

RUNTUNAN STRATIGRAFI SEDIMEN HOLOSEN KETERKAITANNYA DENGAN KASITERIT DI LEPAS PANTAI TENGGARA P. SINGKEP, KEPULAUAN RIAU

SUYATMAN HIDAYAT dan HERMAN MOECHTAR

Pusat Survei Geologi, Badan Geologi (DESDM),
Jl. Diponegoro 57, Bandung 40122.
e-mail: contact@grdc.esdm.go.id

SARI

Studi sedimen Holosen di wilayah lepas pantai tenggara P. Singkep meliputi analisis sedimentologi dan stratigrafi dari dua puluh satu pemboran yang dilakukan di sepanjang lintasan berarah timurlaut-baratlaut. Posisi pemboran berkisar antara – 9,5 hingga -15 m dari permukaan laut (dpl) dengan ketebalan sedimen 14 - 20 m. Terdapat enam fasies pengendapan yang terletak di atas formasi batuan tua, terdiri atas endapan-endapan: material rombakan (C1), alur sungai bawah (C2), alur sungai atas (C3), limpah banjir (F), pantai (B), dan laut (M). Fasies pengendapan ini dapat dikelompokkan menjadi tiga Interval Selang Pengendapan (ISP I-III).

Berdasarkan aspek sedimentologi dan korelasi stratigrafi, diketahui pula bahwa konsentrasi kasiterit terdapat pada fasies C2, C3, dan B yang dikontrol oleh berubahnya regim aliran. Peristiwa tersebut disebabkan oleh berubahnya iklim dan naiknya muka laut. Itu berarti bahwa proses sedimentasi dikendalikan oleh berubahnya iklim dan turun-naiknya muka laut.

Kata kunci: Sedimen Holosen, stratigrafi, kasiterit, Singkep

ABSTRACT

The study of the Holocene sediments on the offshore areas at the southeast Singkep island was based on an analysis of sedimentology and stratigraphy of twenty one bore holes obtained along Northeast to Southwest line. The position of the bore hole varies from – 9.5 to - 15 m mean sea level (msl) with the thickness of sediments between 14 and 20 m thick. Six depositional facies which occurred above the old formation rocks, consisting of debris flow (C1), lower channel river (C2), upper channel river (C3), floodplain (F), beach (B), and marine (M) deposits. These depositional facies were composed by three depositional intervals (ISP I-III).

Based on the sedimentological aspect and the stratigraphic correlation, the concentration of the cassiterite was deposited on facies C2, C3, and B, which is controlled by changes of flow regims. This event was caused by climatic changes and sea-level fluctuation. Therefore, the sedimentary processes on the basin were controlled by climate and sea-level changes.

