

PERUBAHAN KETINGGIAN MUKA AIR LAUT DAN IKLIM PURBA BERDASARKAN ANALISIS MIKROPALAEONTOLOGI PADA SATUAN BATUGAMPING FORMASI JAYAPURA DAERAH JAYAPURA DAN SEKITARNYA KOTA JAYAPURA PROVINSI PAPUA

Angelina Majesty Randa*, C. Danisworo**, Achmad Subandrio**

*Universitas Papua **UPN “Veteran” Yogyakarta

Sari – Daerah Jayapura memiliki jenis batuan yang sangat kompleks, salah satunya yaitu batuan sedimen dengan komposisi kimia karbonat yang cakupan wilayahnya cukup luas. Penelitian lebih berfokus pada satuan batugamping *Formasi Jayapura (Qpj)*. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan perubahan ketinggian muka air laut, dan lingkungan pengendapan serta iklim purba yang terjadi saat pembentukan satuan batugamping yang berumur Kuartar (Plio – Plistosen). Penelitian dilakukan dengan metode pemetaan (*mapping*), pengukuran stratigrafi detail (*measured section*), analisis petrografi dan mikropaleontologi. Selanjutnya dilakukan pengamatan pada fosil foraminifera untuk menentukan umur dan lingkungan pengendapannya. Penentuan perubahan muka air laut dan lingkungan pengendapan ini menggunakan identifikasi foraminifera bentonik pada 5 sampel batuan. Hasil identifikasi dari foraminifera bentonik menunjukkan selama pembentukan satuan batugamping Kuartar terjadi beberapa kali perubahan muka air laut dan lingkungan pengendapan, dimulai pada saat pembentukan berada pada Neritik Tepi (0 – 100 meter) hingga pengendapan berakhir pada lingkungan pengendapan Neritik Luar (100 – 200 meter). Dilakukan pula identifikasi fosil foraminifera planktonik dan nannoplankton, untuk menentukan umur tiap-tiap lapisan batuan. Hasil identifikasi foraminifera planktonik dan nannoplankton menunjukkan umur satuan batuan berada pada Pliosen – Plistosen (N.19 – N.23). Foraminifera planktonik ini juga digunakan sebagai indikator suhu pada saat pembentukan batuan. Hasil interpretasi diketahui bahwa pada saat pengendapan satuan batugamping Kuartar ini terjadi beberapa kali perubahan suhu mulai dari hangat hingga dingin sedang, maka dapat pula diketahui iklim purba pada saat pembentukan satuan batugamping Kuartar terjadi perubahan iklim dari iklim tropis sampai iklim transisi.

Kata-kata Kunci : Perubahan muka air laut, lingkungan pengendapan, suhu, iklim, dan foraminifera.

PENDAHULUAN

Paleoklimatologi menjadi salah satu ilmu yang penting dan menjadi isu yang menarik untuk diangkat pada akhir-akhir ini, dan yang dimaksud paleoklimatologi adalah suatu ilmu yang mempelajari perubahan iklim di seluruh rentang waktu sejarah bumi. Paleoklimatologi merupakan salah satu bidang ilmu mempelajari iklim masa lampau dengan skala waktu puluhan sampai ribuan tahun yang lalu, beserta implikasinya terhadap perubahan yang terjadi dalam ekosistem bumi. Pertanyaan yang muncul sekarang adalah mengapa kita mempelajari paleoklimatologi? Apa kaitannya dengan perubahan iklim yang terjadi saat ini dan apa urgensinya dalam memprediksikan perubahan iklim di masa mendatang?

Menurut Setijadi, dkk (2011) ilmu paleoklimat memiliki arti penting karena dapat menginterpretasi bagaimana kondisi suatu lingkungan dan bagaimana fluktuasi perubahan iklim di masa lalu, mengetahui kondisi iklim saat ini, untuk kemudian dapat dipakai untuk memprediksi perubahan iklim yang terjadi di masa depan.

Jayapura memiliki jenis batuan yang sangat kompleks, salah satunya yaitu batuan sedimen dengan komposisi kimia karbonat yang cakupan wilayahnya cukup luas. Pada daerah ini ditemukan tebing-tebing yang merupakan singkapan batugamping yang besar dan luas menambah keistimewaan daerah tersebut.

Formasi Jayapura (Qpj), merupakan formasi yang mengandung batugamping koral-ganggang, kalsidurit, kalkarenit; setempat batugamping kapuran, batugamping napalan dan napal, berlapis jelek, setempat berstruktur terumbu; setempat berselingan dengan batugamping pelagos. Fosil foraminifera kecil bentos dan pelagos, koral, moluska dan ganggang. Umur satuan batuan ini adalah Plistosen yang terendapkan pada laut terbuka yang tak ada lagi bahan rombakan daratan; menindih tak selaras formasi yang lebih tua. Memiliki kemiringan landai ke arah selatan baratdaya dengan undak nyata. Terangkat lebih kurang 700 m di atas permukaan laut. Satuan ini memiliki ketebalan hingga 400 m (Suwarna dan Noya, 1995).

