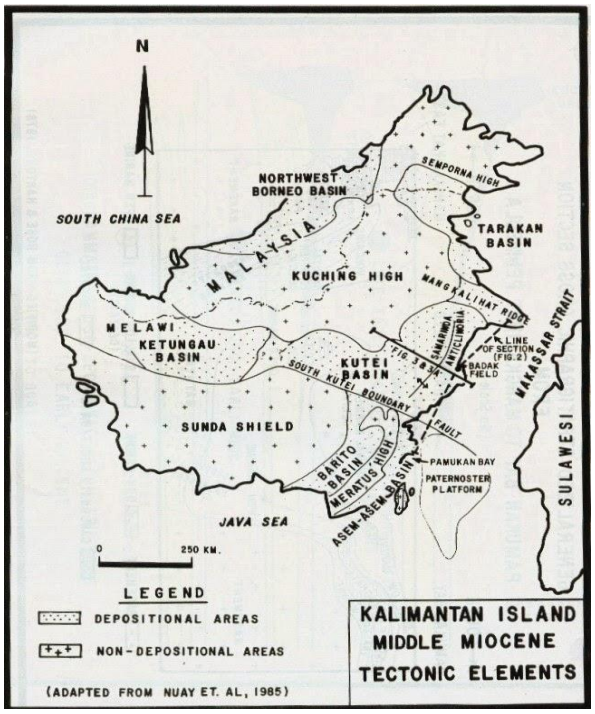
II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Fisiografi Regional

Kalimantan atau yang disebut Pulau Borneo, merupakan Pulau terbesar ke tiga di dunia yang terletak pada 7° LU hingga 4° 20′ LS dan 108° 53′ BT hingga 119° 22′ BT dengan luas wilayah 743,330 km^2. Dibatasi oleh laut China Selatan di sebelah Utara dan Barat, Selat Makassar di sebelah Timur dan Laut Jawa di sebelah Selatan. Titik tertinggi di Pulau Kalimantan adalah Gunung Kinabalu yang terletak di Sabah, Malaysia dengan ketinggian 4,095 m (13,435 ft) dari permukaan laut.

