



Analisis Lingkungan Pengendapan Formasi Batugamping Dayang Distrik Batanta Utara, Kabupaten Raja Ampat, Provinsi Papua Barat

Fajar Kurniawan Rohmala¹⁾, David V. Mamengko¹⁾, Rana Wiratama¹⁾,
Pribowo A. Kusumo²⁾, dan Junita Trivianty Musu³⁾

¹⁾Teknik Geologi Fakultas Teknik Pertambangan dan Perminyakan
Universitas Papua, Manokwari

²⁾Teknik Perminyakan Fakultas Teknik Pertambangan dan Perminyakan,
Universitas Papua, Manokwari

³⁾Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi “LEMIGAS”
Jl. Ciledug Raya Kav. 109, Cipulir, Kebayoran Lama, Jakarta Selatan 12230

Artikel Info:

Naskah Diterima:
8 September 2020
Diterima setelah
perbaikan:
23 November 2020
Disetujui terbit:
30 Desember 2020

Kata Kunci:

Yensawai
Batugamping Dayang
XRF
provenance
mikrofasies karbonat

ABSTRAK

Secara geologi, Daerah Yensawai didominasi oleh batuan beku sebagai *basement* (batuan dasar) dan batuan sedimen (batugamping dan silisiklastik) di mana daerah tersebut menjadi bagian dari *Auwewa Volcanic Group*. Batugamping Dayang merupakan salah satu formasi yang memiliki karakteristik relatif sama dengan batugamping di kawasan *Auwewa Volcanic Group* dan memiliki kesamaan dengan Batugamping Maruni dan Batugamping Kais. Penelitian ini menggunakan beberapa pendekatan analisis diantaranya adalah analisis geokimia (*X-Ray Fluorescence/XRF*), analisis *provenance* dan analisis *microfasies* karbonat. Analisis tersebut dimaksud untuk menentukan jenis litologi, lingkungan pengendapan, komposisi kimia batuan, dan asal material pembentuk batuan. Hasil analisis geokimia menunjukkan bahwa Batugamping Dayang terendapkan pada kondisi laju penguapan air laut (evaporasi) dan paleo salinitas yang rendah, laju reduksi sulfat yang cepat dan memiliki aliran yang tenang serta berenergi rendah. Hasil analisis *provenance* menunjukkan bahwa sumber Batugamping Dayang berasal dari area *dissected arc* dan *transisional arc*. Analisis mikrofasies karbonat daerah penelitian menunjukkan daerah penelitian merupakan penciri dari *deep shelf*. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa batugamping Dayang diendapkan pada lingkungan yang berbeda dengan batugamping Kais maupun batugamping Maruni. Hubungan stratigrafi batugamping Dayang kemiripan dengan batugamping Sagewin pada Formasi Gunungapi Dore diendapkan pada lingkungan *fore reef environment* sebagai *island arc*.

© LPMGB - 2020

PENDAHULUAN

Batugamping Dayang merupakan Formasi berumur Oligosen Akhir sampai Miosen Tengah yang tersusun atas kalkarenit, batupasir litik dan minor konglomerat yang tersebar di bagian tengah sampai barat pulau Batanta (Amri, dkk., 1990). Sebelumnya, batugamping Dayang diendapkan

Korespondensi:

E-mail: d.mamengko@unipa.ac.id (David Victor Mamengko)

selaras di atas Formasi Gunungapi Batanta dan menjemari dengan Formasi Yarifi dan bagian atas Formasi Gunungapi Batanta (Amri, dkk., 1990). Menurut Robinson dkk. (1990), batugamping Dayang memiliki kesamaan dengan batugamping Maruni karena memiliki karakteristik batuan karbonat pada gunungapi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis lingkungan pengendapan batugamping Dayang berdasarkan pemetaan geologi dan analisis laboratorium guna membandingkan

lingkungan pengendapan batugamping Dayang dan batugamping Maruni maupun batugamping Kais. Pendekatan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah melakukan identifikasi batugamping Dayang di lapangan, dilanjutkan dengan analisis geokimia (*X-Ray Fluorescence/XRF*), analisis petrografi, analisis fosil, dan analisis *provenance* serta analisis microfases. Harapan dari penelitian ini adalah diketahuinya lingkungan pengendapan batugamping Dayang dan perbedaannya dengan batugamping Maruni maupun batugamping Kais.

