinggian Kuching. Tinggian Kuching ini berumur Mesozoikum dan merupakan satuan batuan berupa batuan bancuh. Di bagian timur dari cekungan, batasnya tidak diketahui dengan pasti, bisa dimulai dari paparan benua dari Laut Sulawesi hingga Palung Makassar. Cekungan ini meliputi luas area $\pm 40.000 \text{ km}^2$.

Cekungan Tarakan dibagi menjadi empat subcekungan. Pembagian ini dapat dilihat pada **Gambar 3.2**. Keempat subcekungan tersebut adalah:

- Subcekungan Muara. Subcekungan ini merupakan bagian paling selatan *depocenter* yang terletak pada bagian lepas pantai. Subcekungan Muara dengan sedimen didominasi oleh endapan karbonat berumur Oligosen hingga Resen.
- Subcekungan Berau. Subcekungan ini berada di utara dari Subcekungan Muara.
- Subcekungan Tarakan. Subcekungan ini dominannya terletak di bagian lepas pantai. Di dalam subcekungan ini, tercakup Pulau Bunyu dan Pulau Tarakan. Sedimen klastik yang mengisinya tebal dan merupakan campuran dari beberapa sedimen klastik berumur Plio-Pleistosen yang terletak di bawah Pulau Bunyu dan Tarakan.
- Subcekungan Tidung. Subcekungan ini adalah bagian yang paling utara dari Cekungan Tarakan. Subcekungan Tidung dipisahkan dengan Subcekungan Tarakan ditandai dengan Formasi *Sebuku Platform* yang mengalami *pinchout* berarah utara yang berasal dari Formasi Tarakan (Lentini dan Darman, 1996).



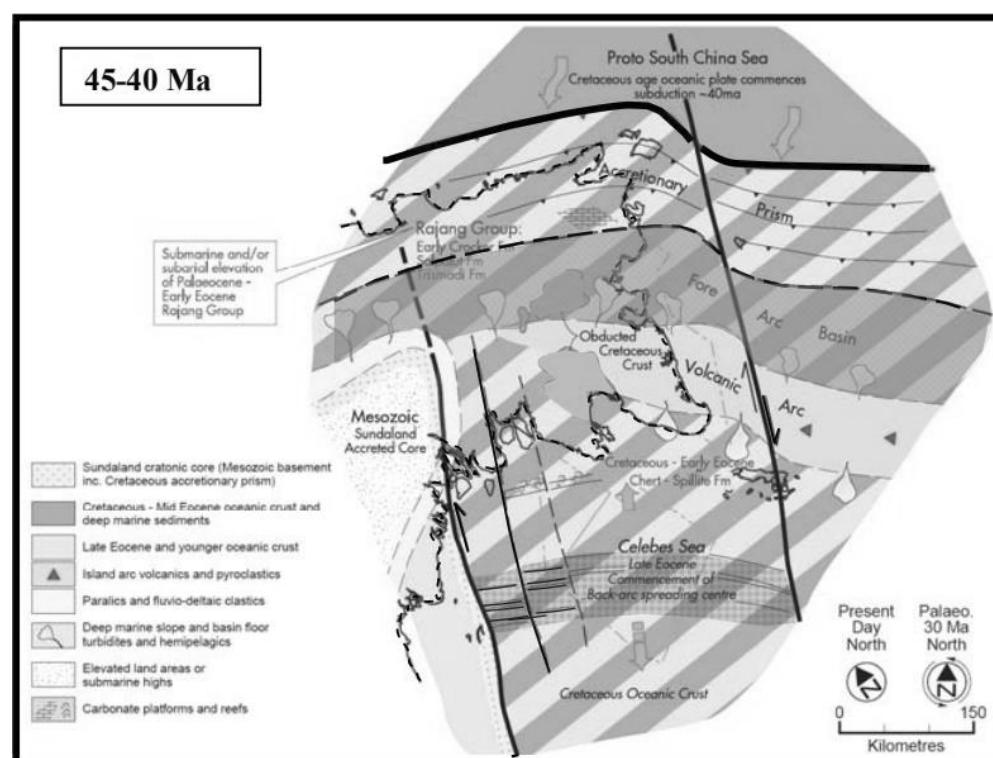
Gambar 3. 2. Cekungan Tarakan dibagi menjadi empat subcekungan. Subcekungan Tidung berada di paling utara, lalu ke arah selatan terdapat Subcekungan: Tarakan, Berau, hingga Muara (Hadi dkk., 2017).