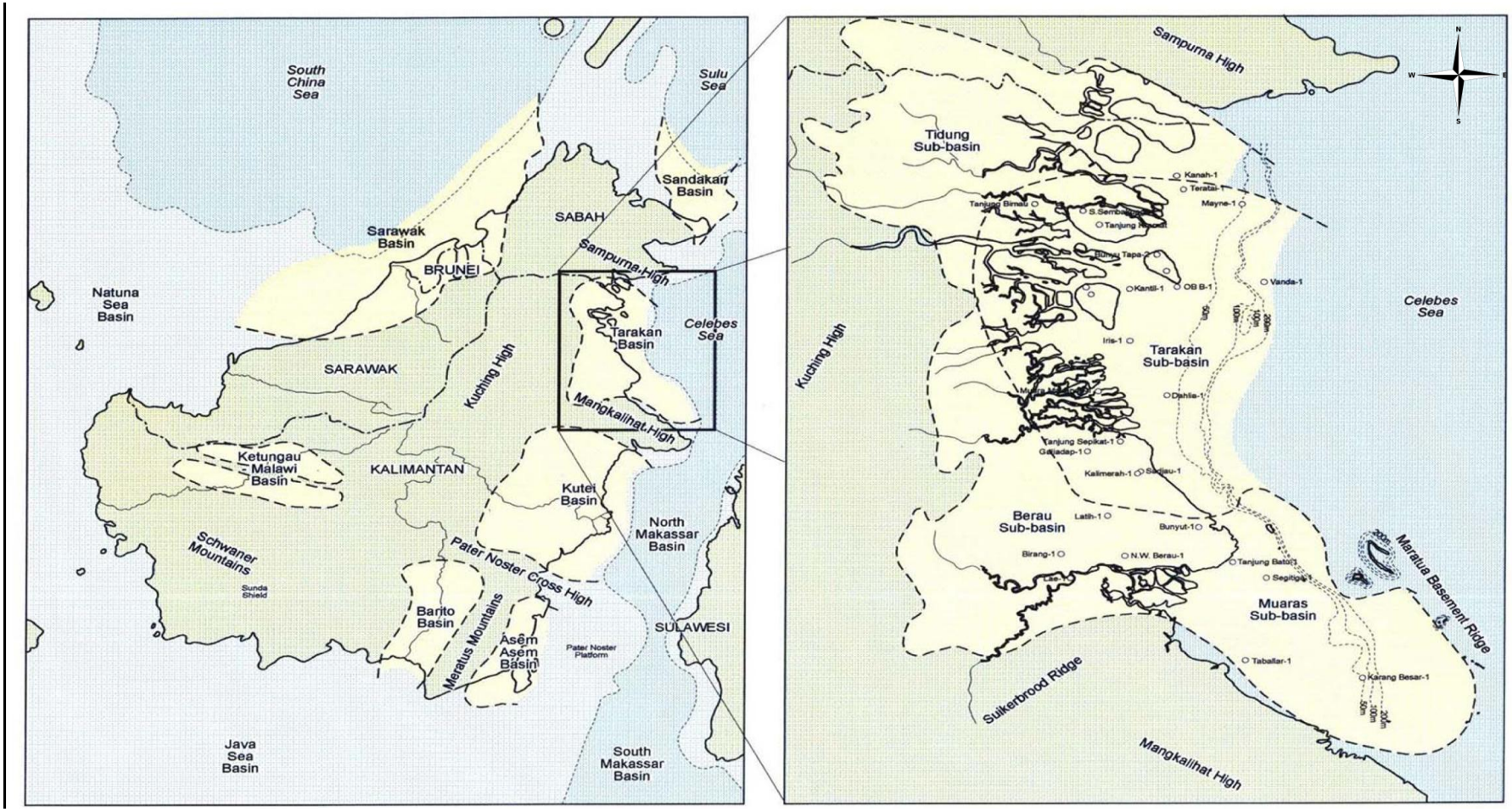


Gambar 2. Kerangka Tektonik Pulau Kalimantan (Oh,1987)

Kerangka tektonik Pulau Kalimantan dibagi menjadi 11 unit, yaitu : Paparan Sunda, Pegunungan Mangkalihat, Paternoster Platform, Tinggian Kuching, Tinggian Meratus, Tinggian Sampurna, Cekungan Melawi-Ketengau, Cekungan Tarakan, Cekungan Kalimantan Barat-Laut, Cekungan Asem-asem dan Cekungan Kutai (Oh, 1987).

2.2 Struktur Geologi Cekungan Tarakan

Daerah penelitian dalam Tugas Akhir ini secara regional terletak pada 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 km sampai 100 km dari tepi pantai hingga Tinggian Kucing, ke arah Timur batas cekungannya diketahui melewati kawasan paparan benua dari Laut Sulawesi. 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 3**).



Gambar 3. Cekungan Tarakan Kalimantan Timur (Sumber: *Core-Lab G&G Evaluation Simenggaris Block)*

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.

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 (Achmad dan Samuel, 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.