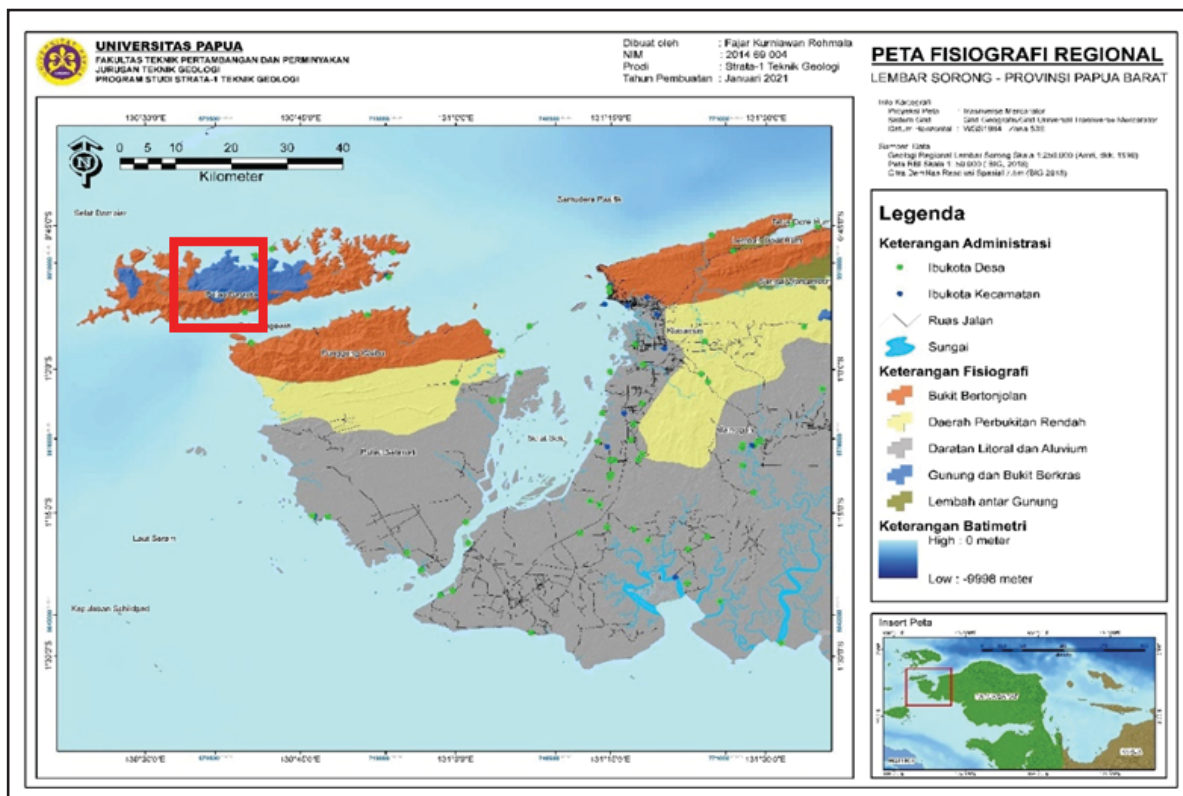
A. Geologi Regional

Pulau Batanta adalah sebuah busur kepulauan gunungapi (*island arc volcanic*) bertipe basaltik dan menjadi bagian dari *Auwewa Volcanic Group*, terbentuk akibat proses tumbukkan antara lempeng Pasifik-Carolina (*oceanic basement*) dan lempeng Australia pada periode Oligosen sampai Miosen kemudian berasosiasi dengan karbonat (Hamilton, 1979; Amri, dkk., 1990; Riadini & Sapiie, 2012; Sapiie, dkk., 2012; Webb, dkk., 2019, White, dkk., 2018). Pemetaan geologi yang dilakukan oleh Amri, dkk. pada tahun 1990, terdapat adanya

pembaruan formasi yaitu Formasi Yarifi dan Batuan Gunungapi Batanta sebelumnya disebut sebagai Formasi Batanta, kemudian dipisahkan berdasarkan litologi dan batugamping Dayang dulunya sebagai Batugamping Kais (Froidevaux, 1978; Amri, dkk., 1990) Robinson, dkk., 1990. Batugamping Dayang memiliki karakteristik sama dengan batugamping di Kawasan *Auwewa Volcanic Group* (Froidevaux, 1978; Robinson, dkk., 1990; Gold, dkk., 2017; White, dkk., 2018).

Secara fisiografi, Sorong dan sekitarnya dibagi menjadi 6 (enam) fisiografi, yaitu: Perbukitan kasar, Lembah antargunung, Perbukitan dan Pengunungan Mengkars, Daerah Perbukitan Rendah, Daratan Litoral dan Rataan Aluvium, serta Terumbu Koral Terangkat (Gambar 1). Secara umum, Pulau Batanta terdiri dari fisiografi Bukit Bertonjolan dan Gunung dan Bukit Berkars.

Secara Stratigrafi, Pulau Batanta dan sekitarnya dibagi menjadi 4 (empat) mandala geologi. Dari selatan ke utara, mandala itu yaitu: Bongkah Kemum, Sistem Sesar Sorong, Bongkah Tamrau, dan Mandala Batanta-Waigeo (Gambar 2 dan Gambar 3).



