

STUDI DIAGENESIS BATUPASIR PADA ASOSIASI FASIES *CHANNEL-FILL* FORMASI HALANG

YAN RIZAL¹, RICKY ADRIAN TAMPUBOLON², WAHYU DWIJO SANTOSO²

1. Program Studi Teknik Geologi, FITB, Institut Teknologi Bandung, Jalan Ganesa 10 Bandung, 40132
Email: yan@gl.itb.ac.id
2. Alumni Program Studi Teknik Geologi, FITB, Institut Teknologi Bandung, Jalan Ganesa 10 Bandung, 40132

Sari - Diagenesis pada asosiasi fasies *channel-fill* menunjukkan adanya proses kompaksi, sementasi, rekristalisasi, dan pelarutan. Proses kompaksi pada *channel-1* dan *channel-2* ditandai dengan adanya kontak antarbutir berupa kontak *point*, *long*, dan *suture*. Derajat kompaksi semakin meningkat pada sampel yang diambil pada dasar *channel*. Pada *channel-1* terjadi rekristalisasi gelas menjadi mineral lempung dan rekristalisasi kuarsa, sedangkan pada *channel-2* hanya rekristalisasi gelas menjadi mineral lempung. Pelarutan yang terjadi pada *channel-1* berupa pelarutan mineral piroksen, plagioklas dan cangkang foraminifera, dan pada *channel-2* hanya pelarutan mineral piroksen. Adanya penambahan mineral lempung selama diagenesis berlangsung mengurangi nilai porositas, karena mineral lempung dapat mengisi ruang antar butiran pembentuk batuan, sehingga batupasir Formasi Halang memiliki potensi rendah sebagai reservoir hidrokarbon.

Kata kunci: Diagenesis, *channel-fill*, foraminifera, Formasi Halang, hidrokarbon

Abstract - *Diagenesis in the channel-fill facies association shows the process of compaction, cementation, recrystallization, and dissolution. The compaction process on channel-1 and channel-2 is characterized by the presence of inter-granular contacts in the form of point, long, and suture contacts. The degree of compacting increases in the sample taken on the channel basis. In channel-1 there is recrystallization of the glass into clay minerals and recrystallization of quartz, whereas in channel-2 only recrystallization of the glass into clay minerals. Dissolution that occurs in channel-1 is the dissolution of pyroxene minerals, plagioclase and foraminifera shells, and in channel-2 only dissolution of pyroxene minerals. The addition of clay minerals during diagenesis takes place reducing porosity value, because clay minerals can fill the space between the granules forming rocks, so the Halang Formation sandstones have a low potential as a hydrocarbon reservoir.*

Key words: Diagenesis, *channel-fill*, foraminifera, Halang Formation, hydrocarbon

1. PENDAHULUAN

Endapan *channel* pada sistem turbidit kipas laut dalam menjadi salah satu target utama dalam eksplorasi hidrokarbon (Mansurbeg dkk., 2008). Salah satu faktor utama untuk memahami karakteristik reservoir endapan laut dalam adalah efek diagenesis terhadap perubahan kualitas reservoir. Kualitas reservoir yang dikontrol oleh aspek diagenesis memegang peranan yang penting dalam penyebaran porositas dan permeabilitas (Ehrenberg and Nadeau, 2005). Faktor-faktor penyebab diagenesis pada batupasir *channel* laut dalam dipengaruhi oleh beberapa parameter, seperti: variasi dari komposisi, aktivitas tektonik, sejarah burial -

thermal, dan kimia fluida (Mansurbeg dkk., 2008).

Formasi Halang merupakan salah satu formasi dengan endapan *channel* yang dapat berperan sebagai reservoir hidrokarbon di Cekungan Banyumas. Formasi Halang terdiri atas perselingan batupasir dan batulempung berumur Miosen Tengah – Akhir, dengan batupair yang tebal dan tersebar luas. Potensi batupasir Formasi Halang sebagai reservoir hidrokarbon dikemukakan oleh Tobing (2002). Berdasarkan penelitian Tobing (2002), terdapat rekahan dan butiran pada batupasir dari Formasi Halang dengan penemuan rembesan hidrokarbon.

Potensi Formasi Halang sebagai reservoir hidrokarbon dapat terbentuk karena komposisi channel yang terdiri atas batupasir vulkanik dengan komposisi *wacke*. Proses pelarutan mineral vulkanik menjadi faktor pembentuk porositas sekunder yang

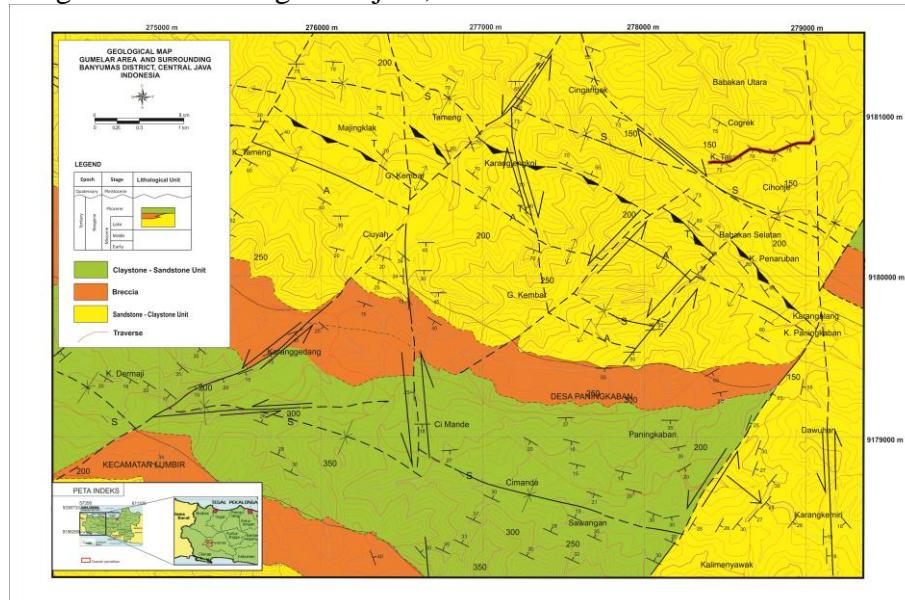
menambah porositas primer batuan. Selain Formasi Halang, terdapat juga beberapa reservoir hidrokarbon di Indonesia yang memiliki kandungan vulkanik tinggi (Tabel 1).

