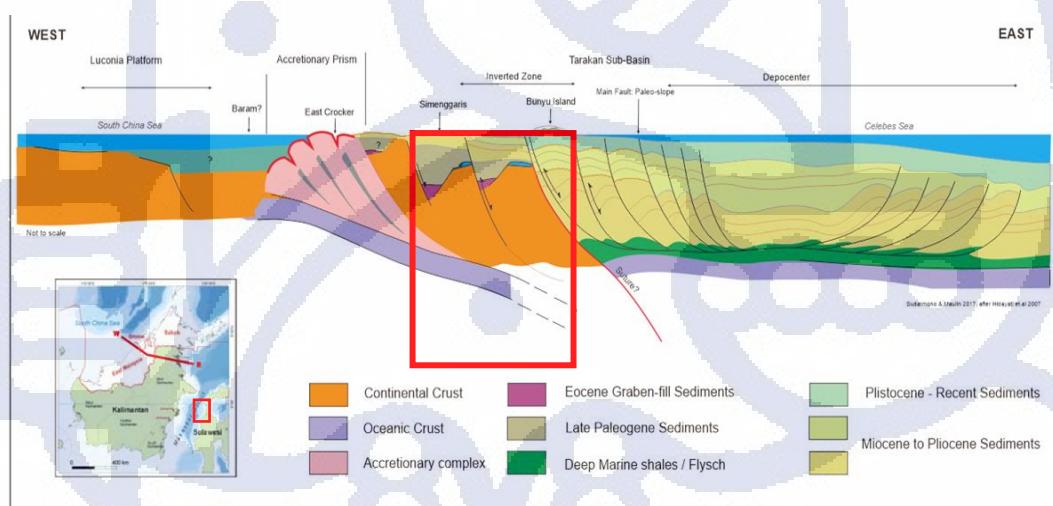


Bab III Geologi Regional Cekungan Tarakan dan Lapangan Karmany

III.1 Fisiografi Cekungan Tarakan

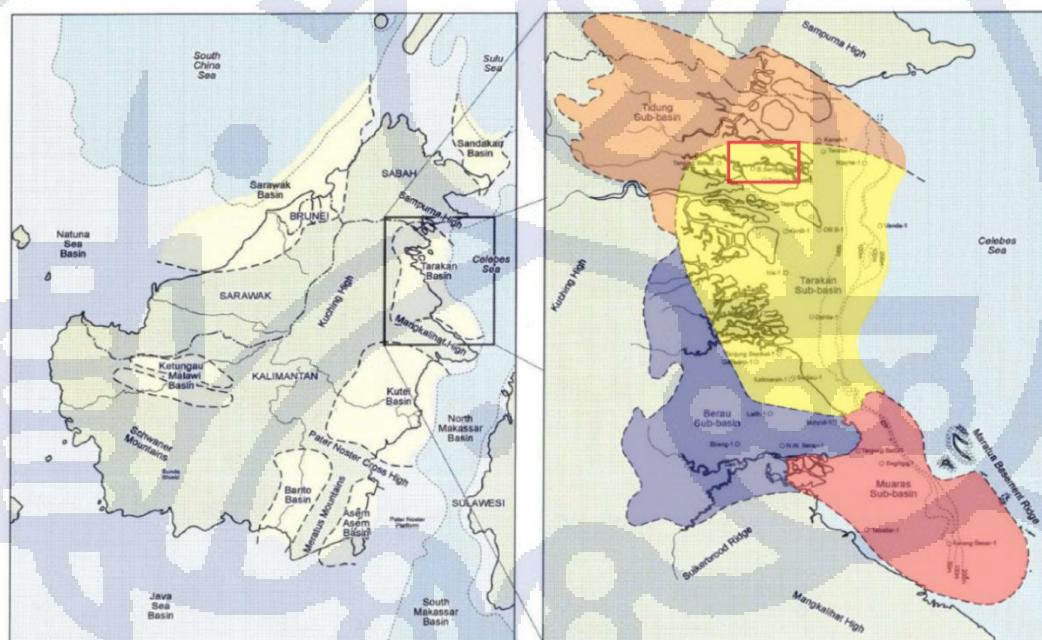
Cekungan Tarakan berlokasi dibagian timur laut Pulau Kalimantan, merupakan salah satu dari tiga cekungan Tersier utama yang terdapat di bagian timur *continental margin* Kalimantan dengan luas mencapai 40.000 km² (Tiga Cekungan Tersier: Cekungan Tarakan, Cekungan Kutai dan Cekungan Barito). Cekungan Tarakan dicirikan oleh batuan sedimen klastik sebagai penyusun utamanya dengan beberapa endapan karbonat. Secara fisiografi, Cekungan Tarakan meliputi kawasan darat dan kawasan lepas pantai. Pada bagian utara dibatasi oleh Tinggian Semporna, disebelah selatan dibatasi oleh Punggungan Mangkalihat yang memisahkan antara Cekungan Tarakan dengan Cekungan Kutai, kearah barat dibatasi oleh Tinggian Kuching dan sebelah timur membuka ke Selat Makasar. Penampang regional yang melalui Cekungan Tarakan terdapat pada Gambar III.1.



Gambar III.1 Penampang regional barat-timur yang melalui Cekungan Tarakan. Kotak merah merupakan subCekungan Tarakan yang menjadi area penelitian (Sri Hidayati, 2007 dalam Sudarmono, 2017).

Menurut Lentini dan Darman (1996), Cekungan Tarakan dapat dibagi menjadi empat berdasarkan pusat sedimentasinya (Gambar III.2) yang diuraikan sebagai berikut:

1. SubCekungan Tidung terletak paling utara, sebagian besar berkembang didarat, terisi sedimen berumur Oligosen-Miosen Akhir. SubCekungan ini dipisahkan oleh subCekungan Berau dibagian selatan oleh Punggungan Sekatak.
2. SubCekungan Tarakan terletak ditengah yang merupakan subcekungan termuda. Perkembangan paling utara ke arah lepas pantai berupa sedimen yang cukup tebal dari Formasi Bunyu yang berumur Pleistosen Akhir.
3. SubCekungan Berau, terletak dibagian selatan dan sebagian besar berkembang didarat, terisi oleh sedimen berumur Eosen Akhir sampai Miosen Tengah.
4. SubCekungan Muara, merupakan deposenter yang terletak paling selatan. Perkembangannya ke arah lepas pantai di utara Tinggian Mangkalihat, dipisahkan dengan subCekungan Berau di bagian utaranya oleh Punggungan Suikerbrood yaitu suatu Tinggian yang berarah barat-timur.



Gambar III.2 Pembagian subCekungan Tarakan. Kotak merah merupakan daerah penelitian. (Modifikasi dari JOB Pertamina Hulu Energi PT. Medco E&P, 1996).

III.2 Struktur Regional dan Evolusi Tektonik Cekungan Tarakan

Secara Tektonik Cekungan Tarakan merupakan hasil dari pertemuan tiga lempeng utama yaitu lempeng Eurasia pada bagian utara, Lempeng Indo-Australia dibagian

selatan dan Lempeng Pasifik yang juga termasuk Lempeng Laut Filipina di bagian barat. Interaksi antara ketiga lempeng ini menyebabkan terjadinya pembukaan dilaut Cina Selatan ke utara yang diikuti oleh ekstensional pada Selat Makasar yang memisahkan bagian barat Sulawesi dengan bagian timur Kalimantan yang merupakan awal terbentuknya Cekungan Tarakan (Hamilton, 1979 dalam Lentini dan Darman, 1996).

Perkembangan tektonik Cekungan Tarakan dapat dibagi menjadi tiga fase (Lentini dan Darman, 1996), yaitu:

1. Fase Tektonik Ekstensional

Pada fase ini, Cekungan Tarakan mengalami *rifting* pada Selat Makasar yang terjadi pada umur Eosen Awal. Pembukaan ini diduga berkaitan dengan kejadian tektonik yang sama dengan pembukaan Laut China Selatan (Rangin, 1991 dalam Lentini dan Darman, 1996). Peristiwa ini diindikasikan oleh adanya blok pensesaran kearah timur.