Keywords: Holocene sediments, stratigraphy, cassiterite, Singkep

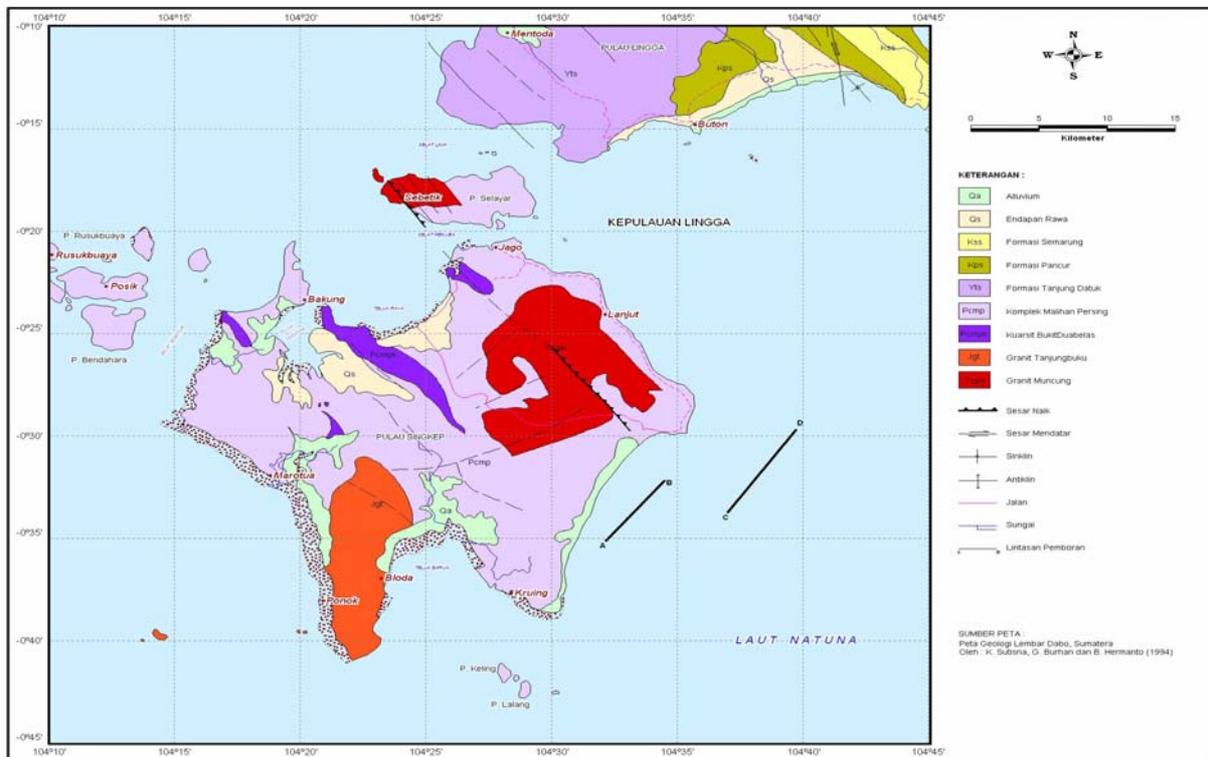
PENDAHULUAN

Sedimen Kuartar muda berumur Holosen di laut lepas pantai tenggara P. Singkep yang berada dalam jajaran sabuk timah Dataran Sunda, dialasi oleh formasi batuan tua Paleozoikum dan Mesozoikum. Aleva dkk. (1973) mempelajari urutan stratigrafi antara P. Singkep dan sekitar Kep. Karimata, sedangkan Soehaimi dan Moechtar (1999) mempelajari tektonik, turun-naiknya muka laut, dan sirkulasi iklim pada endapan seumur di lepas pantai timur P. Bangka. Soehaimi dan Moechtar (1999) menyebutkan bahwa terbentuk 1 (satu) siklus pengendapan yang dikendalikan oleh tektonik lokal sebagai unsur pengendali utama berubahnya muka laut secara cepat. Dikatakan pula bahwa sirkulasi berubahnya iklim, turun-naiknya muka laut, dan efek tektonik dapat direkonstruksi dan dipelajari. Hidayat dkk. (2008), membedakan sedimen Holosen di lepas pantai P. Kundur yang berbatasan dengan paparan Sumatra timur menjadi endapan-endapan material rombakan, alur sungai, limbah banjir, cekungan banjir, pantai, dan laut dekat-lepas pantai. Faktor kendali iklim, turun-naiknya muka laut, dan tektonik regional adalah sebagai unsur terbentuknya sedimen Kuartar tersebut. Cebakan bijih timah di wilayah

sabuk timah umum dijumpai pada endapan-endapan rombakan, sistem fluvial, dan pantai. Lapisan pasir kaya pembawa kasiterit ditemukan pada sistem lembah aluvial yang sering disebut sebagai kaksa. Kaksa didefinisikan sebagai lapisan pembawa kasiterit yang terdapat pada lapisan terakhir endapan aluvial.

Dilatarbelakangi permasalahan di atas, perlu dijabari aspek sedimentologi dan stratigrafi di lepas pantai P. Singkep terhadap sedimen yang seumur, apakah memiliki kesamaan atau tidak khususnya keterkaitan dengan keterdapatannya kasiterit. Penulisan makalah ini adalah untuk mempelajari hubungan antara stratigrafi dengan faktor kendali pembentukannya, dengan cara: (a)mendeskripsi litologi hubungannya dengan fasies pengendapan, (b)menelaah hubungan fasies pengendapan secara lateral dan vertikal, (c)mengkaji faktor kendali berubahnya fasies pengendapan, dan (d)mendiskusikan tentang keterkaitan runtunan stratigrafi Holosen dengan akumulasi kasiterit.

Secara administratif, daerah penelitian berada di laut Natuna yang lokasinya terletak di 3 hingga 10 km pantai tenggara P. Singkep, Kab Lingga, Prov. Kepulauan Riau (Gambar 1).

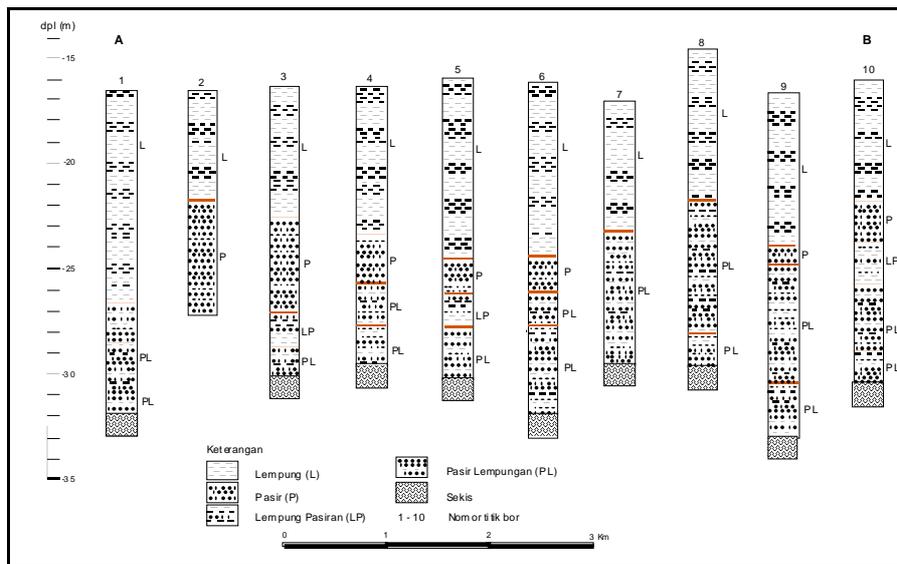


Gambar 1. Peta geologi dan lokasi penelitian Daerah Singkep dan sekitarnya

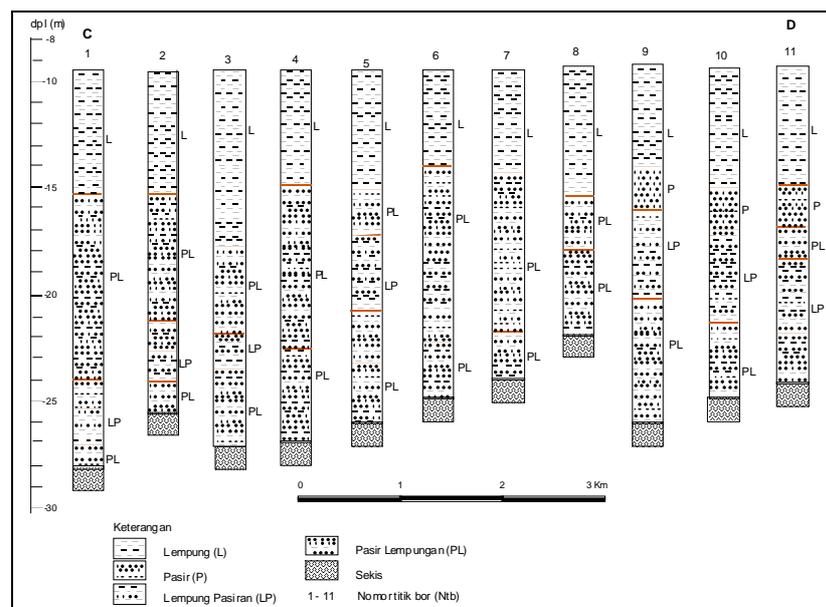
METODE

Penelitian dilakukan berdasarkan analisis sedimen klastik yang datanya diperoleh dari beberapa lokasi pemboran (Ntb), yaitu melalui 2 (dua) lintasan penampang berarah timurlaut-baratdaya (Gambar 2 dan 3). Metode pemboran yang dipakai adalah konsep Bor Bangka, karena jenis bor ini sangat cocok dan umum digunakan di kepulauan Riau. Penentuan lokasi titik bor menggunakan *Global Positioning System*, dan dilakukan sebanyak 21 (dua puluh satu) titik bor yang terletak pada kedalaman air laut antara