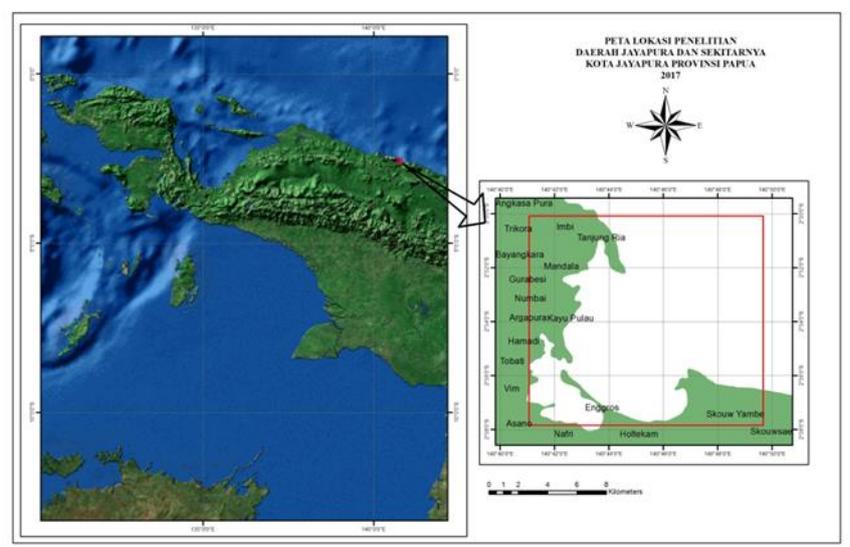
Kondisi geologi saat ini mampu memberikan informasi keadaan masa lampau yang terjadi pada bumi, salah satunya adalah kondisi iklim. Ilmu Paleoklimat memiliki arti penting karena dapat menginterpretasi bagaimana kondisi suatu lingkungan dan bagaimana fluktuasi perubahan iklim di masa lalu, mengetahui kondisi iklim saat

ini, untuk kemudian dapat dipakai untuk memprediksi perubahan iklim yang terjadi di masa depan. Hal inilah yang membuat peneliti sangat tertarik untuk mengungkap kondisi iklim purba pada daerah tersebut.

Pemahaman tentang perubahan iklim sangat penting untuk dikaji, terutama untuk daerah Papua, mengingat daerah Papua merupakan satu dari dua tempat di wilayah khatulistiwa, yang memiliki salju abadi. Pemahaman perubahan iklim purba (*paleoclimate*) terutama pada Zaman Kuaternari, diharapkan dapat dijadikan sebagai acuan untuk turut mengkampanyekan penyelamatan salju abadi di Papua.

BAHAN DAN METODE

Lokasi daerah penelitian berada di sepanjang pesisir Pantai utara - selatan Jayapura (**Gambar 1**). Jayapura memiliki jenis batuan yang sangat kompleks, salah satunya yaitu batuan sedimen dengan komposisi kimia karbonat yang cakupan wilayahnya cukup luas. Salah satu daerah dengan kandungan batuan karbonat yang cukup banyak dan luas yaitu tersebar sepanjang pesisir pantai utara – selatan daerah Jayapura. Pada daerah ini ditemukan tebing-tebing yang merupakan singkapan batugamping yang besar dan luas menambah keistimewaan daerah tersebut.



Gambar 1. Peta Tunjuk Lokasi Penelitian

Penelitian ini membahas mengenai paleoklimatologi berdasarkan analisis mikropaleontologi pada daerah Jayapura dan sekitarnya Kabupaten Jayapura, Provinsi Papua. Metode yang dilakukan dalam penelitian ini, dengan melakukan pemetaan lapangan (*mapping*), pengamatan stratigrafi secara detail (*measuring section*), analisis petrografi dan mikropaleontologi. Aspek fisik dan biologi sebagai dasar untuk memahami paleoekologi. Perkembangan iklim purba sangat dikontrol dengan perubahan-perubahan paleoekologinya. Perubahan paleoekologi terutama iklim purbanya dapat terekam secara baik pada batuan-batuan yang menyusun stratigrafi daerah tersebut. Dengan pengamatan secara detail, membuat korelasi dari beberapa stratigrafi detail (*measured sections*) maupun profil singkapan, diharapkan dapat dilakukan rekonstruksi paleoekologi dan iklim purbanya.