Tabel 1. Persebaran reservoir vulkaniklastik di Indonesia (Willumsen dan Schiller, 2006).

No	Lokasi	Lapangan	Umur	Tipe reservoir	Porositas
1	Jawa Barat Utara	Lapangan Jatibarang	Eosen-Oligosen	Formasi Jatibarang (vulkaniklastik)	20%
2	Jawa Timur	Lapangan Kuti dan Lapangan Metatu	Pleistosen	Formasi Lidah (vulkaniklastik)	Tidak jelas
3	Sumatera Bagian Baratdaya	Sumur Fina Arwana	Oligosen	Batupasir vulkanik	10-15%

Adanya potensi reservoir hidrokarbon membuat studi mengenai Formasi Halang menjadi hal yang penting untuk diteliti. Studi ini bertujuan untuk mengetahui proses – proses diagenesis dan kaitannya dengan pembentukan porositas yang terjadi di Formasi Halang. Daerah Sungai Tajum,

Kabupaten Bayumas, Jawa Tengah merupakan daerah yang dipilih untuk melakukan studi ini (**Gambar 1**). Daerah ini dipilih karena terdapat singkapan channel laut dalam yang menerus dan tebal, sehingga pengambilan sampel dapat dilakukan secara menerus dan sistematis.



Gambar 1. Peta Geologi daerah penelitian dan lintasan pengukuran penampang stratigrafi (Modifikasi dari Tampubolon, 2014).

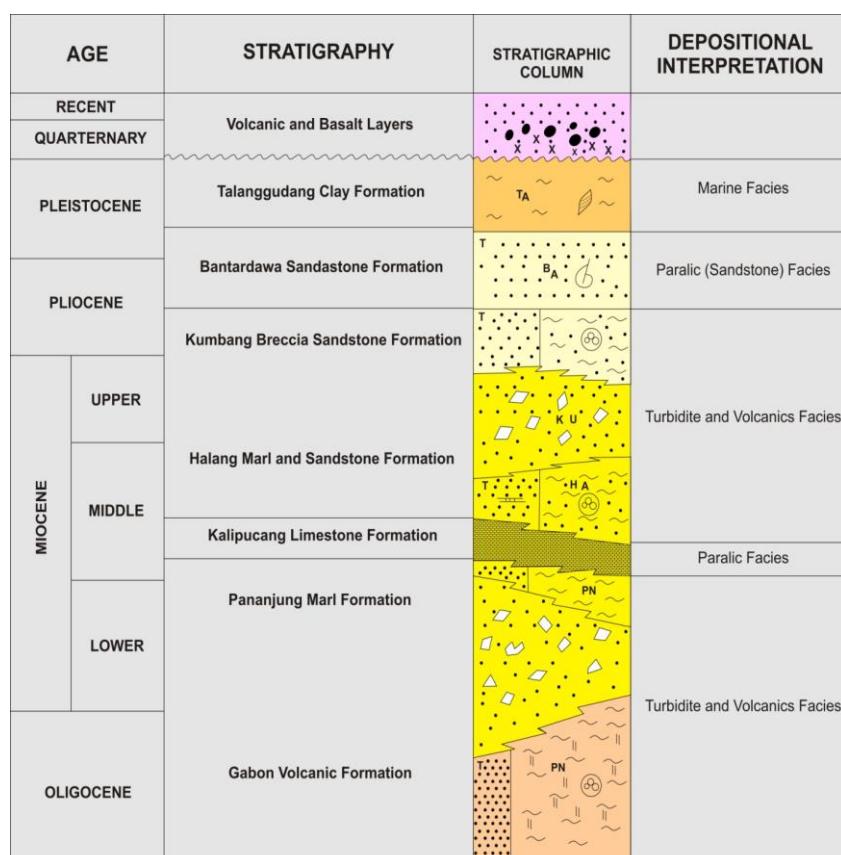
2. GEOLOGI REGIONAL

Formasi Halang merupakan salah satu formasi yang diendapkan di Cekungan Banyumas (Praptisih dan Kamtono, 2011). Formasi ini mengisi Cekungan Banyumas pada umur Miosen Akhir pada kondisi tektonik *back – arc setting* (Sribudiyani dkk., 2003, dalam Mukti dan Ito, 2010).

Sumber sedimen dari Formasi Halang diduga berasal dari Pegunungan Selatan yang terangkat selama Oligosen – Miosen yang membentuk busur vulkanik. Material – material vulkanik mengalami erosi dan tertransportasi ke arah utara melewati sesar - sesar yang membentuk lereng terjal. Sedimen - sedimen vulkanik hasil erosi diendapkan di lingkungan laut dalam dengan mekanisme arus gravitasi (Martodjojo, 1984, Djuhaeni and Martodjojo, 1989).

Daerah penelitian termasuk kedalam cekungan Banyumas. Gambaran stratigrafi umum cekungan Banyumas seperti terlihat pada **Gambar 2**.

Formasi Halang dicirikan oleh endapan turbidit berupa perselingan batupasir - batuempung dan menunjukkan struktur sedimen turbidit kebanyakan berupa sikuen B, C, D (Thomson dan Thomasson, 1969 dalam Mulhadiyono, 1973). Formasi Halang dapat dibedakan menjadi dua, yaitu Formasi Halang bagian bawah dan Formasi Halang bagian atas. Formasi Halang bagian bawah dianggap lebih dekat dengan sumber sedimen, dan berada di bagian channel dari sistem turbidit (Mukti dkk., 2009). Pada Formasi Halang bagian atas, mekanisme pengendapan yang lebih dominan adalah mekanisme suspensi, yang mengakibatkan diendapkannya litologi batuempung dengan sisipan tipis batupasir (Mukti dkk., 2009).