III.2. Struktur Geologi Regional Cekungan Tarakan

Pembentukan Cekungan Tarakan dimulai dengan adanya proses tektonik yang kompleks. Subduksi dan kolisi oleh Lempeng Proto-Laut Cina Selatan mendorong terjadinya ekstensi dan penurunan dimulai saat Eosen Tengah hingga Akhir (45 – 40 juta tahun yang lalu) dan berhenti saat Miosen Awal (**Gambar 3.3**). Ekstensi yang terjadi akibat subduksi lempeng *Proto-South China Sea* yang menyebabkan *slab roll-back* di bagian selatan. *Slab roll-back* ini akan menyebabkan penipisan di bagian Cekungan Tarakan dan akan menjadi ruang akomodasi bagi sedimen. Ekstensi ini juga akan menyebabkan perkembangan blok-blok *horst* dan *graben*. *Graben* yang terbentuk akan menjadi ruang sedimentasi dan merupakan tempat

terbentuknya formasi tertua, yaitu Formasi Sembakung yang berumur Eosen Tengah.

Pada Eosen Akhir, proses ekstensi ini terjadi sewaktu dengan pengangkatan di bagian barat dari Cekungan Tarakan. Pengangkatan ini kemungkinan disebabkan karena kolisi di sepanjang *margin* bagian utara Borneo dan dinamakan Orogeni Sarawak (Balaguru & Hall, 2009). Pengangkatan ini terus berlanjut hingga Miosen Awal.



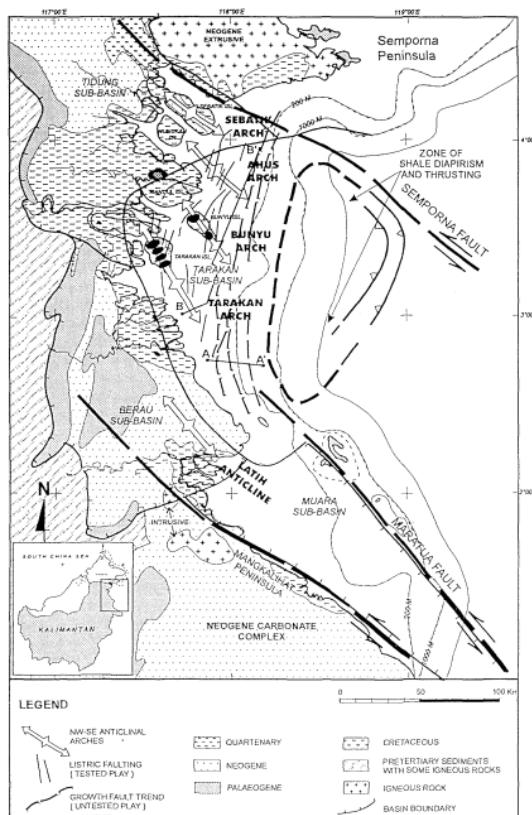
Gambar 3. 3. Pembentukan Cekungan Tarakan dimulai dengan subduksi dari lempeng *Proto-South China Sea*. Subduksi ini membentuk *back-arc* di Laut Celebes dan membentuk penipisan dan penurunan sebagai ruang akomodasi sedimen (Balaguru and Hall, 2009).

