

**DIAGENESIS BATUPASIR EOSEN DI CEKUNGAN KETUNGAU DAN MELAWI,  
KALIMANTAN BARAT**  
**DIAGENESIS OF THE EOCENE MELAWI AND KETUNGAU SANDSTONES,  
WEST KALIMANTAN**

Oleh : Lauti Dwita Santy

Pusat Survei Geologi  
Jl. Diponegoro 57, Bandung 40122

**Abstrak**

Cekungan Tersier Ketungau dan Melawi terletak di Kalimantan Barat. Keduanya terpisahkan oleh Tinggian Semitau yang tersusun oleh batuan pra-Tersier. Batuan sedimen berumur Eosen di daerah ini adalah Formasi Kantu, Tutoop, dan Ketungau di Cekungan Ketungau, kemudian Formasi Ingar, Dangkan, dan Silat di Cekungan Melawi, serta Formasi Haloq di Tinggian Semitau. Hasil analisis petrografi dan *scanning electron mikroskop* (SEM), menunjukkan bahwa tingkat diagenesis batupasir dari Formasi Ingar, Dangkan dan Silat termasuk tingkat mesogenetik matang B, dengan kedalaman timbunan 2700 – 4000m. Sedangkan batupasir dari Formasi Kantu, Tutoop, dan Ketungau di Cekungan Ketungau, termasuk ke dalam tingkat mesogenetik matang A dengan kedalaman timbunan 2000-2700m. Adapun Formasi Haloq di Tinggian Semitau dapat di klasifikasikan ke dalam mesogenetik agak matang (*semimature*), dengan kedalaman timbunan 1500-2000m. Perbedaan tersebut dikarenakan batupasir Kantu, Tutoop, Ketungau, dan Formasi Haloq pada kala Oligosen telah mengalami pengangkatan, sehingga formasi tersebut tidak ditindih oleh batuan sedimen Oligosen. Sedangkan dalam umur yang sama selama Oligosen Formasi Ingar, Dangkan, dan Silat ditindih secara tidak selaras oleh Formasi Payak, Tebidah dan Sekayam dengan ketebalan total sekitar 3000 m.

Kata Kunci : Batupasir, Melawi, Ketungau, diagenesis dan Eosen.

**Abstract**

*Ketungau and Melawi Tertiary Basins are located in West Kalimantan. Those basins are separated by the Semitau High, which composed of Pre-Tertiary rocks. The Tertiary Eocene formations in this area are Kantu, Tutoop and Ketungau Formations in Ketungau Basin, and Ingar, Dangkan, and Silat Formations in Melawi Basin, also Haloq Formation that distributed around Semitau High. Petrographic and Scanning Electron Microscope (SEM) analysis, indicated that the diagenesis stage of sandstone from the Ingar, Dangkan, and Silat Formations, can be classified into mesogenetic mature B, with the depth of burial between 2700 – 4000 m. While, diagenesis of sandstone from the Kantu, Tutoop, and Ketungau Formation, in Ketungau Basin, can be classified into mesogenetic mature A, with the depth of burial between 2000 – 2700 m. Meanwhile sandstone from the Haloq Formation, can be classified into mesogenetic semimature, with the depth of burial between 1500 – 2000 m The difference of those diagenetic level caused by the uplift of Kantu, Tutoop, Ketungau and Haloq Formation during Oligocene. In the same age, during Oligocene, sandstone from Ingar, Dangkan, and Silat Formation were uncomfortably overlid by Payak, Tebidah, and Sekayam Formations, by a total thickness about 3000 m.*

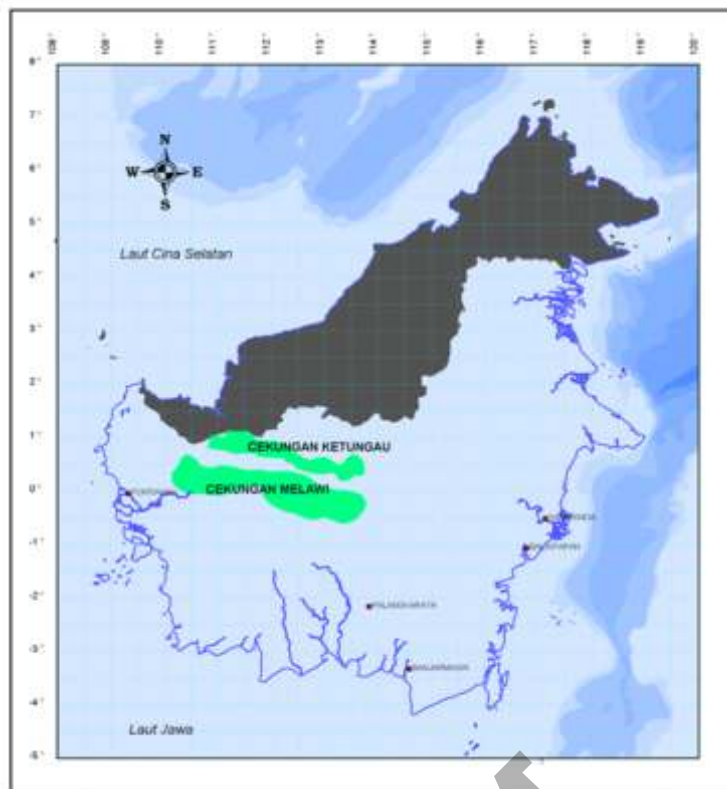
*Keyword : Sandstone, Melawi, Ketungau , diagenesis and Eosen.*

**Pendahuluan**

Badan Geologi (2009) mempublikasikan 128 cekungan sedimen di Indonesia. Cekungan Ketungau, merupakan cekungan Tersier di Kalimantan bagian barat yang tidak banyak dipublikasikan, dibandingkan dengan Cekungan Melawi yang berada di sebelah selatannya (Gambar 1). Kedua cekungan ini secara administrasi terdapat di Kalimantan bagian barat yang beribukota

Pontianak. Daerahnya meliputi Kabupaten Kapuas Hulu dengan ibukotanya di Putusibau, Kabupaten Sintang di Sintang, Kabupaten Melawi di Nangapinoh, Kabupaten Sekadau di Sekadau dan Kabupaten Sanggau di Sanggau.

Cekungan Melawi terisi oleh batuan sedimen yang berumur Eosen sampai Oligosen, sedangkan Cekungan Ketungau terisi oleh batuan sedimen Eosen. Ke arah timur cekungan ini menerus ke Cekungan Mandai yang tersusun oleh batuan sedimen berumur Eosen.



Gambar 1. Lokasi Penelitian di Cekungan Ketungau, Kalimantan Barat.

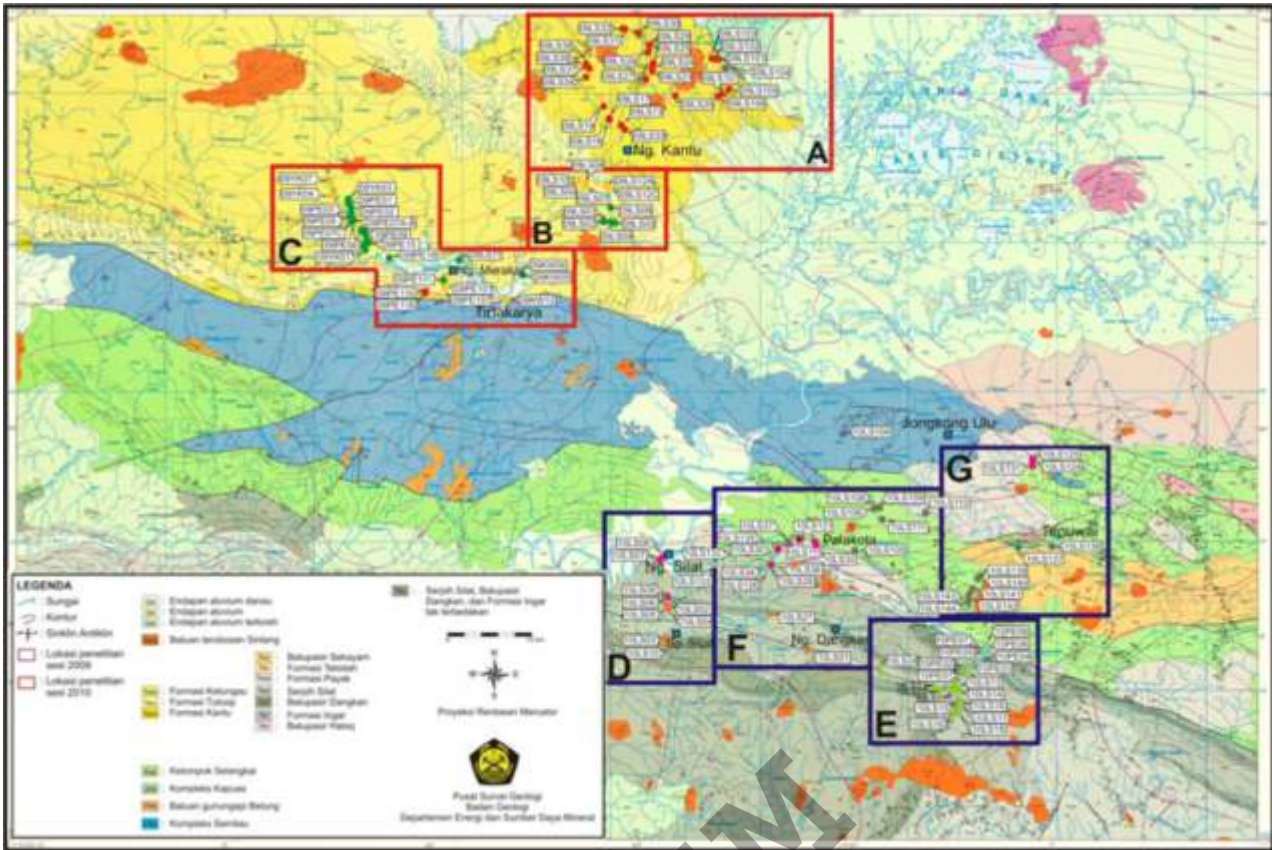
Cekungan Melawi dengan Cekungan Ketungau - Mandai terpisahkan oleh Tinggian Semitau yang tersusun oleh batuan pra-Tersier yang setempat ditindih secara tidak selaras oleh batuan Eosen (Gambar 2 dan 3).

