

ABSTRAK

STUDI IKNOFOSIL UNTUK REKONSTRUKSI MODEL SISTEM PENGENDAPAN SEDIMEN BERUMUR MIOSEN CEKUNGAN KUTAI, SAMARINDA DAN SEKITARNYA, KALIMANTAN TIMUR

Oleh

Ery Arifullah

NIM: 32013300

(Program Studi Doktor Teknik Geologi)

Sebagai cekungan terluas dan salah satu yang paling produktif di Indonesia, studi geologi khususnya sedimentologi di Cekungan Kutai telah dilakukan secara intensif untuk memahami sistem pengendapannya. Interaksi proses fluvial, pasang surut dan gelombang telah teridentifikasi dan telah ditafsirkan sebagai sistem pengendapan delta. Namun demikian, penafsiran tersebut berpotensi menimbulkan masalah dan diperdebatkan, karena tidak hanya delta yang dapat dihasilkan dari interaksi proses fluvial, pasang surut dan gelombang namun sistem pengendapan non delta pada lingkungan transisi berpotensi berkembang. Iknofosil berpotensi mengungkap sistem pengendapan di Cekungan Kutai. Namun demikian, studi iknologi pada sistem pengendapan seperti itu sangat jarang dilakukan, walaupun variasi dan intensitas bioturbasi terlihat pada singkapan dan inti batuan di Cekungan Kutai terbukti ada.

Tujuan dari studi ini adalah determinasi asosiasi iknofosil dan rekonstruksi sistem pengendapan di daerah Samarinda interval Serravallian dan Tortonian yang didasarkan pada data iknofosil. Karena sifatnya yang insitu dan bagian dari peristiwa sedimentasi dan bagian dari struktur sedimen, maka asosiasi iknofosil dan variabel iknofabrik dapat digunakan untuk pemodelan sistem pengendapan dalam ruang dan waktu. Bagaimana sistem pengendapan dapat ditafsirkan dari asosiasi iknofosil dan variabel-variabel iknofabrik adalah masalah yang perlu dipecahkan.

Enamratus empat puluh unit iknofabrik telah diamati pada 20 singkapan pada interval Serravallian-Tortonian di daerah Samarinda. Identifikasi iknotaksa dan mengukur indeks bioturbasi (IB), keragaman iknofosil (KI), jumlah behavior (JB), kedalaman penetrasi (KP) dan diameter iknofosil (Dm) telah dilakukan di setiap unit iknofabrik. Gejala iknologi tersebut diintegrasikan dengan analisis fasies dan arah umum arus purba untuk penafsiran sistem pengendapan.

Tigapuluh empat iknotaksa telah diidentifikasi, yang meliputi *Arenicolites*, *Bergaueria*, *Chondrites*, *Conichnus*, *Cylindrichnus*, *Diplocraterion*, *Fugichnia*, *Gyrolithes*, *Heimdallia*, *Helminthoidichnites*, *Macanopsis*, *Macaronichnus*, *Monocraterion*, *Ophiomorpha*, *Paleophycus*, *Phycodes*, *Phycosiphon*, *Planolites*, *Platicytes*, *Polykladichnus*, *Psilonichnus*, *Rhizocorallium*, *Rosellia*, *Trackway*, *Schaubcylindrichnus*, *Scolicia*, *Siphonichnus*, *Skolithos*, *Taenadium*, *Teichichnus*, *Thalassinoides* dan *Zoophycus*. Duapuluh satu dari semua iknotaksa tersebut adalah dominan yang menyusun unit iknofabrik. Akibatnya, 21 asosiasi iknofosil dapat ditentukan. Namun demikian, hanya enam dari 21 asosiasi iknofosil tersebut adalah asosiasi iknofosil utama antara lain asosiasi-asosiasi *Ophiomorpha*, *Skolithos*, *Paleophycus*, *Thalassinoides*, *Planolites* dan *Chondrites*. Setiap asosiasi iknofosil tersebut umumnya muncul sebagai varian monospesifik. Rata-rata IB, KI, JB, KP dan Dm dari 600 unit iknofabrik masing-masing adalah 2,49; 1,69; 1,28; 2,28 and 2,18. Nilai-nilai tersebut dikategorikan derajat rendah. Temuan ini adalah indikator lingkungan laut dangkal dan *brackish*.

