

PENENTUAN POTENSI BATUAN INDUK MENGGUNAKAN SEKUEN STRATIGRAFI DAERAH PENAJAM, KALIMANTAN TIMUR

Clara Rhema Sukma Hikari^{1*}

¹Prodi Teknik Geologi, Universitas Trisakti, Jl. Kyai Tapa No.1 Grogol, Jakarta Barat

Abstrak

Penelitian ini difokuskan pada penyebaran batuan sedimen di daerah Penajam dan sekitarnya, Provinsi Kalimantan Timur yang merupakan bagian dari Cekungan Kutai. Cekungan Kutai terdiri atas beberapa formasi. Setiap formasi memiliki karakteristik batuan dan lingkungan pengendapan yang berbeda. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan antara lingkungan pengendapan secara lateral dan vertikal melalui analisis fasies dan sekuen stratigrafi yang menghasilkan suatu model paleogeografi, serta untuk menentukan potensi batuan induk melalui analisis kualitas dan kuantitasnya. Objek penelitian meliputi data permukaan dan data sumur. Pengambilan data dipermukaan dilakukan secara mandiri dan berfokus pada pengamatan tekstur, struktur, mineral pada singkapan batuan sehingga menghasilkan resolusi yang tinggi. Sedangkan analisis geokimia dilakukan dengan mengetahui kehadiran material organik, tipe kerogen batuan induk, dan tingkat kematangan material organik. Karakteristik tersebut didukung oleh data-data berupa TOC, rock-eval pyrolysis, dan vitrinite reflectance. Berdasarkan hasil korelasi sekuen stratigrafi permukaan dan sumur yang dibatasi oleh marker biostratigrafi pada N3, menunjukkan lingkungan pengendapan yang berubah dari laut menuju darat. Terdapat 4 fasies yang berkembang pada daerah penelitian ini yaitu fasies upper shoreface, middle shoreface, sub-marine channel, basin plain. Berdasarkan kisaran material organik dan tipe kerogen dari data geokimia, pada permukaan menunjukkan sedang dengan tipe kerogen IV (inert), pada bawah permukaan sedang sampai baik dengan tipe kerogen III (gas). Daerah potensi batuan induk terdapat pada Formasi Pamaluan yang ekuivalen dengan Oligosen Awal sampai Miosen Awal dengan lingkungan pengendapan basin plain. Lingkungan basin plain yang terdiri dari litologi dominan berupa batulempung, dimana menjadi zona yang baik untuk berkembangnya suatu batuan induk.

Kata-kata kunci: Cekungan Kutai, sekuen stratigrafi, batuan induk, lingkungan pengendapan, oligosen.

Abstract

This study focused on distribution of sedimentary rocks in Penajam area and its surroundings, East Kalimantan Province which part of Kutai Basin. Kutai Basin consists of several formations. Each formation has different rock characteristics and depositional environment. Therefore, this study aims to determine the relationship between depositional environment laterally and vertically through facies analysis and stratigraphic sequences outputting a paleogeographic model, as well as to determine the potential of source rock through analysis its quality and quantity. The object of research includes surface data and well data. Surface data focuses on observing the texture, structure, minerals in rock outcrops so as to produce high resolution. While geochemical analysis is carried out by knowing the presence of organic material, kerogen type of source rock, and maturity level. Based on results of surface and well stratigraphic sequence correlations bounded by biostratigraphic markers on the N3, depositional environment changed from the sea to the land. There are 4 facies that developed in this research, namely upper shoreface, middle shoreface, sub-marine channel, basin plain facies. Based on the range of organic materials and kerogen types of geochemical data, on the surface indicates moderate with kerogen type IV (inert), the subsurface moderate to good with kerogen type III (gas). The potential source rock region is found in the Pamaluan Formation which is equivalent to Early Oligocene to Early Miocene with a basin plain depositional environment. Basin plain environment consists of dominant of claystone, which is a good zone for developing a source rock.

Keywords: Kutai Basin, sequence stratigraphy, source rock, depositional environment, oligocene.