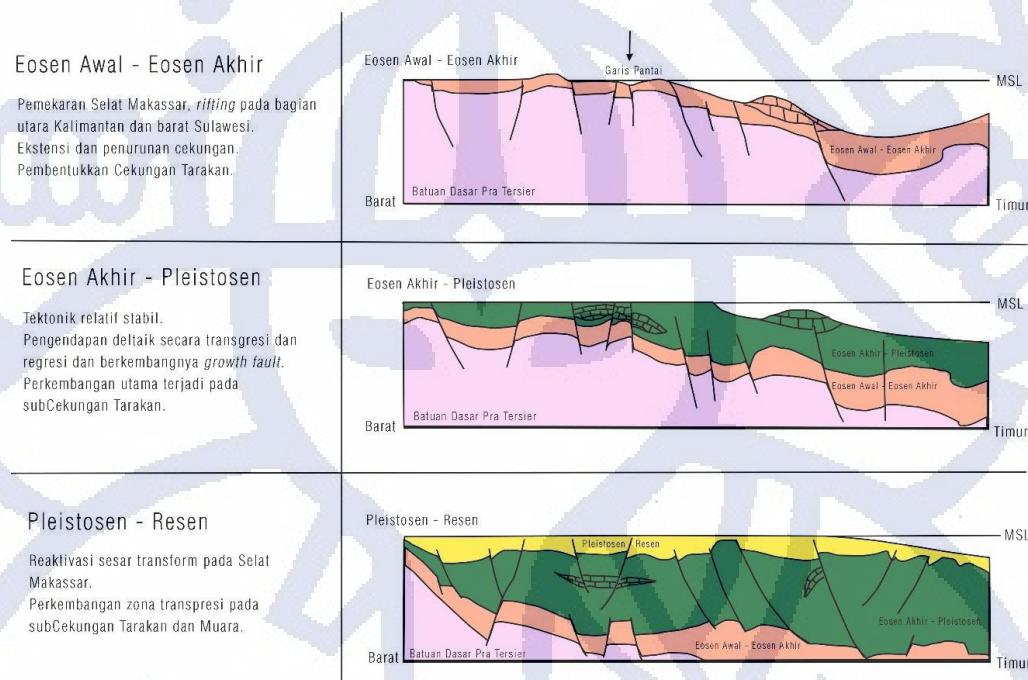
2. Fase Tektonik Stabil

Fase ini terjadi pada Eosen Akhir sampai Pleistosen dengan perkembangan endapan deltaik yang menyebar dari barat ke timur sehingga terdapat endapan deltaik yang semakin tebal kearah timur cekungan. Beban *overburden* menyebabkan terbentuknya *growth fault* yang diindikasikan oleh persebaran sedimen deltaik kearah barat yang menipis dan endapan karbonat terbentuk pada bagian yang lebih stabil.

3. Fase Tektonik Transpresional

Pada fase ini terjadi reaktivasi sesar mendatar (*wrench fault*) yang melintasi Selat Makasar dan pembentukan lipatan berarah NW-SE hingga NNW-SSE pada Plistosen hingga Resen yang disebabkan oleh kolisi antara Lempeng Laut Filipina dengan timur laut Kalimantan. Gaya dorongan yang lebih besar membalik beberapa sesar tektonik bagian utara cekungan, sehingga sedimen Miosen dan Pliosen terlipat dan tersesarkan dengan *trend* NW-SE hingga

NNW-SSE (Pulau Nunukan dan Sebatik). Perkembangan cekungan pada masing-masing fase terdapat pada Gambar III.3.



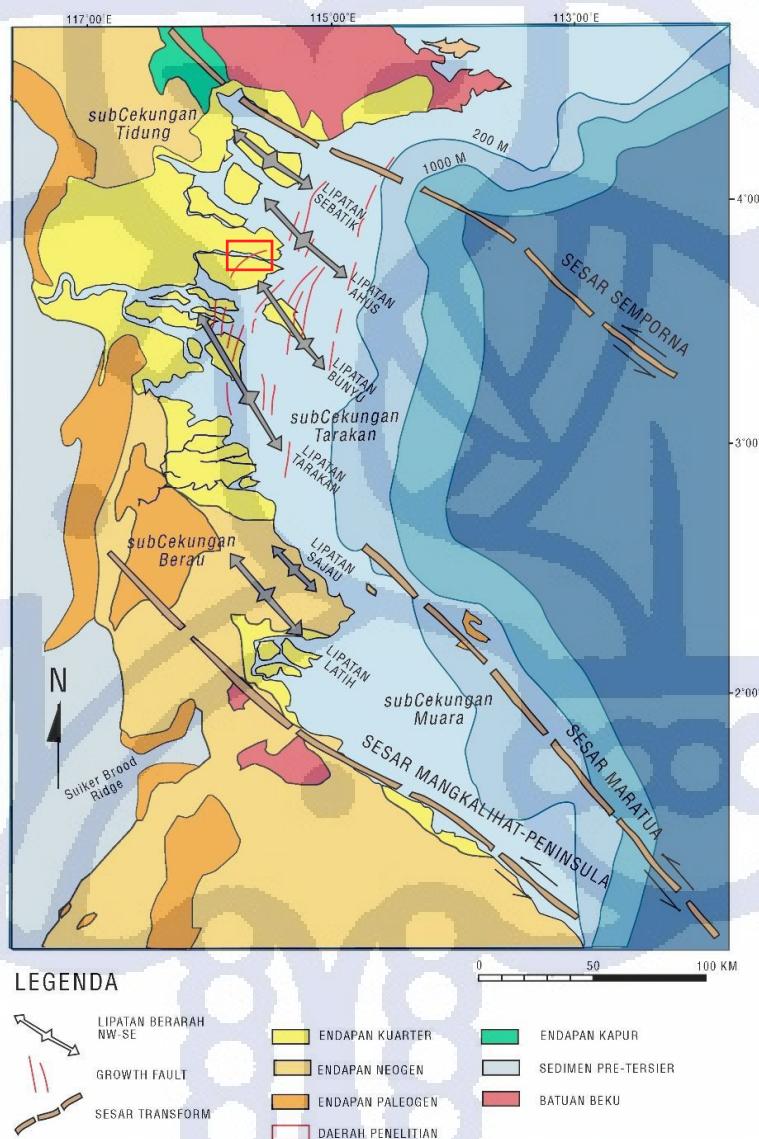
Gambar III.3 Perkembangan tektonik Cekungan Tarakan (modifikasi dari Achmad dan Samuel, 1984).

Struktur regional yang berkembang di Cekungan Tarakan umumnya berarah NW-SE dan NE-SW berupa sesar dan lipatan. Struktur-struktur yang berkembang di subCekungan Berau dan Muara lebih sedikit terkena deformasi dibandingkan dengan struktur yang berkembang di subCekungan Tarakan dan Tidung. Pola deformasi struktur yang berkembang di cekungan ini meningkat sebelum Miosen Tengah dan bergerak ke bagian utara cekungan. Pada Cekungan Tarakan terdapat tiga jenis sesar mendatar mengiri (*wrench fault*) yang berkembang dan saling sejajar berarah NW-SE (Gambar III.4) diantaranya:

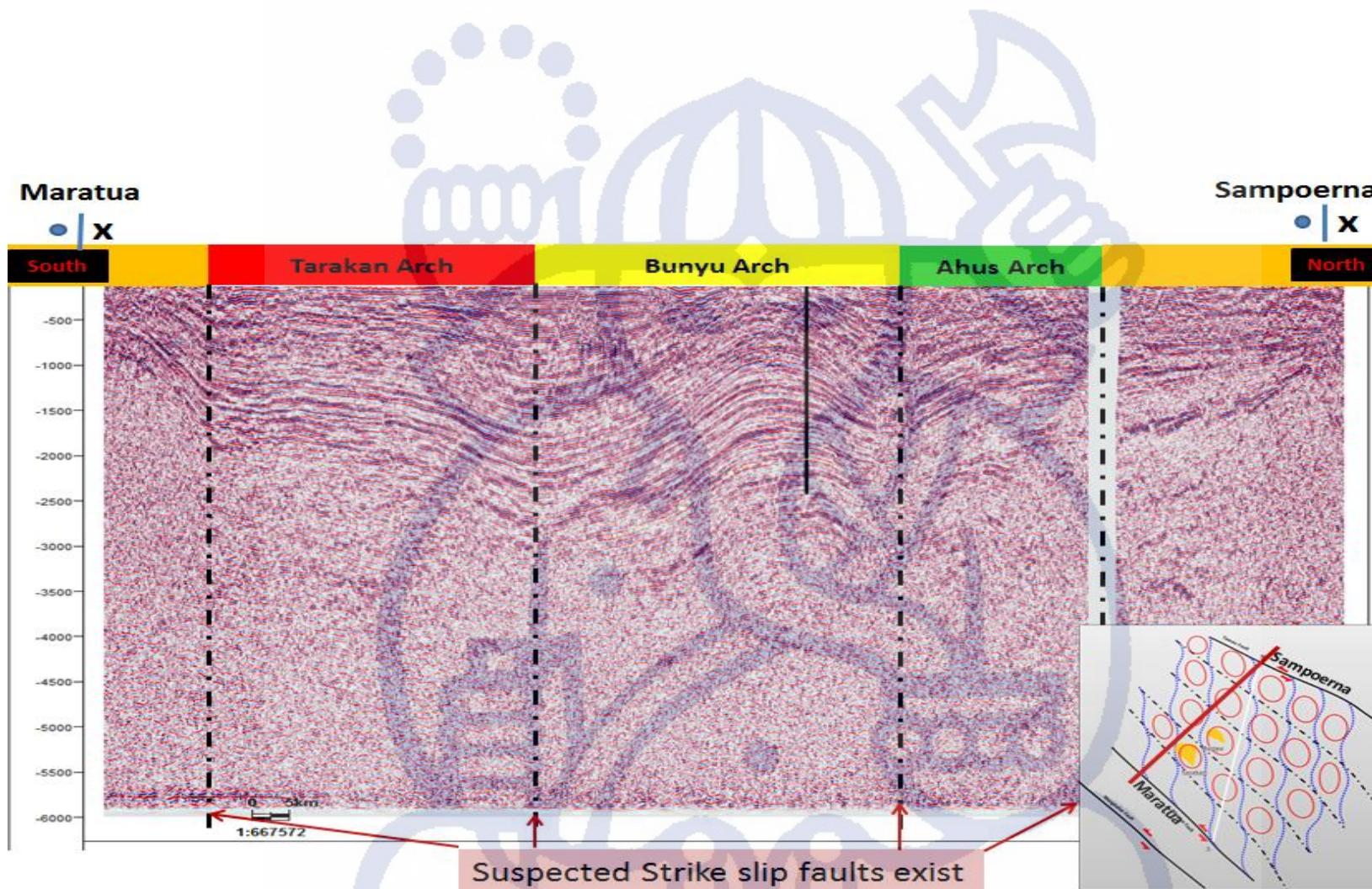
1. Sesar Semporna yang memisahkan kompleks vulkanik Semenanjung Semporna dan sedimen Neogen di Pulau Sebatik. Sesar ini terletak paling utara Cekungan Tarakan.
2. Sesar Maratua yang merupakan zona kompleks transpresional sebagai batas subCekungan Muara dan Tarakan.