Metode penelitian dengan melakukan "*Measuring section*", yaitu membuat penampang terukur dengan mengadakan pengukuran ketebalan unit lapisan dan pendeskripsian batuan secara detail pada suatu lintasan yang dianggap representatif. Untuk mempermudah cara pendeskripsian suatu batuan, dibuat lintasan yang relatif tegak lurus terhadap jurus perlapisan batuan. Sedangkan analisis di dalam laboratorium berupa analisis mikropaleontologi Berguna untuk penentuan lingkungan pengendapan dan suhu pengendapan dari tiap lapisan batuan sedimen berdasarkan atas kandungan fosil foraminifera bentonik dan koral yang dijumpai pada setiap lapisan, dan analisis petrografi dilakukan untuk mengetahui nama batuan dan kandungan fosil foraminifera dan jenis koral yang terdapat pada sayatan tipis.

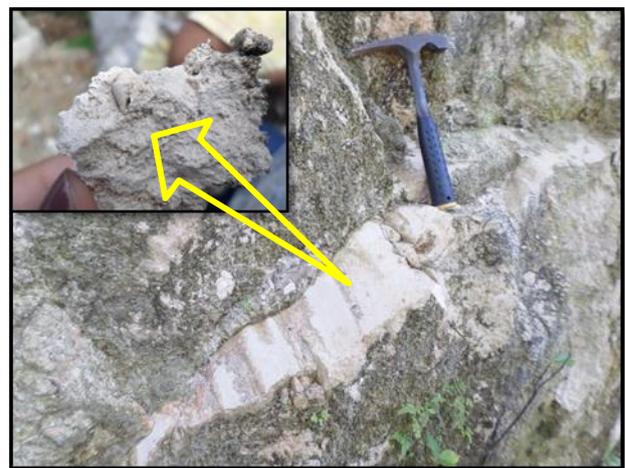
GEOLOGI DAERAH PENELITIAN

Konfigurasi tektonik sangatlah kompleks, hal ini menyebabkan pulau Papua memiliki jenis batuan yang sangat kompleks, salah satunya yaitu batuan sedimen dengan komposisi kimia karbonat yang cakupan wilayahnya cukup luas. Salah satu daerah dengan kandungan batuan karbonat yang cukup banyak dan luas yaitu pada daerah

Jayapura. Pada daerah ini ditemukan tebing-tebing yang merupakan singkapan batugamping yang besar dan luas menambah keistimewaan daerah tersebut.

Batuan yang menyusun daerah Jayapura sangat kompleks terdiri dari batuan gunung api, batuan sedimen karbonat, batuan sedimen turbidit, batuan mafik dan batuan ultramafik. Daerah penelitian termasuk dalam kelompok malihan Cyloop (pTmc), Ultramafik (Um), Formasi Numbay (Tomn), Formasi Makats (Tmm), Formasi Jayapura (Qpj), Alluvium dan Endapan Pantai (Qa). Stratigrafi daerah penelitian (**Gambar 2**) dapat dibedakan atas enam satuan yakni berturut-turut dari satuan yang paling tua sampai yang termuda adalah Satuan Sekis, Satuan Ultramafik, Satuan Batugamping Numbay, Satuan Napal Makats, Satuan Batugamping Jayapura, dan Satuan Endapan Aluvial. Satuan Sekis dan Satuan Ultramafik terbentuk pada masa pra-Tersier. Selanjutnya satuan ini ditumpangi tidak selaras oleh Satuan Batugamping Numbay yang berumur Oligosen–Miosen Tengah. Batugamping Numbay ini menjemari dengan dengan Satuan Napal Makats yang berumur Miosen Tengah – Miosen Akhir. Selanjutnya memasuki kala Pliosen - Plistosen terbentuk Satuan Batugamping Jayapura (**Gambar 3**) yang kemudian ditindih tidak selaras oleh Satuan Endapan Aluvial.

Umur Geologi		Suwarna dan Noya (1995)	Penulis (2018)		
KUARTER	HOLOSEN	Qa	Endapan aluvial		
	PLISTOSEN	Qpj	Batugamping jayapura		
NEOGEN	PLIOSEN	Tmm	Napal makats		
				MIOSEN	Batugamping numbay
Tengah					
Awal					
PALEOGEN	OLIGOSEN	Tomn	Batugamping numbay		
				Akhir	
	EUSEN				
					Awal
					Akhir
Tengah					
Awal					
PALEOSEN					
PRA TERSIER		pTmc, um	Sekis, Ultramafik		



Gambar 3. Batugamping Formasi Jayapura (Qpj) berumur Pliosen - Plistosen pada Lokasi Penelitian

Gambar 2. Kolom Stratigrafi Daerah Penelitian

Struktur geologi yang terdapat di Jayapura berupa kekar, sesar turun, dan sesar geser. Kekar lebih berkembang pada batuan metamorf, batuan beku dan sedimen klastika kasar. Kelurusan berarah umum hampir searah struktur regional, yakni barat laut-tenggara. Beberapa berarah utara selatan dan timur laut-barat daya. Sesar turun berarah barat - barat laut – timur - tenggara, timur laut- barat daya serta hampir utara-selatan, menyasarkan batuan ultramafik dan batugamping. Sesar geser berarah timur laut-barat daya, merupakan batas sentuhan batuan ultramafik dan batugamping.