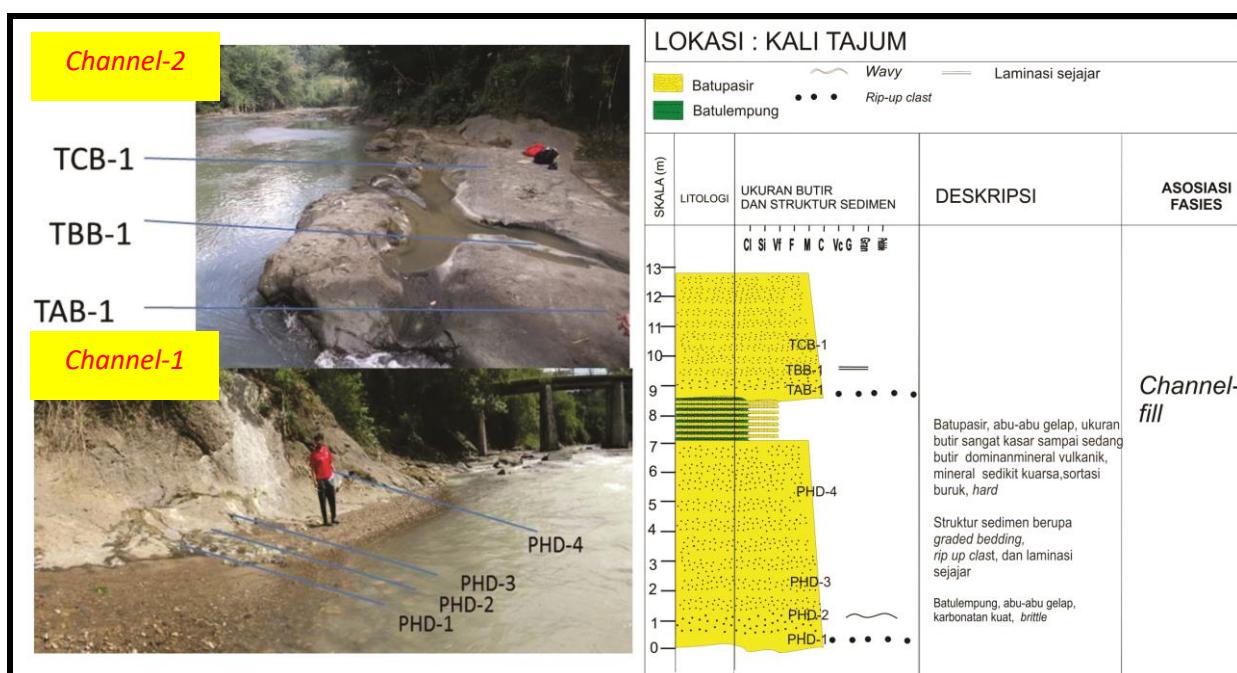
Gambar 2. Kolom stratigrafi regional Cekungan Banyumas dan sekitarnya (Mulhadiyono, 1973).

3. METODE PENELITIAN

Pengukuran penampang stratigrafi dilakukan pada endapan *channel -fill* laut dalam di Lintasan Sungai Tajum. Tujuh sampel batuan diambil secara sistematis pada tubuh channel (**Gambar 3**) untuk analisis laboratorium. Analisis petrografi dilakukan pada tujuh sampel untuk melihat proses proses diagenesis yang terjadi pada endapan *channel – fill* Formasi Halang. Mikroskop polarisasi yang digunakan untuk analisis petrografi adalah mikroskop Nikon model Eclipse Ci-Pol 100-240 kV, 0.8A, 50/60 Hz di Laboratorium Petrografi, Teknik Geologi,

Institut Teknologi Bandung. Untuk memudahkan melihat persentasi porositas, seluruh sampel diberi cairan *blue dye*.

Pada satu sampel terpilih dengan kelimpahan mineral lempung, dilakukan analisis tambahan berupa analisis *X-ray difractometer* (XRD). Tujuan analisis ini adalah untuk mengidentifikasi mineral lempung yang tidak bisa dideskripsi dengan mikroskop. Analisis XRD dilakukan dengan menggunakan Philip analytical X Ray B.V di Laboratorium Mineralogi, Teknik Pertambangan Institut Teknologi Bandung.



Tabel 2. Hasil deskripsi tekstur dan mineralogi pada sayatan tipis.

	Channel - 1				Channel - 2		
	PHD - 1	PHD - 2	PHD - 3	PHD - 4	TAB - 1	TBB - 1	TCB - 1
Qz (%)	5	4	7	10	15	5	5
Plag. (%)	12	6	10	10	3	7	7
K - Felds (%)	5	0	0	5	5	0	5
Aug. (%)	7	0	7	5	0	0	10
Ens. (%)	5	10	0	0	0	0	0
San. (%)	0	10	0	0	0	0	0
Min. Opak (%)	3	10	12	3	0	15	10
FBB (%)	10	5	0	0	20	5	0
Horn. (%)	5	0	0	0	20	5	0
FBL (%)	0	0	3	0	0	0	0
Echi (%)	0	0	1	2	0	0	0
Mat (%)	21	25	30	37	20	33	38
Por(%)	10	10	10	15	5	5	10
Sor	Buruk	Buruk	Baik	Baik	Buruk	Baik	Baik
NB (Gilbert, 1985)	Lithic wacke	Lithic wacke	Feldspathic wacke	Feldspathic wacke	Lithic wacke	Lithic wacke	Feldspathic wacke

- **Kontak antarbutir**

Proses diagenesis pada sampel batupasir Formasi Halang menunjukkan derajat diagenesis yang tidak sama (**Gambar 4** dan **Gambar 5**). Pada *channel* – 1, terjadi gradasi kontak antar butir yang menunjukkan kontak *long*, *point*, dan *suture*. Pada bagian atas *channel* (sampel PHD–3), kontak antarbutir didominasi oleh *long contact* yang menunjukkan bahwa proses kompaksi berlangsung pada tahap awal. Sampel PHD–2 menunjukkan peningkatan aktivitas kompaksi, dengan dominannya *point contact*. Pada bagian bawah *channel* (sampel PHD–1), terdapat *suture contact* yang menunjukkan proses kompaksi berlangsung pada tahap lanjut.