3. Sesar Mangkalihat Peninsula terletak paling selatan yang merupakan kemenerusan sesar Palu Koro di Sulawesi.

Selain struktur sesar, terdapat pula struktur lain berupa busur antiklin yang berkembang pada cekungan ini yang dapat diurutkan dari utara keselatan yaitu: Busur Sebatik, Ahus, Bunyu, Tarakan dan Latih (Gambar III.5). Transpresi yang terjadi menunjukkan struktur yang semakin muda kearah utara.



Gambar III.4 Peta struktur geologi regional Cekungan Tarakan. Kotak Merah menunjukkan area penelitian. (modifikasi dari Pertamina BPKKA, 2005).



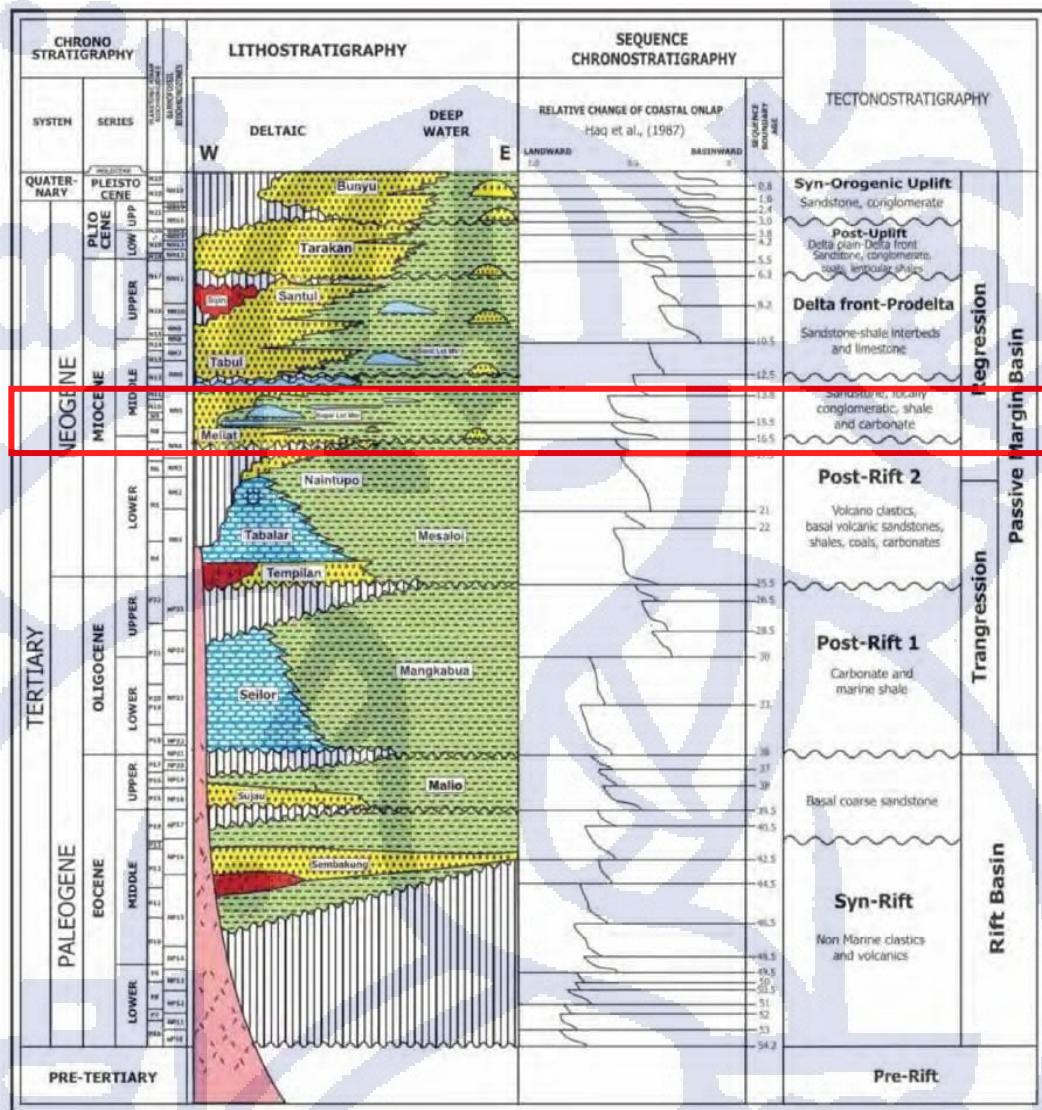
Gambar III.5 Penampang seismik SW-NE yang melalui busur Tarakan, Bunyu, dan Ahus yang memperlihatkan interpretasi sesar Strike-slip sebagai sintetik stress dari sesar Maratua/Mangkalihat dan sesar Sampoerna (Sudarmono dkk., 2017).

III.3 Stratigrafi Cekungan Tarakan

Menurut Ellen dkk., (2008), Cekungan Tarakan dapat dibagi menjadi tiga tahap evolusi yaitu *pre-rift*, *syn-rift* dan *post-rift*. Pada tahap *post-rift* Cekungan Tarakan menjadi pasif margin yang dapat dibagi menjadi tahap transgresi dan regresi (Gambar III.6).

Pada tahap *pre-rift* Cekungan Tarakan didasari oleh Formasi Danau yang menjadi dasar cekungan berupa batuan sedimen yang mengalami metamorfosis terdiri dari litologi: sabak, filit, kuarsit, serpih, rijang, radiolarian, dan serpentinit yang diperkirakan berumur Kapur. Pada tahap *syn-rift* diendapkan Formasi Sembakung secara tidak selaras diatas batuan dasar. Formasi Sembakung terdiri atas litologi batupasir, batulempung lanauan dan batuan vulkanik. Formasi Sembakung bersifat karbonan *fossiliferous* (Achmad dan Samuel,1984). Selanjutnya diendapkan Formasi Sujau yang terdiri dari endapan sedimen klastik kasar dengan ketebalan lebih dari 450 meter yang diendapkan hingga Eosen Akhir secara tidak selaras diatas Formasi Sembakung. Tahap pengisian sedimen ini berlangsung pada Eosen Awal hingga Eosen Akhir. Menurut Biantoro dkk. (1996), pengendapan terjadi secara berangsur menjadi laut dangkal-dalam hingga akhir tahap *syn-rift*.

Tahap *post-rift* berlangsung dari Oligosen hingga Resen yang dicirikan oleh endapan deltaik-laut dangkal yang diendapkan secara tidak selaras diatas endapan sedimen klastik Formasi Sujau. Pada tahap transgresi *post-rift* dibagi menjadi *post-rift* 1 dan *post-rift* 2 berdasarkan lingkungan pengendapanya saat diendapkan. Pada *post-rift* 1 diendapkan Formasi Seilor dan Mangkabua selama Oligosen. Selanjutnya, pada *post-rift* 2 diendapkan Formasi Tempilan, Tabalar, Mesaloi, dan Naintupo pada Miosen Awal hingga Miosen Tengah. Kemudian pada tahap regresi diendapkan Formasi Meliat, Tabul, Santul, Tarakan, dan Bunyu secara tidak selaras diatas endapan *post-rift* 2. Proses pengendapan yang berlangsung cepat, memicu terbentuknya *growth fault* pada Cekungan Tarakan.