8 hingga 17 m dpl dengan ketebalan sedimen antara 14 hingga 20 m. Sedimen tersebut dialasi oleh sekis dari Kelompok Malihan Persing (PC mp). Analisis data dilakukan secara visual dan detail terhadap sedimen klastik terdiri atas pasir lempungan (PL), lempung pasir (LP), pasir (P), dan lempung (L) yang selanjutnya aspek sedimentologi khususnya lingkungan pengendapan dipelajari. Setiap perubahan fasies baik tegas maupun berangsur, termasuk warna dan komposisi butir serta parameter lainnya, direkam dan diplot pada penampang tegak (log bor) berskala 1:500.



Gambar 2. Susunan litologi daerah penelitian



Gambar 3. Susunan litologi sepanjang lintasan C - D

Dua penampang yaitu Lintasan A – B dan Lintasan C – D telah dikorelasikan, yang menghasilkan kelompok Interval Selang Pengendapan (ISP I-III) yang satu sama lainnya memiliki karakter masing-masing. Dari susunan ISP, diketahui faktor kontrol pembentukan setiap tubuh sedimen, yang pada akhirnya daur proses sedimentasi atau perkembangan pembentukan dan perubahan lingkungan dari waktu ke waktu dapat dipelajari. Pada akhirnya, keterdapatannya kasiterit dari rangkaian stratigrafi dapat diketahui.

GEOLOGI

Didasari studi seismik stratigrafi, Aleva dkk. (1973) membedakan stratigrafi sepanjang P. Singkep dan P. Bangka hingga Kep. Karimata menjadi: batuan dasar (Trias-Kapur), permukaan erosi tua, sedimen paling tua (Tersier), kompleks aluvial (Tersier Atas-Plistosen), abrasi laut, dan sedimen muda (Holosen-Resen). Dikatakan bahwa batuan dasar terdiri atas batuan intrusi granit terlipat yang telah mengalami pelapukan kimia tinggi, batuan-batuan sedimen yang umumnya terdiri atas batupasir dan serpih, sedangkan permukaan erosi tua adalah berada pada kedalaman 30 meter hingga tidak diketahui, akan tetapi kemungkinan tidak lebih dari 100 m. Sedimen paling tua dicirikan oleh lapisan subhorizontal, formasi pasir yang agak masif, kemungkinan termasuk teresterial, dan mengandung gambut mendekati interval atas. Selain itu, kompleks aluvial terdiri atas lapisan lempung dan pasir dengan interkalasi gambut, diendapkan dalam sistem lembah. Akhirnya, urutan stratigrafi tersebut diikuti oleh permukaan erosi laut yang terletak pada kedalaman 20 hingga 30 meter, yang ditutupi oleh sedimen muda berupa lempung laut. Aleva (1973) menjelaskan proses pengendapan yang terjadi, yang diawali oleh: proses erosi dan torehan lembah (*rejuvenated erosion and incision valley*), terbentuknya kipas aluvial yang mengalami abrasi, sub-Resen abrasi, dan kemiringan pulau kini yang berkaitan dengan *penepelan* Dataran Sunda.

P. Singkep yang berhadapan dengan Kep. Lingga, dikelilingi oleh gugusan kepulauan kecil di sekitarnya (Gambar 1). Sekis adalah batuan yang mengalasi sedimen muda di lepas pantai tenggara P. Singkep. Menurut Sutisna dkk. (1994), jenis batuan tersebut dimasukkan dalam Kompleks Malihan Persing, terdiri atas perselingan filit, batusabak dan sekis grafit dengan urat-urat kuarsa yang berjari-jemari dengan Kuarsit Bukitduabelas berumur Karbon hingga Perem, yang selanjutnya diterobos oleh Granit Muncung

berumur Trias dan Granit Tanjungbuku berumur Jura Atas hingga Kapur Bawah. Di atasnya ditutupi oleh Formasi Tanjung Datuk berumur Jura terdiri atas batupasir malih, batulempung malih dan batulanau malih dengan sisipan rijang abu-abu coklat. Di Kep. Lingga, Formasi Tanjung Datuk ditutupi oleh Formasi Pancur dan Formasi Semarang berumur Kapur. Formasi-formasi batuan tua tersebut ditutupi oleh endapan Holosen berupa endapan rawa (Qs) terdiri atas lumpur, lempung dan gambut serta aluvium (Qa) berupa kerikil, pasir, lempung dan lumpur.

Struktur geologi daerah P. Singkep mencerminkan bahwa daerah ini telah tersesarkan. Gejala perlipatan terlihat pada Formasi Pancur (Kps) dan Formasi Semarang di Kep. Lingga, dengan arah-arah sumbu antiklin dan sinklin barat-laut-tenggara.