Pada Miosen Tengah, kolisi di bagian utara Borneo antara Busur Cagayan dan Blok Kontinen Palawan membentuk ketidakselarasan pada umur Miosen Tengah (Balaguru & Hall, 2009). Pada Miosen Tengah pula ekstensi berakhir dan terjadi reaktivasi dari sesar tua yang terbentuk pada Oligosen. Perkembangan sesar ini

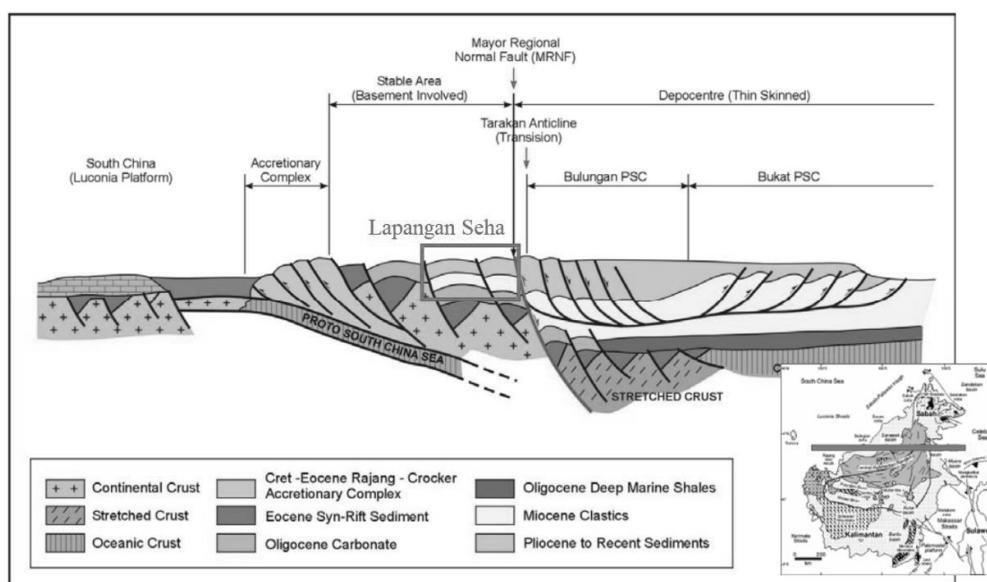
secara sementara waktu mengalami penghambatan pada saat awal sedimentasi dari Formasi Santul karena adanya fase transgresif yang pendek. Pensesaran berlanjut hingga Pliosen. Karena adanya kecepatan penurunan yang tinggi setelah terbentuknya Formasi Santul, hal ini menyebabkan terbentuknya *growth fault* yang berlangsung hingga Formasi Tarakan (Hadi dkk, 2017). Aktivitas tektonik pada Plio-Pleistosen melibatkan reaktivasi dari *wrench fault* yang melalui Selat Makassar. Tektonik pada Plio-Pleistosen ini melibatkan sesar mendatar mengiri dengan tren barat laut – tenggara (NW – SE) dan sesar transpresional dan diinterpretasi sebagai penyebab adanya pengangkatan pada Plio-Pleistosen (Balaguru & Hall, 2009). Di beberapa tempat, kompresi ini menginversi sesar-sesar normal menjadi sesar naik.

Cekungan Tarakan memiliki tiga *wrench fault* sinistral. *Wrench fault* yang paling utara adalah Sesar Semporna. Sesar ini memisahkan Tinggian Semporna dari sedimen yang berumur Neogen di Pulau Sebatik. Sesar yang kedua adalah Sesar Maratua yang merupakan zona transpressional. Sesar tersebut membatasi Subcekungan Tarakan dan Muara. Sesar ketiga adalah sesar yang membatasi Subcekungan Muara di bagian selatan. Ketiga sesar ini memiliki tren barat laut – tenggara dan merupakan struktur penciri dari *stable area* yang berada di Cekungan Tarakan (Hidayati dkk., 2007). Keberadaan *wrench fault* ini dapat dilihat pada **Gambar 3.4** dan penampang geologi regional yang melalui Cekungan Tarakan dapat dilihat pada **Gambar 3.5**. Cekungan Tarakan juga dicirikan oleh perkembangan *growth fault*, namun umumnya dijumpai di Subcekungan Tarakan. *Growth fault* yang ada di Cekungan Tarakan dominannya terdapat di area margin dan lepas pantai dengan tren NNE – SSW (Satyana dkk., 1999).