Gambar III.6 Stratigrafi dan tatanan tektonik Cekungan Tarakan. Kotak merah merupakan interval penelitian (Ellen dkk., 2008).

Endapan *post-rift* awal yang diendapkan di Cekungan Tarakan adalah Formasi Seilor yang diendapkan secara tidak selaras di atas Formasi Sujau. Formasi Seilor terdiri dari litologi batugamping mikritik dengan pertumbuhan terumbu setempat. Di atasnya, diendapkan Formasi Mangkabua secara berangsur kearah timur Cekungan Tarakan. Formasi Mangkabua terdiri atas litologi napal dan serpih yang diendapkan secara berangsur di atas Formasi Seilor ke arah timur dan berumur Oligosen Akhir. Setelah Formasi Mangkabua diendapkan terjadi peristiwa *lifting* sehingga Formasi Mangkabua tersingkap ke permukaan dan mengalami erosi disebelah barat Formasi Mangkabua (Achmad dan Samuel, 1984).

Pada Oligosen Akhir sampai Miosen tengah diendapkan Formasi Tempilan, Tabalar, dan Naintupo atau Birang secara tidak selaras ditas Formasi Mangkabua secara transgresif. Formasi Tempilan terdiri atas litologi sedimen klastik basal dengan perlapisan tuf, serpih, batupasir dan sisipan batubara. Berdasarkan data nanofosil Formasi Tempilan diinterpretasikan berumur Oligosen Akhir sampai Miosen Awal yang diendapkan pada lingkungan supralitoral-litoral berupa endapan fluvial *bermeander* dan *tidal flat*. Diatas Formasi Tempilan diendapkan secara selaras Formasi Tabalar yang terdiri dari litologi batugamping mikritik. Pada bagian utara dan mengarah ke timur cekungan, fasiesnya berubah secara gradual menjari dengan Formasi Tabalar menjadi napal Formasi Mesaloi. Pengendapan selanjutnya adalah Formasi Naintupo yang setara dengan Formasi Birang disebelah selatan cekungan pada akhir Miosen Awal. Formasi Naintupo merupakan hasil perubahan fasies Formasi Tabalar terdiri atas litologi batulempung, batulanau dengan sisipan batupasir. Seri batuan lempung yang tebal menunjukkan meningkatnya pengaruh *open marine* di Formasi Naintupo.

Pengendapan selanjutnya adalah endapan sikuen regresif yang dicirikan oleh endapan progradasi dari barat ke timur yang dimulai diakhir Miosen Awal. Formasi yang diendapkan pada umur ini yaitu Formasi Meliat, Tabul, dan Santul (Achmad dan Samuel, 1984). Formasi Meliat diendapkan secara tidak selaras di atas Formasi Naintupo. Formasi ini terdiri dari batulanau, batulempung, 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 (*innersublitoral*). Formasi Tabul diendapkan di atas Formasi Meliat secara selaras yang terdiri atas litologi batupasir, batulanau, dan serpih dengan sedikit gamping dan batubara. Kemudian diendapkan Formasi Santul yang terdiri atas litologi perselingan batupasir, batulempung dan batubara yang merupakan ciri dari endapan *channel*.

Pada Pliosen-Pleistosen diendapkan Formasi Tarakan, Formasi Bunyu dan Waru. Formasi Tarakan diendapkan secara tidak selaras diatas Formasi Santul. Formasi

ini merupakan endapan deltaik yang berumur Pliosen yang tersusun atas litologi batupasir, serpih, sisipan batulempung, dan lapisan batubara. Berdasarkan data palinologi, Formasi Tarakan diendapkan pada lingkungan *supralitoral* sampai *litoral*.

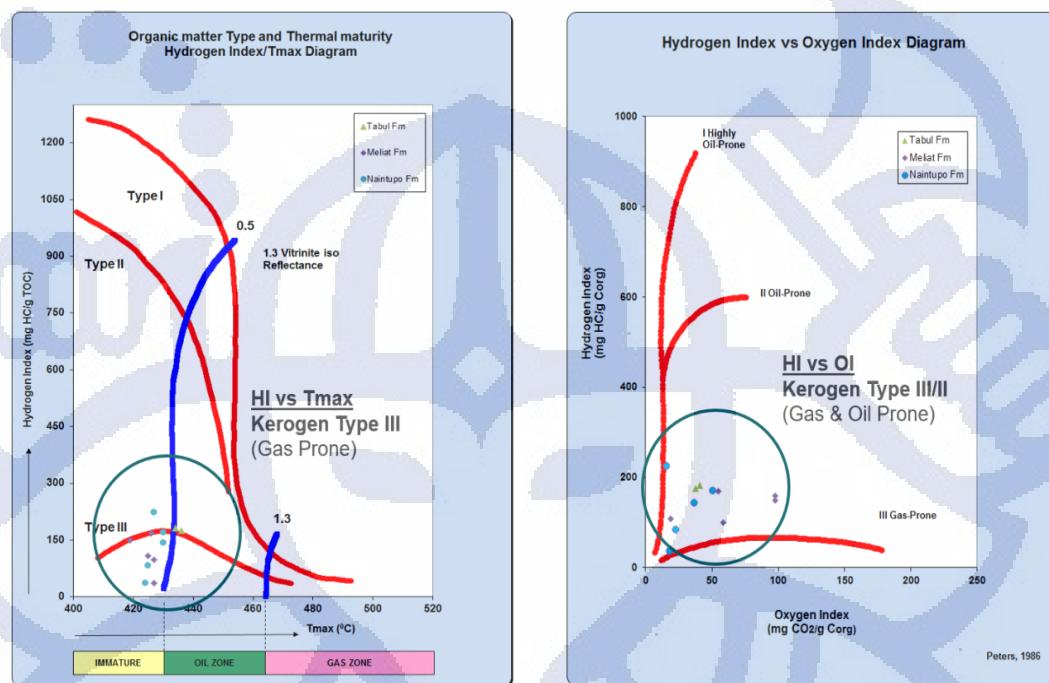
Formasi Bunyu dan Waru berumur Pleistosen-Resen diendapkan secara tidak selaras di atas Formasi Tarakan. Formasi Bunyu diendapkan dilingkungan delta bagian atas sampai fluvial. Formasi Bunyu terdiri dari batupasir, konglomerat berselingan dengan batubara dan lempung sementara Formasi Waru terdiri atas batugamping dan napal yang diendapkan ke arah laut (Achmad dan Samuel, 1984).

III.4 Sistem Petroleum Cekungan Tarakan

Elemen-elemen yang penting pada sistem petroleum adalah batuan induk, batuan reservoir, batuan tudung dan batuan penimbun sementara proses-proses penting yang mendukung adalah pembentukan perangkap, migrasi dan akumulasi hidrokarbon. Seluruh elemen dan proses penting ini harus terjadi pada waktu dan tempat yang sesuai, sehingga bahan-bahan organik yang terkandung di dalam batuan induk dapat berubah menjadi akumulasi hidrokarbon (Magoon dan Dow, 1994). Komponen- komponen sistem petroleum Cekungan Tarakan dapat diuraikan sebagai berikut.

1. Batuan Induk

Formasi yang memenuhi kriteria sebagai batuan induk pada Cekungan Tarakan adalah Formasi Naintupo dan Formasi Meliat. Samuel (1980) dalam *Indonesia Basin Summaries* (2006) menyebutkan bahwa dari kematangan termal dan geokimia, hanya gas yang bisa didapatkan di Formasi Meliat, Tabul, Santul dan Tarakan. Migrasi bekerja pada blok-blok yang terbentuk pada Miosen-Pliosen. Berdasarkan hasil plot Indeks Hidrogen (HI) terhadap T_{max} dan Indeks Hidrogen (HI) terhadap Indeks Oksigen (OI) (Gambar III.7) diperoleh bahwa tipe kerogen pada lapangan penelitian adalah tipe III yang hanya memungkinkan menghasilkan hidrokarbon berupa gas.



Gambar III.7 Plot Indeks Hidrogen terhadap T_{max} (kiri) dan Plot Indeks Hidrogen terhadap Indeks Oksigen (kanan) (Laporan Internal PT Pertamina Hulu Energi).

2. Batuan Reservoir

Formasi yang berpotensi sebagai batuan reservoir di Formasi Tarakan adalah Formasi Meliat dan Tabul. Formasi ini merupakan seri delta dengan batupasir berbentuk *channel* dan *bar* (*Indonesia Basin Summaries, 2006*). Formasi Meliat terdapat batupasir dan lempung dengan sisipan lapisan batubara. Reservoir pada formasi ini terkategori sebagai reservoir dengan kualitas sedang-bagus dan melampir cukup luas. Formasi Tabul memiliki tebal mencapai 1500 meter dan menebal kearah timur yang berisi batupasir, batulempung dan sisipan batubara.