*Penulis untuk korespondensi (corresponding author):

E-mail: clararhema@gmail.com

Tel: +62-858-92719041

I. PENDAHULUAN

Dalam penerapan konsep sekuen stratigrafi ini, penelitian singkapan dilakukan secara langsung (permukaan) dan bawah permukaan. Penelitian yang dilakukan secara kondisi permukaan (singkapan), dapat dianalisis bagaimana pengendapannya mulai dari tekstur, struktur sedimen, komposisi mineral sampai pada fasies dan sekuen stratigrafinya, sehingga data dan interpretasi yang dianalisa mempunyai tingkat resolusi yang tinggi. Melalui data permukaan tersebut selanjutnya dikorelasikan dengan kondisi geologi bawah permukaan. Pada

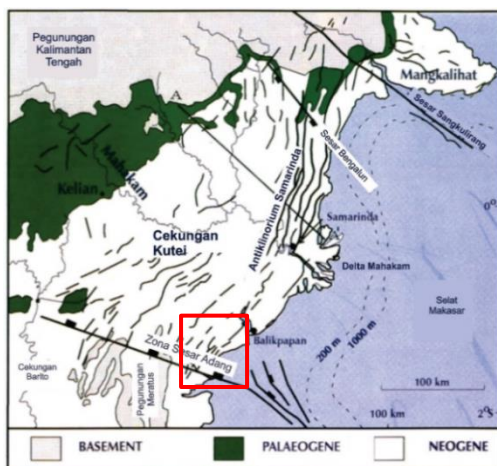
akhirnya, analisis- analisis tersebut digunakan untuk mendapatkan gambaran geometri, distribusi, serta karakteristik sistem minyak bumi (*petroleum system*). Salah satu bagian dari *petroleum system* yang menjadi sumber penghasil hidrokarbon (minyak bumi dan gas) adalah batuan induk. Batuan induk sendiri umumnya berukuran butir halus dan disusun oleh material klastik atau karbon organik. Keberadaan material karbon organik inilah yang secara langsung mempengaruhi kualitas suatu batuan induk. Untuk mendapatkan akumulasi

migas yang signifikan batuan induk harus memiliki kandungan total karbon organik yang besar dan ketebalan yang cukup, di samping itu kematangan yang tepat. Potensi batuan induk tersebut dalam penelitian ini dianalisis berdasarkan data geokimia nya. Data geokimia berupa TOC, *rock-eval pyrolysis*, dan *vitritine reflectance*. Kemudian berdasarkan korelasi data permukaan dan data bawah permukaan yang dikombinasikan dengan data geokimia, dapat dibuat penyebaran pola paleogeografi serta daerah prospek batuan induk dari daerah penelitian

II. TEORI DASAR

2.1 Geologi Regional

Daerah penelitian terletak pada Cekungan Kutai (lihat Gambar 1). Secara fisiografi objek penelitian dibatasi di bagian utara dibatasi oleh Tinggian Mangkalihat dan Sesar Sangkulirang yang memisahkannya dengan Cekungan Tarakan, pada sisi timur terdapat Delta Mahakam, pada bagian barat dibatasi oleh Tinggian Kuching, pada bagian tenggara terdapat Paparan Paternoster yang dipisahkan oleh gugusan Meratus dan pada bagian selatan dibatasi oleh Cekungan Barito yang dipisahkan oleh Sesar Adang (Satyana et. Al, 1999). Secara tektonik, struktur yang berkembang pada Cekungan Kutai didominasi oleh serangkaian lipatan dan patahan yang berarah Timur Laut–Barat Daya yang paralel dengan garis pantai timur (Allen dan Chambers, 1998). Secara stratigrafi daerah penelitian, terdiri dari Formasi Pamaluan, Formasi Pulaubalang, Formasi Kampungbaru, Formasi Balikpapan.



Gambar 1. Fisiografi dan struktur geologi Cekungan Kutai (Allen dan Chambers, 1998)

III. DATA DAN METODE PENELITIAN

Data yang didapatkan adalah data permukaan berupa survei geologi lapangan meliputi profil singkapan dan analisis laboratorium geokimia serta data bawah permukaan meliputi data stratigrafi sumur dan data geokimia sumur.