SEDIMENTOLOGI DAN STRATIGRAFI

Sedimentologi

Litologi sedimen Holosen di daerah penelitian merupakan perulangan dari runtunan klastika butir kasar dan halus terdiri atas pasir lempungan (P), lempung pasiran (LP), Pasir (P) dan lempung (L) (Gambar 2 dan 3). Berdasarkan ciri litologi tersebut, sedimen Holosen ini dapat dibedakan menjadi beberapa fasies endapan, yaitu: material rombakan (C1), alur sungai bawah (C2), alur sungai atas (C3), limpah banjir (F), pantai (B), dan laut (M) (Gambar 4 dan 5)

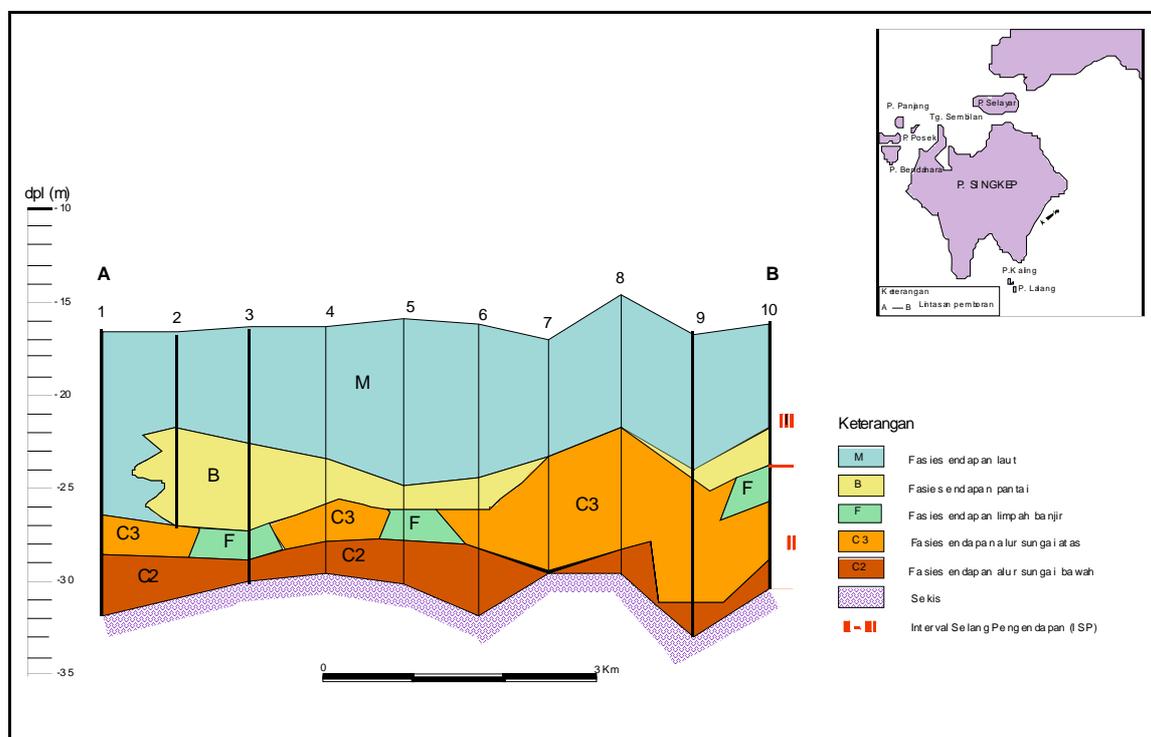
1. Klastika Butir Kasar

Jenis sedimen ini dibedakan menjadi pasir (P) dan pasir lempungan (PL). Pasir lempungan berukuran kasar hingga halus bercampur lempung, masif dan mengandung kerakal-kerikil yang mengasar ke arah atas (*coarsening upwards*) dengan sebaran tak merata, sangat menyudut hingga menyudut tanggung, mengandung potongan kayu, berwarna abu-abu hingga coklat hitam hingga kemerahan yang bagian atasnya terlimonitisasikan setebal 2 hingga 5 cm. Jenis pasir ini terdiri atas fragmen pecahan batuan malihan, kuarsa, dan felspar serta tidak mengandung kasiterit dengan tebal antara 3,1 hingga 5,2 m. Komposisi endapan ini ditandai oleh pencampuran antara pasir, lanau dan lempung dengan sedikit kandungan air yang bertindak sebagai energi aliran yang tersebar dan berhenti bergerak di atas batuan alas. Jenis pasir lempungan demikian, diinterpretasikan sebagai endapan material rombakan (C1) (Gambar 5)