Batupasir dijumpai dalam setiap formasi batuan sedimen berumur Eosen baik di Cekungan Melawi ataupun Cekungan Ketungau, ataupun yang berada di Tinggian Semitau. Namun walaupun batupasir di kedua cekungan tersebut mempunyai umur yang sama, tetapi sifat fisik dan diagenesis batupasir tersebut belum tentu sama, dan apa penyebab perbedaan tersebut. Untuk permasalahan tersebut akan dibahas dalam makalah ini. Metoda yang dilakukan adalah dengan menganalisis secara petrografi dan *scanning electron microscope* (SEM) dari contoh batupasir yang dilakukan oleh penulis dan dari data sekunder. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik dari batupasir dan proses diagenesis dari setiap lapisan batupasir yang terdapat dalam setiap formasi batuan sedimen yang berumur Eosen. Sebagai produk akhir untuk mengetahui potensi batupasir tersebut sebagai batuan resevoir untuk migas.

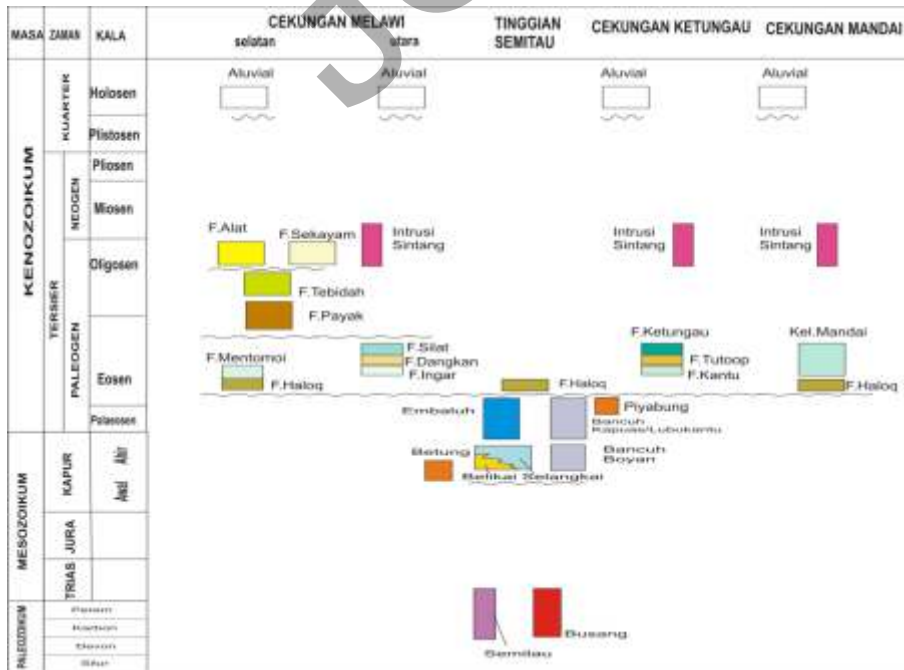
Penelitian terdahulu diantaranya adalah van Emmichoven (1939), Ilyas (1984), Heryanto (1991), Heryanto dr. (1993), Sumaatmaja & Kartasumantri(1996), Lemigas (2004) dan Santy (2009 & 2010). Publikasi ilmiah secara regional diantaranya Hamilton(1979), Hutchison (1989), Hall (1996), dan Hall & Nichols (2002). Adapun secara lokal adalah Heryanto (1996a,b,c & 1997) dan Heryanto & Jones (1996).

### Tataan Geologi

Peta geologi daerah penelitian (Heryanto dr., 1993) tersaji dalam Gambar 2, sedangkan kolom stratgrafi (Heryanto dr., 1993; Heryanto, 2012) tersaji dalam Gambar 3. Cekungan Ketungau tersusun oleh batuan sedimen berumur Eosen yaitu Formasi Kantu, Tutoop, dan Ketungau. Sedangkan Cekungan Mandai tersusun oleh batuan sedimen Kelompok Mandai yang berumur Eosen. Cekungan Melawi tersusun oleh batuan sedimen berumur Eosen yang terdiri dari Formasi Haloq, Ingar, Dangkan, dan Silat. Kemudian ditindih tidak selaras oleh batuan sedimen yang berumur Eosen-Oligosen yang terdiri oleh Formasi Payak dan Tebidah. Selanjutnya ditindih secara tidak selaras oleh batuan sedimen Oligosen.



Gambar 2. Peta geologi Ketungau-Melawi, Kalimantan Barat (Heryanto, dr., 1993).



Gambar 3. Perbandingan Stratigrafi Cekungan Ketungau, Cekungan Melawi, dan Cekungan Mandai (Heryanto, dr., 1993; Heryanto, 2012).



Sebagai batuan alas Tinggian Semitau tersusun batuan malihan Komplek Semitau yang berumur Permo-Trias, Betung Vulkanik yang berumur Trias, dan batuan sedimen Kelompok Selangkai yang berumur Kapur.

Formasi Kantu tersusun oleh batu pasir dengan sedikit konglomerat dan batulumpur. Sedangkan di bagian atasnya terdiri dari perselingan batupasir, batulanau, batulumpur, kelabu atau merah, setempat terdapat lapisan batubara. Ketebalan formasi ini mencapai kurang dari 4000 m. Formasi Kantu diendapkan secara tidak selaras di atas dan/ atau pada kontak sesar dengan Komplek Semitau dan Komplek Kapuas. Sedangkan hubungannya dengan batupasir Tutoop yang lebih muda adalah selaras. Kandungan fosil pada Formasi Kantu antara lain *Gastropoda* dan *Pelecypoda* berumur tidak lebih tua dari Eosen Akhir. Formasi Kantu bagian bawah diendapkan pada lingkungan fluvial dan/ atau pada garis pantai dengan energi menengah sampai laut dangkal. Sedangkan bagian atasnya diendapkan pada dataran limpah banjir dan *channel* fluvial. Formasi Tutoop terdiri dari batupasir kuarsa dengan sedikit konglomerat, batulumpur pejal sampai berlapis baik. Tak ditemukan kandungan fosil pada formasi ini. Ketebalan formasi mencapai kurang dari 1500 m. Batupasir Tutoop diendapkan secara selaras baik di atas Formasi Kantu dan ditindih Formasi Ketungau. Formasi Tutoop berumur Eosen Akhir, diendapkan pada lingkungan fluvial (umumnya *channel*), dimana pada saat tertentu kemungkinan tubuh sungai melebar membentuk sistem sungai teranyam (*braided system*). Formasi Ketungau terdiri dari batulumpur, batulanau, batupasir berbutir halus. Pada bagian atas formasi ini dijumpai lapisan batubara tipis. Ketebalan Formasi Ketungau mencapai kurang dari 1500 m. Formasi Ketungau diendapkan secara selaras di atas Formasi Tutoop, pada Eosen Akhir. Lingkungan pengendapan formasi ini adalah *fluvial channel* dan dataran limpah banjir, dengan selingan laut dangkal yang terjadi secara periodik (Santy 2009 & 2010).

Formasi Haloq setara Formasi Kantu bagian bawah, terdiri dari batupasir kuarsa, pejal hingga berlapis tebal, bersilangsiur, sedikit batupasir kerakalan, konglomerat, dan batulumpur. Ketebalan Formasi Haloq diperkirakan < 250 m. Formasi ini tersingkap di Tinggian Semitau, menyebar ke arah timur sampai dengan tepi barat dari Cekungan Kutai. Formasi ini diendapkan tidak selaras di atas Kompleks

Selangkai, dan memiliki kontak sesar dengan Formasi Ingar dan Dangkan. Lingkungan pengendapan dari formasi ini adalah lingkungan fluvial. Formasi Ingar setara dengan Formasi Kantu bagian atas, terdiri dari batulumpur kelabu gampingan, dan perlapisan tipis batulanau dan batupasir halus. Di beberapa tempat mengandung bioturbasi, polen, spora, foraminifera, dan radiolaria. Pemeriksaan polen dan spora yang ditemukan pada formasi ini menunjukkan umur Eosen Akhir. Formasi ini tersingkap di selatan Tinggian Semitau, diendapkan pada lingkungan delta, estuaria, dan/ atau laguna, hingga dataran limpah banjir. Ketebalan formasi ini di lapangan mencapai < 3000 meter. Formasi Dangkan setara Formasi Tutoop, terdiri dari batupasir kuarsa hingga litik, batupasir kerakalan, konglomerat, biasanya berlapis tebal dan pejal, dan menunjukkan struktur silangsiur. Formasi ini tersingkap di hilir Sungai Silat (Sinklin Silat), diendapkan tak selaras di atas Formasi Ingar dengan ketebalan di lapangan mencapai < 600 meter. Tidak ada penemuan fosil pada formasi ini. Formasi diperkirakan diendapkan pada lingkungan fluvial. Formasi Silat setara Formasi Ketungau, didominasi oleh batulumpur hitam, karbonan, serpih, serpih sabakan, sedikit batulanau warna tua, batupasir berbutir halus hingga sedang, dan setempat lapisan tipis batubara. Di beberapa tempat ditemukan pula lapisan kaya *Gastropoda* dan *Pelesipoda* serta sisa – sisa tumbuhan. Ketebalan formasi di lapangan mencapai < 2000 meter. Formasi ini diendapkan selaras di atas Formasi Dangkan. Lingkungan pengendapan formasi ini adalah lakustrin (Santy, 2010).