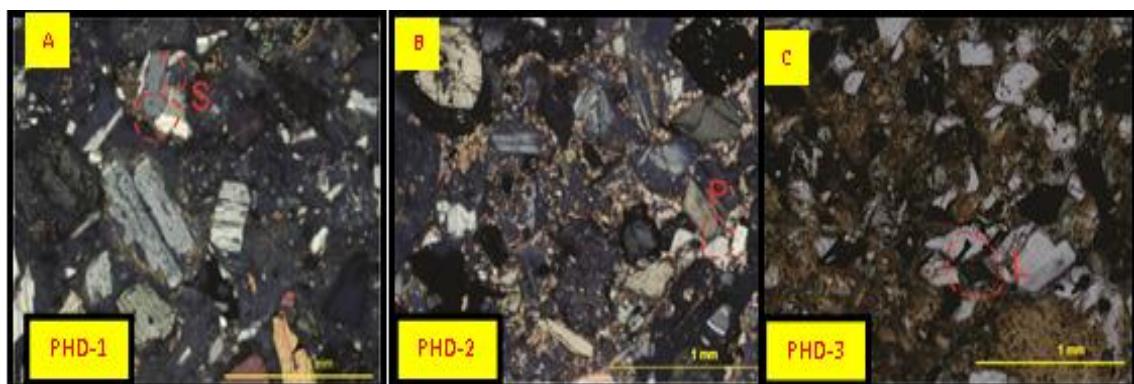
Hasil yang sama ditunjukkan oleh sampel yang diambil pada *channel* - 2. Sampel yang diambil pada bagian atas *channel* (Sampel TCB–1) menunjukkan *point* dan *long contact*. Sampel yang berada pada bagian yang lebih bawah (Sampel TBB-1)

menunjukkan *point* dan *long contact* yang lebih banyak dan tersebar. Proses kompaksi pada tahap lanjut ditunjukkan oleh Sampel TAB-1 yang diambil pada bagian bawah *channel*. Sampel TAB-1 menunjukkan banyaknya *suture contact* yang terbentuk. Ringkasan dari kontak antarbutir yang terdapat pada tiap sampel dapat dilihat pada **Tabel 3**.

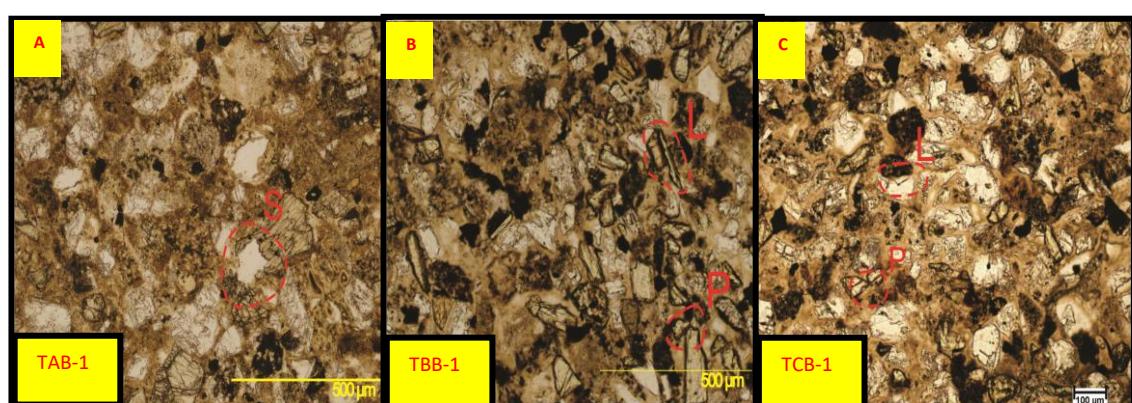
Analisis dari sampel yang diambil menunjukkan bahwa proses kompaksi semakin meningkat pada bagian bawah *channel*, yang ditunjukkan oleh terbentuknya *suture contact*. Proses ini menunjukkan bahwa proses burial dan tekanan mengontrol terbentuknya kontak antarbutir. Proses burial dan kompaksi mengakibatkan semakin berkurangnya porositas endapan *channel* (**Gambar 6**). Bagian atas *channel* menunjukkan porositas yang lebih besar dibandingkan bagian bawah *channel* (**Tabel 2**).

Tabel 3. Kontak butir dari setiap sampel yang menunjukkan derajat kompaksi.

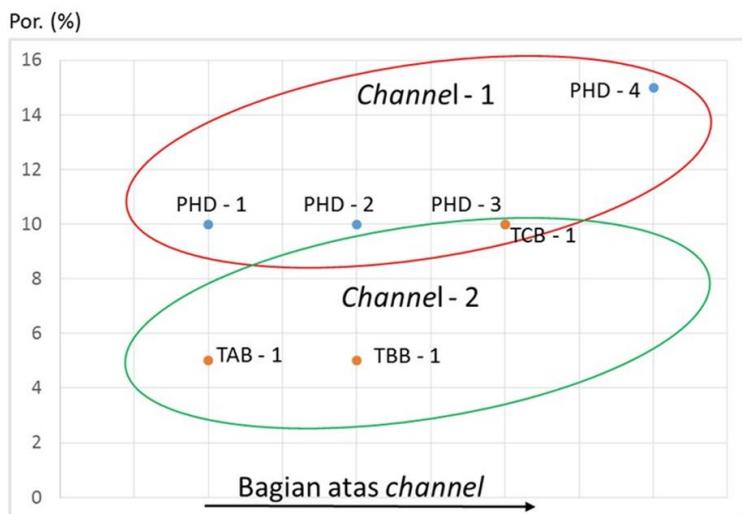
	Sampel	Kontak butir
Channel-2	TCB-1	<i>Long</i> dan <i>point</i>
	TBB-1	<i>Long</i> dan <i>point</i>
	TAB-1	<i>Suture</i> , <i>long</i> dan <i>point</i>
Channel-1	PHD-4	Tidak ada kontak
	PHD-3	<i>Long</i> dan <i>point</i>
	PHD-2	<i>Suture</i> , <i>long</i> , dan <i>point</i>
	PHD-1	<i>Suture</i> , <i>long</i> , dan <i>point</i>



Gambar 4. Kontak butir pada channel-1 A. Kontak *suture* (S) pada sampel PHD-1, B. Kontak *Point* (P) pada sampel PHD-2, dan C. Kontak *long* (L) pada sampel PHD-3.



Gambar 5. Kontak butir pada channel-2. A. Kotak *suture* (S) pada sampel TAB-1, B. Kontak *point* (P) dan *long* (L) pada sampel TBB-1, dan C. Kontak *point* (P) dan *long* (L) pada sampel TCB-1.