DISKUSI

Perubahan iklim menjadi perbincangan yang hangat sekarang ini, hal tersebut karena peranan media juga dalam menggulirkan isu soal pemanasan global / global warming. Sekarang kita akan membahas soal pemanasan global seperti yang diberitakan tetapi kita akan mencoba melihat bagaimana kontribusi dari ilmu geologi khususnya mikropaleontologi dalam aplikasinya di bidang klimatologi.

Dalam geologi dikenal istilah *the present is the key to the past* artinya adalah bagaimana pemahaman kita tentang suatu gejala atau kondisi di alam menjadi alat kita dalam memahami gejala atau kondisi bahkan proses yang terjadi di alam waktu yang lampau bahkan pada waktu belum ada manusia hadir di dunia. Kita misalkan, bagaimana kondisi di sungai sekarang mulai dari hulu sampai hilir memberikan bentukan alam yang

bermacam-macam tentunya dalam hal ini bentukan hasil aktifitas manusia tidak dimasukkan dalam kategori tersebut.

Di dalam kajian geologi regional Jayapura oleh Suwarna dan Noya (1995) menjelaskan bahwa mulai Kala Plistosen Awal sekeliling “Tinggian Cycloop” terjadi sedimentasi batugamping dalam lingkungan laut dangkal – laut terbuka agak dalam. Hal ini mengindikasikan bahwa terjadi kembali penggenangan air laut pada daratan Jayapura pada Kala Plistosen Awal. Dengan melakukan analisis fosil foraminifera maka dapat diketahui ketinggian air laut pada saat terjadi pengendapan dari suatu unit atau satuan batuan. Selain itu, dengan mengetahui keadaan ketinggian air laut maka juga dapat menjelaskan mekanisme pengendapan batuan yang terjadi di lingkungan laut serta perubahan – perubahan yang terjadi baik dari tekstur maupun struktur batuan tersebut.

Berdasarkan analisis fosil yang diambil dari titik lokasi yang mewakili cekungan Jayapura, yaitu di daerah Polimak dan Holtekamp, dimana pada daerah ini termasuk dalam batugamping Formasi Jayapura (Qpj) yang berdasarkan kandungan-kandungan fosil yang terkandung di dalamnya menunjukkan umur Pliosen – Plistosen (N.19 – N.23). Dimana peneliti berasumsi bahwa dari batugamping yang termasuk dalam Formasi Jayapura ini bisa menunjukkan perubahan iklim purba yang dikaitkan dengan peristiwa glacial pada Kala Plio-Plistosen. Adapun model perubahan lingkungan pengendapannya akan terjadi secara perlahan-lahan seiring dengan naiknya permukaan air laut.

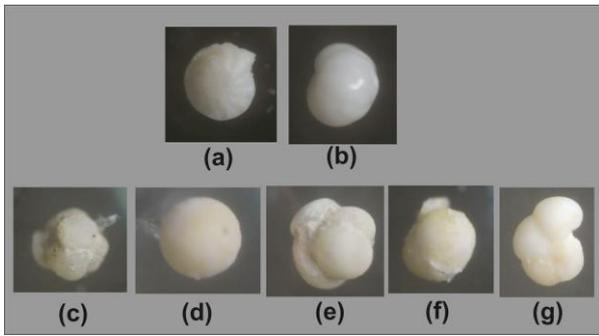
PALEOEKOLOGI DAN IKLIM PURBA

Aspek Biologi

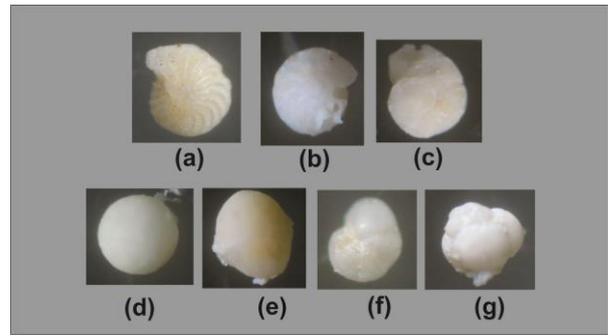
Dari 10 conto batuan yang dianalisa, hanya 5 conto batuan (AG 02 atas, AG 02 bawah, AG 09 atas, AG 09 tengah dan AG 09 bawah) yang dijumpai adanya kandungan fosil. Foraminifera yang dijumpai berupa foraminifera planktonik dan bentonik (**Gambar 4a – e**).