3. Batuan Tudung

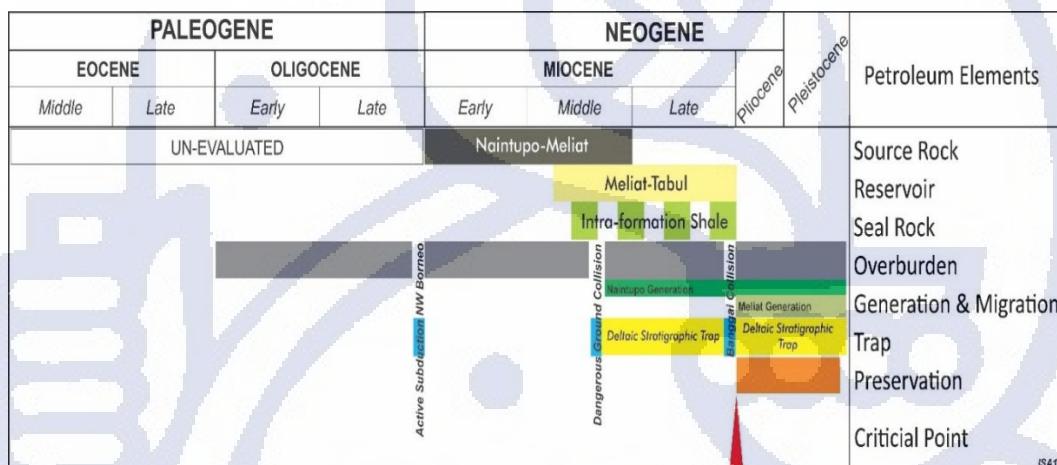
Formasi yang memenuhi kriteria sebagai batuan tudung pada Cekungan Tarakan adalah Formasi Tabul, Santul, dan Tarakan yang merupakan endapan delta yang tersusun oleh sedimen klastik berupa perselingan batupasir dengan batuan lempung.

4. Perangkap

Berdasarkan asosiasinya terhadap litologi sedimen klastik halus dengan lingkungan delta pada Cekungan Tarakan, sistem perangkap hidrokarbon yang memungkinkan adalah perangkap stratigrafi. Namun peristiwa tektonik transpresional yang terjadi pada Pleistosen hingga Resen memungkinkan terbentuk perangkap hidrokarbon berupa 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 Miosen-Pliosen. Elemen sistem petroleum pada Cekungan Tarakan terdapat pada Gambar III.8.



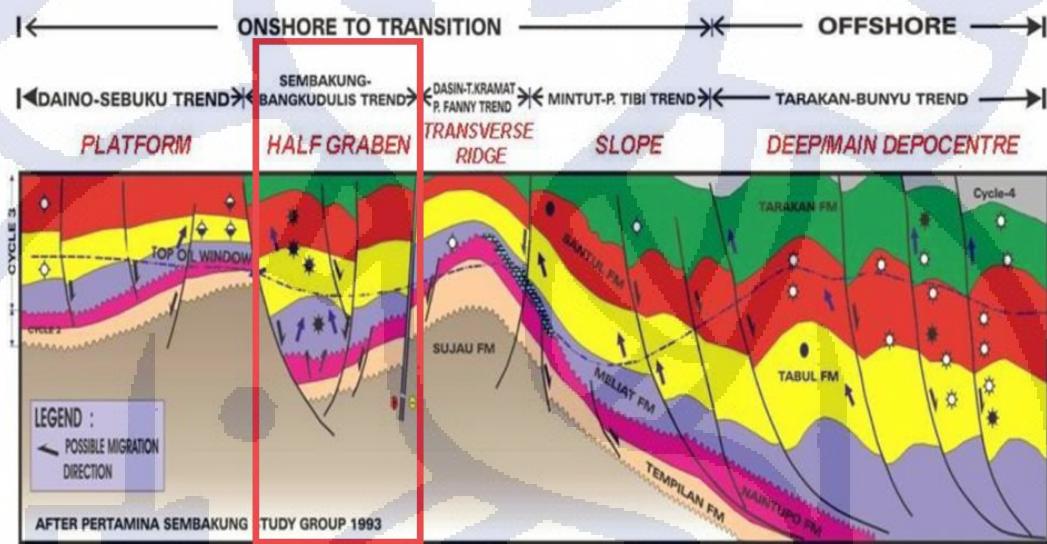
Gambar III.8 Sistem petroleum Cekungan Tarakan (Laporan Internal PT Pertamina Hulu Energi).

III.5 Geologi Daerah Penelitian

Lapangan Karmany berada pada bagian utara dari subCekungan Tarakan. Terdapat lima sumur penelitian yang digunakan pada Lapangan Karmany yaitu sumur KA 2, KA 3, KA 4, KA 5, dan KA 7.

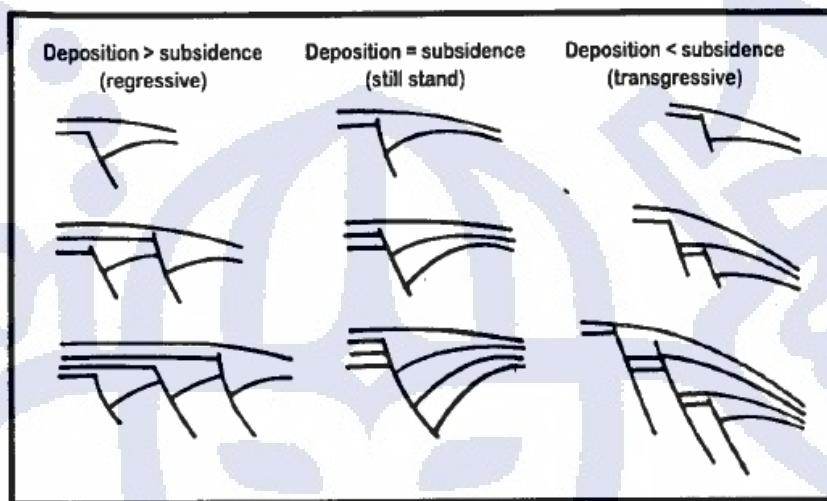
III.5.1 Struktur Geologi Daerah Penelitian

Berdasarkan perkembangan sesar normal (*growth fault*) yang terdapat pada Cekungan Tarakan, Biantoro dkk (1996) membagi subCekungan Tarakan menjadi lima wilayah paparan utama (Gambar III.9) yaitu Paparan Daino-Sebuku, Graben Sembakung-Bangkudulis, Punggungan Dasin-Fanny, Lereng Mintut Tibi dan deposenter utama Bunyu-Tarakan. Berdasarkan hasil interpretasi seismik area penelitian berada pada Graben Sembakung-Bangkudulis (Gambar III.12).



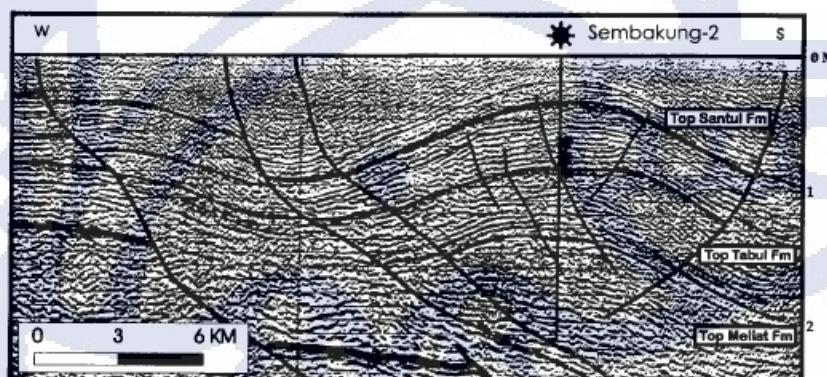
Gambar III.9 Pembagian subCekungan Tarakan berdasarkan perkembangan growth fault. Kotak merah merupakan area penelitian. (Laporan Internal PT Pertamina Hulu Energi, 1993).

Terdapat tiga tipe sesar yang umum terbentuk berdasarkan kecepatan dari sedimentasi dan penurunan dasar cekungan (Bruce, 1972 dalam Biantoro dkk., 1996). Jika kecepatan sedimentasi lebih besar daripada kecepatan penurunan dasar cekungan (fase regresi), maka sesar tumbuh akan berprogadasi kearah cekungan membentuk minor *roll-over*. Sesar *roll-over* yang jelas dan pergeseran vertikal yang besar akan terjadi jika kecepatan sedimentasi sama dengan kecepatan penurunan dasar cekungan. Jika kecepatan sedimentasi lebih kecil daripada kecepatan penurunan dasar cekungan maka (fase transgresi) maka hanya terbentuk sesar bertingkat tanpa adanya *roll-over* (Gambar III.10).