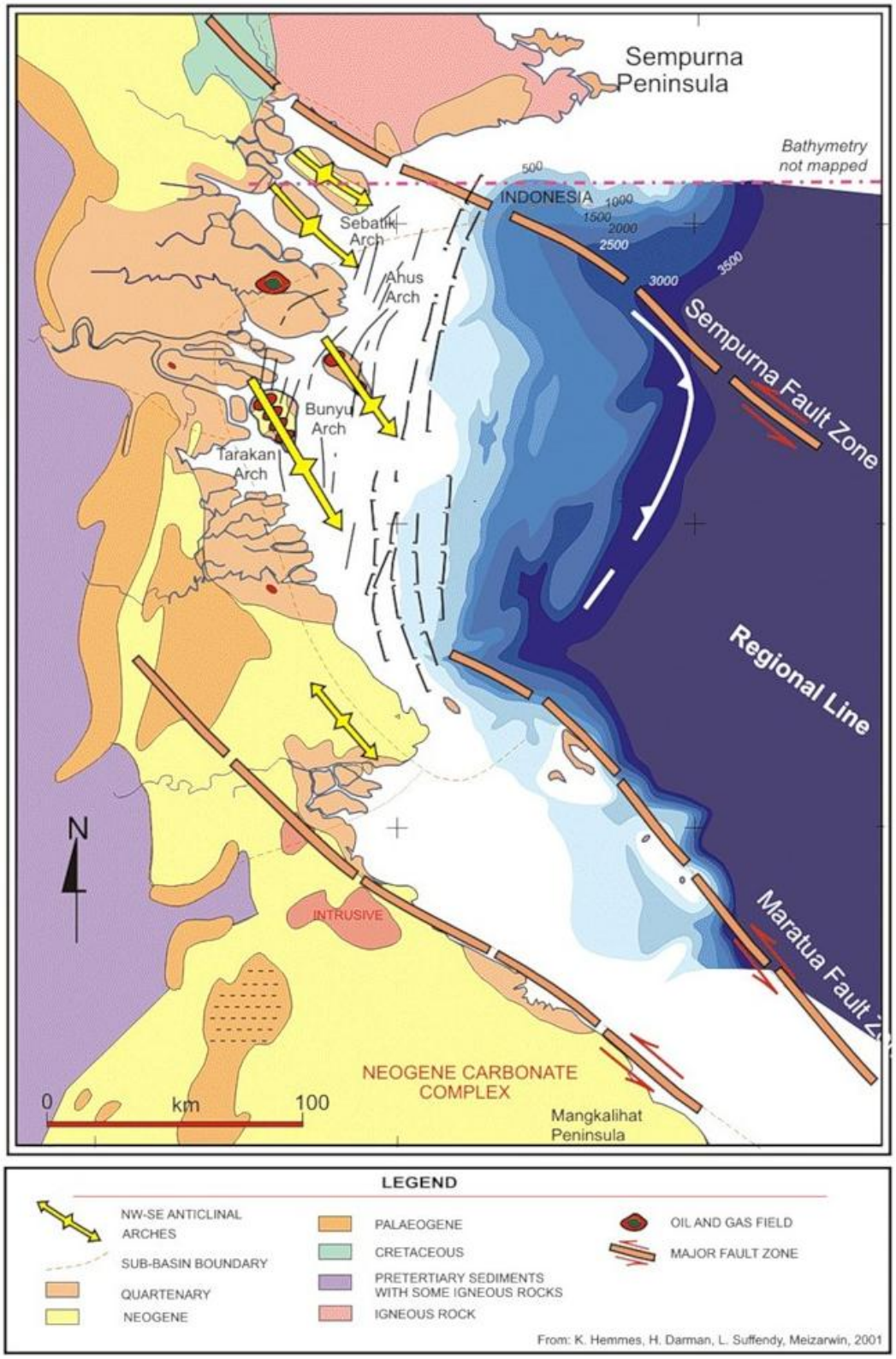
2. Sesar Maratua sebagai zona kompleks transpresional membentuk batas Sub-cekungan Tarakan dan Muara.

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 Baratlaut mendominasi 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. Progadasi delta ke arah Timur dan *forced-regression* selama turunnya muka laut mengendapkan batuan reservoar 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 Baratlaut–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 4. Peta Geologi Cekungan Tarakan yang disederhanakan (Netherwood dan Wight, 1992)

2.3 Pembagian Cekungan Tarakan

Ditinjau dari fasies dan lingkungan pengendapannya, Cekungan Tarakan terbagi menjadi empat Sub-cekungan, yakni :

1. Sub–cekungan Muara

   Merupakan Sub-cekungan paling Selatan dari Cekungan Tarakan dengan orientasi Barat laut–Tenggara (NW–SE). Bagian Barat Daya di batasi oleh zona sesar mendatar sepanjang Mangkalihat Peninsula. Bagian Timur Laut dibatasi oleh zona sesar mendatar lain yang menyebabkan pengangkatan basement dimana Pulau Terumbu Maratua terbentuk. Data seismik mengindikasikan adanya *carbonat rift* dan sedimen pasif margin setebal 5000 m berumur Oligosen – Resen yang terletak diatas lapisan vulkanik tua. Reservoir di Sub-cekungan Muara di dominasi oleh sedimen karbonat.