3.1 Metode Pengumpulan Data

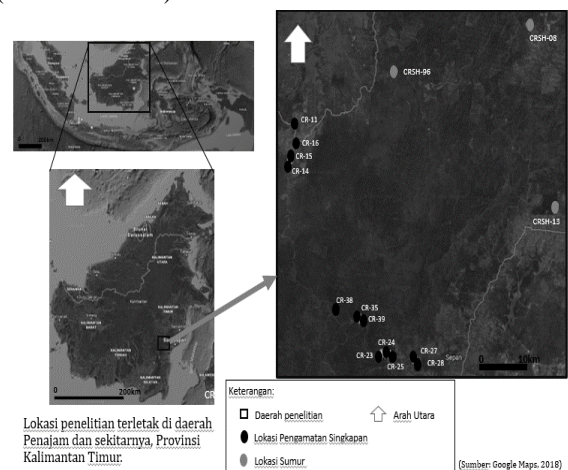
Metode berupa studi literatur, pengambilan data primer dan keterdapatan data sekunder. Hal ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik dan pola sedimentasi diatas permukaan dan dibawah permukaan secara geologi daerah penelitian.

3.2 Metode Analisis Data

Peneliti melakukan analisis menggunakan analisis fasies dan sekuen stratigrafi berdasarkan pengamatan singkapan dilapangan maupun pada sumur melalui penyebaran batuan dari tua ke muda, maka selanjutnya dapat dianalisis fasies dan sekuen stratigrafinya. Sekuen stratigrafi dapat ditentukan dari pola bagaimana batuan menghalus ke atas atau mengasar ke atas, yang kemudian dapat mengetahui kapan suatu batuan mengalami banjir maksimum ataupun adanya bidang ketidakselarasan.

IV. HASIL DAN DISKUSI PENELITIAN

Sebagai data pendukung dalam mengerjakan analisis sekuen stratigrafi, maka data sampel batuan CR dari permukaan dianalisis lebih lanjut melalui laboratorium, untuk dianalisis kandungan geokimia dan biostratigrafinya. Sedangkan data sekunder adalah berasal dari data *wireline log*, berupa data sumur CRSH (data bawah permukaan) yang mencakup wilayah area penelitian. Sampel dari sumur tersebut telah tersedia dalam bentuk *mud log* dan hasil analisis geokimia sehingga yang diperoleh berupa data tertulis dan digital. Terdapat 12 lokasi pengamatan dan 3 sumur pada daerah penelitian ini (lihat Gambar 2).

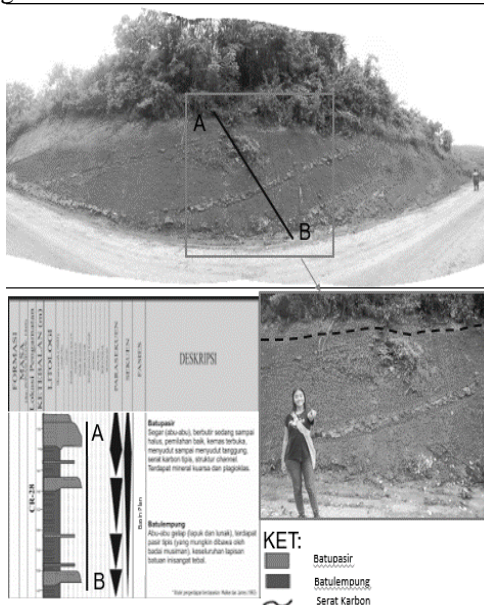


Gambar 2. Penyebaran lokasi pengamatan penelitian (Google earth, 2018)

4.1 Analisis Lokasi Pengamatan CR-28

Lokasi pengamatan ini terletak pada daerah Penajam, Kabupaten Penajam Paser dengan litologi yang ditemukan batulempung sisipan batupasir. Pada batulempung yang secara keseluruhan sangat tebal memiliki warna abu-abu gelap pada kondisi lapuk dan lunak. Didalam lapisan batulempung terdapat sisipan batupasir tipis yang diperkirakan dibawa oleh badai musiman yang terjadi pada