Iknodisparitas dan pemanfaatan ruang adalah komponen-komponen baru dari analisis komponen utama. Iknodisparitas adalah fungsi dari IB, KI dan JB dan komponen pemanfaatan ruang adalah fungsi dari KP dan Dm. Hasil penting lainnya adalah skor unit iknofabrik yang memiliki nilai paleoekologi. Skor-skor tersebut tersebut pada sumbu KU-1 dan KU-2 yang dapat dikelompokkan atas dasar kriteria proses-proses sedimentasi. Pada interval Serravallian, zona A didominasi oleh *Skolithos* dan *Paleophycus*, zona B didominasi oleh *Skolithos* dan *Ophiomorpha* dan zona C didominasi oleh *Ophiomorpha*, *Planolites* dan *Skolithos*. Pada interval Tortonian, zona D didominasi oleh *Ophiomorpha* dan zona E didominasi oleh *Skolithos*. Secara keseluruhan, iknofosil Serravallian lebih beragam bila dibandingkan dengan Tortonian.

Iknodisparitas menjelaskan suplai makanan dan energi hidrodinamika. Pemanfaatan ruang menjelaskan fluktuasi paleosalinitas dan paleotemperatur. Orientasi distribusi skor KU-1 dan KU-2 berkorelasi dengan tren paleosedimentasi barat-timur di Cekungan Kutai selama Miosen. Intensitas suplai makanan dan energi hidrodinamika kemungkinan dikontrol oleh influks fluvial. Intensitas fluktuasi paleosalinitas dan paleotemperatur kemungkinan dikontrol oleh peningkatan intensitas *spring tides* atau rentang pasang surut.

Integrasi peta-peta KU-1 dan KU-2 dan hasil dari analisis fasies dapat menghasilkan peta-peta paleogeografi dan model-model paleoekologi. Paleogeografi Serravallian mengindikasikan sistem pengendapan seperti sistem pantai dominasi gelombang (zona A), delta dominasi fluvial (zona B) dan pantai kombinasi gelombang-pasang surut (zona C). Iknodisparitas meningkat dari zona A ke zona C. Zonasi iknofosil yang unik juga telah diidentifikasi. Sistem pantai dominasi gelombang dicirikan dengan kehadiran *Paleophycus* dan sistem pantai

kombinasi gelombang-pasang surut dicirikan oleh *Planolites*. Paleogeografi Tortonian menunjukkan dua sistem pengendapan seperti delta dominasi fluvial (zona D) yang dicirikan dengan *Skolithos* dan estuaria (zona E) yang dicirikan dengan *Ophiomorpha*. Pemanfaatan ruang meningkat dari zona E ke zona D.

Model-model paleoekologi Serravallian dan Tortonian dapat digunakan sebagai alat prediksi. Misalnya saja pada Serravallian terdapat kecenderungan peningkatan suplai makanan yang diikuti dengan perubahan proses sedimentasi dan intensitas *Paleophycus*, *Planolites*, *Chondrites* and *Thalassinoides* yang jendela kolonisasi, struktur dan strategi paleokomunitas dapat diketahui. Pada interval Tortonian terdapat kecenderungan peningkatan fluktuasi paleosalinitas dan peletemperatur yang dicirikan dengan peningkatan intensitas *Ophiomorpha*.

Secara stratigrafi, probabilitas ditemukannya asosiasi *Skolithos* semakin meningkat pada interval Serravallian, sedangkan pada interval Tortonian menunjukkan sebaliknya. Dengan demikian, sistem pengendapan Serravallian dan Tortonian dikontrol masing-masing oleh influks fluvial dan *spring tides*/rentang pasang surut.

Kata kunci: indeks bioturbasi, keragaman iknofosil, jumlah *behavior*, kedalaman penetrasi, diameter iknofosil, iknodisparitas, pemanfaatan ruang.

ABSTRACT

THE ICHNOFOSSIL STUDY TO RECONSTRUCT THE MODEL OF MIOCENE SEDIMENTARY DEPOSITIONAL SYSTEM OF KUTAI BASIN, IN THE AREA OF SAMARINDA, EAST KALIMANTAN

By

Ery Arifullah

NIM: 32013300

(Doctoral Program in Geological Engineering)

As the largest and one of the most prolific basin in Indonesia, geological study, especially in sedimentology, has been running intensively for understanding the depositional system in the Kutai Basin. The interaction of fluvial, tides and wave processes are distinguished and has been interpreted being a deltaic depositional system. However, that interpretation generates the problem and remains potentially debated, because not only delta can be produced from the interaction of fluvial, tides and wave processes but non deltaic depositional system is generated potentially in transition zone. Because of the paleoecological significance of ichnofossil, ichnofossil was a potential tool for decoding the depositional system interpretation in the Kutai Basin. Yet, an ichnological study in such depositional system is lacking, despite the variation and bioturbation intensity in the outcrops and cores in the Kutai Basin were prevailed.

The aim of this study is the determination of ichnofossil association and reconstruction of the depositional system in the Samarinda Area of Serravallian and Tortonian intervals. Since ichnofossil is insitu and the part of sedimentation event and a part of a sedimentary structure, then ichnofossil association and ichnofabric variables can be utilized for depositional modeling in space and time. How the depositional system can be inferred from ichnofossil association and ichnofabric variables are the problem should be solved.