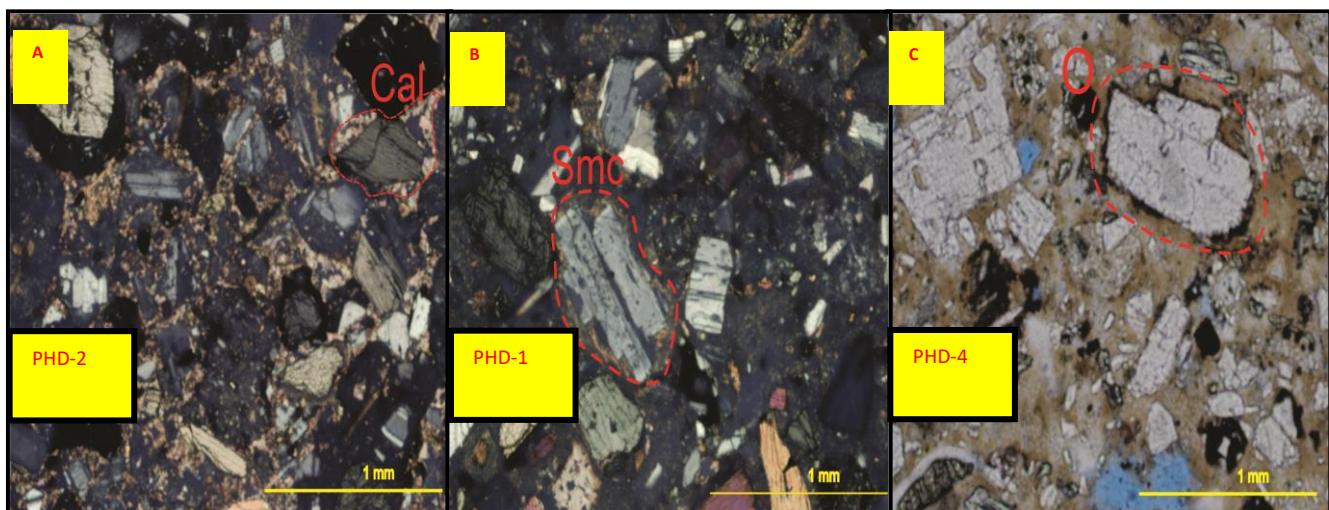
Gambar 6. Plot nilai porositas dengan posisi *channel*.

• Sementasi

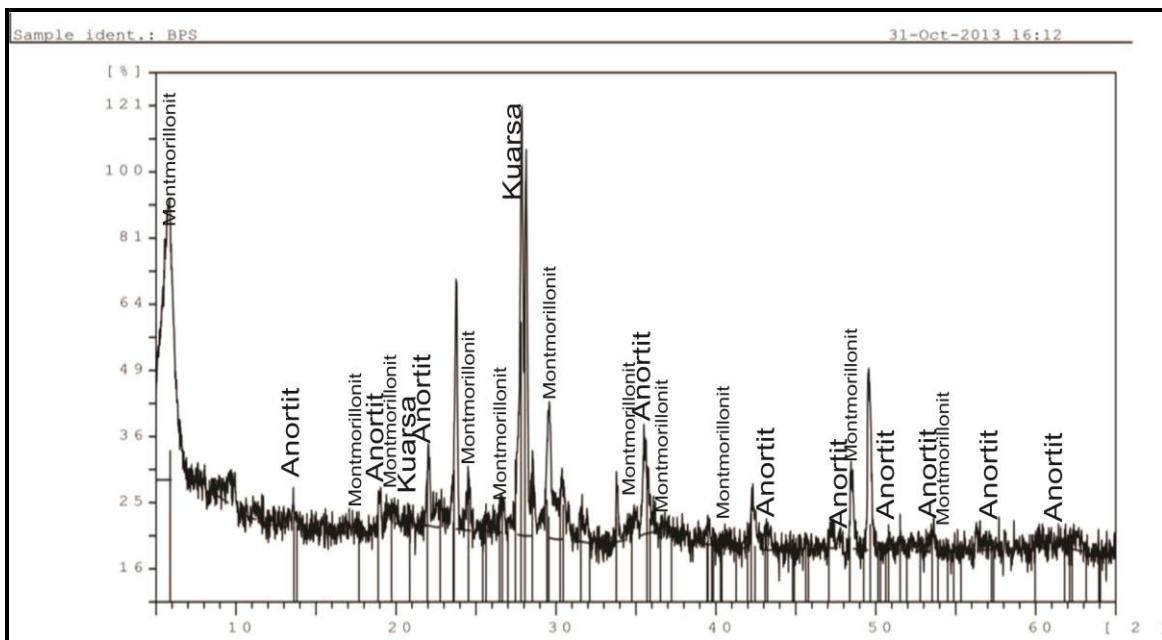
Pada *channel-1* semen yang terbentuk berupa semen smektit, kalsit, dan oksida besi (**Gambar 7**). Semen smektit didapat dari XRD pada sampel PHD-1 dengan kenampakan bias rangkap yang tinggi dan mengelilingi butiran (**Gambar 8**). Semen kalsit terlihat dengan bias rangkap tinggi dengan kenampakan mozaik dan semen

oksida besi berwarna merah gelap mengelilingi butiran.