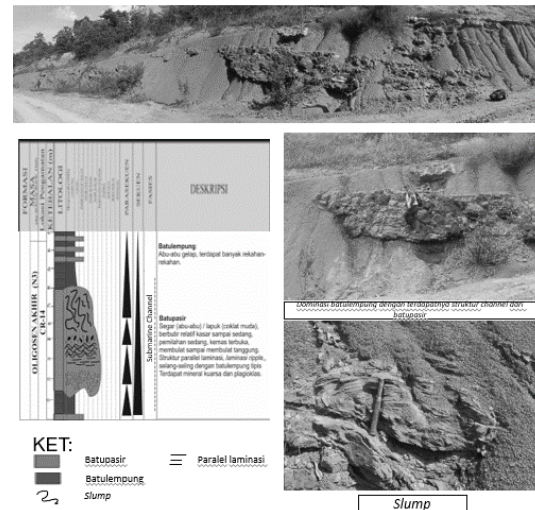
lingkungan laut dalam (lihat Gambar 3). Pada batupasir memiliki warna abu-abu, dengan ukuran butir sedang sampai halus, pemilahan baik, kemas terbuka, bentuk butir menyudut sampai menyudut tanggung, yang merupakan penciri endapan sedimen lingkungan laut dalam. Terdapat mineral kuarsa dan plagioklas.



Gambar 3. Lokasi pengamatan dan kolom stratigrafi CR-28 (Pukesmigas, 2018).

4.2 Analisis Lokasi Pengamatan CR-14

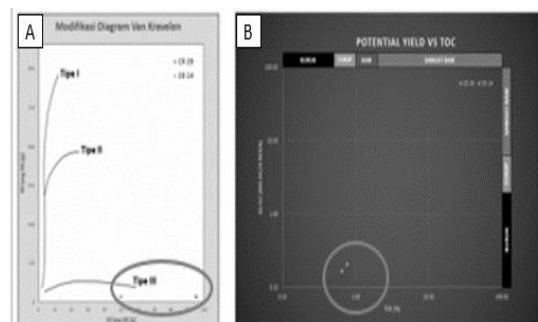
Lokasi pengamatan ini terletak pada daerah Long Kali, Kabupaten Paser dengan litologi yang ditemukan pada bagian bawah berupa batulempung sisipan batupasir. Pada batupasir memiliki warna abu-abu pada kondisi segar dan berwarna coklat muda pada kondisi lapuk, dengan ukuran butir kasar sampai sedang, kemas terbuka, bentuk butir membulat sampai membulat tanggung, terpilah baik, dengan struktur berupa paralel laminasi, laminasi ripple, serta terdapat mineral kuarsa dan plagioklas, dengan sedikit serat karbon. Pada batulempung memiliki warna abu-abu gelap pada kondisi yang segar dan lapuk, tingkat kekuatan batuan yang rentan rekah (lihat Gambar 4).



Gambar 4. Lokasi pengamatan dan kolom stratigrafi CR-14 (Pukesmigas, 2018)

4.3 Analisis Geokimia Permukaan

Pada sampel batuan yang ada dalam penelitian ini didapatkan dua sampel yang digunakan untuk menganalisis kualitas, kuantitas dan tingkat kematangannya. Untuk mengetahui parameter-parameter tersebut, dilakukan beberapa analisis, yaitu analisa kekayaan batuan induk daerah penelitian berdasarkan kandungan material organik (Gambar 5).

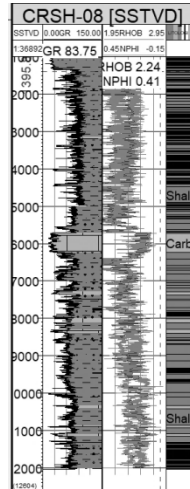


Gambar 5. (A) Diagram hidrogen indeks terhadap oksigen indeks yang menunjukkan sampel batuan induk cukup jauh dari tipe III atau termasuk kedalam tipe IV (inert) yang tidak berpotensi menghasilkan hidrokarbon. (B) Diagram TOC terhadap S1+S2 (*potential yield*) menunjukkan sampel batuan induk mempunyai kekayaan material organik yang cukup atau sedang untuk menghasilkan hidrokarbon