Terdapat lima antiklin dominan yang ada di area cekungan Tarakan. Dari utara ke selatan, antiklin ini dinamakan dengan Sebatik, Ahus, Bunyu, Tarakan, dan Latih (**Gambar 3.4**). Kelima antiklin ini terbentuk karena transpresi dengan arah timurlaut – baratdaya (NE – SW) dan memiliki tren berarah barat laut – tenggara (Lentini & Darman, 1996).



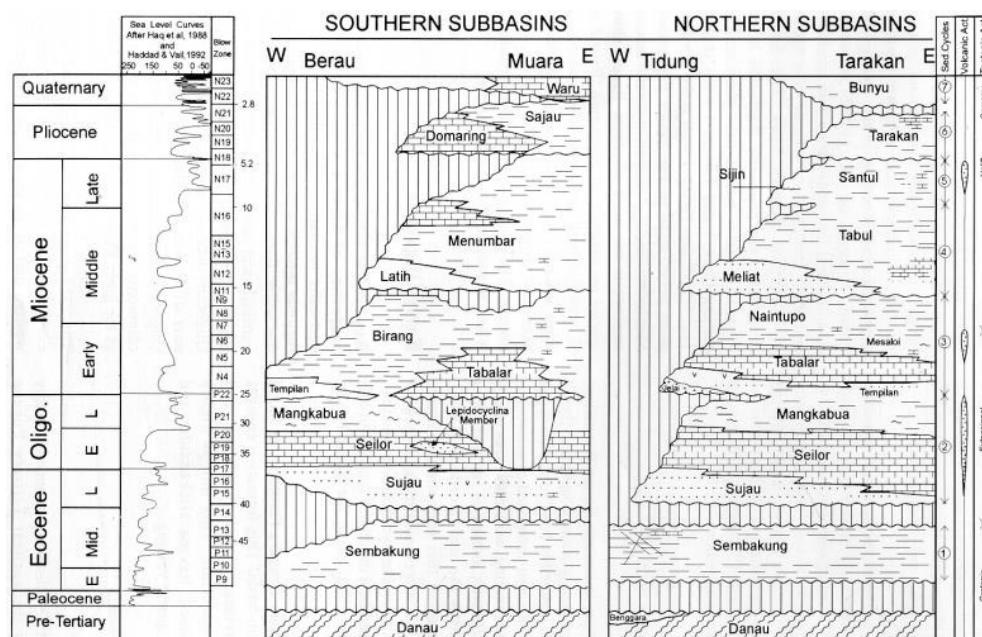
Gambar 3. 4. Peta geologi yang disederhanakan dan menunjukkan struktur pada Cekungan Tarakan. Terdapat tiga *wrench fault* utama, yaitu Sesar Semporna, Maratua, dan sesar di selatan Subcekungan Muara yang merupakan batas selatan dari Cekungan Tarakan (Lentini dan Darman, 1996).



Gambar 3. 5. Penampang geologi regional Cekungan Tarakan. Lokasi Lapangan Seha ditandai dengan kotak berwarna merah (Hidayati dkk., 2007).

III.3. Stratigrafi Regional Cekungan Tarakan

Cekungan Tarakan merupakan cekungan dengan lingkungan berupa *passive deltaic margin* dengan adanya tektonik *wrench* (Pertamina BPPKA, 1996). Pembentukan Cekungan Tarakan diawali dengan batuan dasar berumur Pra-Tersier berupa Formasi Danau hingga Formasi Bunyu/Waru pada umur Kuarter. Stratigrafi regional dari Cekungan Tarakan ini dapat dilihat pada **Gambar 3.6**.