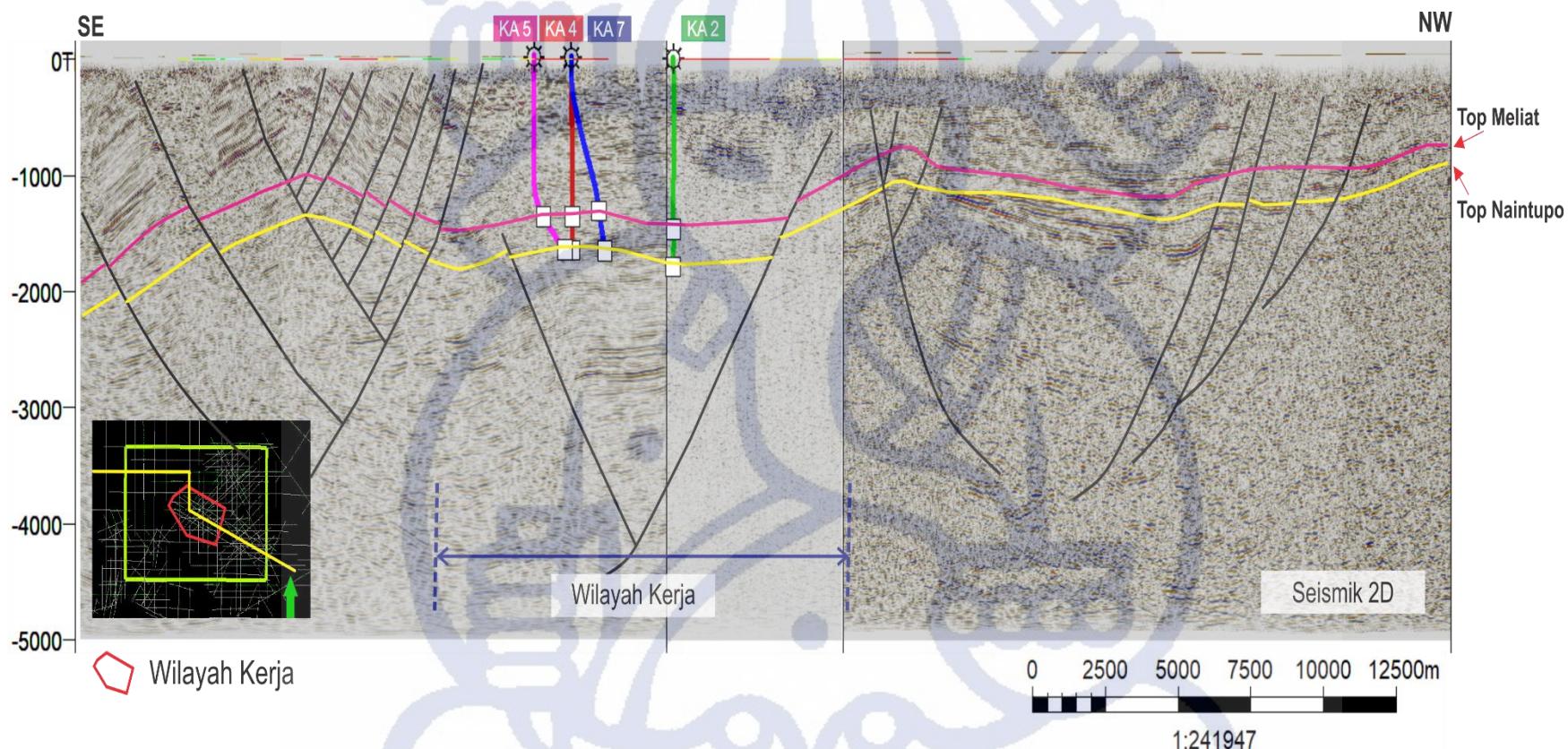


Gambar III.10 Tipe-tipe sesar tumbuh berdasarkan kecepatan sedimentasi dan penurunan dasar cekungan (Bruce, 1972 dalam Biantoro dkk., 1996).

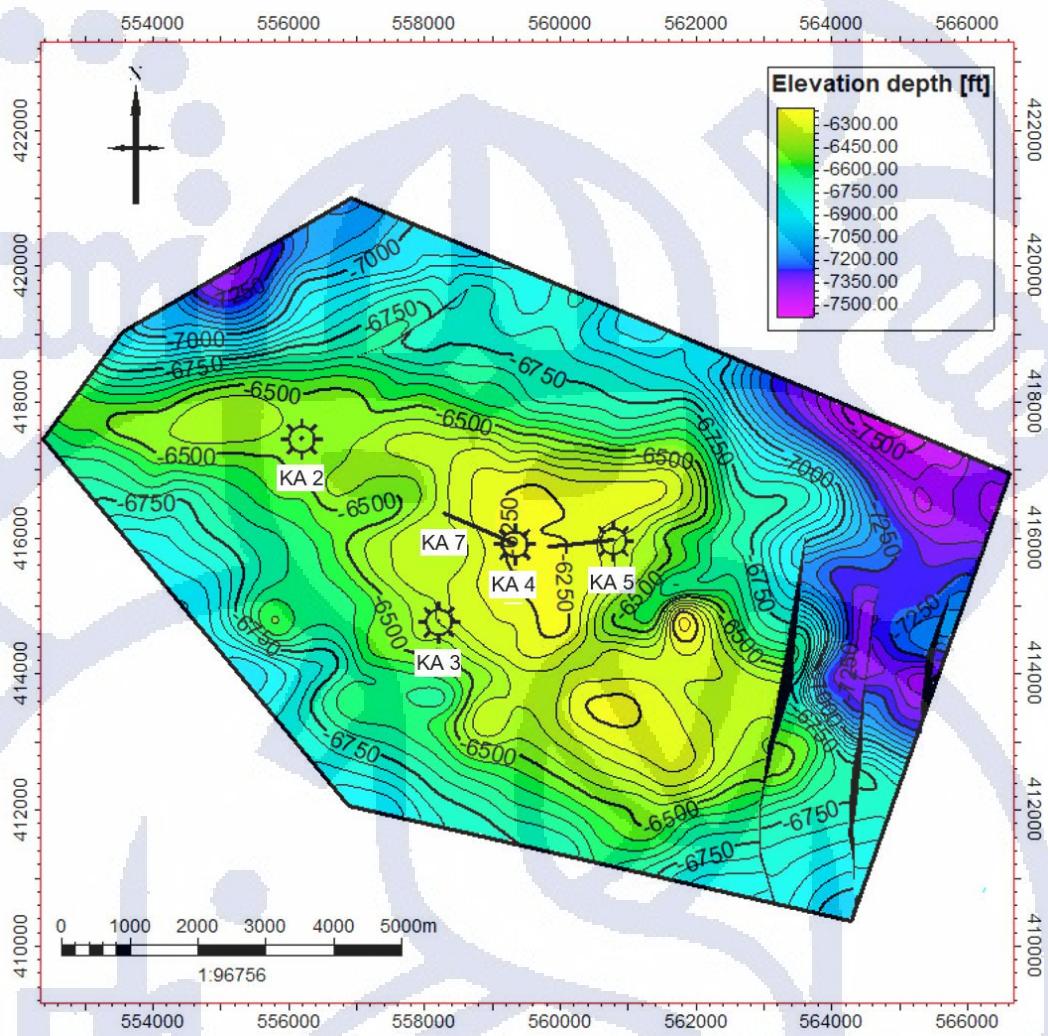
Graben Sembakung-Bangkudulis menunjukkan struktur perkembangan *roll-over* yang cukup jelas (Gambar III.11). Hal ini menunjukkan sesar tumbuh yang berkembang pada keadaan kecepatan sedimentasi yang sama dengan kecepatan penurunan cekungan. Akhir dari pergerakan *roll-over* ini akan menghasilkan antiklin 4-way dip seal (Biantoro dkk., 1996).



Gambar III.11 Penampang seismik wilayah timur laut Graben Sembakung-Bangkudulis (Biantoro dkk., 1996).



Gambar III.12 Penampang seismik 2D berarah SE-NW yang melalui area penelitian.