Formasi Payak tersingkap di di sebelah selatan kota Sintang di sungai Payak. Formasi ini diendapkan secara tak selaras di atas Formasi Ingar, Batupasir Dangkan, dan Serpih Silat. Formasi terdiri dari batupasir dengan sisipan batulumpur dan batulanau, dengan ketebalan di lapangan mencapai 2000 meter. Formasi batuan banyak mengandung *Pelesipoda* kecil (*Bivalvia*) dan foraminifera planktonik. Pemeriksaan fosil polen dari formasi ini menunjukkan umur Eosen Akhir hingga Oligosen Awal. Lingkungan pengendapan formasi ini adalah lingkungan fluvial, lakustrin, laguna hingga laut dangkal. Formasi Tebidah tersingkap disepanjang Sungai Tebidah yang bermuara ke Sungai Melawi. Formasi ini diendapkan secara selaras dan menjemari dengan Formasi Payak dengan ketebalan di lapangan mencapai < 1500 meter. Formasi tersusun atas perselang-selingan batupasir litik, batulumpur,



dan batulanau. Kemunculan batulumpur makin dominan ke arah atas. Ditemukan pula lapisan tipis batubara (5-20 mm), dengan sisipan batulumpur karbonan. Formasi ini diendapkan pada lingkungan laguna atau dataran limpah banjir. Formasi Sekayam tersingkap di S. Sekayam di daerah Sanggau. Formasi ini memiliki hubungan ketidakselarasan menyudut dengan Formasi Tebidah, terdiri dari selang-seling batupasir litik dengan batulumpur, dan setempat batupasir kerikilan. Penyebaran formasi di lapangan mencapai ketebalan 150 meter. Tidak ada fosil yang ditemukan pada formasi ini. Lingkungan pengendapan formasi batuan diperkirakan pada daerah fluvial (Heryanto, 2012).

### Diagenesis Batupasir

Diagenesis adalah proses perubahan secara fisik, kimia, dan biologi dalam sedimen setelah pengendapan, selama dan setelah pembatuan (*lithification*). Beberapa klasifikasi dengan pendekatan yang berbeda telah diajukan untuk tingkat diagenesis dari batupasir. Klasifikasi tersebut diajukan oleh Schmidt dan McDonald (1979), Helmod dan van de Kamp (1984) Petijohn dr. (1987), dan Burley dr. (1987). Dalam malakah ini mempergunakan klasifikasi Helmod dan van de Kamp (1984) dan Schmidt dan McDonald yang telah digabung dalam Burley dr. (1987).

#### Cekungan Ketungau

Batupasir di Cekungan Ketungau dijumpai dalam Formasi Kantu, Tutoop, dan Ketungau. Batupasir dalam Formasi Kantu tersusun oleh batupasir litik-arkose, felspatik litarenit, dan litarenit (Heryanto, 1991; Santy, 2009 & 2010). Tipe batupasir Formasi Kantu tersaji dalam Gambar 4. Proses diagenesis yang terjadi dalam batupasir Formasi Kantu adalah kompaksi, disolusi, dan pembentukan mineral autigenik. Kompaksi ditunjukkan oleh kontak antar butir yang didominasi oleh kontak butir memanjang (*long grain contact*) dan sedikit kontak cekung cembung yang merupakan perubahan dari kontak butir titik (*point contact*) akibat dari peningkatan kompaksi (Gambar 4a&b). Hal ini mengakibatkan porositas primernya berkurang (*mechanical primary porosity reduction*). Peningkatan kompaksi diikuti dengan adanya pembengkakan mineral mika (Gambar 4c). Pembentukan mineral autigenik yang terjadi dalam batupasir Formasi Kantu adalah mineral autigenik kuarsa, lempung, sfen dan pirit. Pembentukan mineral autigenik kuarsa berupa Kristal

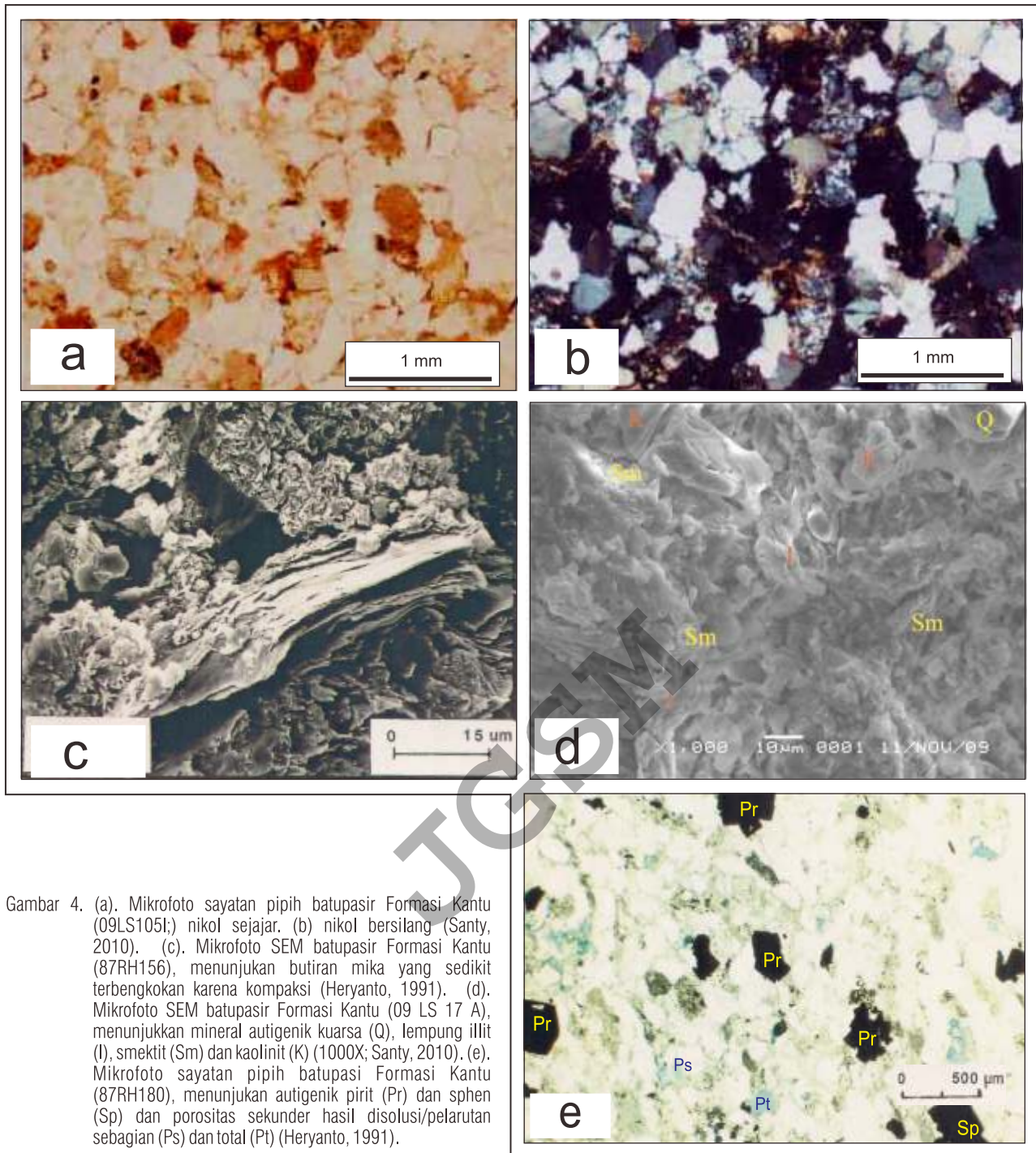
kuarsa yang halus, sedangkan pembentukan mineral autigenik lempung berupa pembentukan mineral illit, smektit dan kaolinit (Gambar 4d). Pembentukan mineral autigenik pirit dan sfen terlihat dalam sayatan pipih dengan nikol sejajar, dimana mineral pirit membentuk kristal persegi dan "*sphen*" membentuk kristal rombik (Gambar 4e). Disolusi atau pelarutan terjadi pada butiran feldspar atau fragmen batuan vulkanik, mulai dari pelarutan sebagian sampai dengan pelarutan menyeluruh (Gambar 4e).

Tipe batupasir Formasi Tutoop tersaji dalam Gambar 5a&b. Seperti batupasir Formasi Kantu, batupasir ini memperlihatkan kontak butir yang didominasi oleh kontak butir memanjang (*long grain contact*) dan sedikit kontak cekung cembung. Hal ini menunjukkan proses kompaksi yang terjadi dalam batupasir sama dengan batupasir Formasi Kantu. Proses disolusi atau pelarutan juga terjadi dalam batupasir Formasi Tutoop, yaitu terjadi pada butiran felspar (Gambar 5c & d) yang sangat jelas dalam analisis SEM. Proses pembentukan mineral autigenik kuarsa dan lempung. Mineral autigenik kuarsa yang dijumpai dalam batupasir ini adalah pembentukan kristal kuarsa dan kuarsa tumbuh (Gambar 5d, e & f). Mineral autigenik lempung yang terbentuk adalah kaolinit, smektit, dan illit.

Tipe batupasir Formasi Ketungau tersaji dalam Gambar 6a & b, batupasir ini memperlihatkan kontak butir titik (*point contact*) sampai dengan kontak memanjang (*long grain contact*). Dengan demikian kompaksi pada batu pasir ini lebih rendah dari pada kompaksi pada batupasir Formasi Tutoop dan Kantu. Porositas primer masih terlihat baik yang terisi sedikit mineral autigenik ataupun yang sudah hampir penuh terisi oleh mineral autigenik (Gambar 6c & d). Mineral autigenik yang mengisi porositas primer tersebut adalah kuarsa sebagai kuarsa tumbuh (*quartz overgrowth*), sedangkan mineral autigenik lempung adalah mineral illit, kaolinit dan oksida besi.