4.4 Analisis Data Bawah Permukaan

Sebelum melakukan interpretasi litologi, terlebih dahulu melakukan top kedalaman batas atas dan bawah (*Top – Bottom*) untuk Formasi Pamaluan dan Formasi Pulaubalang dari masing-masing sumur yang dilihat dari data *well report* yang didapat dari PUKESMIGAS-USAKTI. Interpretasi litologi menggunakan data log dari masing-masing sumur. Jenis log yang digunakan dalam interpretasi litologi berupa log *Gamma Ray* (GR), *Spontaneous Potential* (SP), dimana interpretasi dilihat dari pola-pola log yang terbentuk (Kendall, 2003). Dari hasil

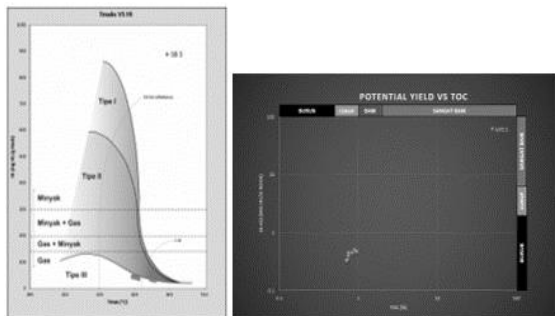
kualitatif ditentukan empat (4) jenis litologi yang terdapat pada daerah penelitian yaitu batulempung, batulanau, batupasir, dan batugamping. Pada log GR, nilai GR yang cukup rendah menunjukkan litologi batupasir dan batugamping, sedangkan nilai GR yang tinggi menunjukkan litologi batulempung dan batulanau (lihat Gambar 6).



Gambar 6. Interpretasi litologi sumur CRSH-08 berdasarkan log GR (Pukesmigas, 2018).

4.5 Analisis Geokimia Bawah Permukaan

Analisis dan evaluasi dilakukan pada sampel serbuk bor (*cuttings*) batuan samping (*side wall core*) dan batuan inti (*core*) pada sumur CRSH yaitu berfokus pada Formasi Pamaluan yang diperkirakan sebagai batuan induk didaerah penelitian. Untuk mengetahui kualitas, kuantitas dan kematangan batuan induk, dilakukan analisis, yaitu analisis kekayaan batuan induk berdasarkan kandungan material organik yang ada pada batuan dengan melihat nilai TOC (Gambar 7, Tabel 1). Sejumlah sampel batuan yang diambil dari sumur CRSH pada Formasi Pamaluan untuk dianalisis berdasarkan nilai TOC. Berdasarkan hasil analisis pada sumur CRSH didapatkan nilai Tmaks, hidrogen indeks, oksigen indeks, dan nilai S_1+S_2 , kualitas dan kematangan batuan induk dianalisis berdasarkan data *rock-eval pyrolysis* dan *vitrinite reflectance*.



Gambar 7. (A) Diagram hidrogen indeks terhadap Tmaks yang menunjukkan tipe III (gas). (B) Diagram TOC terhadap S_1+S_2 (*potential yield*) menunjukkan cukup baik dalam menghasilkan hidrokarbon.

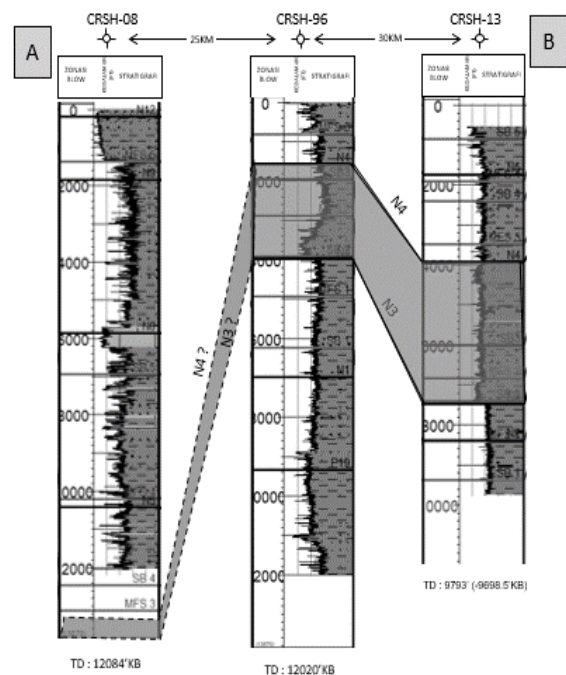
Tabel 1. Hasil data geokimia yang dikorelasikan menggunakan marker sekuen.