2. Sub-cekungan Berau

   Sub-cekungan Berau dibatasi oleh sedimen dan batuan beku Pre-Tersier di bagian Utara dan Selatan serta *Suikerbrood Ridge* dibagian Selatan. Sub-cekungan Berau menerus ke Timur ke arah Sub-cekungan Tarakan. Pembagian antara Sub-cekungan Berau dan Sub-cekungan Tarakan didasari oleh *pinch-out* formasi Tarakan yang berumur Pliosen. Struktur yang berkembang di Sub-cekungan Berau merupakan struktur kompresi berarah Utara Barat laut–Selatan Tenggara (NNW-SSE) yang dipengaruhi oleh pergerakan lateral mengiri sepanjang *wrench zones* akibat pemekaran Selat Makasar

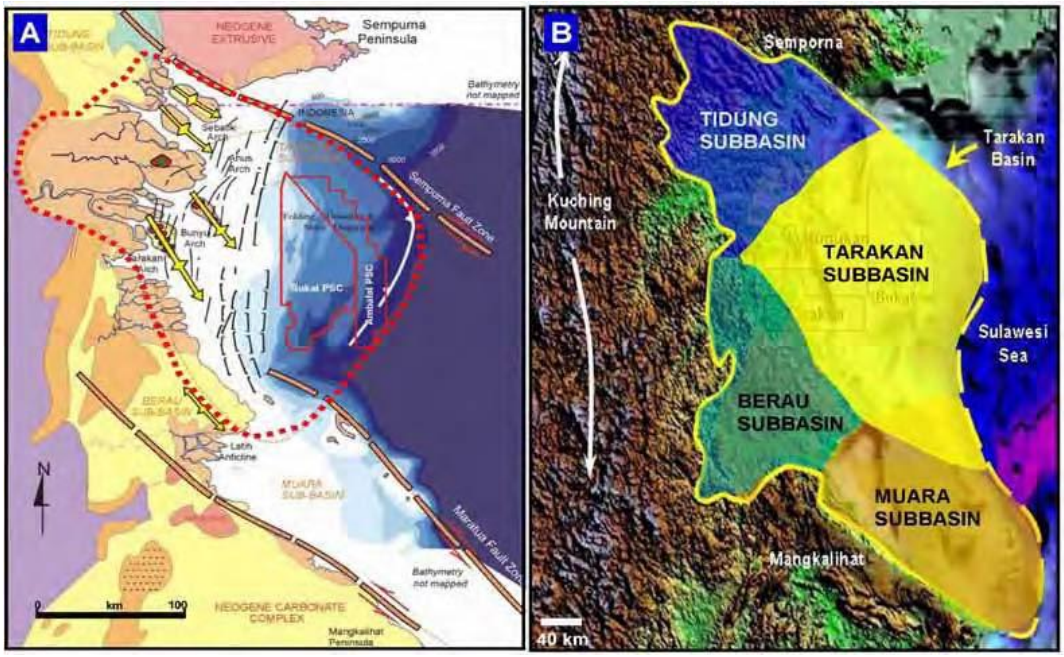
3. Sub-cekungan Tarakan

   Sub-cekungan ini di isi oleh sedimen tebal yang merupakan hasil dari

amalgamasi dari beberapa formasi berumur Pliosen – Pleistosen yang berpusat dibawah Pulau Bunyu dan Pulau Tarakan serta mengalami progradasi ke arah laut. Lapisan ini berumur Pliosen yang menipis ke arah Barat dan Selatan, *onlapping* tinggian Miosen dan mengalami *pinch-out.*

4. Sub-cekungan Tidung

   Bagian Utara dari Sub-cekungan Tidung dibatasi oleh zona patahan sempurna yang berarah Barat Laut–Tenggara (NW – SE) yang merupakan sesar mendatar mengiri (*sinistral transform fault*). Sedangkan, Sub-cekungan Tidung dan Sub-cekungan Berau dipisahkan oleh *Sekatak Tectonic Arch*. Struktur yang berlembah di kawasan Sub-cekungan Tidung ini adalah antiklin yang berarah Barat Laut–Tenggara (NW-SE).



Gambar 5. Pembagian Cekungan Tarakan (Achmad dan Samuel, 1984)

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). 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 6)**.