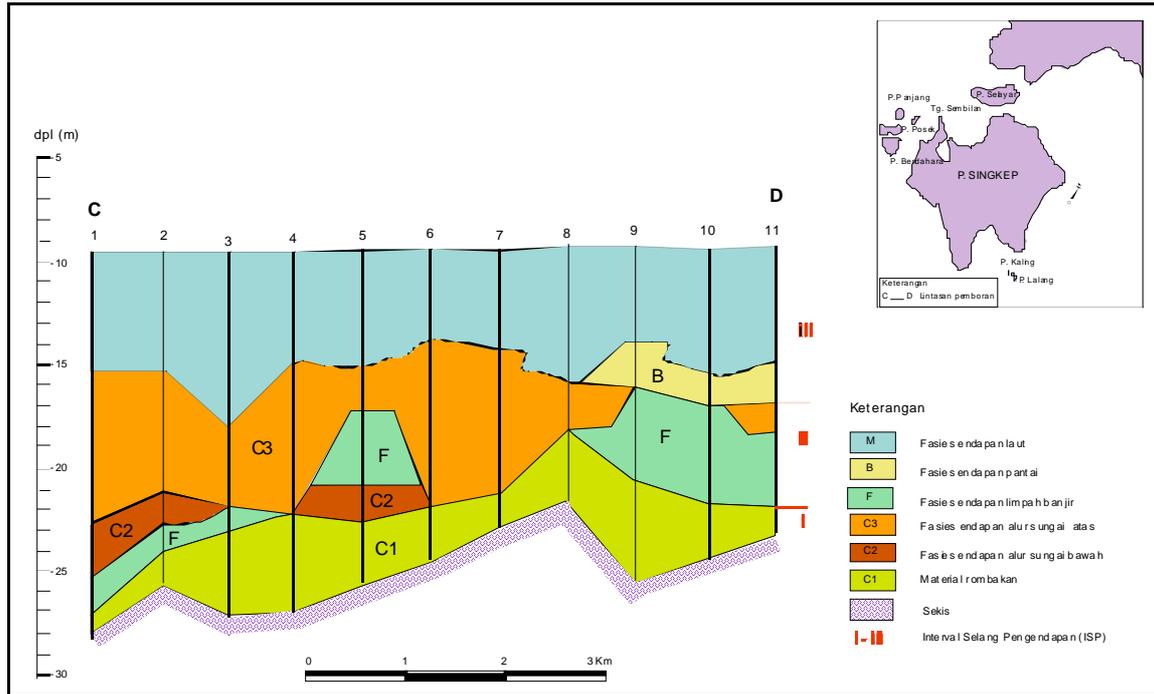
yang berhubungan dengan aliran gravitasi. Kemungkinan termasuk sebagai endapan aliran rombakan atau *debris flow* yang oleh Miall (1978) didefinisikan sebagai endapan material yang masif dengan kandungan kerakal di atas massa dasar, dan *grading*. *Grading* yang dimaksud adalah identik dengan perubahan butir yang mengasar ke arah atas. Jenis pasir lempungan lainnya terdiri atas pasir sangat kasar hingga halus. Pada bagian bawah ditempati oleh kerakal kerikil setebal 10 hingga 20 cm yang tersebar tidak merata dan mengandung kasiterit berbutir kasar; berwarna putih hingga abu-abu kecoklatan, butiran menghalus ke arah atas (*finning upwards*), menyudut tanggung hingga membulat tanggung, aneka ragam fragmen batuan beku dan malihan serta terdiri atas kuarsa, felspar, dan ilmenit; terpilah buruk, berisi sisa tanaman. Jenis litologi ini ditafsirkan sebagai endapan alur sungai bagian bawah (C2) dengan ketebalan antara 1,8 hingga 3,2 m (Gambar 4 dan 5). Fasies ini dipahami sebagai sistem alur sungai yang memiliki energi aliran rendah seperti sungai menganyam hingga lurus (*low sinuosity channels*). Jenis litologi pasir lempungan lainnya, dicirikan oleh komposisi yang dipunyai tidak jauh berbeda dengan

endapan alur sungai bagian bawah tetapi berukuran lebih halus, yaitu pasir menengah hingga sangat halus, bersisipan lanau dan lempung setebal 10 hingga 20 cm, menyudut hingga membulat baik, butir menghalus ke arah atas, berhumus, dan mengandung sisa-sisa tumbuhan setebal 2,1 hingga 7,1 m. Fasies endapan alur sungai atas (C3) dipahami sebagai sistem alur sungai lurus hingga berkelok (*high sinuosity channels*) (Gambar 4 dan 5). Bagian tengah sistem alur sungai C3 ini dijumpai perulangan pasir halus dan sangat halus dengan konsentrasi kasiterit berlimpah. Interval ini dapat dijelaskan sebagai endapan pertumbuhan ke samping dari sistem alur sungai (*lateral accretion*), di mana terjadi ketika energi aliran mendekati maksimum di bawah pengaruh kondisi tingkat kebasahan yang besar.

Ciri klastika butir kasar lainnya yaitu pasir menengah hingga halus, putih abu-abu, urai terkadang mengandung kerikil berukuran 3-5 mm, pipih dan menyudut tanggung hingga membulat tanggung, umumnya berbutir kuarsa dan sedikit termuat kasiterit, pecahan moluska dan sisa tanaman, tebal antara 1,05 hingga 5,35 m. Tidak seragamnya butiran dengan derajat



Gambar 4. Korelasi rangkaian fasies endapan lintasan A – B



Gambar 5. Korelasi rangkaian fasies endapan lintasan C - D

kebundaran tanggung dan memipih, memberi kesan bahwa material tersebut dibawa tidak jauh di bawah pengaruh gelombang. Selain itu, tidak ditemukan komposisi material asing di dalamnya, sehingga dapat dijelaskan fasies endapan pantai (B) tersebut bukan berasal dari kerja energi samudera (*oceanic circulations*), melainkan hasil proses gelombang yang membawa dan mengerosi material sekitarnya.

2. Klastika Butir Halus

Lempung pasir berseling dengan pasir sangat halus dan lempung, berwarna coklat hingga abu-abu kekuningan, berlapis sedang terkadang berlapis sejajar halus /tipis (*even lamination*), ditemukan sisa-sisa tanaman dan berhumus dengan ketebalan antara 1,20 hingga 4,90 m. Warna litologi dipengaruhi oleh kandungan humus yang berintegrasi dengan material perlimpahan alur sungai, cenderung termasuk fasies endapan limpah banjir (F) (Gambar 4 dan 5).

Klastika butir halus lainnya yaitu lempung berwarna putih abu-abu, mengandung pecahan moluska, lengket, liat dan kenyal, tak berlapis, terkadang bersisipan humus setebal 3-5 mm, mengandung sedikit pecahan batuan beku dan malihan yang memipih berukuran 5 hingga 8 mm, dengan tebal lapisan antara 4,8 hingga

8,8 m. Ditemukannya pecahan batuan yang memipih menandakan bahwa derajat transportasinya berhubungan dengan gelombang yang mengerosi atau mengabrasi sedimen di bawahnya, sedangkan ciri yang kenyal dan lengket membuktikan bahwa pemisahan butir berlangsung secara tidak sempurna. Salah satu faktornya adalah karena berlimpahnya sumber material. Jenis litologi tersebut termasuk endapan laut (M) (Gambar 4 dan 5) yang berumur Resen yang proses pengendapannya masih berlangsung hingga sekarang.