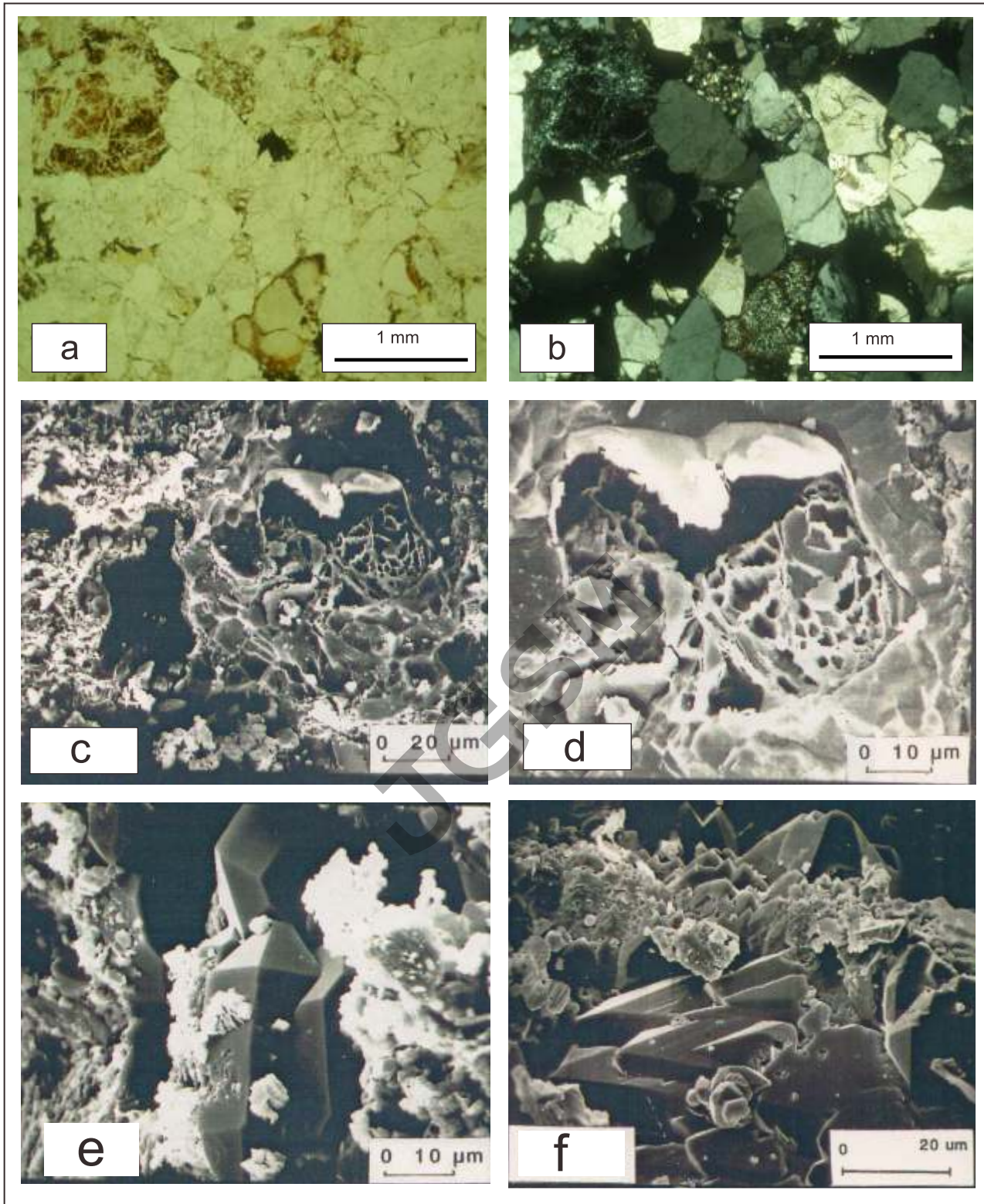
#### Cekungan Melawi

Batupasir yang berumur Eosen di Cekungan Melawi dijumpai dalam Formasi Haloq, Ingar, Dangan dan Silat. Batupasir Formasi Haloq, teramati di daerah Parakota di Tinggian Semitau (Santy, 2010). Batupasir Formasi Haloq yang dijumpai di daerah ini adalah batupasir Quartz arenit (Lemigas, 2004; Gambar 7). Batupasir ini memperlihatkan kontak butir antara kontak titik sampai dengan kontak memajang. Hal ini menunjukkan kompaksi yang dialami oleh batupasir ini tidak begitu kuat.



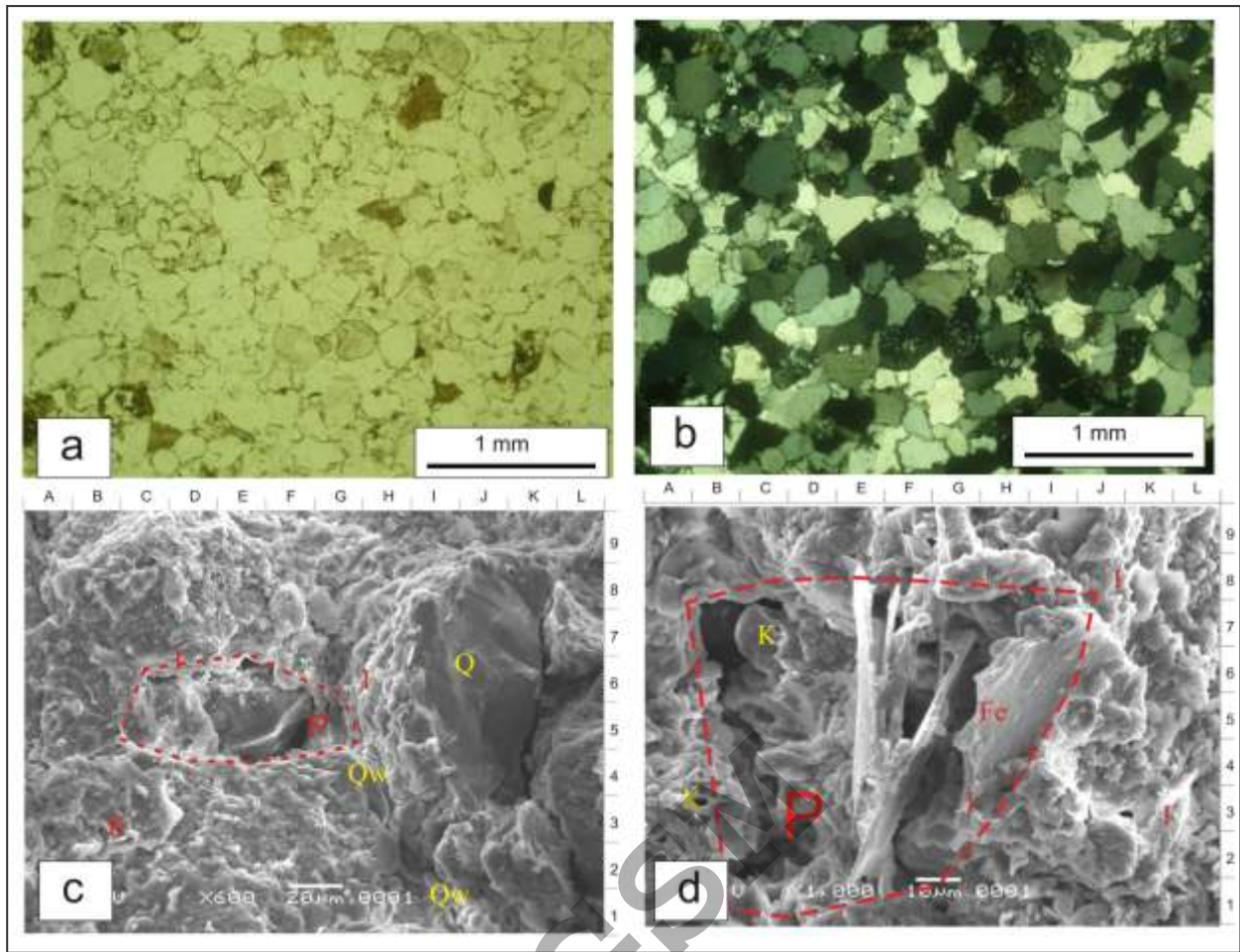
Gambar 4. (a). Mikrofoto sayatan pipih batupasir Formasi Kantu (09LS105I;) nikol sejajar. (b) nikol bersilang (Santy, 2010). (c). Mikrofoto SEM batupasir Formasi Kantu (87RH156), menunjukkan butiran mika yang sedikit terbengkokan karena kompaksi (Heryanto, 1991). (d). Mikrofoto SEM batupasir Formasi Kantu (09 LS 17 A), menunjukkan mineral autigenik kuarsa (Q), lempung illit (I), smektit (Sm) dan kaolinit (K) (1000X; Santy, 2010). (e). Mikrofoto sayatan pipih batupasi Formasi Kantu (87RH180), menunjukkan autigenik pirit (Pr) dan sphen (Sp) dan porositas sekunder hasil disolusi/pelarutan sebagian (Ps) dan total (Pt) (Heryanto, 1991).