CRSH-08		
PARAMETER	SB 5	
TOC (Wt %)	MIN	0.71
	MAKS	0.95
	RATA-RATA	0.83
HI	MIN	30
	MAKS	44
	RATA-RATA	37
Ro (%)	MIN	0.56
	MAKS	0.76
	RATA-RATA	0.66
TMAX	MIN	459
	MAKS	475
	RATA-RATA	467
HASIL	TOC	CUKUP
	HI	GAS
	Ro	OIL WINDOW
	TMAX	MATANG

Berdasarkan analisis pada sampel batuan induk sumur CRSH dari Formasi Pamaluan, didapatkan kisaran nilai konsentrasi material organik yang terpenetrasi oleh sumur adalah sekitar 0.71-0.95% wt atau sedang sampai baik (Peter dan Cassa, 1994), berpotensi menghasilkan gas (kerogen Tipe III). Potensi gas ditunjukkan oleh marker SB 5, terdiri dari litologi dominan batulempung. Tingkat kematangan batuan induk yang didasarkan pada data *vitrinite reflectance*, mengindikasikan adanya jendela minyak (*oil window*) pada SB 5 pada kedalaman 6800ft.

4.6 Korelasi Sumur

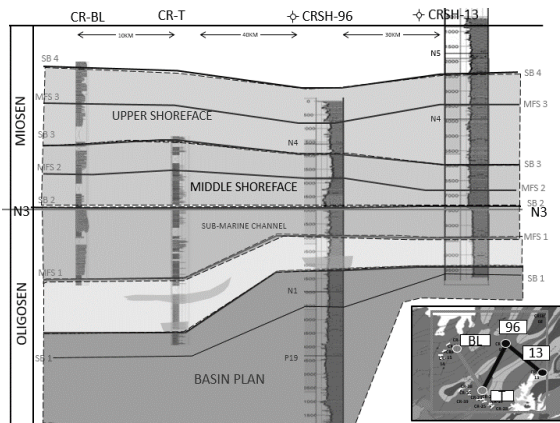
Pada daerah penelitian dilakukan korelasi sumur pada setiap lintasan bertujuan untuk mengetahui penyebaran secara lateral dari endapan sedimen pada masing-masing sekuen (Gambar 8). Sebelumnya korelasi biostratigrafi telah dijadikan kerangka untuk mengikat komponen sikuen stratigrafi pada masing-masing sumur.



Gambar 8. Korelasi sumur dengan menggunakan marker biostratigrafi.

4.7 Fasies Integrasi Permukaan dan Bawah Permukaan

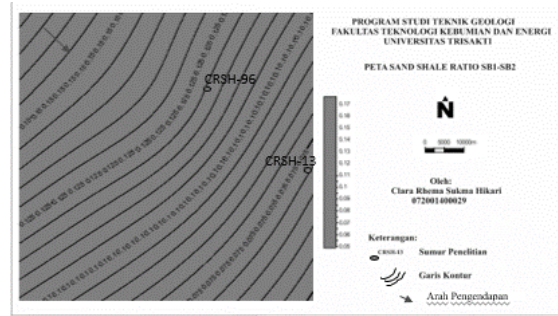
Berdasarkan analisis data permukaan dan data bawah permukaan, selanjutnya adalah dengan melakukan korelasi (lihat Gambar 9). Korelasi ini bertujuan untuk melihat distribusi dari batuan secara lateral. Korelasi yang dilakukan adalah dengan menggunakan *composite log* pada bagian barat laut dengan *composite* di bagian tenggara ke log sumur yang ada pada bagian timur dari *composite* dengan jarak tertentu yang telah terhitung. Marker yang digunakan untuk menghubungkan korelasinya adalah dengan adanya marker umur, yaitu N3, sehingga dihasilkan zona-zona sekuen yang berhubungan satu dengan yang lain. Pada daerah penelitian berfokus kepada 3 sekuen siklus pengendapan, yaitu SB1-SB2, SB2-SB3, SB3-SB4. Berdasarkan korelasi, pola pengendapan yang ada pada daerah ini adalah regresi atau progradasional, dengan lingkungan pengendapan dari arah laut menuju ke darat. Lingkungan laut dalam dicirikan dengan litologi dominan batulempung, sedangkan semakin menuju ke darat, didapatkan litologi batupasir yang semakin berkembang.