Stratigrafi

Dari korelasi susunan interval fasies pengendapan, maka susunan stratigrafinya dapat dikelompokkan menjadi 3 (tiga) Interval Selang Pengendapan (ISP I-III), yang bersifat (Gambar 4 dan 5): (1) terbentuknya fasies endapan material rombakan (ISP I), (2), berkembangnya fasies endapan sistem fluvial yang membentuk C2 dan C3 serta pelimpahannya (F) sebagai ISP II, dan (3) munculnya fasies endapan pantai (B) diikuti oleh diendapkannya fasies laut Resen (M). Lebih lanjut, stratigrafi demikian dapat dijelaskan sebagai berikut (Gambar 4 dan 5):

1. ISP I dicirikan oleh terbentuknya fasies C1 di lepas pantai (Gambar 5), yang tidak dijumpai

- ke arah pantai sekarang. Ini berarti bahwa tubuh endapannya berdimensi tidak luas, dan dapat diduga bahwa pengendapan terjadi di bawah kendali energi aliran gravitasi pada elevasi rendah yang sumber rombakkannya berasal dari daerah sekitarnya. Tidak ditemukan lingkungan lainnya dan hampir-hampir tidak mempunyai energi aliran air selama proses pengendapannya, memberi kesan bahwa peristiwa tersebut berlangsung ketika kondisi iklim kering. Kondisi kering, dibuktikan dengan tidak terkonsolidasinya fasies C1 secara sempurna. Oleh karena itulah, proses pengikisan oleh tubuh endapan yang penyebarannya tidak luas itu menjadi tidak efektif, terbukti dari batuan alasnya dengan tingkat pelapukan lanjut mendekati soil adalah sebagai sumbernya. Proses terbentuknya fasies C1 adalah bersifat lokal, yang terjadi di dataran rendah, tanpa mempunyai kekuatan mengerosi.
2. Awal pembentukan ISP II, ditandai oleh berkembangnya fasies C2 dan F yang sebarannya luas hingga ke lepas pantai kini (Gambar 5). Meski demikian, tubuh sistem fluvial tersebut tidak memiliki dimensi besar yang umum berlangsung di kala energi aliran tidak begitu besar. Perlmutter dan Matthews (1989) merinci bahwa meluas dan menyusutnya lingkungan, menghalus dan mengasarnya butiran pada sistem fluvial, berubahnya warna fasies dan komposisi kandungan flora adalah terkait erat dengan berubahnya iklim. Proses terbentuknya fasies C2 dan F diperkirakan terjadi ketika peralihan iklim dari kering menuju agak basah (*sub-humid*). Kalau memang demikian, maka kelangsungan dari proses pengikisan adalah tidak efektif termasuk torehan (*incision*) tidak berlangsung, dan kondisi lingkungan ketika itu adalah sebagai dataran rendah hingga dataran rendah aluvial. Meluas dan tumbuhnya sistem fluvial, dimensi tubuh alur sungai yang semakin besar, dengan komposisi warna yang semakin gelap serta berbutir lebih halus adalah ciri dari fasies C3 dan F. Ini berarti bahwa dengan berkembangnya sistem tersebut akan diikuti oleh membesarnya tingkat pengikisan dan torehan ketika itu. Atau dengan kata lain bahwa komposisi sedimen terbentuk ketika tingkat kebasahan menjadi semakin besar dibanding sebelumnya. Tidak ada tanda-tanda pergeseran posisi alur sungai, sehingga diprediksi kondisi cekungan ketika itu stabil tanpa ada tanda-tanda dasar cekungan bergerak.
 3. Bagian bawah stratigrafi ISP III, ditandai oleh munculnya fasies B, sebagai pertanda bahwa muka air laut naik. Perubahan lingkungan berlangsung relatif cepat, terbukti dari berkembangnya fasies C3 yang menutupi ISP II hingga terbentuknya bagian bawah fasies M. Bukti muka laut naik secara cepat, diperlihatkan oleh perkembangan garis pantai yang tidak menerus, seperti yang terlihat dari pola sebaran fasies C3 yang tak teratur. Kontrol naiknya muka laut tersebut sulit dilakukan, karena perubahan fasies secara vertikal pada interval fasies M sulit dibedakan akibat besarnya pasokan material sekitarnya yang dikikis dan terabrasi. Oleh karena itu, berdasarkan pelapisan, komposisi warna dan kandungan unsur organiknya menjadi sulit untuk dibedakan. Selain itu, pembentukan ISP III terkesan dipengaruhi oleh energi gelombang dan pasang surut yang berarti, proses pengikisan menjadi dominan. Sebaliknya, muatan suspensi yang membawa pasokan klastika halus relatif tidak terbentuk.

DISKUSI

Faktor kendali yang memengaruhi dan terakumulasinya mineral kasiterit dalam sedimen Kuartar di daerah penelitian, dapat dijelaskan sebagai berikut:

Faktor Kontrol Pembentukan Sedimen

Allen dan Allen (1990) membedakan mekanisme pengendapan dalam sistem fluvial menjadi proses internal (*autogenic*) dan proses eksternal (*allogenic*). Proses sedimentasi yang berlangsung di suatu cekungan, seperti erosi, transportasi, torehan, pengendapan dan lain sebagainya dapat dikatakan sebagai proses internal. Hubungan antara fasies dan sistem pengendapan di suatu cekungan yang dikendalikan oleh perubahan muka air laut, tektonik, iklim dan evolusi biotik disebut sebagai proses eksternal (Walker dan James, 1992). Pengisian cekungan di daerah penelitian dikontrol oleh pergantian sistem lingkungan, awalnya dicirikan oleh diendapkannya material rombakan secara lokal akibat dari proses pelapukan di saat kondisi kering. Kejadian itu diikuti oleh berkembangnya sistem fluvial dengan kecepatan energi aliran yang relatif tidak tinggi akan tetapi mampu mengerosi dan membawa serta mengendapkan kasiterit di bawah kendali iklim agak basah. Sistem fluvial semakin berkembang di kala kondisi iklim semakin basah, sehingga kecepatan energi aliran menjadi tinggi dan terjadi proses erosi

dan transportasi ulang, yang mengendapkan kasiterit pada interval tengah, yaitu pada beting-beting alur sungai purba (*point bar*) melalui pertumbuhan secara lateral. Selanjutnya, diikuti oleh naiknya muka laut yang mengendapkan fasies endapan pantai dan laut di bawah pengaruh iklim yang semakin menurun. Perubahan iklim yang terjadi, cenderung bersentuhan dengan berkurangnya tingkat kelembaban di akhir Holosen secara universal (Williams dkk., 1993).