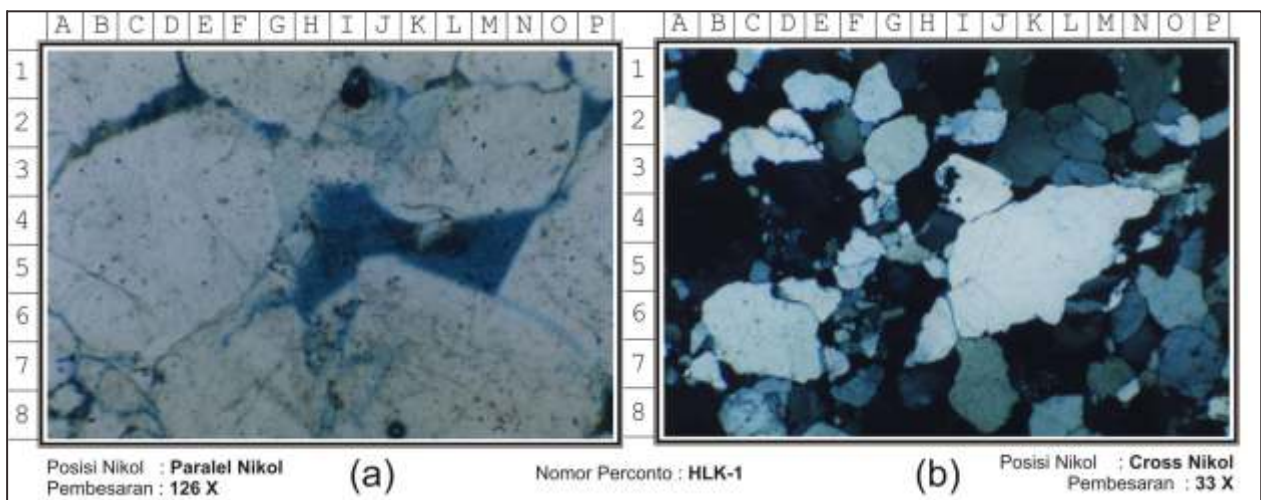


Gambar 5. (a). Mikrofoto sayatan pipih batupasir Formasi Tutoop (09KW12A) dengan nikol sejajar dan (b). Nikol bersilang, yang menunjukkan kontak butir memanjang (long grain contact) dan sedikit kontak cekung cembung akibat kompaksi (Santy, 2010). (c). Mikrofoto SEM batupasir Formasi Tutoop (87RH214), menunjukkan pelarutan butiran felspar (d) perbesaran (Heryanto, 1991). (e). Mikrofoto SEM batupasir Formasi Tutoop (87RH214), menunjukkan mineral autigenik kuarsa. (f). Mikrofoto SEM batupasir Formasi Tutoop (87RH190), menunjukkan mineral autigenik kuarsa tumbuh (Heryanto, 1991).

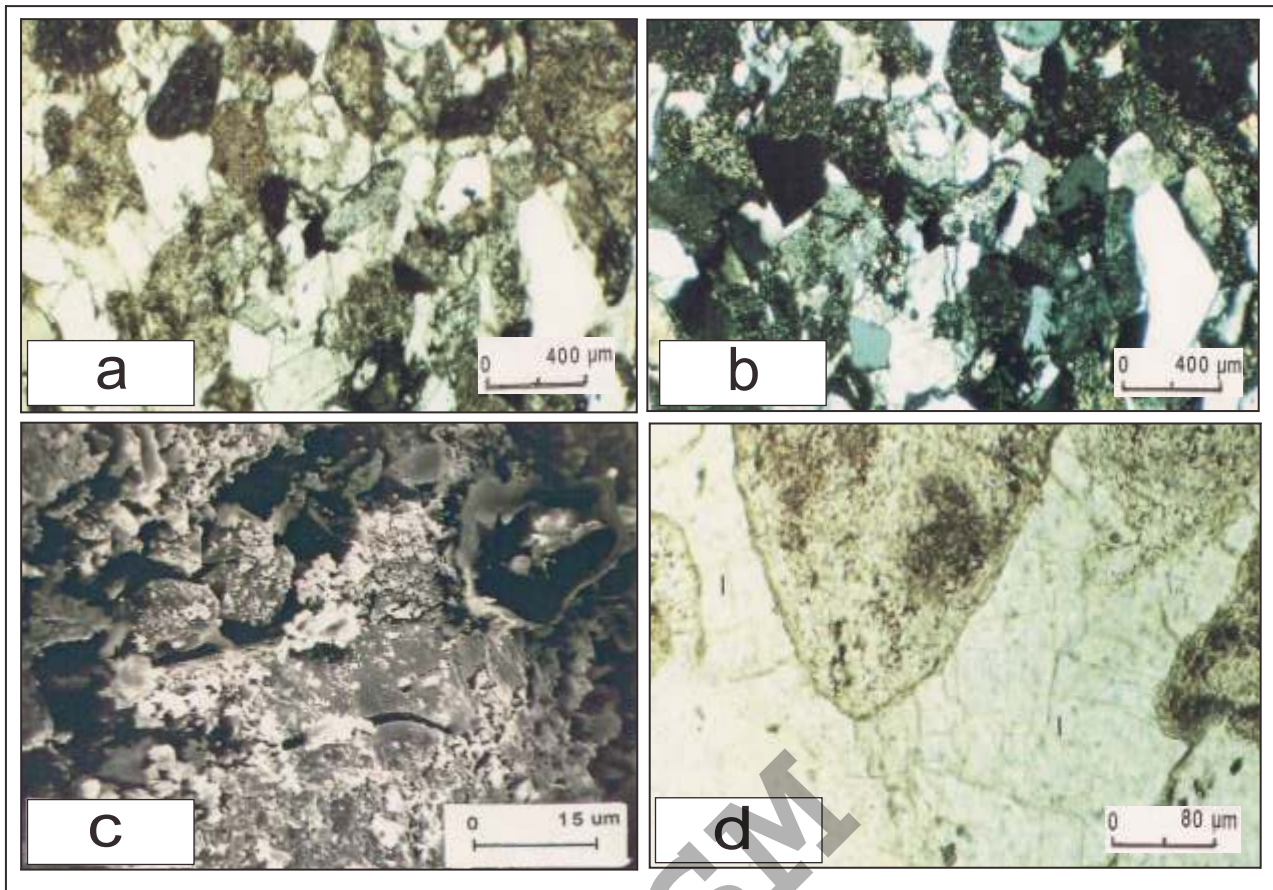




Gambar 6. (a). Mikrofoto sayatan pipih batupasir Formasi Ketungau (09LS04A), nikol sejajar dan (b). Nikol bersilang, menunjukkan kontak butir memanjang (long grain contact) dan kontak cekung cembung akibat kompaksi (Santy, 2010). (c). Mikrofoto SEM dari batupasir kuarsa Formasi Ketungau (09 PE 15), menunjukkan porositas primer (P), mineral autigenik lempung illit (I) dan mineral autigenik kuarsa tumbuh (Qw). (d). Mikrofoto SEM dari batupasir Formasi Ketungau (09 PE 05), menunjukkan porositas primer (P), terisi oleh mineral autigenik lempung illit (I) dan kaolinit (K) diselubungi oleh oksida besi (Fe) (Santy, 2010).



Gambar 7. Mikrofoto sayatan pipih batupasir Formasi Haloq (HLK-1) Quartz arenit, menunjukkan kontak butir kontak titik sampai kontak memanjang. (a) Nikol sejajar dengan perbesaran 126X. (b). Nikol bersilang dengan perbesaran 33X (Lemigas, 2004)



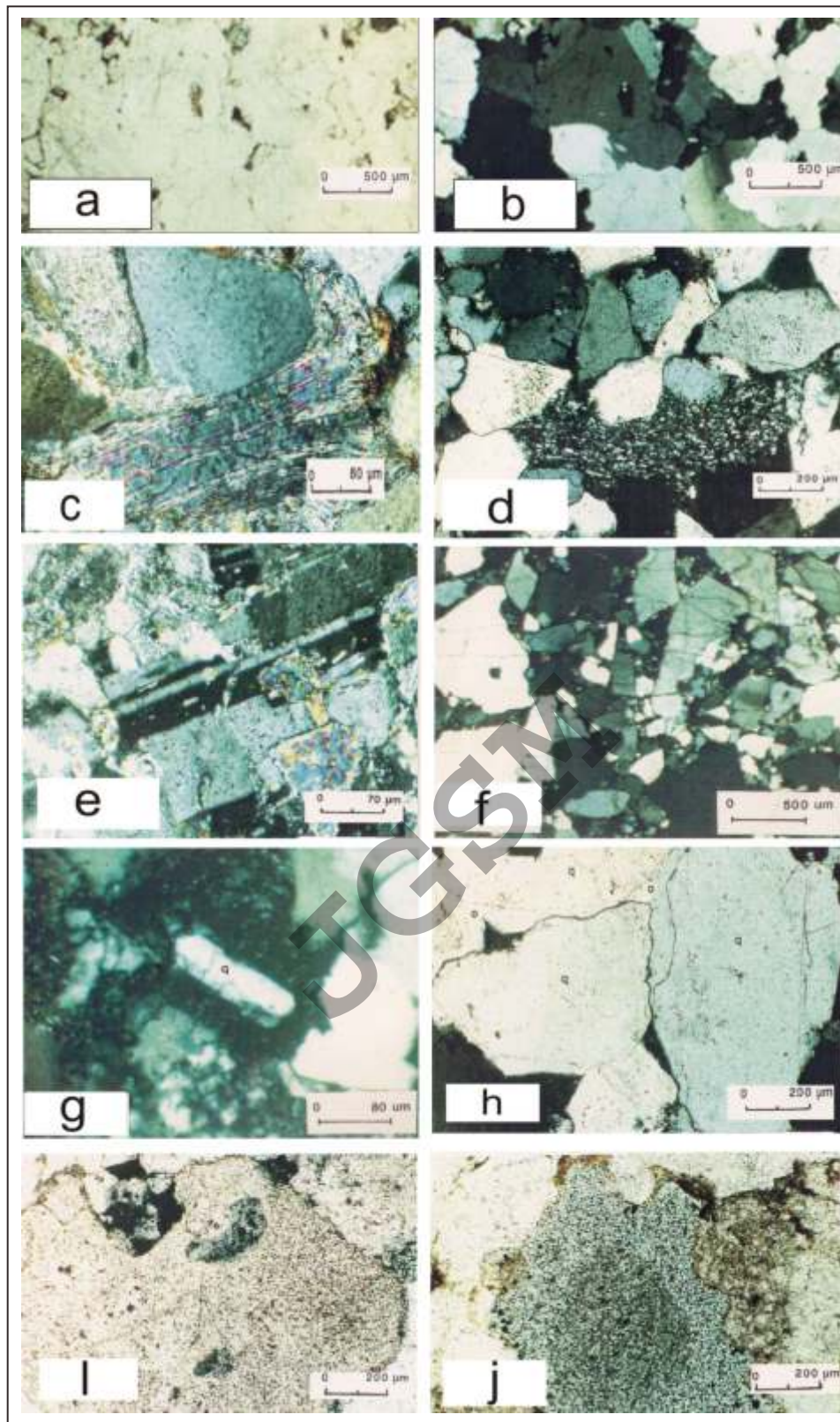
Gambar 8. (a). Mikrofoto sayatan pipih (nikol//) batupasir Formasi Ingar (83BA73A) felspatik litarenit, dengan kontak butir memanjang dan kontak cekung cembung. (b) nikol bersilang (Heryanto, 1991). (c). Mikrofoto SEM batupasir Formasi Ingar menunjukkan butiran kuarsa yang retak karena kompaksi (Heryanto, 1991). (d). Mikrofoto sayatan pipih batupasir Formasi Ingar (83BA73A), menunjukkan sementasi dari mineral autigenik laumontite (l) (Heryanto, 1996a).