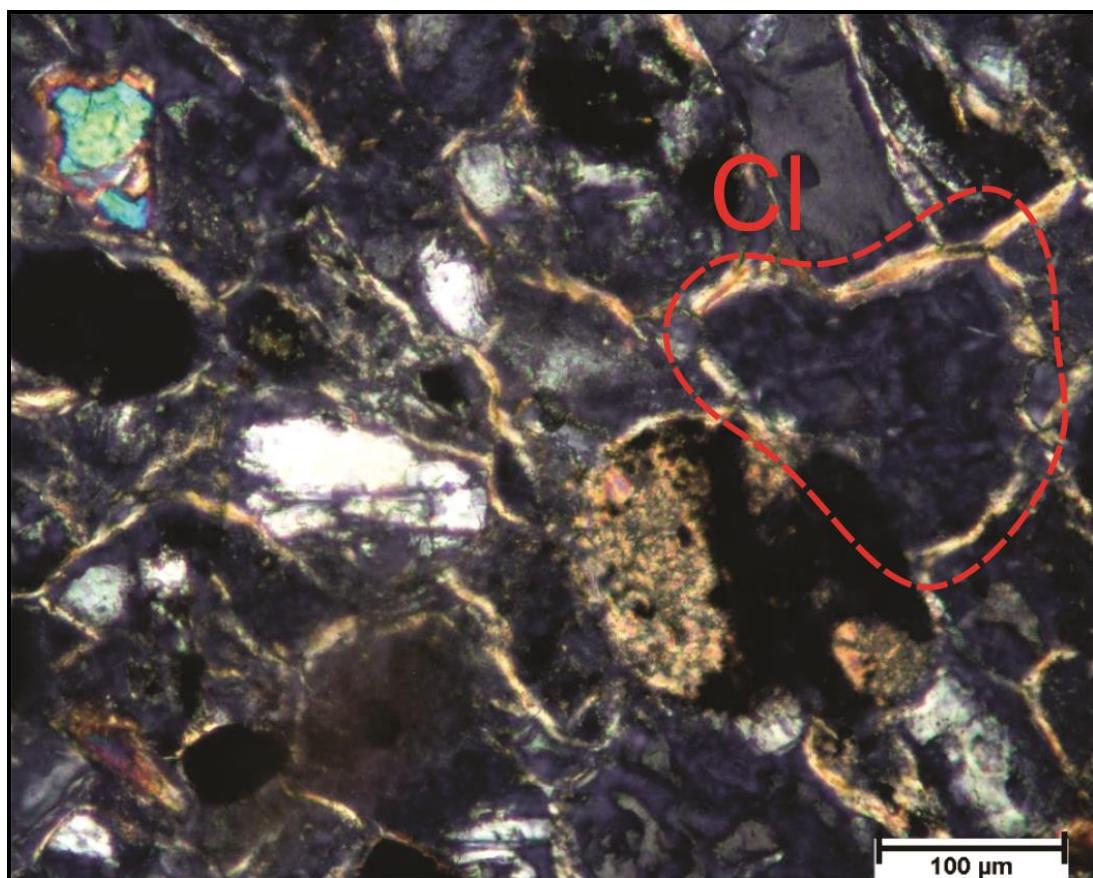
Kehadiran smektit mencirikan temperatur pembentukan sekitar 25-150°C yang dibentuk pada saat tahap mesogenesis (Boggs, 2009). Sementara pada *channel-2* hanya ditemukan semen mineral lempung (**Gambar 9**).



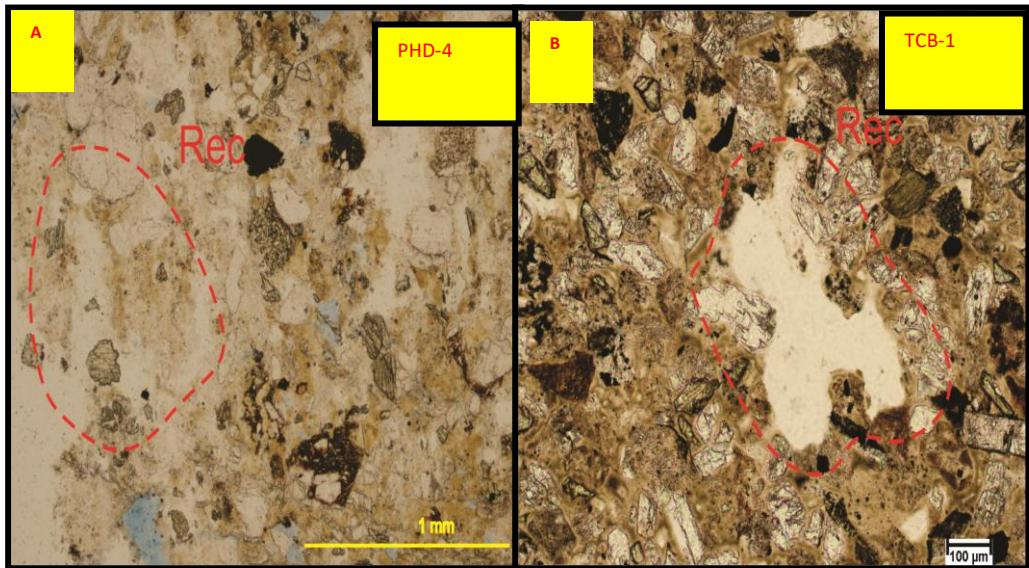
Gambar 7. Semen pada *channel-1* A. Semen kalsit (Cal) yang ditunjukkan dengan kenampakan mineral mozaik dengan bias rangkap yang tinggi. B. Semen smektit yang mengelilingi butiran dengan bias rangkap yang tinggi, dan C. Semen oksida besi (O) dengan warna merah gelap.



Gambar 8. Hasil analisis XRD pada kode lokasi Cj-03 menunjukkan kehadiran mineral lempung (smektit), kuarsa, dan anortit.



Gambar 9. Semen mineral lempung pada sampel TBB-1.



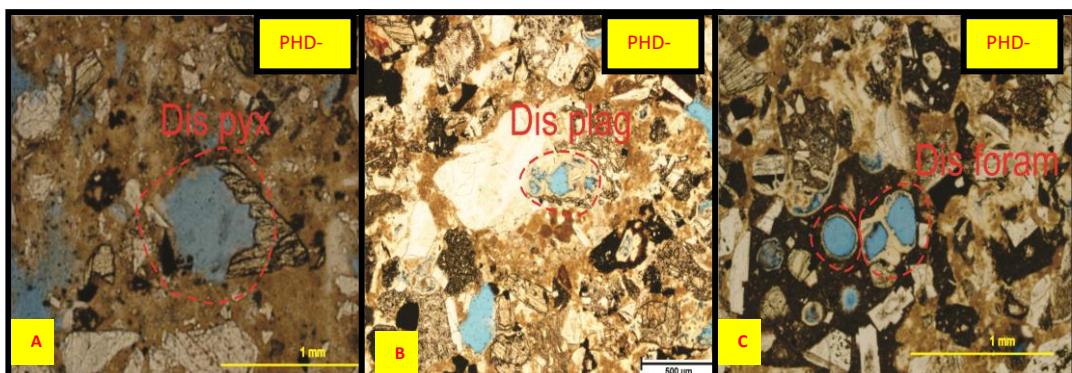
Gambar 10. Kenampakan rekristalisasi gelas menjadi mineral lempung yang terjadi pada semua sampel. Pada gambar mewakili A. *Channel-1* dan B. *Channel-2*.