Dari kelima conto tersebut, masing – masing conto memiliki kandungan fosil foraminifera planktonik yakni *Globigerina venezuelana* HEDBERG, *Orbulina universa* D’ORBIGNY, *Globoquadrina altispira* (CUSHMAN and JARVIS), *Sphaerodinella dehiscens* (PARKER and JONES), *Hastigerina aequilateralis* (BRADY), *Globorotalia miocenica* PALMER, *Globorotalia menardii* (D’ORBIGNY), *Globigerinoides saculifer* (BRADY), *Sphaerodinella subdehiscens* BLOW, *Globorotalia tosaensis* TAKAYANGI and SAITO, *Globigerina nepenthes* TODD, *Pulleniatina praecursor* BANNER and BLOW, *Pulleniatina primalis* BANNER and BLOW, dan *Pulleniatina obliquilocuata* (PARKER and JONES) yang memiliki umur Pliosen - Plistosen (N.19 – N.23) dengan jumlah yang sangat sedikit. Selain itu, fosil foraminifera bentonik yang terkandung pada kelima conto batuan, yakni *Amphistegina lessonii* d’Orbigny, *Cassidulina sublobosa* Brady, *Elphidium advenum* (Cushman), *Amphistegina sp.*, dan *Planulina suturata* Cushman and Bermudez, yang mencirikan lingkungan batimetri neritik tepi - tengah (0 – 100 meter). Sedangkan kandungan foraminifera bentonik pada conto batuan AG 09 bawah dan tengah, yaitu *Shipogenerina advena* Cushman, *Cassidulina subglobosa* Brady, dan *Ammonia becarii* (Linné), yang mencirikan lingkungan neritik tengah – luar (30 – 200 meter). Conto batuan AG 09 atas dijumpai fosil foraminifera bentonik *Robulus orbicularis* (d’Orbigny), *Textularia dominicana* Bermudez, dan *Textularia sp.*, yang mencirikan lingkungan neritik luar (100 – 200 meter).

Jumlah kandungan spesies foraminifera pada tiap lapisan dijumpai sangat sedikit, hal ini disebabkan karena satuan batugamping Jayapura ini telah mengalami proses diagenesi sehingga banyak spesies-spesies foraminifera yang tidak terekam baik jejaknya pada lapisan-lapisan batugamping ini.



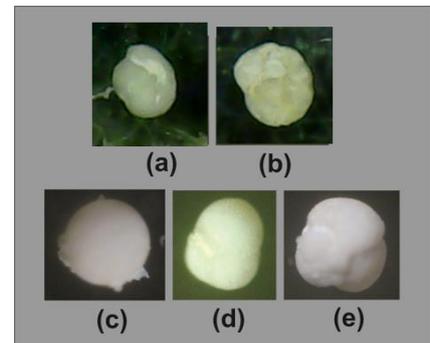
Gambar 4a. Kandungan fosil pada Satuan Batugamping Jayapura (Sampel AG 02 bagian atas)



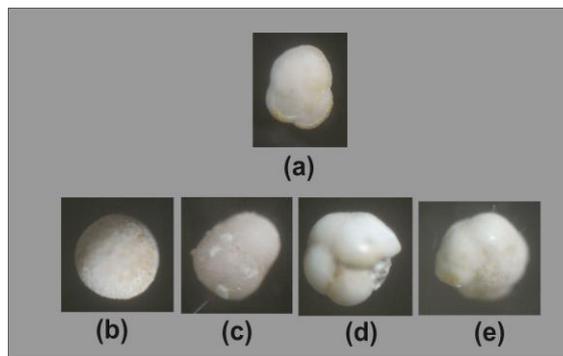
Gambar 4b. Kandungan fosil pada Satuan Batugamping Jayapura (Sampel AG 02 bagian bawah)



Gambar 4c. Kandungan fosil pada Satuan Batugamping Jayapura (Sampel AG 09 bagian atas)



Gambar 4d. Kandungan fosil pada Satuan Batugamping Jayapura (Sampel AG 09 bagian tengah)



Gambar 4e. Kandungan fosil pada Satuan Batugamping Jayapura (Sampel AG 09 bagian bawah)

Aspek Kimia

Aspek kimia dari cangkang fosil foraminifera sangat bermanfaat karena mencerminkan sifat kimia perairan tempat foraminifera ketika hidup. Sebagai contoh, perbandingan isotop oksigen stabil tergantung dari perbedaan suhu air, karena air bersuhu tinggi cenderung lebih cepat menguapkan banyak isotop yang lebih ringan. Pengukuran isotop oksigen stabil pada cangkang foraminifera planktonik dan bentonik yang berasal dari ratusan batuan teras inti dasar laut di seluruh dunia telah dimanfaatkan untuk memetakan permukaan dan suhu dasar perairan masa lampau.