Tipe batupasir Formasi Ingar tersaji dalam Gambar 8a & b. Batupasir felspatik litarenit, dengan kontak butir didominasi oleh kontak butir memanjang dan kontak cekung cembung. Kontak cekung cembung terjadi pada kontak butiran yang berbeda kekerasan, butiran yang kekerasannya lebih rendah atau plastis seperti feldspar, fragmen batuan vulkanik atau sedimen akan menghasilkan kontak cekung dan yang lebih keras menghasilkan kontak cembung, tetapi kalau butiran tidak plastis dan keras butiran tersebut akan retak/patah (Gambar 8c). Hal ini menunjukkan kompaksi yang terjadi dalam batupasir ini cukup kuat. Proses diagenesis lainnya yang dijumpai dalam batupasir ini adalah pembentukan mineral autigenik *laumontite* (Gambar 8d).

Tipe batupasir Formasi Dangkan tersaji dalam Gambar 9a & b. Batupasir ini memperlihatkan kontak butir yang saling mengunci, hal ini menunjukkan bahwa kompaksi yang terjadi dalam batupasir Formasi Dangkan sangat kuat.

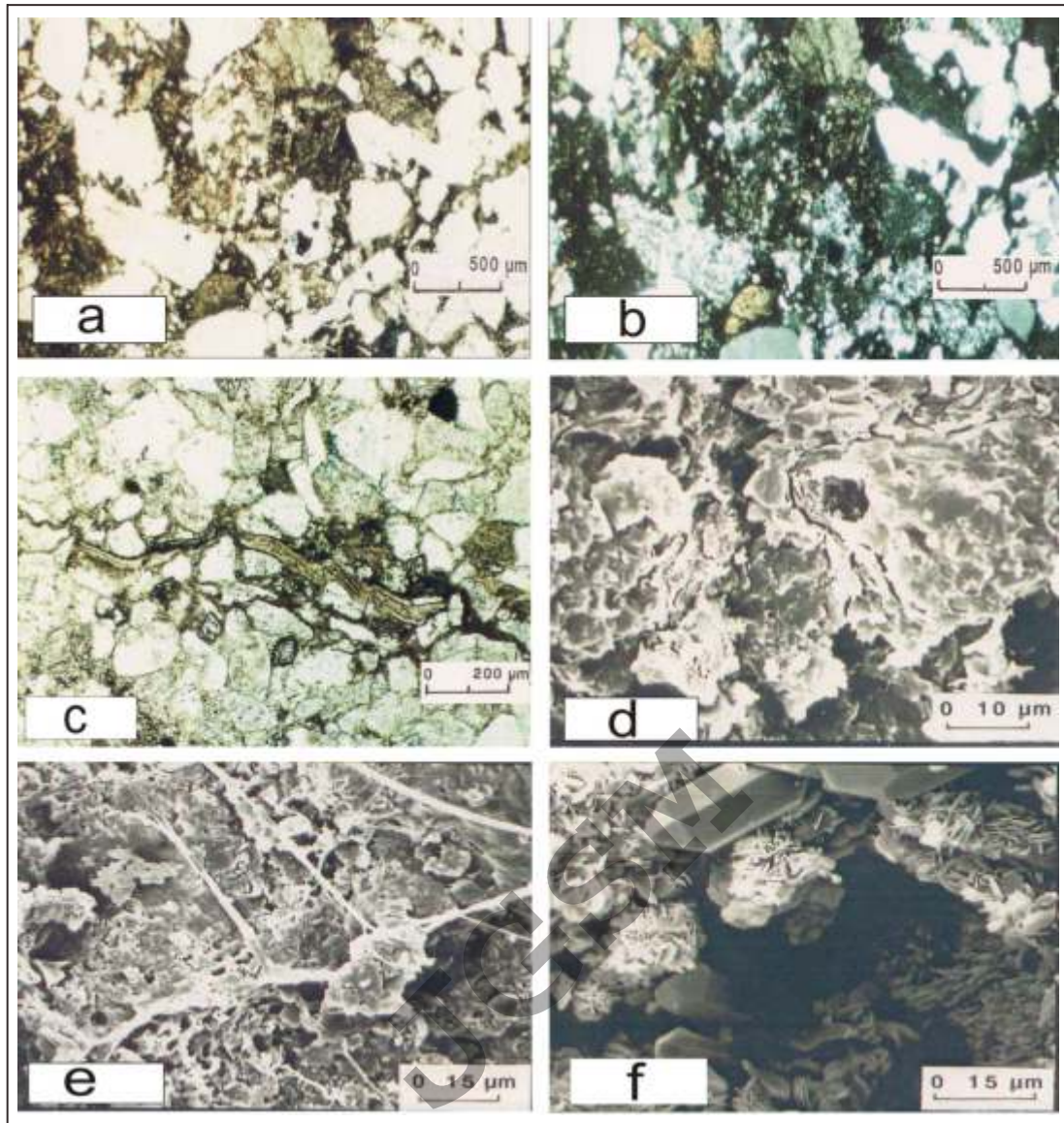
Proses kompaksi lainnya terlihat dari butiran mika hanya terbengkokkan (Gambar 9c), butiran relatif lebih lunak/plastis (fragmen batu lanau) memperlihatkan kontak butir cekung dan butiran relatif lebih keras (kuarsa) memperlihatkan kontak butir cembung (9d). Kompaksi terjadi pada butiran yang tidak *plastis* /keras (plagioklas & kuarsa) akan mengakibatkan butiran tersebut retak (9e & f). Proses diagenesis lainnya pembentukan mineral autigenik yaitu mineral autigenik kuarsa, sfen, dan mineral lempung. Mineral autigenik kuarsa yang terbentuk sebagai Kristal halus (Gambar 9g), ataupun sebagai kuarsa tumbuh sekitar butiran kuarsa (Gambar 9h). Sedangkan mineral autigenik lempung terdiri atas mineral kaolinit, smektit dan illit. Proses diagenesis disolusi atau pelarutan pada Formasi Dangkan terjadi pada butiran fragmen vulkanik atau feldspar baik pelarutan sebagian dari butiran (Gambar 9i), ataupun pelarutan seluruh butiran (Gambar 9j).





Gambar 9. Mikrofoto sayatan pipih nkol sejajar batupasir Formasi Dangkan (a) Percontoh 87RH87 nikel sejajar. (b) nikel bersilang (Heryanto, 1991). (c). Percontoh 87RH85, butiran muskovit yang terbengkokkan akibat kompaksi (Heryanto, 1996a). (d). Percontoh 87RH116, fragmen batulanau terbengkokkan (cekung) oleh butiran kuarsa (cembung) akibat kompaksi (Heryanto, 1991). (e). Percontoh 87RH85, plagioklas retak akibat kompaksi (Heryanto, 1996a). (f). Percontoh 87RH121, butiran kuarsa retak akibat kompaksi (Heryanto, 1996a). (g). Percontoh 87RH115, mineral autigenik kuarsa (q) (Heryanto, 1991). (h). Percontoh 87RH110, mineral autigenik kuarsa tumbuh (o) (Heryanto, 1996a). (i). Percontoh 87RH110, fragmen vulkanik terdisolusi sebagian (Heryanto, 1991). (j). Percontoh 87RH111B, fragmen terdisolusi seluruhnya (Heryanto, 1991).





Gambar 10. Percontoh batupasir Formasi Silat (a) Mikrofoto sayatan pipih litarenit nikol sejajar, (87RH95). (b). Nikol bersilang (Heryanto, 1991). (c). Percontoh 87PW 66B, biotit ter bengkokan karena kompaksi (Heryanto, 1991). (d). Mikrofoto SEM percontoh 87RH100A menunjukan mineral autigenik smektit (Heryanto, 1996a). (e). Percontoh 87RH98, mineral autigenik ilit (seperti jarum) melapisi permukaan butiran di atas mineral smektit (Heryanto, 1996a). (f). Percontoh 87RH101, menunjukan rongga (P), kemudian tumbuh mineral autigenik kuarsa kristal dan mineral autigenik khlorit (Heryanto, 1991).

Tipe batupasir dalam Formasi Silat tersaji dalam Gambar 10a & b. Batupasir ini memperlihatkan kontak butir antara kontak memanjang sampai cekung cembung. Kompaksi dalam batupasir ini hanya teramati pada butiran halus dari biotit yang memperlihatkan sedikit pembengkokan (Gambar 10c). Hal ini menunjukkan bahwa kompaksi cukup kuat sama dengan batupasir dalam Formasi Ingar dan Dangkan. Proses diagenesis yang berkembang dalam batupasir ini adalah pembentukan mineral autigenik, smektit, ilit, klorit, dan kuarsa (Gambar 10d, e & f)

### Diskusi

Proses diagenesis yang teramati dalam batupasir berumur Eosen di Cekungan Ketungau dan Melawi adalah kompaksi, pembentukan mineral autigenik, dan disolusi atau pelarutan. Kompaksi dalam batupasir di Cekungan Ketungau, teramati di setiap formasi seperti yang terlihat dalam tipe batupasir Formasi Kantu (Gambar 4a & b), Formasi Tutoop (Gambar 5a & b), dan Formasi Ketungau (Gambar 6a & b).