Six hundred and forty ichnofabric units were observed at the twenty outcrops that situated at Serravallian-Tortonian intervals in Samarinda Area. Identifying ichnotaxa and ascertaining the bioturbation index (BI), ichnodiversity (ID), number of behavior (NB), penetration depth (PD) and ichnofossil diameter (Dm) variabls were conducted in each ichnofabric units. That ichnological features are integrated with facies and paleocurrent analyses.

Thirty-four ichnotaxon were identified, they are *Arenicolites*, *Bergaueria*, *Chondrites*, *Conichnus*, *Cylindrichnus*, *Diplocraterion*, *Fugichnia*, *Gyrolithes*,

Heimdallia, *Helminthoidichnites*, *Macanopsis*, *Macaronichnus*, *Monocraterion*, *Ophiomorpha*, *Paleophycus*, *Phycodes*, *Phycosiphon*, *Planolites*, *Platicytes*, *Polykladichnus*, *Psilonichnus*, *Rhizocorallium*, *Rosellia*, *Trackway*, *Schaubcylindrichnus*, *Scolicia*, *Siphonichnus*, *Skolithos*, *Taenadium*, *Teichichnus*, *Thalassinoides* and *Zoophycus*. Twenty-one of them are dominant in the ichnofabric unit and used it as the basis for naming ichnofossil association. However only six as the principal ichnofossil associations, such as *Ophiomorpha*, *Skolithos*, *Paleophycus*, *Thalassinoides*, *Planolites* and *Chondrites* associations. They perform as monospecific variant commonly. In addition, the average of BI, ID, NB, PD and Dm variables from 600 ichnofabric units respectively are 2,49; 1,69; 1,28; 2,28 and 2,18. That values were categorized low grade. These findings are an indicator of shallow marine and brackish environment.

Ichnodisparity and space using are the new components generated from principal component analysis. Ichnodisparity is a function of BI, ID and NB and space using is a function of PD and Dm. The other important result was scores of each ichnofabric units that have intrinsic paleoecological value. That score is dispersed at PC-1 and PC-2 axes that could be clustered based on sedimentary processes criteria. In the Serravallian, zone A is dominated by *Skolithos* and *Paleophycus*, zone B is dominated by *Skolithos* and *Ophiomorpha* and zone C is dominated by *Ophiomorpha*, *Planolites*, and *Skolithos*. In the Tortonian interval, zone D is dominated by *Ophiomorpha* and zone E were dominated by *Skolithos*. Overall, Serravallian ichnofossil association more diverse than the Tortonian one.

PC-1 was justified as ichnodisparity that implied of food supply and hydrodynamic energy. PC-2 was good reason for space using that implied of paleosalinity and paleotemperature fluctuation. The orientation of distribution of the PC-1 and PC-2 scores was correlated to the paleosedimentation that west-east trend in Kutai Basin during Miocene. The food supply and hydrodynamic energy may be controlled by the sediment supply influx from the continent as well as from the sea. The paleosalinity and paleotemperature fluctuation may be dictated by increasing intensity of spring tides or tidal range.

Integration of the PC-1 and PC-2 maps and the result of facies analysis can generate the paleogeographic maps and paleoecological models. The paleogeographic of Serravallian indicate the three depositional systems such as wave-dominant coasts (zone A), fluvial-dominated delta (zone B) and mixed wave-tides coasts (zone C). Ichnodisparity elevates from zone A to zone C. The unique ichnofossil zonations are indicated. Wave-dominant coasts system is indicated by *Paleophycus* and mixed wave-tides coasts is indicated by *Planolites*. The paleogeographic of Tortonian suggest two depositional systems such as fluvial-dominated delta (zone D) that represented by *Skolithos* and estuary (zone E) that marked by *Ophiomorpha*. Space using increase from zone E to zone D.

The paleoecological models of Serravallian and Tortonian can be used as a prediction tool. For the example, in the Serravallian, the tendency of increase of food supply is followed by the change of sedimentary processes and intensity of *Paleophycus*, *Planolites*, *Chondrites*, and *Thalassinoides* associations that colonization window, paleocommunity structures, and strategies can be accessed. In the Tortonian, the tendency of increase of paleosalinity and paleotemperature fluctuation is accompanied by raising of *Ophiomorpha*.

Stratigraphically, *Skolithos* association is increased upward in the Serravallian, but decreased upward in the Tortonian. Thus, Serravallian and Tortonian depositional systems were controlled by the fluvial influx and spring tides/tidal range respectively.

Keywords: bioturbation index, ichnodiversity, number of behavior, penetration depth, ichnofossil diameter, ichnodisparity, space using.