Gambar 9. Integrasi data permukaan dan bawah permukaan dengan datum di N3

4.8 Peta Sand Shale Ratio

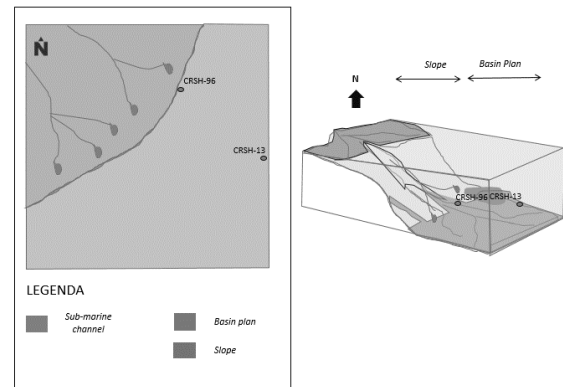
Sand Shale Ratio (SSR) ialah perbandingan antara jumlah kandungan batupasir dengan batulempung. Dari nilai SSR yang didapat, dibuatlah suatu peta SSR. Peta SSR ini dapat digunakan sebagai pendukung penentu arah pengendapan, dengan asumsi bahwa nilai perbandingan SSR yang menipis (nilainya mengecil) menunjukkan arah pengendapan ke arah laut. Pemetaan SSR di daerah penelitian dilakukan tiap sekuen daerah penelitian yaitu SB1-SB2, SB2-SB3, SB3-SB4. Cara menghitung nilai SSR ini ialah pada masing-masing sekuen tiap sumur dihitung tebal satu sekuen (*net gross*), kemudian untuk mengetahui tebal lapisan batulempungnya, tebal *net gross* dikurangi tebal *net sand* (lihat Gambar 10).



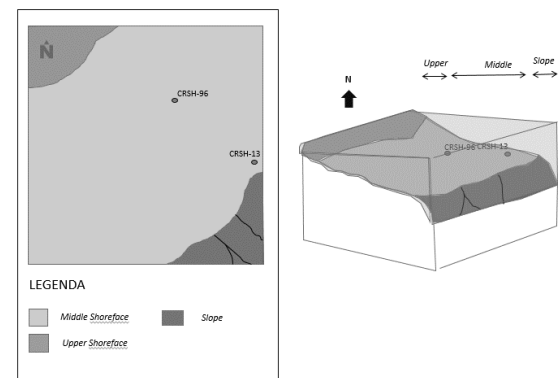
Gambar 10. Peta SSR pada SB1-SB2 yang menunjukkan arah pengendapan dari Barat-laut-Tenggara

4.9 Model Paleogeografi

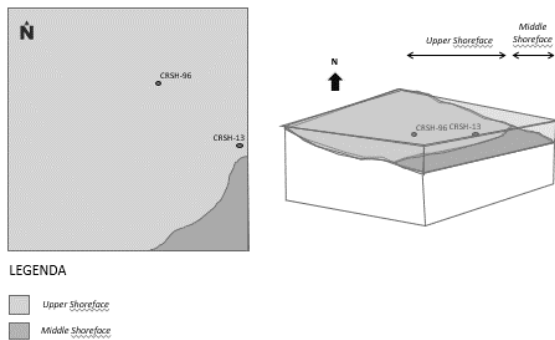
Model paleogeografi merupakan model yang menggambarkan kondisi geografi pada masa lampau atau pada saat batuan tersebut diendapkan. Pembuatan model paleogeografi merupakan pengembangan yang didasarkan atas interpretasi fasies pengendapan yang terdapat pada masing-masing sumur dan dibuat per-sekuen yaitu, SB1-SB2 (lihat Gambar 11), SB2-SB3 (lihat Gambar 12), SB3-SB4 (lihat Gambar 13) (Hikari, 2018). Nantinya model paleogeografi ini bertindak sebagai marker dalam menentukan zona batuan induk. Dengan menggabungkan keseluruhan hasil analisis tersebut maka akan dapat dibuat sebuah model 2D dan 3D dari perubahan yang terjadi selama proses pengendapan berlangsung pada daerah penelitian dari tua ke muda adalah sebagai berikut:



Gambar 11. Model paleogeografi pada saat SB1-SB2 (Hikari, 2018)



Gambar 12. Model paleogeografi pada saat SB2-SB3 (Hikari, 2018)



Gambar 13. Model paleogeografi pada saat SB3-SB4 (Hikari, 2018)

4.10 Daerah Potensi Batuan Induk

Berdasarkan integrasi peta *sand-shale ratio*, model paleogeografi, serta data analisis kuantitas serta kualitas dari batuan induk, didapatkan bahwa daerah potensi batuan induk adalah pada SB 1 – SB 2 termasuk pada fasies batulempung *basin plan* dan nilai TOC berkisar antara 1,085 – 2% Wt (Peter dan Cassa, 1994).

V. KESIMPULAN

Berdasarkan data analisis pada daerah penelitian:

1. Daerah penelitian dibagi menjadi 3 sekuen pengendapan dengan batas kronostratigrafi SB1-SB2, SB2-SB3, SB3-SB4 pada Formasi Pamaluan.
2. Berdasarkan bentuk lognya, fasies di daerah penelitian dibagi menjadi batulempung sisipan batupasir upper shoreface, batulempung sisipan batupasir middle shoreface, batulempung sisipan batupasir submarine channel, batulempung basin plan.
3. Arah sedimentasi pada SB1-SB2, SB2-SB3, SB3-SB4 yaitu barat laut-tenggara.
4. Potensi batuan induk bawah permukaan daerah penelitian cenderung memiliki kekayaan organik sedang sampai baik, dengan tipe kerogen III (gas) dan tingkat kematangan yang matang sampai lewat matang, sedangkan pada

data permukaan memiliki tipe kerogen IV (inert). Berbeda dikarenakan tingkat kematangan dibawah permukaan lebih besar dibandingkan yang sudah terangkat kepermukaan.

5. Berdasarkan integrasi data permukaan dan dibawah permukaan, dapat ditunjukkan bahwa daerah potensi batuan induk berada pada fasies basin plan dengan litologi dominan batulempung pada zona SB 1 – SB 2

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kepada Dr. Ir. Agus Guntoro, M, Si., yang telah membimbing dan mengajarkan penulis sehingga jurnal ini dapat diselesaikan dengan tepat waktu serta kepada PUKESMIGAS-USAKTI yang telah menyediakan data baik primer maupun sekunder untuk menunjang penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. Allen, G.P. & John L.C. Chambers. 1998. *Sedimentation in The Modern and Miocene Mahakam Delta*. Jakarta, Indonesia: IPA.
2. Hikari, Clara Rhema Sukma. 2018. Analisis Sekuen Stratigrafi Untuk Menentukan Potensi Batuan Induk, Daerah Penajam dan Sekitarnya, Cekungan Kutai, Kalimantan Timur. Jakarta: Universitas Trisakti.
3. Kendall, Christopher. 2003. *Sequence Stratigraphy Basic*. University of South Carolina.
4. Peters, K.E dan Cassa M.R. 1994. *Applied Source Rock Geochemistry: The Petroleum System From Source To Trap*: AAPG Memoir. Tulsa Oklahoma, USA.
5. Pukesmigas. 2018. Satyana, A.H. D. Nugroho dan I. Surantoko. 1999. *Tectonic Control On The Hydrocarbon Habitats Of The Barito, Kutei, and Tarakan Basins, Eastern Kalimantan, Indonesia*: Major Dissimilarities in Adjoining Basins. J. Asian Earth Sci. 17, 1-2, p.99-122.