Gambar 3.6. Stratigrafi dari Cekungan Tarakan yang mencakup empat subcekungan (Pertamina BPPKA, 1996).

Pembentukan Cekungan Tarakan dimulai dengan batuan dasar berumur Pra-Tersier. Batuan dasar Pra-Tersier yang ada di Cekungan Tarakan adalah Formasi Danau yang berupa *flysch sediment* (sedimen turbidit laut dalam). Unit ini terdiri dari batupasir mikaan yang berselingan dengan batusabak warna abu-abu gelap dan napal lanauan dengan beberapa lapisan rijang yang berwarna merah dan hijau. Umur formasi ini kemungkinan adalah Pra-Kapur. Beberapa ketidakselarasan yang ada di Cekungan Tarakan adalah ketidakselarasan menyudut. Terjadinya ketidakselarasan ini menunjukkan bahwa area tersebut mengalami beberapa periode pengangkatan.

Pada umur Eosen, setidaknya ada dua formasi yang diendapkan, yakni Formasi Sembakung dan Formasi Sujau. Pada Eosen Awal – Tengah, Formasi Sembakung diendapkan di atas batuan dasar secara tidak selaras dan formasi ini merupakan unit sedimen tertua setelah basement. Formasi ini terdiri dari material silisiklastik dan volkanik. Kemudian diendapkan Formasi Sujau pada Miosen Akhir yang terdiri dari batupasir kasar. Formasi ini diendapkan secara tidak selaras di atas Formasi Sembakung.

Pada Oligosen, diendapkan sedimen yang dominan dengan karbonat, dimulai dari Formasi Seilor. Formasi Seilor merupakan endapan sedimen karbonat yang ada di lingkungan paparan, terdistribusi di bagian selatan dan barat dari Cekungan Tarakan. Formasi Seilor merupakan batugamping mikritik dan berubah menjadi napal yang melimpah dan menebal ke atas yang merupakan Formasi Mangkabua. Formasi Mangkabua diendapkan di bagian timur dan terdiri dari perselingan serpih, batulanau, dan napal yang minor dengan batulanau karbonatan dan juga batugamping *packestone* serta *boundstone*.

Pada Miosen Awal, terbentuk Formasi Tempilan berupa batupasir vulkanik dan batubara yang diendapkan di atas lapisan berumur Oligosen Akhir secara tidak selaras. Formasi Tempilan terdiri dari perselingan lapisan yang tipis antara batupasir, tuf, serpih, dan batubara. Endapan volkaniklastik ini berasal dari batuan vulkanik yang berada di bagian barat dan yang terakumulasi pada umur Oligosen Akhir.

Secara lateral, Formasi Tempilan mengalami gradasi ke arah utara menjadi Formasi Tabalar. Formasi Tabalar merupakan sikuens batugamping *platform* dengan perkembangan *local reef* dan diendapkan secara tidak selaras dengan Formasi Seilor. Formasi Tabalar dominan dengan batugamping mikritik dengan umur Oligosen Akhir hingga Miosen Awal. Pada subcekungan bagian selatan, Formasi Tabalar lebih terbatas persebarannya di Subcekungan Muara. Kontak antara Formasi Tabalar dengan Formasi Birang adalah gradasional yang berubah menjadi serpih dan napal dengan lapisan batugamping yang tipis. Semakin ke utara, formasi

ini secara lateral berubah menjadi perselingan napal, batupasir, dan shale dari Formasi Mesaloi. Formasi ini ditandai dengan adanya fosil foram planktonik yang mengindikasikan lingkungan pengendapan berupa laut terbuka. Lebih lanjut formasi yang ditemui akan berubah secara vertikal menjadi serpih dari Formasi Birang dan Formasi Naintupo.