- **Rekristalisasi**

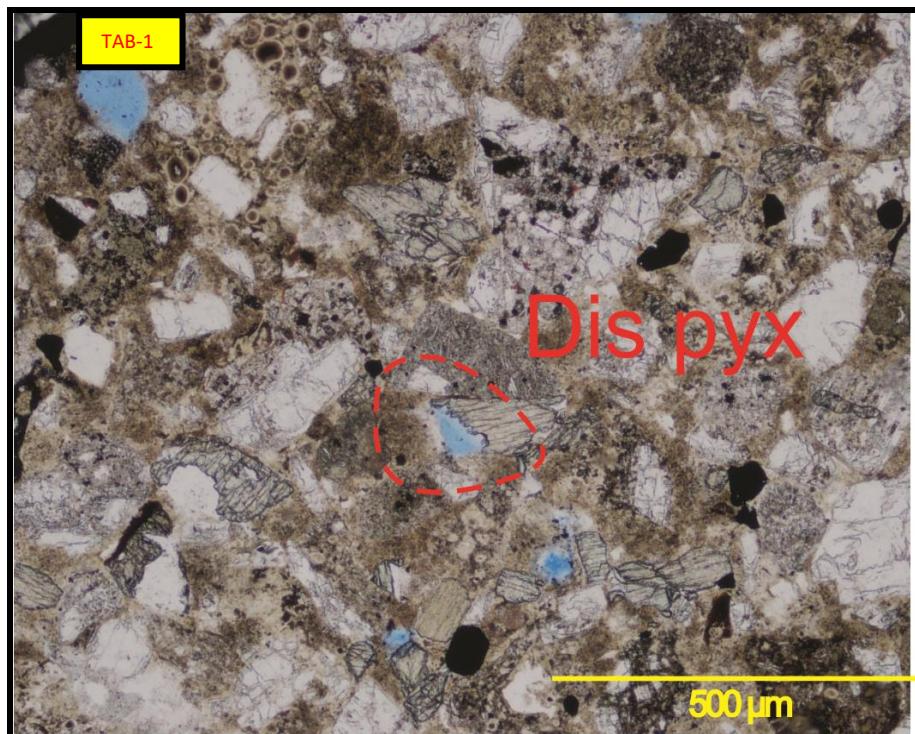
Pada *channel-1* dan *channel-2*, proses rekristalisasi yang dapat teramat adalah rekristalisasi gelas menjadi mineral lempung (**Gambar 10**). Gelas vulkanik umumnya tidak stabil pada temperatur permukaan, sehingga terekristalisasi menjadi mineral lempung. Proses rekristalisasi ini dapat mengurangi porositas karena pori yang terbentuk ditutupi oleh mineral lempung pada tahap rekristalisasi.

- **Pelarutan**

Pelarutan pada *channel-1* terjadi pada mineral piroksen, plagioklas, dan foraminifera (**Gambar 11**). Sementara pada *channel-2* yang terlihat hanyalah pelarutan piroksen (**Gambar 12**). Pelarutan terjadi akibat tidak stabilnya mineral-mineral yang terbentuk pada suhu tinggi berada pada temperatur yang lebih rendah, atau berada dekat dengan permukaan air tanah. Berdasarkan pengamatan pada sayatan tipis, proses pelarutan yang terjadi pada channel - 1 dan channel - 2 membentuk porositas sekunder sebesar $\pm 8\%$.



Gambar 11. Pelarutan pada *channel-1* A. Pelarutan piroksen, B. Pelarutan plagioklas, dan C. Pelarutan pada foraminifera kecil.



Gambar 12. Pelarutan pada *channel-2* berupa pelarutan piroksen.

Rangkuman proses – proses diagenesis yang terjadi pada batupasir *channel* Formasi Halang dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Rangkuman diagenesis batupasir *channel* Formasi Halang.

Proses Diagenesis	<i>Channel-1</i>	<i>Channel-2</i>
Kompaksi	Ada, selain pada PHD-4 . Ditandai dengan kontak <i>point</i> , <i>long</i> , dan <i>suture</i> . Terbentuk porositas rekahan	Ada, ditandai kontak <i>point</i> , <i>long</i> , dan <i>suture</i> . Terbentuk rekahan yang terisi mineral lempung
Sementasi	Semen kalsit, mineral lempung (smektit), dan oksida besi	Semen mineral lempung
Reksristalisasi	Rekrystalisasi gelas menjadi mineral lempung, rekrystalisasi kuarsa	Rekrystalisasi gelas menjadi mineral lempung
Pelarutan	Pelarutan piroksen, plagioklas, dan foraminifera	Pelarutan piroksen

5. DISKUSI

Porositas endapan channel Formasi Halang di daerah Sungai Tajum memiliki nilai sebesar 5 – 10%. Nilai porositas yang kecil diakibatkan oleh proses sementasi yang intesif dan bentuk butir yang menyudut. Sementara itu, keberadaaan porositas sekunder akibat adanya pelarutan hanya dapat menambah porositas sekitar 8%. Umumnya keberadaan porositas sekunder terjadi pada mesogenesis, yaitu tepatnya pada saat air dengan komposisi asam dapat “mencuci” keluar mineral kalsit dan lempung lainnya dari butiran sehingga akan terbentuk porositas sekunder. (Curtis, 1983). Pada sampel ini, dapat dilihat porositas sekunder sangat sedikit bila dibandingkan dengan mineral lempung yang terus mengalami rekristalisasi. Dari seluruh data yang didapat, batupasir endapan channel Formasi Halang pada Sungai Tajum memiliki potensi rendah sebagai reservoir hidrokarbon.

6. KESIMPULAN

Diagenesis pada asosiasi fasies *channel-fill* menunjukkan adanya proses diagenesis berupa: kompaksi, sementasi, rekristalisasi, dan pelarutan.

- Proses kompaksi pada *channel -1* dan *channel - 2* ditandai dengan adanya kontak antarbutir berupa kontak *point*, *long*, dan *suture*. Derajat kompaksi semakin meningkat pada sampel yang diambil pada dasar *channel*.
- Perubahan nilai porositas semakin berkurang pada sampel yang diambil di dasar *channel* dibandingkan dengan sampel yang diambil di bagian atas *channel*.
- Sementasi pada *channel - 1* terdiri dari kalsit, mineral lempung (okside besi, sedangkan pada *channel - 2* hanya berupa mineral lempung. Kehadiran semen smektit pada *channel - 1* mengindikasikan tahapan diagenesis yang berada pada tahap mesogenesis.
- Rekristalisasi pada *channel - 1* terjadi rekristalisasi gelas menjadi mineral

BULLETIN OF GEOLOGY, VOL. 3, NO. 1, 2019

DOI: 10.5614/bull.geol.2019.3.1.2

lempung dan adanya rekristalisasi kuarsa, sedangkan pada *channel 2* hanya rekristalisasi gelas menjadi mineral lempung.