Batupasir dari ketiga formasi tersebut mempunyai kesamaan dalam kontak butir yaitu didominasi oleh kontak butir memanjang (*long grain contact*). Hal ini menunjukkan bahwa kompaksi dalam batupasir di Cekungan Ketungau tidak begitu kuat, kompaksi disini hanya dapat membengkokkan sedikit butiran mika pada batupasir dalam Formasi Kantu (Gambar 4b).

Kompaksi dalam batupasir berumur Eosen di Cekungan Melawi, teramati dalam kenampakan sayatan pipih tipe batupasir Formasi Haloq (Gambar 7a & b), Formasi Ingar (Gambar 8a & b), Formasi Dangkan (Gambar 9a & b) dan Formasi Silat (Gambar 10a & b). Dari kenampakan tipe batupasir dari formasi tersebut, hanya batupasir Formasi Haloq yang memperlihatkan kontak butir kontak titik (*point contact*) sampai kontak memanjang (*long grain contact*), sedangkan batupasir dari Formasi Ingar dan Silat memperlihatkan kontak butir memanjang sampai cekung cembung, kemudian batupasir Formasi Dangkan memperlihatkan kontak butir saling mengunci. Hal ini menunjukkan bahwa kompaksi pada batupasir dalam Formasi Ingar, Dangkan, dan Silat jauh lebih kuat dibandingkan dengan batupasir Formasi Haloq.

Keadaan tersebut juga dibuktikan dengan adanya butiran kuarsa yang retak pada batupasir dalam Formasi Ingar (Gambar 8c), adanya pembengkokan butiran mika pada batupasir dalam Formasi Dangkan (Gambar 9c) dan Formasi Silat (10c), dan adanya butiran fragmen batu lanau yang terbengkokkan atau kontak cekung dalam batupasir Formasi Dangkan (Gambar 9d). Kompaksi terkuat di buktikan dengan adanya butiran plagioklas (Gambar 9e) dan butiran kuarsa (Gambar 9f) yang retak pada batupasir Formasi Dangkan. Kemudian diakhiri dengan kontak butir yang saling mengunci (*interlocking*) akibat dari *pressure solution*.

Proses diagenesis pembentukan mineral autigenik kuarsa, sfen dan mineral lempung terjadi dalam batupasir di semua formasi yang berumur Eosen. Mineral autigenik kuarsa terbentuk sebagai kristal halus yang mengisi rongga ataupun sebagai kuarsa tumbuh (*quartz overgrowth*) seperti pada Formasi Kantu (Gambar 4d), Formasi Tutoop (Gambar 5e&f), Ketungau (Gambar 6c), Dangkan (Gambar 9g & h), dan Formasi Silat (10 f). Mineral sfen dijumpai sebagai kristal yang menyudut dijumpai diantaranya dalam batupasir Formasi Kantu (Gambar 4e). Mineral autigenik lempung yaitu mineral kaolinit, illit, khlorit dan smektit diantaranya dalam Formasi

Kantu (Gambar 4c & d), Ketungau (Gambar 6c & d), dan Silat (Gambar 10e & f). Mineral autigenik lainnya adalah mineral laumontit yang dijumpai hanya pada batu pasir dalam Formasi Ingar (Gambar 10d).

Proses diagenesis lainnya adalah disolusi atau pelarutan yang terjadi pada butiran felspar atau fragmen batuan vulkanik, seperti yang dijumpai pada batupasir Formasi Tutoop (Gambar 5c & d) dan Formasi Dangkan (Gambar 9i & j).

Helmod dan van de Kamp (1984), membagi proses diagenesis akibat penimbunan (*burial*) menjadi bawah permukaan dangkal awal (*early shallow subsurface*) atau Group A, dan bawah permukaan dalam akhir (*late deep subsurface*) atau Group B dan Group C. Sedangkan Schmidt dan Mc Donald (1979) membagi tingkat diagenesis menjadi eogenetik, mesogenetik belum matang (*immature*), mesogenetik agak matang (*semi mature*), mesogenetik matang A (*mature A*), mesogenetik matang B (*mature B*), dan super matang (*super mature*). Sedangkan Burley dr. (1987) membagi menjadi tingkat Ia, I, II, III, dan IV.

Berdasarkan proses kompaksi yang dicirikan oleh dominasi kontak butir butir memanjang (*long grain contact*) dengan sedikit pembengkokan dari butiran mika (Gambar 4a, b & c; 5a & b; dan 6a & b), dan proses pembentukan mineral autigenik kuarsa baik sebagai kristal halus atau kuarsa tumbuh (Gambar 4d & e; 5e & f; 6c & d), serta disolusi dari butiran felspar atau fragmen vulkanik (Gambar 5c & d) maka batupasir dalam Formasi Kantu, Formasi Tutoop, dan Formasi Ketungau (Cekungan Ketungau) dapat dijadikan satu kelompok yaitu termasuk dalam diagenesis timbunan bawah permukaan dalam atau Group B (sedang) menurut klasifikasi dari Helmod dan van de Kamp (1984). Sedangkan berdasar klasifikasi Schmidt dan Mc Donald (1979), termasuk ke dalam mesogenetik matang A. Berdasarkan klasifikasi Burley dr (1987), kelompok ini termasuk dalam bagian bawah dari tingkat II dengan temperatur berkisar antara 80° - 90° C, dan kedalaman timbunan berkisar antara 2000 m-2700 m.

Batupasir dalam Formasi Ingar, Formasi Dangkan dan Formasi Silat memperlihatkan kompaksi yang kuat dengan karakteristik kontak butir cekung cembung sampai dengan saling mengunci (Gambar 8a & b; 9a & b; dan 10a & b) akibat dari *pressure solution*, dengan dijumpainya mineral semen laumontit (Gambar 8d), maka kelompok ini termasuk ke diagenesis timbunan bawah permukaan dalam akhir



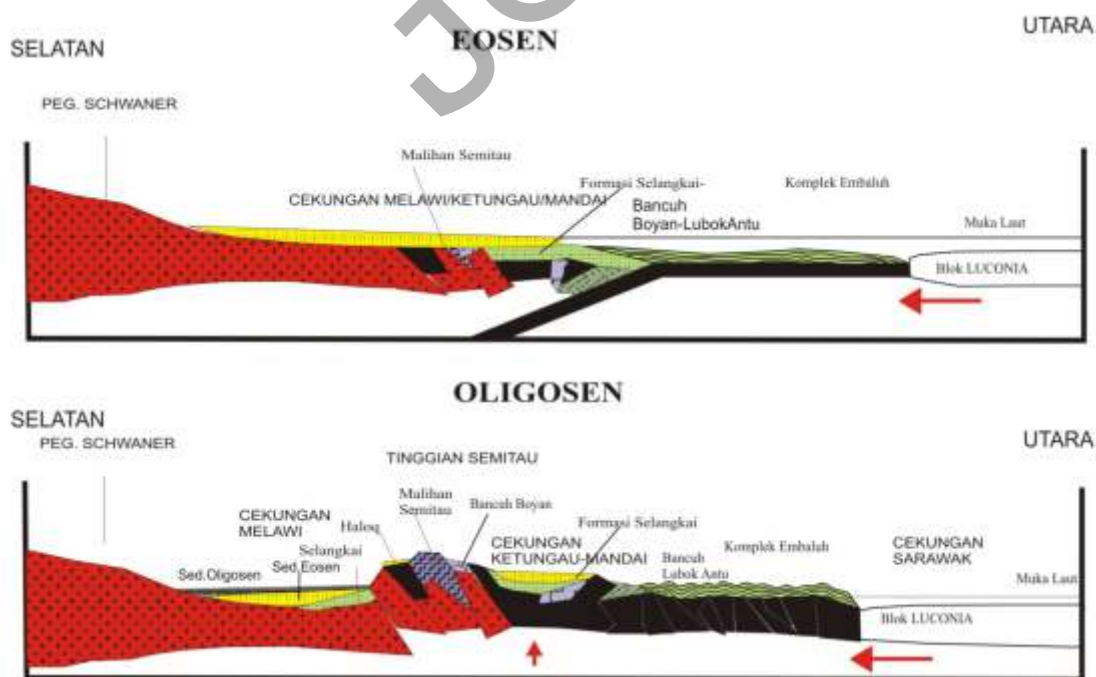
atau Group C menurut Helmod dan van de Kamp (1984). Sedangkan berdasar klasifikasi Schmidt dan Mc Donald (1979), termasuk ke dalam mesogenetik matang B. Berdasarkan klasifikasi Burley drr (1987), kelompok ini termasuk dalam bagian bawah dari tingkat III dengan temperatur berkisar antara  $95^{\circ}$  -  $120^{\circ}$  C, dan kedalaman timbunan berkisar antara 2700 m - 4000 m.

Berdasarkan kesamaan proses diagenesis yang terjadi dalam batupasir berumur Eosen di Cekungan Melawi dan Ketungau, hanya batupasir Formasi Haloq yang tidak masuk dalam kedua kelompok diatas. Proses diagenesis pada batupasir Formasi Haloq hanya kompaksi yang dicirikan oleh kontak butir titik (*point contact*) sampai kontak memanjang (*long grain cotact*) seperti dalam Gambar 7a & b. Berdasarkan klasifikasi Helmod dan van de Kamp (1984), diagenesis pada batupasir ini termasuk dalam timbunan bawah permukaan dangkal awal (*early shallow subsurface*) atau Group A. Sedangkan menurut klasifikasi Schmidt dan Mc Donald (1979), termasuk dalam mesogenetik agak matang (*semimature*), dan menurut klasifikasi Burley drr (1987), batupasir ini termasuk dalam tingkat II bagian atas dengan temperatur berkisar antara  $65^{\circ}$  C sampai  $80^{\circ}$  C, serta kedalaman timbunan berkisar antara 1500 m sampai 2000 m.