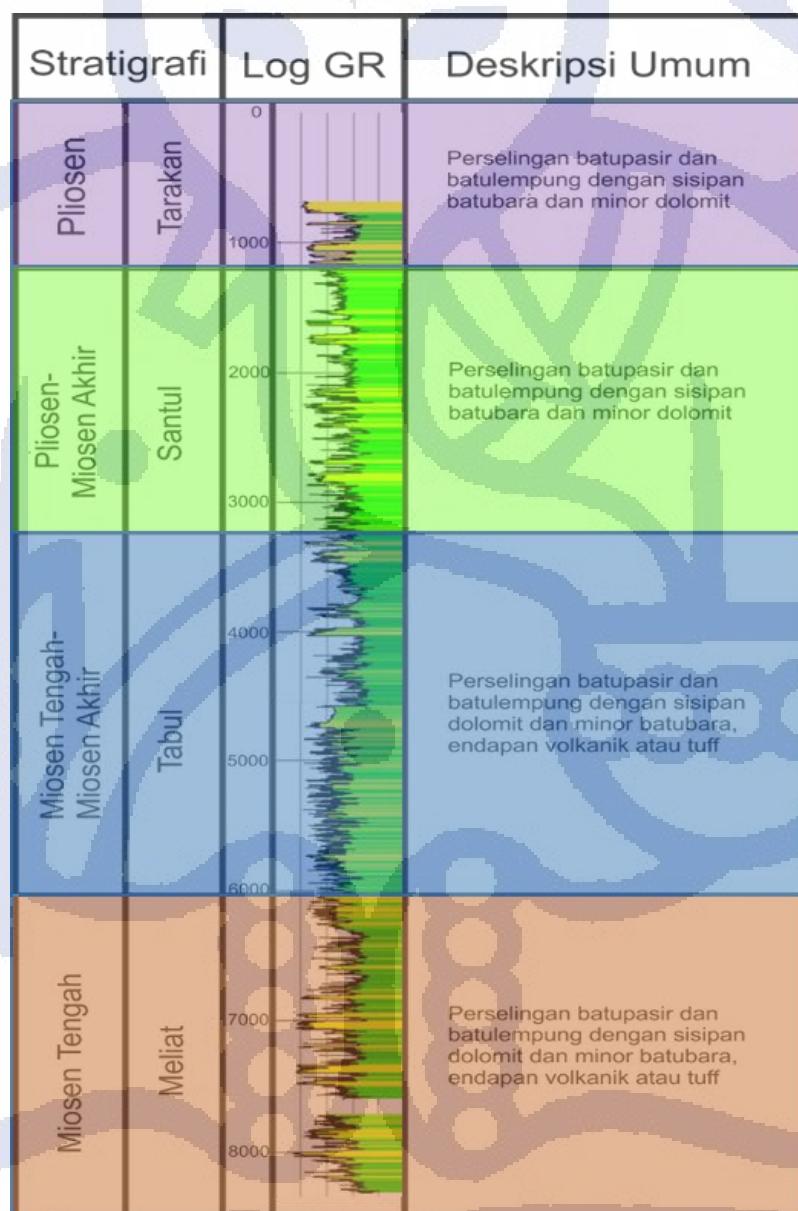


Gambar III.13 Peta struktur kedalaman puncak Formasi Meliat.

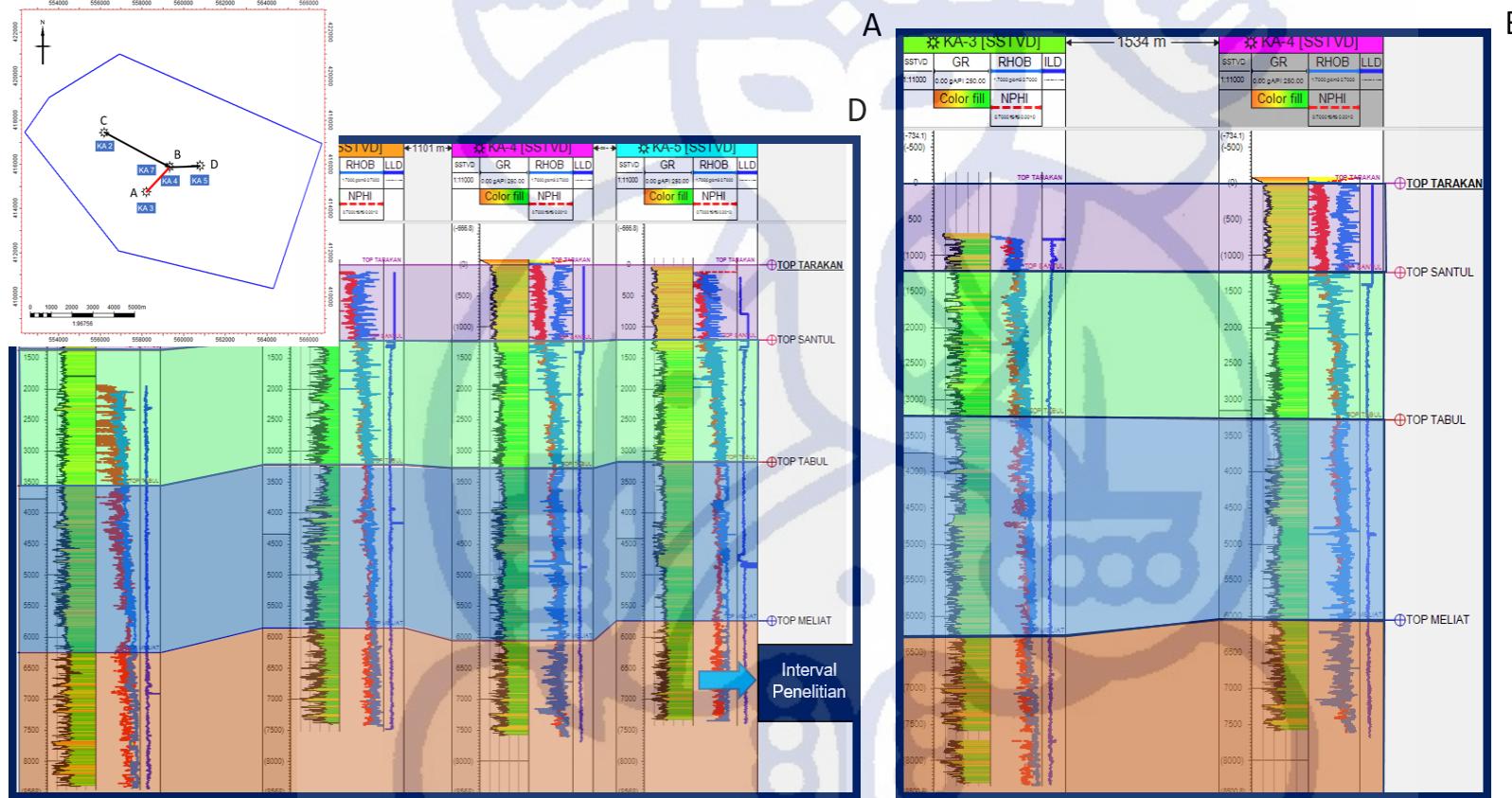
III.5.2 Stratigrafi Wilayah Penelitian

Stratigrafi wilayah penelitian masih mengikuti susunan stratigrafi regional yang terdiri dari Formasi Danau sebagai batuan dasar. Pada tahap *syn-rift*, diendapkan Formasi Sembakung dan Formasi Sujau yang merupakan endapan aluvial dan fluvial secara tidak selaras diatas Formasi Danau. Pada tahap *post-rift* 1 diendapkan Formasi Seilor dan Mengkabua, kemudian tahap *post-rift* 2 diendapkan Formasi Tempilan, Tabalar, Mesaloi dan Naintupo. Pada tahap regresi diendapkan Formasi Meliat, Tabul, Santul, Tarakan dan Bunyu secara tidak selaras diatas endapan *post-rift* 2.

Interval penelitian Lapangan Karmany merupakan bagian dari Formasi Meliat yang menjadi salah satu reservoir utama diwilayah penelitian. Lingkungan pengendapan dari daerah penelitian diinterpretasikan berada pada lingkungan delta. Berdasarkan data-data log sumur dan batuan inti, Formasi Meliat yang merupakan formasi penelitian terdiri dari litologi batupasir dan batulempung dengan sisiran batubara, dolomit dan volkaniklastik (Gambar III.14). Korelasi puncak formasi pada sumur-sumur penelitian terdapat pada Gambar III.15.



Gambar III.14 Kolom stratigrafi daerah penelitian.



Gambar III.15 Korelasi puncak formasi pada sumur penelitian.

III.6 Sintesis Geologi Daerah Penelitian

Berdasarkan pengolahan data daerah penelitian dan referensi geologi regional, sintesis geologi daerah penelitian dapat diuraikan sebagai berikut.

a. Pra-Tersier

Pada periode ini terjadi pembentukan batuan dasar pada daerah penelitian.

b. Eosen Tengah-Eosen Akhir

Terjadi ekstensi regional yang membentuk Cekungan Tarakan. (Hamilton, 1979 dalam Lentini dan Darman, 1996). Fase ini terjadi bersamaan dengan terbentuknya endapan *syn-rift* yang diisi oleh endapan aluvial dan fluvial. Formasi Sembakung pada Eosen Tengah dengan paleogeografi menjadi laut dangkal hingga laut dalam (Biantoro dkk., 1996).

c. Eosen Akhir-Oligosen Akhir

Terjadi pengangkatan pada Eosen Akhir yang menyebabkan lingkungan pengendapan berangsur menjadi deltaik hingga laut dangkal dengan diendapkannya Formasi Sujau. Pada Oligosen Awal lingkungan pengendapan daerah penelitian berubah menjadi paparan karbonat dan laut dalam (Achmad dan Samuel, 1984) dengan pengendapan Formasi Seilor pada bagian tepi dan Formasi Mangkabua pada bagian tengah cekungan. Pengangkatan kembali terjadi pada Oligosen Akhir yang mengakibatkan terbentuknya Tinggian Kuching yang menjadi sumber sedimentasi pada daerah penelitian. Pada Oligosen Akhir diendapkan Formasi Tabalar dan Tempilan. Namun sumur-sumur penelitian tidak ada yang menembus formasi-formasi pada umur ini.