Mikroorganisme sangat terpengaruh hidupnya oleh lingkungan tempat tinggalnya. Beberapa kondisi yang mempengaruhi kehidupan mikroorganisme yang hidup di laut khususnya foraminifera, yaitu : temperatur air laut, salinitas, turbulensi/ gelombang air, turbiditas dan kekeruhan air laut, asal sedimen, ukuran butir, stabilitas dan kecepatan sedimentasi, aspek geologi tertentu seperti vulkanisme, jumlah makanan yang tersedia, dan dominasi predator.

Aspek Fisik

Satuan batugamping Jayapura pada daerah telitian merupakan batugamping koral, berlapis jelek dan tidak memiliki kedudukan yang jelas. Ciri megaskopis dari batugamping ini adalah putih keabuan, masif, dan dijumpai fosil foram dan moluska kelas *Gastropoda* (**Gambar 5**).



Gambar 5. Fosil moluska yang terkandung pada satuan batugamping jayapura

Interpretasi Perubahan Muka Air Laut dan Iklim Purba

Berdasarkan analisis fosil yang diambil dari beberapa lapisan satuan batugamping Jayapura, secara keseluruhan menunjukkan umur Pliosen Awal – Plistosen (N.19 – N.23). Jumlah fosil bentos yang ditemukan pada tiap-tiap lapisan batugamping jumlahnya sangat sedikit tapi masih bisa dapat menunjukkan lingkungan habitat fosil bentos tersebut hidup. Kurangnya fosil bentos yang ditemukan pada tiap-tiap lapisan batugamping ini kemungkinan diakibatkan adanya perubahan (kenaikan) muka air laut yang cepat (drastis) sehingga akan mengganggu lingkungan habitat foraminifera bentos.

Dari hasil interpretasi kenampakan lingkungan pengendapan satuan batuan batugamping Kuartar yang didukung dari analisis fosil baik lingkungan pengendapan maupun umur, dalam pembentukannya mengalami perubahan muka air laut selama Pliosen– Plistosen (N.19 – N.23), yaitu naiknya muka air laut pada N.19-N.20, yang ditunjukkan oleh perubahan lingkungan pengendapan dari Neritik Tepi ke Neritik Tengah (0 – 100 meter) proses kenaikan muka air laut ini terjadi secara terus – menerus hingga pada Kala Pliosen Akhir – Plistosen (N.21-23) dengan lingkungan pengendapan berada pada Neritik Dalam (100 – 200 meter).

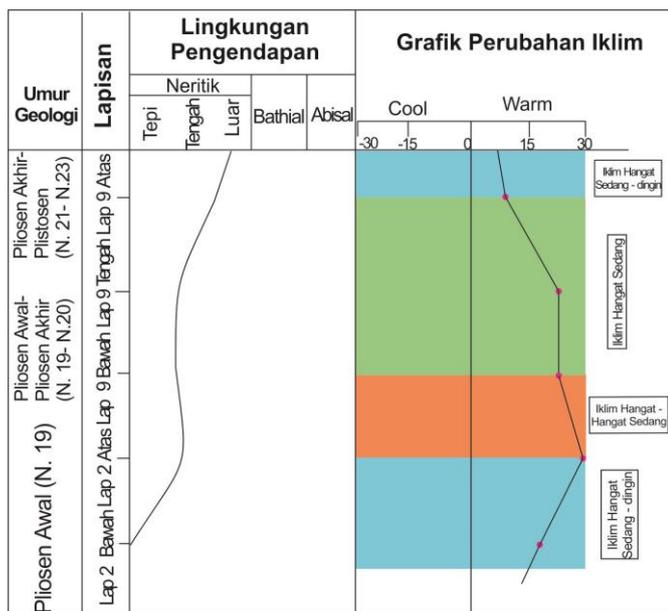
Dari hasil penentuan umur relatif diatas, satuan Batugamping Jayapura yang berumur Pliosen - Plistosen ini menunjukkan kekhasan Zaman Kuartar, dimana zaman ini mencirikan beberapa kali pergantian iklim global. Pada waktu iklim mendingin yang menghasilkan es dan glasier, sedangkan saat pergantian iklim berganti hangat mencairkan es. Periode dingin dan hangat ini yang menyebabkan perubahan muka air laut.