- Pelarutan yang terjadi pada *channel - 1* adalah adanya pelarutan mineral piroksen, plagioklas dan cangkang foraminifera, dan pada *channel 2* hanya pelarutan mineral piroksen.
- Batupasir *channel* Formasi Halang pada daerah Sungai Tajum memiliki potensi rendah sebagai reservoir hidrokarbon.

DAFTAR PUSTAKA

Boggs, Sam Jr., 2009, *Petrology of Sedimentary Rock*, Cambridge University Press, UK, hal 268-308.

Chester, J.S., Lenz,S.C., Chester,F.M., Lang,R.A., 2004, Mechanism of Compaction of Quartz Sand at Diagenetic Conditions, *Earth and Planetary Science Letter* 220, Elsevier, hal 435-441.

Clements. B. dan Hall, R., 2007, Cretaceous to Late Miocene Stratigraphic and Tectonic Evolution of West Java, *Proceeding of The Indonesia Petroleum Association*,31st Annual Convention, hal 87-104

Curtis, C.D., 1983, Geochemical Studies on Development and Destruction of Secondary Porosity, *Geological Society London Special Publication*, London, hal 113-125.

Djuhaeni dan Martodjojo S., 1989, Stratigrafi Daerah Majalengka dan Hubungannya dengan Tatanama Satuan Litostratigrafi di Cekungan Bogor, Geologi Indonesia, PPPG-Bandung, vol. 12, no.1, hal. 227-252.

Ehrenberg, S. N. and Nadeau, P. H. 2005, Sandstone vs. carbonate petroleum reservoirs: A global perspective on

- porosity-depth and porosity-permeability relationships, AAPG Bulletin, v. 89, no. 4, pp. 435–445.
- Mansurbeg, H., Morada, S., Salem, A., Marfield, R, El-ghalie, M.A.K., Nystuenf, J.P., Cajad, M.A., Amorosi, A., Garcia, D., La Iglesia, A., 2008, Diagenesis and reservoir quality evolution of palaeocene deep-water, marine sandstones, the Shetland-Faroes Basin, British continental shelf, *Marine and Petroleum Geology*, Science Direct.
- Martodjojo, S., 1984, Evolusi Cekungan Bogor, Jawa Barat, Desertasi Doktor, ITB, Bandung
- Mukti, M. M., dan Ito, M., 2010, Discovery of outcrop-scale fine-grained sediment waves in the lower Halang Formation, an upper Miocene submarine-fan succession in West Java, *Sedimentary Geology*, Elsevier.
- Mukti, M. M., Ito, M., dan Armandita, C., 2009, Architectural Elements of A Longitudinal Turbidite System: The Upper Miocene Halang Formation Submarine-Fan System in The Bogor Trough, West Java, *proceedings Indonesian Petroleum Association Thirty-Third Annual Convention & Exhibition, May 2009*
- Mulhadiyono, A.A., 1973, Petroleum Possibilities of the Banyumas Area, *Proceeding Indonesia Petroleum Association, 2nd Annual Convention*, hal 121-129.
- Praptisih dan Kamtono, 2011, Turbidite Facies of The Halang Formation in Ajibarang, Jawa Tengah, *Jurnal Geologi Indonesia*, Vol. 6 No. 1, 13-27.
- Yan Rizal, Pamungkas G. M., Rudyawan, A., 2016, Sedimentation of the cantayan formation in Sirnasari, bogor, west java-indonesia, *INTERNATIONAL JOURNAL OF ENGINEERING SCIENCES & TECHNOLOGY*, Vol.5 No. 11, p. 349-359.
- Yan Rizal, Waluyo G., Irawan, S. A., Rudyawan, A., 2016, Facies Study of the Halang Formation Turbidites in Cibalung Area, Cimanggu District, Cilacap Regency, Central Java – Indonesia, *Journal of Earth Science & Climatic Change*, Vol. 7, Issue 8, P. 1-8.
- Yan Rizal, Lagona, R., Santoso, W. D., 2017, Turbidite Facies Study of Halang Formation on Pangkalan River, Karang Duren – Dermaji Village, Banyumas District, Central Java – Indonesia, *IOP Conference Series : Earth and Environmental Science*, Vol.71 conf 1..11, p. 1-17.
- Yan Rizal, Santoso, W. D., Rudyawan, A., Tampubolon, R. A., Nurfaian, A. A., 2018, Sedimentary Facies And Hydrocarbon Reservoir Potential Of Sand Flat In The Upper Part Of Tapak Formation In Banyumas Area, Central Java, *Ris.Geo.Tam*, Vol. 2 No.2 p. 251-263.
- Sribudiyani, Muchsin, N., Ryacudu, R., Kunto, T., Astono, P., Prasetya, I., Sapiie, B., Asikin, S., Harsolumakso, A.H., Yulianto, I., 2003. *The Collision of the East Java Microplate and Its Implications for Hydrocarbon Occurrences in the East Java Basin*: Indonesian Petroleum Association, Proceeding 29th Annual Convention, Jakarta, pp. 335–346.
- Tampubolon, A.R., 2014, Geologi dan studi fasies pada Formasi Tapak dan Formasi Halang di Kecamatan Gumelar, Kabupaten Banyumas, Propinsi Jawa Tengah. Prodi Teknik Geologi-FITB, ITB, Bandung (unpublish)
- Tobing, S.M., 2002, Inventarisasi Endapan Bitumen Padat Daerah Wangon dan Sekitarnya, Kabupaten Banyuman dan Kabupaten Cilacap, Provinsi

Jawa Tengah, Direktorat Inventarisasi
Sumber Daya Mineral, Bandung.

Willumsen, P., dan Schiller, D.M., 2006,
High Quality of Volcaniclastic

Sandstone Reservoirs in East Java,
Indonesia, *Proceeding Indonesia
Petroleum Association*, 23rd Annual
Convention.