Fasies yang berumur Miosen Tengah – Akhir bervariasi dari lingkungan delta proksimal, lalu mengalami progradasi ke timur (Nunukan Island), hingga menjadi lingkungan *delta front (shallow to deep marine)*. Formasi Meliat merupakan fasies *delta front* yang mengandung batupasir halus hingga kasar dengan fragmen kuarsa dan beberapa bagian bersifat lanauan, mengalami perselingan dengan serpih dan batupasir konglomeratan di beberapa tempat. Formasi ini diendapkan pada Miosen Tengah bersamaan dengan pengendapan Formasi Latih pada subcekungan bagian selatan.

Formasi Tabul diendapkan pada umur Miosen Tengah hingga Miosen Akhir yang berupa kompleks delta yang mengalami progradasi ke arah timur. Formasi ini didominasi oleh serpih yang mengandung batupasir dan batulanau yang berselingan. Formasi Tabul mirip karakternya dengan Formasi Santul sehingga tidak ada batas yang pasti yang memisahkan kedua formasi tersebut. Ketebalannya mencapai lebih dari 1500 m di Pulau Mandul dan menebal ke arah timur. Formasi ini diendapkan satu waktu dengan Formasi Menumbuh berupa batugamping yang diendapkan di Subcekungan Muara. Sedimen laut ini diendapkan secara tidak selaras di atas Formasi Birang. Formasi Menumbuh secara gradasional berubah menjadi batugamping mikritik ke bagian atas.

Formasi Tarakan atau Formasi Sajau terdiri dari batupasir, serpih, dan perselingan batubara dan berumur Miosen Akhir – Pliosen. Adanya batupasir *cross-bedded* dan *pebble sand*, serpih yang melensa, dan lapisan batubara di bagian utara (Pulau Bunyu) diinterpretasi sebagai endapan *channel*. Sedangkan endapan batupasir halus di bagian selatan diinterpretasi sebagai dataran banjir bagian atas dari suatu sungai yang sangat berkelok.

Pada saat yang sama pula, beberapa platform karbonat berkembang pada tempat yang tidak dipasuki dengan sedimen silisiklastik dari delta. Karbonat ini berada di selatan dan dinamakan Formasi Domaring. Sikuens ini mengalami gradasi ke arah timur menjadi serpih dan napal dari lingkungan *outer neritic*. Formasi Tarakan atau Formasi Sajau yang berumur Pliosen terdiri dari sedimen silisiklastik dan batubara yang bersifat supralitoral. Formasi ini memiliki presentase batupasir yang lebih rendah daripada endapan yang berumur Pleistosen.

III.4. Sistem Petroleum Cekungan Tarakan

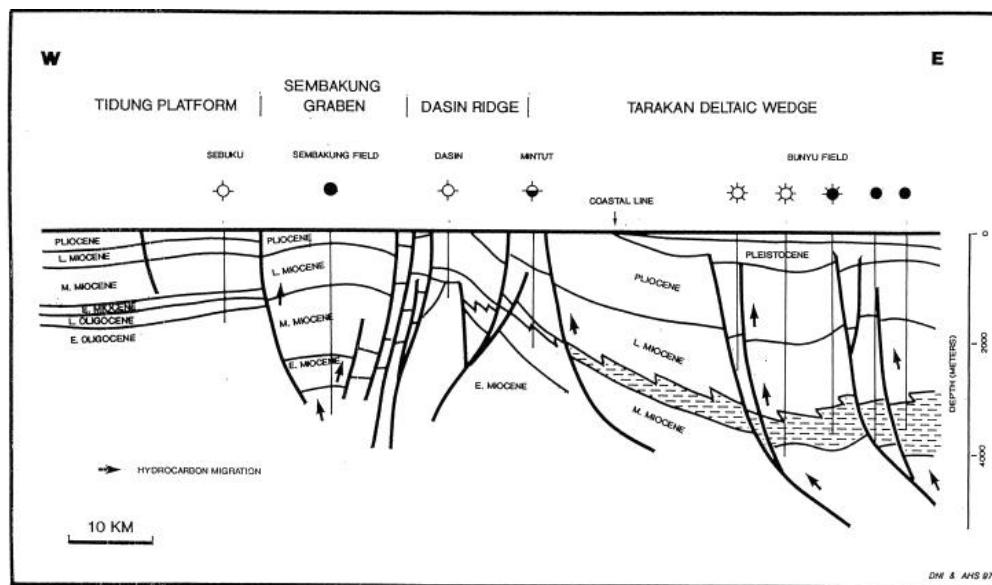
Sistem petroleum pada Cekungan Tarakan berkaitan dengan beberapa fase lisu. Terdapat beberapa fase yang terjadi dalam perkembangan cekungan yang ada di Cekungan Tarakan menurut Doust dan Noble (2008), yakni:

- Awal Barenglisu (Eosen Tengah). Sikuens ini didominasi oleh material vulkanik dan volkaniklastik dari Formasi Sembakung. Formasi ini mengalami proses tektonik yang intens dan merupakan awal terjadinya ekstensi.
- Akhir Barenglisu (Akhir Eosen). Sikuens ini meliputi serpih yang berasal dari lingkungan *fluvio-deltaic* hingga laut dangkal. Formasi yang terbentuk pada fase ini adalah Formasi Sujau dan Seilor.
- Awal Pascalisu (Oligosen – Awal Miosen). Periode ini didominasi oleh platform karbonat dengan lingkungan yang lebih dalam yang ditunjukkan oleh serpih dan napal. Pada fase ini, ditemukan juga progradasi sedimen silisiklastik yang minor di bagian barat ditandai dengan adanya pengangkatan lokal pada Oligosen Akhir. Formasi yang terbentuk pada fase ini merupakan Formasi Seilor hingga Formasi Naintupo.
- Akhir Pascalisu (Miosen Tengah – Kuarter). Pada periode ini, terjadi pembentukan sikuens yang mengandung hidrokarbon. Formasi yang terbentuk dimulai dari Formasi Meliat, Formasi Tabul, Formasi Santul, hingga Formasi Tarakan.

Berdasarkan analisis geokimia, batuan induk yang menghasilkan adalah Formasi Meliat dan Tabul. Beberapa properti dari batuan induk yang dianalisis adalah batas pancung dari ketebalan serpih sebesar 300 m, reflektansi vitrinit senilai 0.65 Ro,

dan paleogradien geothermal $> 3.5^{\circ}\text{C}/100 \text{ m}$. Area *kitchen* terkonsentrasi di dua area: di sekitar *Sembakung – Bangkadulis Graben/Sub-Depocenter* dan *Bunyu Tarakan Main Depocenter* di bagian tenggara di lepas pantai yang dipisahkan oleh Punggungan Dasin – Fanny. Tipe kerogen yang ada utamanya merupakan *gas prone* tipe III dengan beberapa *oil-prone* tipe II (Biantoro dkk., 1996).

Batuan reservoir dari sedimen berumur Miosen Tengah – Akhir telah terbukti berproduksi di Subcekungan Berau dan Subcekungan Tidung, yaitu Formasi Meliat, Formasi Tabul, dan Formasi Santul. Tipe *play* ini terletak di bagian tektonik *half graben*. Jebakan struktural pada Cekungan Tarakan terbentuk pada saat Plio-Pleistosen dan berkaitan antiklin yang terbentuk karena sesar mendatar mengiringi akibat transpresi berarah timurlaut – baratdaya. Beberapa penemuan minyak dan gas bumi pada kondisi ini memiliki kontinuitas reservoir secara lateral yang buruk, efisiensi *recovery* yang buruk, serta mengandung volume hidrokarbon yang terkadang terlalu kecil untuk diproduksi (Lentini dan Darman, 1996). Migrasi hidrokarbon yang terjadi pada Cekungan Tarakan dipengaruhi oleh beberapa sesar yang masih aktif. Arah migrasi hidrokarbon ini dapat dilihat pada **Gambar 3.7**.



Gambar 3. 7. Penampang yang menunjukkan beberapa sesar yang ada di Cekungan Tarakan dan arah migrasi migas (Biantoro dkk, 1996).