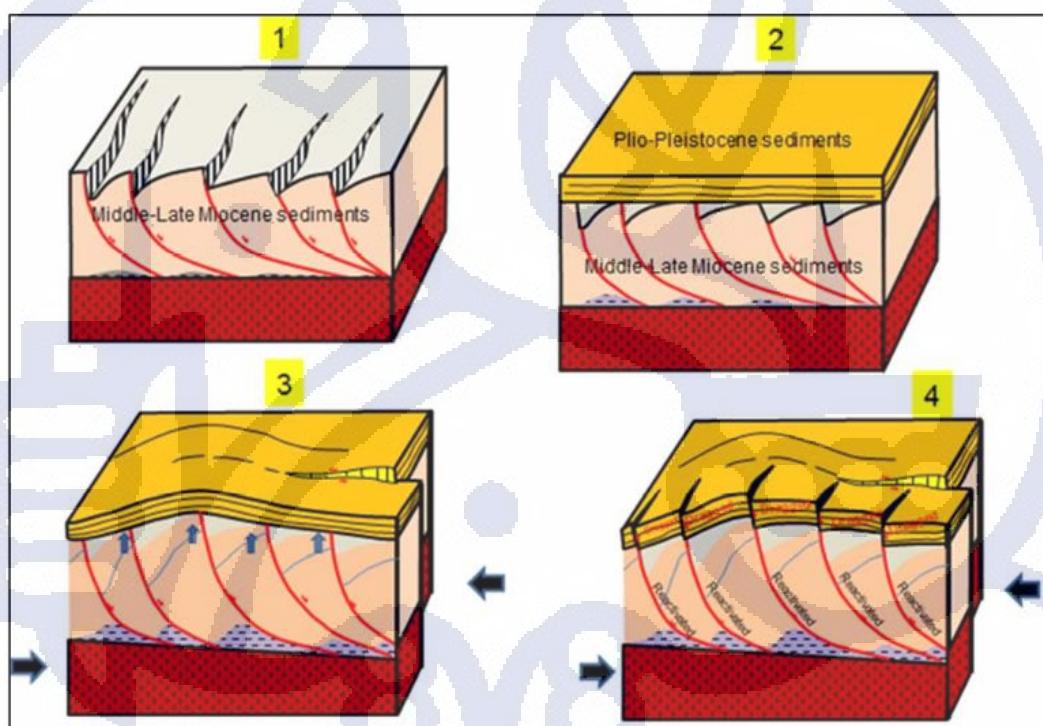
d. Miosen Awal-Miosen Akhir

Pada Miosen Awal, sedimentasi terjadi secara transgresif dengan pengendapan Formasi Naintupo pada lingkungan delta hingga laut dangkal. Pada umur Miosen Tengah terjadi pengangkatan dan diendapkan Formasi Meliat yang menjadi interval penelitian. Pada umur ini terjadi pengendapan sedimen secara progradasi dengan berkembangnya struktur sesar tumbuh (*growth fault*) pada lingkungan delta. Pada umur Miosen Akhir terjadi pengendapan Formasi Tabul

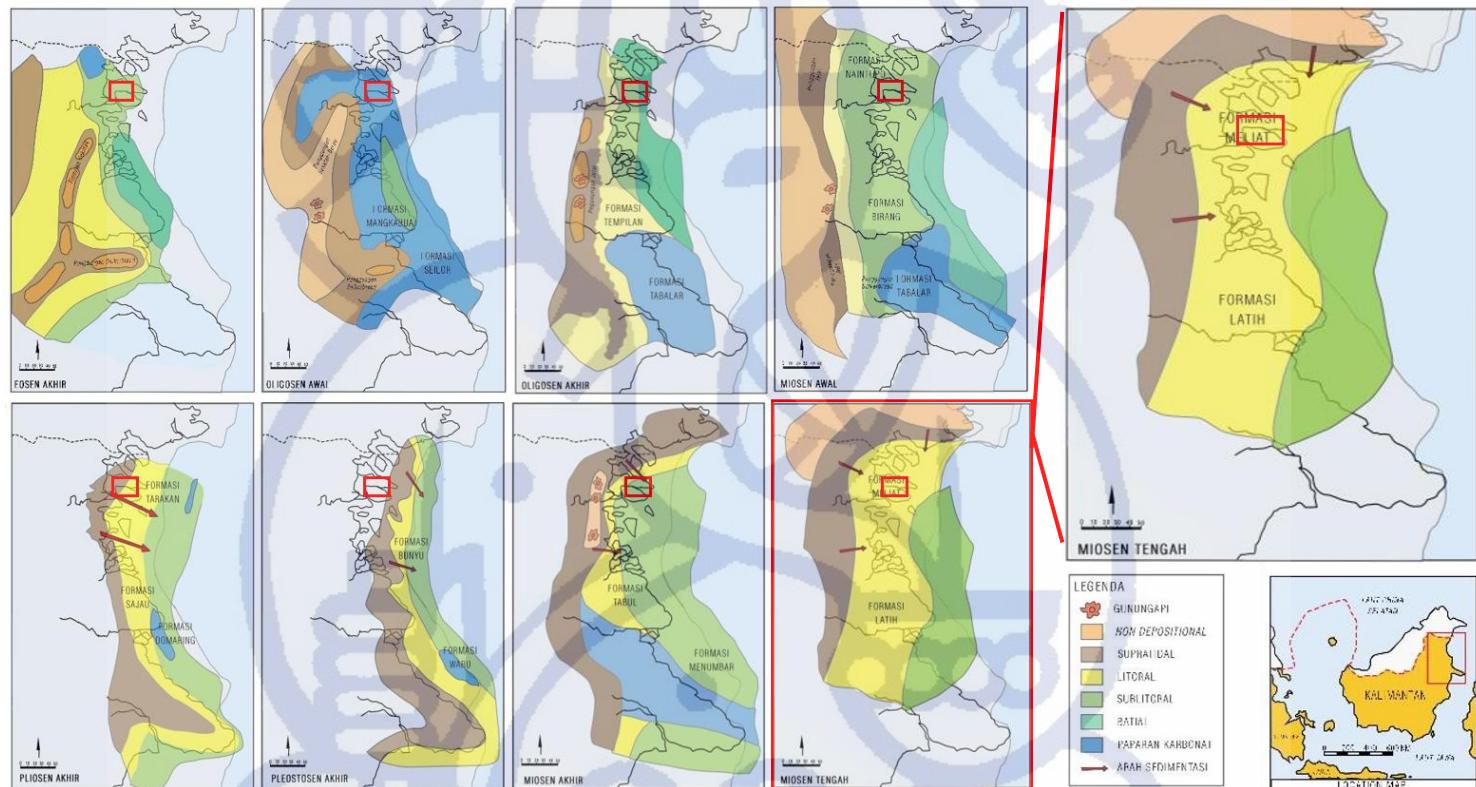
dan Santul pada fase regresif. Pada umur ini terjadi kenaikan muka air laut sehingga menyebabkan daerah penelitian berubah menjadi lingkungan transisi hingga laut dangkal.

e. Pliosen-Resen

Pada umur Pliosen terjadi pengangkatan pada bagian barat cekungan sehingga paleogeografi berubah menjadi lingkungan darat/supralitoral. Pada umur ini terjadi pengendapan Formasi Tarakan secara progresif. Pada umur Pleistosen terjadi pengangkatan dan peristiwa tektonik transpresional dan terjadinya inversi pada sesar tumbuh dan terbentuknya *roll over* antiklin (Gambar III.16). Pada Resen terjadi reaktivasi sesar-sesar tumbuh pada daerah penelitian.



Gambar III.16 Model kartun sederhana yang mendeskripsikan evolusi struktur dari *normal listric fault* oleh perkembangan endapan deltaik selama Miosen Tengah-Miosen Akhir sampai pengangkatan pada Miosen Akhir (1) dan diikuti oleh endapan sedimen deltaik Plio-Pleistosen (2) sampai fase tektonik kompresional dan *uplift* pada Pleistosen (3) dan akhirnya terjadi reaktifasi *listric fault* hingga saat ini (4) (Sudarmono dkk., 2017)



Gambar III.17 Paleogeografi Cekungan Tarakan mulai Eosen Akhir hingga Pleistosen Akhir (Modifikasi dari Pertamina BPPKA, 2005). Kotak merah merupakan area penelitian.