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, philite, 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 volkanik. 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 1,7ft hingga 80ft, dan telah mengalami silifikasi. Berdasarkan data nanofosil diinterpretasikan berumur Oligosen Akhir sampai Miosen Awal diendapkan pada lingkungan supralitoral-litoral berupa endapan fluvial ber*meande*r 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 0,7-6ft. 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*.

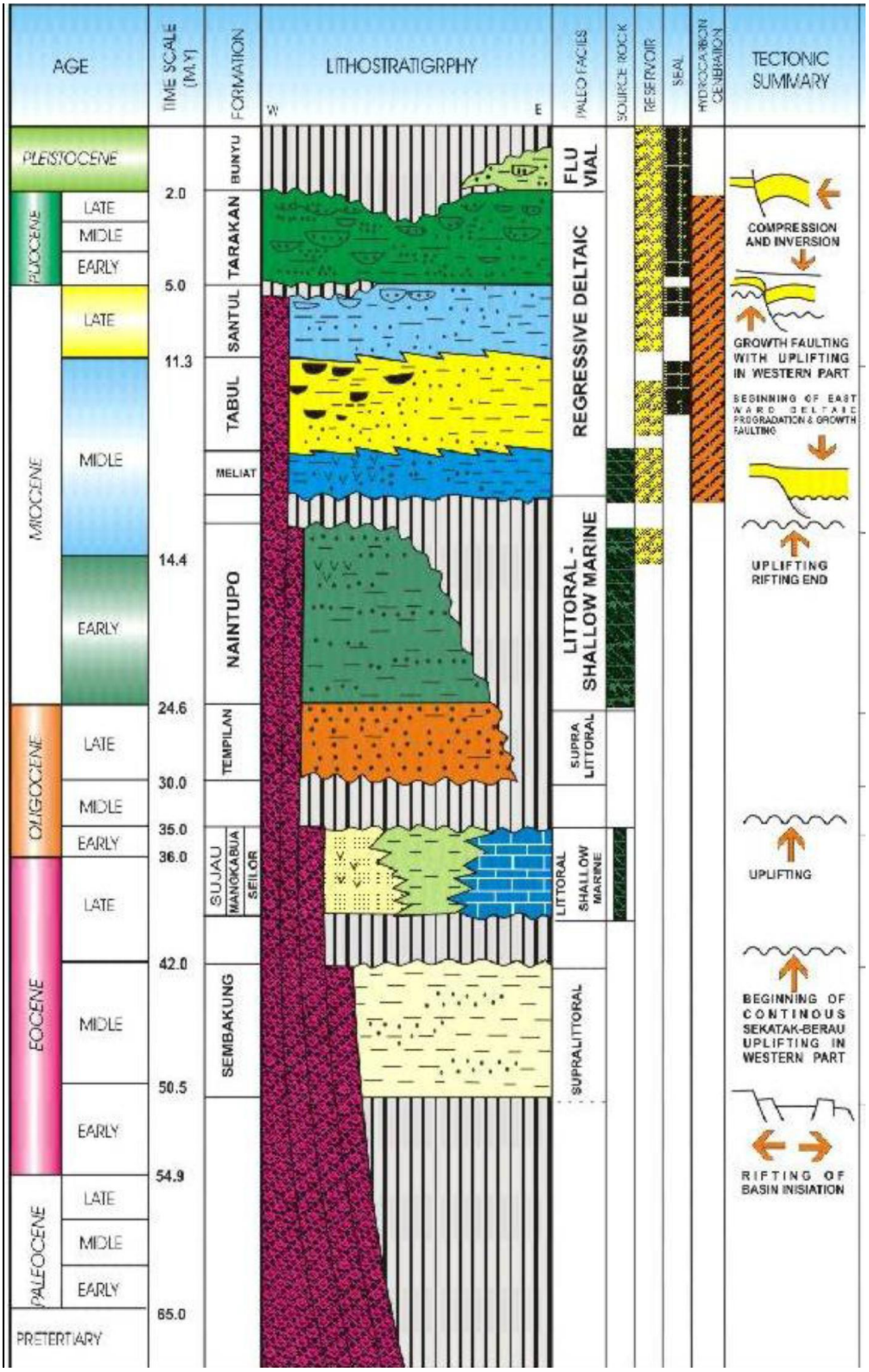
Pliosen-Pleistosen (Siklus 4 dan 5)

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.