Dalam menganalisis iklim purba, dari setiap lapisan yang memiliki kandungan fosil foraminifera kemudian ditampilkan dalam bentuk grafik untuk memperlihatkan kelimpahan fosil foraminifera planktonik yang menjadi penciri suatu iklim (**Gambar 6**). Pada lapisan paling tua dalam satuan batugamping Jayapura yaitu AG 02 bawah berumur Pliosen Awal, kandungan fosil-fosil yang hidup rata-rata adalah fosil yang hidup dapat hidup dalam zona iklim subtropis - transisi, sehingga dapat disimpulkan bahwa iklim yang terjadi pada saat lapisan ini terbentuk yaitu **Iklim Hangat Sedang (18°C-24°C) – Hangat Sedang hingga Dingin (10°C-18°C)**.

Pada lapisan AG 02 atas dengan umur yang masih sama dengan lapisan dibawahnya fosil-fosil yang hidup rata-rata adalah fosil yang dapat hidup dalam zona Tropis – Subtropis, sehingga dapat disimpulkan bahwa iklim yang terjadi pada saat lapisan ini terbentuk yaitu **Iklim Hangat (24°C-30°C) – Hangat Sedang (18°C-24°C)**.

Selanjutnya pada lapisan batuan AG 09 bawah dan tengah yang berumur Pliosen Awal - Akhir kondisi fosil-fosil yang hidup rata-rata adalah fosil yang dapat hidup dalam zona iklim Subtropis dengan suhu **18°C-24°C**, sehingga

dapat disimpulkan bahwa iklim yang terjadi pada saat lapisan ini terbentuk yaitu **Iklim Hangat Sedang (18°C-24°C)**. Sedangkan pada lapisan AG 09 atas yang merupakan lapisan berumur paling muda, yaitu Pliosen Akhir – Plistosen , kandungan fosil-fosil yang hidup rata-rata adalah fosil yang hidup dapat hidup dalam zona iklim subtropis - transisi, sehingga dapat disimpulkan bahwa iklim yang terjadi pada saat lapisan ini terbentuk yaitu **Iklim Hangat Sedang (18°C-24°C) – Hangat Sedang hingga Dingin (10°C-18°C)**.



Gambar 6. Grafik Perubahan Suhu dan Lingkungan Pengendapan Batuan (*Penulis, 2018*)

Kesimpulan

1. Dari hasil interpretasi kenampakan lingkungan pengendapan satuan batuan batugamping Jayapura yang didukung dari analisis fosil baik lingkungan pengendapan maupun umur, dalam pembentukannya diperkirakan mengalami perubahan muka air laut selama Pliosen– Plistosen (N.19 – N.23), yang ditunjukkan oleh perubahan lingkungan pengendapan dari **Neritik Tepi ke Neritik Tengah (0 – 100 meter)** proses kenaikan muka air laut ini terjadi secara terus – menerus hingga pada Kala Pliosen Akhir – Plistosen (N.21-23) dengan lingkungan pengendapan berada pada **Neritik Dalam (100 – 200 meter)**.
2. Pada lapisan paling tua dalam satuan batugamping Jayapura yaitu AG 02 bawah berumur Pliosen Awal, kandungan fosil-fosil yang hidup rata-rata adalah fosil yang hidup dapat hidup dalam zona iklim subtropis - transisi, sehingga dapat disimpulkan bahwa iklim yang terjadi pada saat lapisan ini terbentuk yaitu **Iklim Hangat Sedang (18°C-24°C) – Hangat Sedang hingga Dingin (10°C-18°C)**.
3. Pada lapisan AG 02 atas dengan umur yang masih sama dengan lapisan dibawahnya fosil-fosil yang hidup rata-rata adalah fosil yang dapat hidup dalam zona Tropis – Subtropis, sehingga dapat disimpulkan bahwa iklim yang terjadi pada saat lapisan ini terbentuk yaitu **Iklim Hangat (24°C-30°C) – Hangat Sedang (18°C-24°C)**.
4. Pada lapisan batuan AG 09 bawah dan tengah yang berumur Pliosen Awal - Akhir kondisi fosil-fosil yang hidup rata-rata adalah fosil yang dapat hidup dalam zona iklim Subtropis dengan suhu **18°C-24°C**, sehingga dapat disimpulkan bahwa iklim yang terjadi pada saat lapisan ini terbentuk yaitu **Iklim Hangat Sedang (18°C-24°C)**. Sedangkan pada lapisan AG 09 atas yang merupakan lapisan berumur paling muda, yaitu Pliosen Akhir – Plistosen , kandungan fosil-fosil yang hidup rata-rata adalah fosil yang hidup dapat hidup dalam zona iklim subtropis - transisi, sehingga dapat disimpulkan bahwa iklim yang terjadi pada saat lapisan ini terbentuk yaitu **Iklim Hangat Sedang (18°C-24°C) – Hangat Sedang hingga Dingin (10°C-18°C)**.