Perbedaan proses diagenesis menjadi tiga kelompok tersebut diatas adalah seperti terlihat dari kolom stratigrafi Cekungan Ketungau dan Melawi (Gambar 3). Kelompok Formasi Kantu, Formasi Tutoop dan Formasi Ketungau, proses diagenesisnya hanya disebabkan oleh ketebalan timbunan dari ketebalannya sendiri, sedangkan kelompok Formasi Ingar, Formasi Dangkan, dan Formasi Silat proses diagenesisnya selain disebabkan oleh timbunan ketebalannya sendiri juga ditambah dengan timbunan dari ketebalan lapisan sedimen Oligosen yang menindihnya yaitu Formasi Payak, Formasi Tebidah dan Formasi Sekayam. Adapun batupasir Formasi Haloq proses diagenesisnya akibat dari timbunan ketebalannya sendiri yang tidak tebal (250 m), karena posisinya diatas Tinggian Semitau yang terangkat bersama dengan Cekungan Ketungau pada akhir Eosen seperti tersaji dalam Gambar 11.

### Kesimpulan

Berdasarkan proses diagenesis batupasir Eosen dalam Cekungan Ketungau dan Melawi, dapat di bagi dalam tiga kelompok. Pertama kelompok dengan tingkat diagenesisnya paling tinggi yaitu batupasir dalam Formasi Ingar, Formasi Dangkan, dan Formasi Silat (Cekungan Melawi).



Gambar 11. Penampang perkembangan tektonik Cekungan Ketungau dan Melawi dan sekitarnya, Kalimantan Barat pada kala Eosen dan Oligosen (modifikasi dari Heryanto, 2012)



kelompok ini termasuk ke dalam diagenesis timbunan bawah permukaan dalam akhir atau Group C menurut Helmod dan van de Kamp (1984). Sedangkan berdasar klasifikasi Schmidt dan Mc Donald (1979), termasuk ke dalam mesogenetik matang B. Hal ini disebabkan proses diagenesis yang terjadi dalam kelompok ini selain disebabkan oleh timbunan dari ketebalannya sendiri, tetapi juga ditambah oleh timbunan oleh sedimen Oligosen di atasnya, dengan ketebalan total Cekungan Melawi sekitar 9250 m.

Kedua kelompok dengan tingkat diagenesis lebih rendah yaitu batupasir dalam Formasi Kantu, Formasi Tutoop, dan Formasi Ketungau (Cekungan Ketungau). Kelompok ini termasuk dalam diagenesis timbunan bawah permukaan dalam atau Group B (sedang) menurut klasifikasi dari Helmod dan van de Kamp (1987), atau berdasarkan klasifikasi Schmidt dan Mc Donald (1979) termasuk ke dalam mesogenetik matang A. Proses diagenesis ini disebabkan oleh timbunan dari ketebalannya sendiri (Cekungan Ketungau) dengan ketebalan total sekitar 7000 m, karena pada kala Oligosen Cekungan Ketungau telah mengalami pengangkatan.

Kelompok ketiga dengan proses diagenesis yang paling rendah adalah batupasir dari Formasi Haloq dengan proses diagenesis termasuk dalam timbunan bawah permukaan dangkal awal (*early shallow subsurface*) atau Group A (Helmod dan van de Kamp, 1987) atau menurut klasifikasi Schmidt dan Mc Donald (1979), termasuk dalam mesogenetik agak matang (*semimature*), dan menurut klasifikasi Burley drr (1987), batupasir ini termasuk dalam tingkat II bagian atas dengan temperature berkisar antara 65°C sampai 80°C, serta kedalaman timbunan berkisar antara 1500m sampai 2000 m. Proses diagenesis ini hanya disebabkan oleh timbunan dari ketebalan sendiri yaitu sekitar 250 m, karena pada kala Oligosen telah mengalami pengangkatan.

Hasil analisis diagenesis tersebut, menunjukkan bahwa batupasir untuk batuan reservoir migas adalah batupasir Formasi Tutoop, Formasi Kantu, Formasi Dangan dan Formasi Haloq.

## Acuan

- Badan Geologi, 2009. *Peta Cekungan Sedimen Indonesia Berdasarkan Data Geologi dan Gayaberat*. Pusat Survei Geologi, Badan Geologi, Bandung.
- Burley, S.D. and Kantorowicz, J.D., 1987. Clastic diagenesis. In : Edward, A.B., and Foster, N.H., Reservoir II Sandstone. *American Association of Petroleum Geologist, Treatise of Petroleum Geology Reprint Series*: 408-455.
- Folk, R.L., 1980, *Petrology of Sedimentary Rocks*. Hemphill Publishing Company, Austin, Texas, USA.
- Hall, R., 1996, Reconstructing Cenozoic SE Asia, from Hall, R. & Blundell, D. (eds.), 1996, *Tectonic Evolution of Southeast Asia*, Geological Society of London Special Publication No.106
- Hall, R.&Nichols, G., 2002, Cenozoic Sedimentation and Tectonics in Borneo : Climatic Influences on Orogenesis, from Jones, S.J. & Frostick, L. (eds.), 2002 *Sedimen Flux to Basins : Causes, Controls, and Consequences*, The Geological Society of London, Special Publication.
- Hamilton, W., 1979, *Tectonics of the Indonesian Region*. USGS Professional Papers.
- Helmod, K.P. and van de Kamp, P.C., 1984. Diagenetic mineralogy and controls on albitization and laumontite formation in Paleogen Arkose, Santa Yenz Mountains, California, In : McDonald, D.A. and Surdam, R.C. (Eds), Clastic Diagenesis. *American Association of Petroleum Geologist, Memoir*, 37: 239-276.
- Heryanto, R. 1991. *Sedimentology of the Melawi and Ketungau Basins, West Kalimantan, Indonesia.*, PhD Thesis, Departmen of Geology, the Uneversity of Wollongong, New South Wales, Australia.
- Heryanto, R., 1996a. Diagenesis of the Melawi Basin Sandstones. West Kaimantan, Indonesia, *Bulletin Geological Research and Development Centre*, No. 20.

- Heryanto, R., 1996b. Sedimentology of the Dangkan Sandstone, *Journal of Geology and Mineral Resources*, vol. VI, no.58.
- Heryanto, R., 1996c. Sedimentology of the Ingar Formation., *Journal of Geology and Mineral Resources*., vol.VI, no. 53.
- Heryanto, R.,1997. Petrography and Provenance of the Melawi Basin Sandstones., *Magazine of Mine and Energy*..
- Heryanto, R., 2012. Laporan Kegiatan Deswork Atlas Cekungan Melawi dan Ketungau, Kalimantan Barat., Pusat Survei Geologi Bandung (Tidak Terbit).
- Heryanto, R., and Jones, B.G., 1996. Tectonic Development of Melawi and Ketungau Basins, Western Kalimantan Indonesia., *Bulletin Geological Research and Development Centre*, No. 19.
- Heryanto, R., P.R. Williams, B.H. Harahap, P.E. Pieters, 1993. *Geologi Lembar Sintang, Kalimantan skala 1:250.000*. Pusat penelitian dan Pengembangan Geologi, Departemen Pertambangan dan Energi, Bandung.
- Hutchison, C.S., 1989, *The Geological Evolution of South East Asia*. Clarendon Press, Oxford.
- Ilyas, S., 1984, Laporan Penyelidikan Pendahuluan Endapan Batubara di Daerah Nanga Merakai, Kabupaten Sintang, Kalimantan Barat, Direktorat Sumberdaya Mineral, Departemen Pertambangan dan Energi, Bandung.
- Lemigas, 2004, Petroleum System Cekungan Melawi-Ketungau, Kalimantan Barat., Proyek Evaluasi Sumberdaya Hidrokarbon. Laporan Akhir Tahun Anggaran 2004.
- Pettijohn, F.J., Potter, P.E. and Siever, R., 1987. Sand and Sandstone. 2<sup>nd</sup> ed. *Springer-Verlag*, New York: 553p.
- Pieters, P.E., Surono, & Y. Noya, 1993, *Geologi Lembar Nangaobat, Kalimantan*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Departemen Pertambangan dan Energi, Bandung.
- Pieters, P.E., D.S. Trails, S. Supriatna, 1987. Correlation of Early Tertiary Rocks Across Kalimantan, Indonesian Petroleum Association, Proceedings of Sixteenth Annual Convention, 16: 291-306.
- Santy, L.D., 2009. Laporan Penelitian Stratigrafi Cekungan Ketungau, Kalimantan Barat, Pusat Survei Geologi, Bandung.
- Santy, L.D., 2010. Laporan Penelitian Stratigrafi Cekungan Ketungau dan Cekungan Melawi Bagian Utara, Kalimantan Barat, Pusat Survei Geologi, Bandung.
- Schmidt, V. and McDonald, D.A., 1979. The role of secondary porosity in the course of sandstone diagenesis *In: Scholle, P.A. and Schluger, P.R. (Eds), Aspect of diagenesis. Society of Economic Paleontologist and Mineralogist, Special Publication*, 26: 175-207.
- Sumaatmadja, E.R., & N.S. Kartasumantri, 1996. Hasil Eksplorasi Endapan Batubara di Daerah Sungai Tabun, Kecamatan Ketungau Tengah, Kabupaten Sintang, Propinsi Kalimantan Barat, Prosiding Pemaparan Kolokium DSM, Bandung
- Supriatna, S., U. Margono, Sutrisno, F. de Keyser, R.P. Langford, D.S. Trail, 1993. *Geologi Lembar Sanggau, Kalimantan*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Departemen Pertambangan dan Energi, Bandung.
- Van Emmichoven, Z.C.P.A., 1939. Geology of the central and western division of Borneo. In : Haile (ed) *Geological Accounts of West Borneo. British Borneo Geological Bulletin*, 2.
- Williams, P. R., Supriatna, S., Trail, D.S., Heryanto, R., 1984, Tertiary Basin of West Kalimantan, Associated Igneous Activity and Structural Setting, *Indonesian Pet. Assoc., 13<sup>th</sup> Annual Convention Proceeding*.