Rangkaian sedimen Kuartar di lepas pantai tenggara P. Singkep, merupakan sedimen muda (Holosen-Resen), ISP I dan II adalah termasuk kompleks aluvial sebagaimana yang diulas Aleva dkk. (1973). Sedangkan, bagian bawah ISP III yang mengendapkan fasies endapan pantai cenderung setara dengan apa yang disebut sebagai permukaan abrasi laut yang ditutupi sedimen muda berupa fasies laut yang umumnya lunak.

Akumulasi Kasiterit

Sebagaimana disebutkan sebelumnya kaksia adalah nama yang diberikan pada lapisan pasiran yang kaya kasiterit dan ditutupi oleh lapisan-lapisan yang lebih muda yang terdapat di dasar lembah, yang berada tepat di atas batuan dasar. Atau dengan kata lain, kaksia adalah lapisan paling akhir dari susunan stratigrafi endapan aluvial pembawa kasiterit. Dari rangkaian susunan fasies pengendapan, lapisan yang dimaksud mungkin dapat disetarakan dengan lapisan C2, yaitu lapisan yang dibentuk dari proses alur sungai di kala kondisi iklim menuju ke lembab yang terletak di atas batuan dasar (Gambar 4). Pertanyaannya apakah lapisan tersebut, sudah sesuai dengan pengertian definisi kaksia itu? . Dengan sendirinya, kalau berpegang pada posisi stratigrafinya, maka pengertian kaksia tersebut tidak cocok digunakan pada susunan fasies pengendapannya seperti yang tersebar pada lapisan C1 yang tidak mengandung kasiterit (Gambar 5). Oleh karena itu, definisi kaksia dapat digunakan apabila batuan dasarnya mengandung kasiterit, sehingga produk residual endapannya dapat terombakkan dan berpindah tempat di sekitarnya sebagai mineral residual, atau setelah melalui proses erosional dan diangkut membentuk sedimen aluvial. Oleh karena itu dapat ditambahkan bahwa, mineral kasiterit dapat dijumpai sebagai bahan residual atau lapisan sedimen yang sumber materialnya membawa kasiterit.

Tingginya kasiterit pada lapisan tengah di fasies endapan C3, membuktikan bahwa faktor energi yang berprilaku membuat efektifnya proses pengikisan dan

toeran adalah berhubungan dengan berubahnya iklim, yang menyebabkan pasokan material menjadi maksimum dikarenakan tingkat energi aliran yang besar. Meski energi aliran relatif kecil di kala tingkat kebasahan agak lembab, alur sungai mampu mengendapkan kasiterit. Sebaliknya, ketika iklim menjadi basah, maka konsentrasi kasiterit semakin besar, meski butirnya semakin halus. Proses abrasi di saat muka air laut naik juga membawa kasiterit, namun tidak berpotensi, karena kasiterit yang diendapkan berukuran halus. Hal ini dikarenakan lapisan yang terkikis oleh gelombang pada umumnya adalah lapisan bagian atas yang miskin kandungan mineral tersebut. Demikian pula halnya dengan energi gelombang. Proses abrasi menghasilkan proses pengendapan ulang yang bersumberkan dari endapan sebelumnya. Terkandungnya kasiterit pada fasies B, semata-mata berasal dari fasies C3 dan C2 yang terlebih dahulu telah diendapkan. Dengan demikian, disimpulkan bahwa akumulasi kasiterit yang berasal dari proses pelapukan batuan yang termineralisasi, dapat merupakan lapisan residual dan sedimen. Lapisan sedimen yang mengandung kasiterit tersebut terkait erat dengan sistem pengendapannya, yang mengalami perluasan dan penyusutan lingkungan. Sebaliknya, perluasan dan penyusutan lingkungan adalah dikendalikan oleh berubahnya iklim dan fluktuasi muka laut. Dengan demikian, konsentrasi kasiterit dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu residual atau sedimen. Kasiterit yang terakumulasi dalam lapisan sedimen dihasilkan lewat proses erosi, transportasi, dan pengendapan yang berhubungan dengan berubahnya iklim atau turun-naiknya muka laut. Sebaliknya, residual adalah lapisan yang berasal dari batuan pengandung kasiterit yang telah mengalami proses pelapukan yang tinggi (*collovia*) atau berpindah tempat di sekitarnya melalui aliran gravitasi (*mass flow/ alluvial fan deposits*).

Kuenen (1950) dan Tjia (1977) menyatakan bahwa di Asia Tenggara, perubahan muka laut sebenarnya (*eustatic*) terjadi di paparan Sunda. Tjia (1983) mengatakan bahwa muka laut Kuartar di Indonesia mempunyai ketinggian berbeda-beda, dan pernah berada pada -8, -10 m, -13, -18 m, -20 sampai -22 m, -30 sampai -33 m, -36, -45, -50 hingga -51 m, -60, -67 m dan -82 sampai -90 m (dpl), yang membuktikan bahwa kegiatan tektonik perlu dipertimbangkan. Terbentuknya fasies B pada -25,5 hingga -27 m (dpl), adalah sebagai awal naiknya muka laut yang mungkin dapat dikorelasikan ketika muka laut naik pada posisi -22 hingga -30 m (dpl). Posisi turun-naiknya muka laut setelah itu tidak terekam, sehingga dapat ditafsirkan bahwa daerah tersebut stabil, dan muka laut naik hingga ke posisi

sekarang. Perubahan iklim adalah merupakan faktor penting terbentuknya lapisan kasiterit, karena mineral tersebut dihasilkan dari proses erosi dan transportasi. Munculnya endapan sistem fluvial telah disinyalir terkait mengikuti sirkulasi iklim, sehingga tipe dan sistem pengendapannya memiliki karakter energi aliran yang spesifik membentuk muatan dasar sungai (*bed load*) dan menjadi penting untuk diketahui sehubungan dengan akumulasinya.