Ucapan Terimakasih

Secara khusus penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada Bapak Ketua Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknologi Mineral Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta yang telah memberikan kesempatan pada penulis untuk melakukan penelitian ini juga kepada Tim Peneliti Dana Hiber UPN “Veteran”

Yogyakarta 2016/2017, yang juga turut memberikan ide dalam penyusunan proposal ini, memberikan bantuan baik itu ilmu dan dana. Penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan lancar.

DAFTAR PUSTAKA

- Anderson, O. Roger. 1988. *Comparative Protozoology: Ecologi, Physiology, Life History*. USA: Columbia University.
- Aubry, P., M., 1984 : *Handbook of Cenozoic Calcareous Nannoplankton Book 1 : Ortholithes (Discoaster)*, Micropaleontology Press, The American Museum of Natural History, New York.
- Bandy, O.L., 1967, *Foraminifera Indices In Paleocology*, Esso Production Research Company, Houston, Texas.
- Bauman, P., 1971, *Summaries of Lectures In Larger Foraminifera*, LEMIGAS, Dept. of Geology, Jakarta.
- Boggs, S.J.R., 1995, *Principle Of Sedimentology and Stratigraphy Fourth Edition*, Prentice Hall, New Jersey.
- Boltovskoy, E. and Wright, R. 1976. *Recent Foraminifera*. Dr. W. Junk b.v. Publisher. The Hague. Buenos Aires.
- Bowen, D.Q., 1978 : *Quaternary Geology. A Stratigraphic Framework for Multidisciplinary Work*. Pergamon Press.
- Cushman, J. A., 1983, *An Illustrated Key to the Genera of the Foraminifera*, Sharon, Massachusetts, U.S.A.
- Danisworo, C., Subandrio, A., Ngaderman, T., 2015 : *Paleoclimate Change Based on Stratigraphic Sequence Model, Mawesday Area, Sarmi Distric, Papua (Perubahan Iklim Purba Berdasarkan Model Sekuen Stratigrafi, Daerah Mawesday, Kabupaten Sarmi, Papua)*. Presented in the Regional Geoheritage Conference, Langkawi, Malaysia.
- Dow, D.B., Robinson, G. P., Hartono, U., and Ratman, N., 1988, *Geology of Irian Jaya : Irian Jaya Geological Mapping Project*, Geological Research and Development Center, Indonesia, in cooperation with the Bureau of Mineral Resources, Australia.
- Dow, D.B., dan Sukanto, R., 1984, Western Irian Jaya: the end-product of oblique plate convergence in the Late Tertiary, *Tectonophysics*, 106, p.109-139.
- Hall, R., 2001. Tectonophysics, *Journal of Departement of Earth Sciences*, vol.570-571, p.1-41, Royal Holloway University Press, London.
- Hamilton, W., 1979, *Tectonics of the Indonesian region*_United States Geological Survey Professional Paper No. 1078, United States Geological Survey, Denver.
- Harahap, B. H., 2012. Tectonostratigraphy of the Southern Part of Papua and Arafura Sea, Eastern Indonesia. *Indonesian Journal of Geology*, Vol. 7 No. 3. hal 167-187
- Kapid, R., 2003. Nannofosil Gampingan : Pengenalan dan Aplikasi Biostratigrafi. ITB, Bandung
- Postuma, J. A., 1971, *Manual of Planktonic Foraminifera*, Elsevier Publishing Company, Amsterdam, Netherlands.
- Selley, R.C. 1985. *Ancient Sedimentary Environment*. Cornell University Press. Ithaca. New York. 317^h.
- Setijadi, R., Widagdo, A., Suedy, S. W. A., 2011. Metode Bioprediksi Perubahan Iklim Menggunakan Fosil Polen dan Spora pada Kala Pliosen di Daerah Banyumas. *Jurnal Dinamika Rekayasa Vol. 7 No. 1 Februari 2011*. Hal 14-16.
- Smith, R.I., 1990. Tertiary Plate Tectonic Setting and Evolution of Papua New Guinea. Petroleum Exploration in Papua New Guinea. Port Moresby. *Proceedings of 1st PNG Petroleum Convention*, p.229-244.
- Soekardi, M. 1991. *Geologi Kwartir*. Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Sukandarrumidi. 2008. *Paleontologi Aplikasi*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Suwarna, N., dan Noya, Y., 1995, *Peta Geologi Lembar Jayapura (Peg. Cycloops)*, Irian Jaya skala 1 : 250.000, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi (PPPG), Bandung.
- Tipword, H.L. 1966. *Interpretation of Depositional Environment in Gulf Coast Petroleum Exploration From Paleocology and Related Stratigraphy*. Transaction-Gulf Coast Association of Geological Societies, vol XVI. Houston.