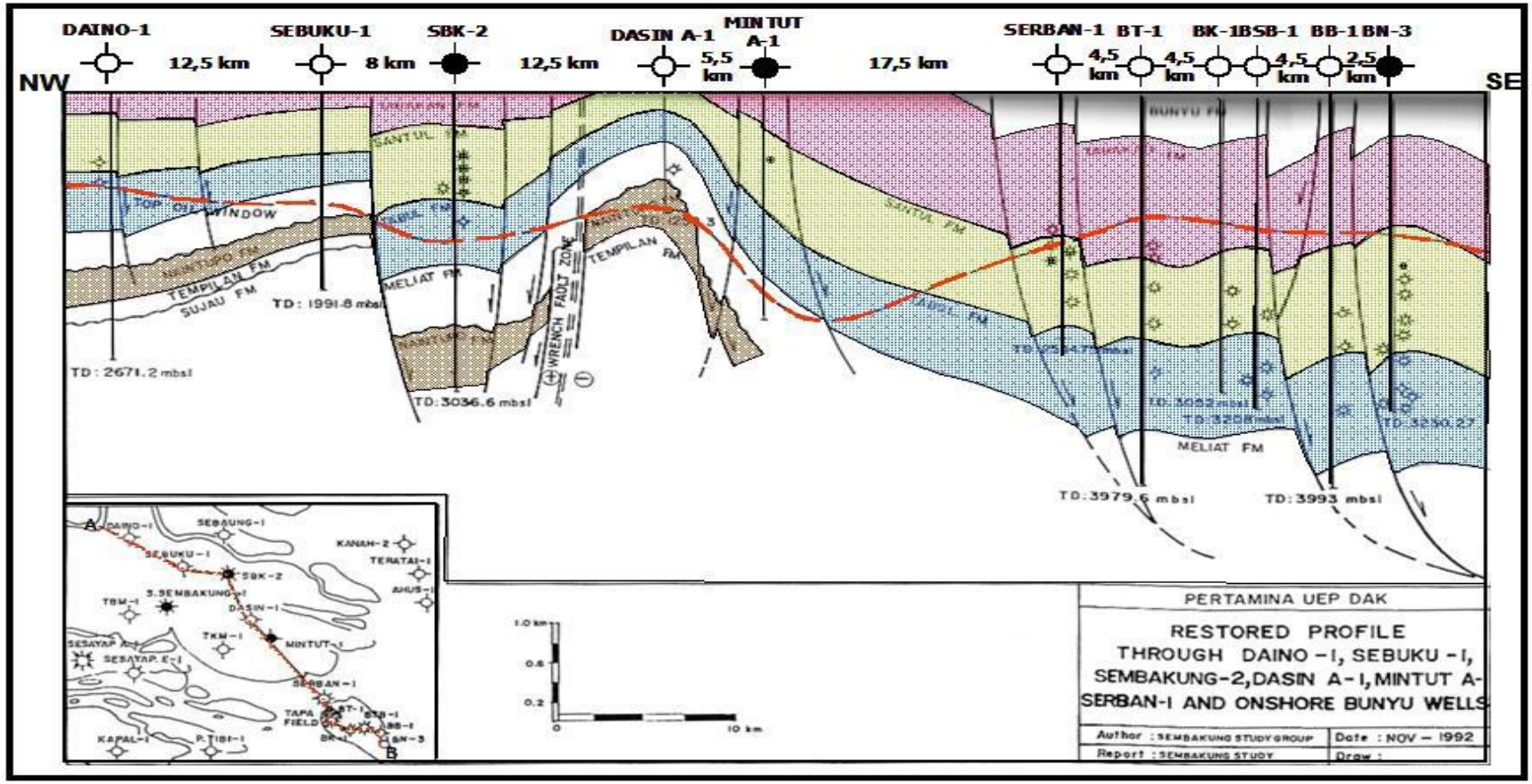
1. Formasi Tarakan

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



Gambar 7. Penampang Geologi Pulau Tarakan