KESIMPULAN

1. Sedimen Holosen di lepas pantai tenggara P. Singkep dapat dibedakan menjadi endapan-endapan material rombakan (C1), alur sungai bawah (C2) dan atas (C3), limpah banjir (F), pantai (B), dan laut (M). Konsentrasi kasiterit berukuran kasar berada pada lapisan bawah fasies (C2), sedangkan pada bagian tengah fasies (C3) terkandung kasiterit berukuran lebih halus secara berlimpah. Selanjutnya, dijumpai kasiterit yang tersebar tidak merata dan relatif kecil pada fasies B.
2. Proses erosi, transportasi, dan pengendapan dapat dijadikan sebagai indikator terkonsentrasinya kasiterit mengikuti perubahan iklim dan turun-naiknya muka laut. Meski energi aliran relatif kecil dikala tingkat kebasahan agak lembab, akan tetapi alur sungai mampu mengendapkan kasiterit karena batuan alas yang dilaluinya berpotensi sebagai batuan pembawa bijih kasiterit. Sebaliknya, ketika iklim menjadi basah maka konsentrasi kasiterit semakin besar meski butirnya semakin halus. Karena di samping terjadi proses pengendapan ulang juga jarak dari transportasi ketika itu semakin jauh. Proses abrasi di saat muka air laut naik juga membawa kasiterit, namun tidaklah berpotensi karena kasiterit yang diendapkan adalah berukuran halus. Hal ini dikarenakan lapisan yang terkikis oleh gelombang pada umumnya adalah lapisan bagian atas yang miskin kandungan mineral tersebut.
3. Awal Holosen, daerah laut tenggara P. Singkep merupakan cekungan Kuartar sebagai dataran rendah dengan P. Singkep merupakan tingginya. Ketika itu, proses pengendapan hampir-hampir tidak ada kecuali diendapkannya material rombakan yang sumbernya dari pelapukan batuan dasar secara setempat di kala kondisi iklim saat itu kering. Selanjutnya, terjadi proses pengisian cekungan oleh sistem fluvial

di bawah pengaruh kondisi iklim mulai agak basah dan semakin berkembang ketika menuju basah, sebelum muka air laut naik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kegiatan pemboran ini dilakukan oleh PT. Timah Tbk. dalam rangka eksplorasi geologi di lepas pantai, dengan penulis diperbantukan dalam kegiatan tersebut. Atas izin untuk menggunakan sebagian data tersebut untuk kepentingan penelitian, penulis mengucapkan terimakasih. Terima kasih disampaikan pula pada Ir. Noor C dari Eksplorasi PT. Timah Tbk., yang telah banyak memberikan saran dan kritik, sehingga makalah ini dapat diwujudkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aleva, G.J.J., 1973. Aspects of the historical and physical geology of the Sunda shelf essential to the exploration of submarine tin placers. *Geol. en Mijnb.*, Vol. 52 (2), 79-91.
- Aleva, G.J.J., Bon, E.H., Nossin, J.J. Dan Sluiter, W.J., 1973. A contribution to the geology of part of the Indonesian tinbelt: The sea areas between Singkep and Bangka Islands and around the Karimata Islands. *Geol. Soc. Malaysia, Bulletin* 6, July 1973, 257-271.
- Allen, P.A. dan Allen J.R., 1990. *Basin Analysis: principle and application*. Blackwell Scientific Publication, 451 p.
- Hidayat, S., Pratomo, I., Moechtar, H. dan Sarmili, L., 2008. Karakter endapan kuartar di lepas pantai tepian cekungan Sumatera Tengah – P. Kundur. *Jurnal Geologi Kelautan*, Vol. 6 No. 2, Agustus 2008, 80-92.
- Kuenen, Ph., H., 1950. *Marine geology*. New York, Willey, 451 p.
- Miall, A.D., 1978. Facies types and vertical profile models in braided river deposits: a summary. In: Miall, A.D. (ed), *Fluvial Sedimentology. Mem. Can. Soc. Petrol. Geol.*, Calgary, Memoar 5, 1-47.
- Perlmutter, M.A. dan Matthews, M.A., 1989. Global Cyclostratigraphy. In: Cross, T.A. (ed.), *Quantitative Dynamic Stratigraphy*. Prentice Englewood, New Jersey, 233-260.

- Soehaimi, A. dan Moechtar, H., 1999. Tectonic, sea level or climate controls during deposition of quaternary deposits on Rebo and Sampur Nearshores, East Bangka-Indonesia. *Proceedings of Indonesian Association of Geologist, The 28th Annual Convention*, 91-101.
- Sutisna, K., Burhan, G. dan Hermanto, B., 1994. *Peta Geologi Lembar Dabo, Sumatera. Peta Geologi bersekala 1:250.000*, Puslitbang Geologi, Dit.Jend. Pertambangan Umum (Dept. Pertambangan dan Energi).
- Tjia, H.D., 1977. Changes of sea level in the southern part of the south China Sea during Quaternary times. United Kingdom, *ESCAP, CCOP, Tech. Pub.*, no. 5, 11-36.
- Tjia, H.D., 1983. Aspek Geologi Kwartir Asia Tenggara. *Bull. Jur. Geologi, Univ. Kebangsaan Malaysia*, vol. 9, 22 h.
- Walker, R.G. dan James, N.P, 1992. Preface. In: Walker R.G. and Jones, N.P (eds.), *Facies models response to sea level change*. Geological Association of Canada.
- Williams, M.A.J., Dunkerley, D.L., Decker, P.De., Kershaw, A.P. dan Stokes, T.J., 1993. *Quaternary Environment*. Edward Arnold, A. division of hodder & Stoughton, London New York Melborune Auckland, 329 p.