Gambar 1

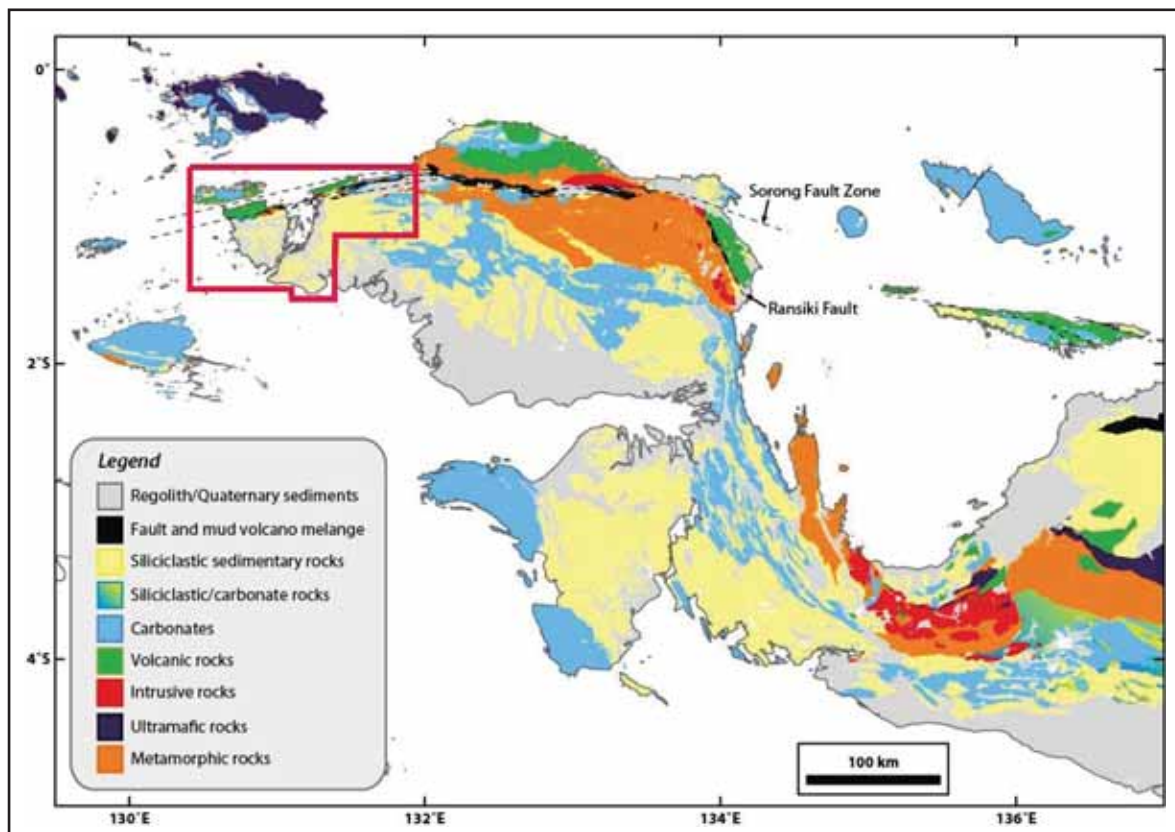
Peta fisiografi regional Sorong (Modifikasi dari Amri, dkk. 1990), kotak merah menunjukkan daerah penelitian yang masuk dalam fisiografi perbukitan dan pengunungan Mengkars.

Mandala Batanta - Waigeo (mencakup Waigeo dan kepulauan sekitarnya di utara) merangkumi pulau dan gugus pulau di Utara dan barat Pulau Salawati dengan dasarnya berupa batuan gunungapi Tersies atau mungkin batuan ultramafic sampai mafik Mesozoikum. Batuan Mesozoikum Itu diwakili oleh Ofiolit Gag di Kepulauan Fam. Boleh jadi batuan yang agak sedikit muda di Pulau Batanta tergolong Formasi Saranami, batuan klastika silika malihan regional derajat rendah (selama kala Paleogen) dan batuan gunungapi andesit yang bersentuhan sesar dengan Batuan Gunungapi Batanta yang berumur Eosen Atas sampai Miosen Bawah. Batuan Gunungapi Batanta menindih dan menjemari dengan Formasi Yarifi (kalstika gunungapi dan batuan gunungapi) dan Batugamping Dayang yang berumur Oligosen-Miosen. Ketiga satuan ini tertindih tak selaras oleh Batugamping Waigeo yang berumur Miosen Atas sampai Pliosen; Formasi Yarifi dan Batuan Gunungapi Batanta tertindih tak selaras oleh batuan klastika kasar sampai halus Formasi Marchesa di Pulau Batanta Timur yang berumur Pliosen-Plistosen. Salah satu dari Batuan Gunungapi Batanta, Formasi Yarifi, Batugamping Dayang, dan Formasi Waigeo tersingkap di Pulau dan gugus Pulau

di Utara dan Barat Pulau Batanta. Koral terangkat dan endapan pantai dan sungai menindih batuan yang lebih tua.

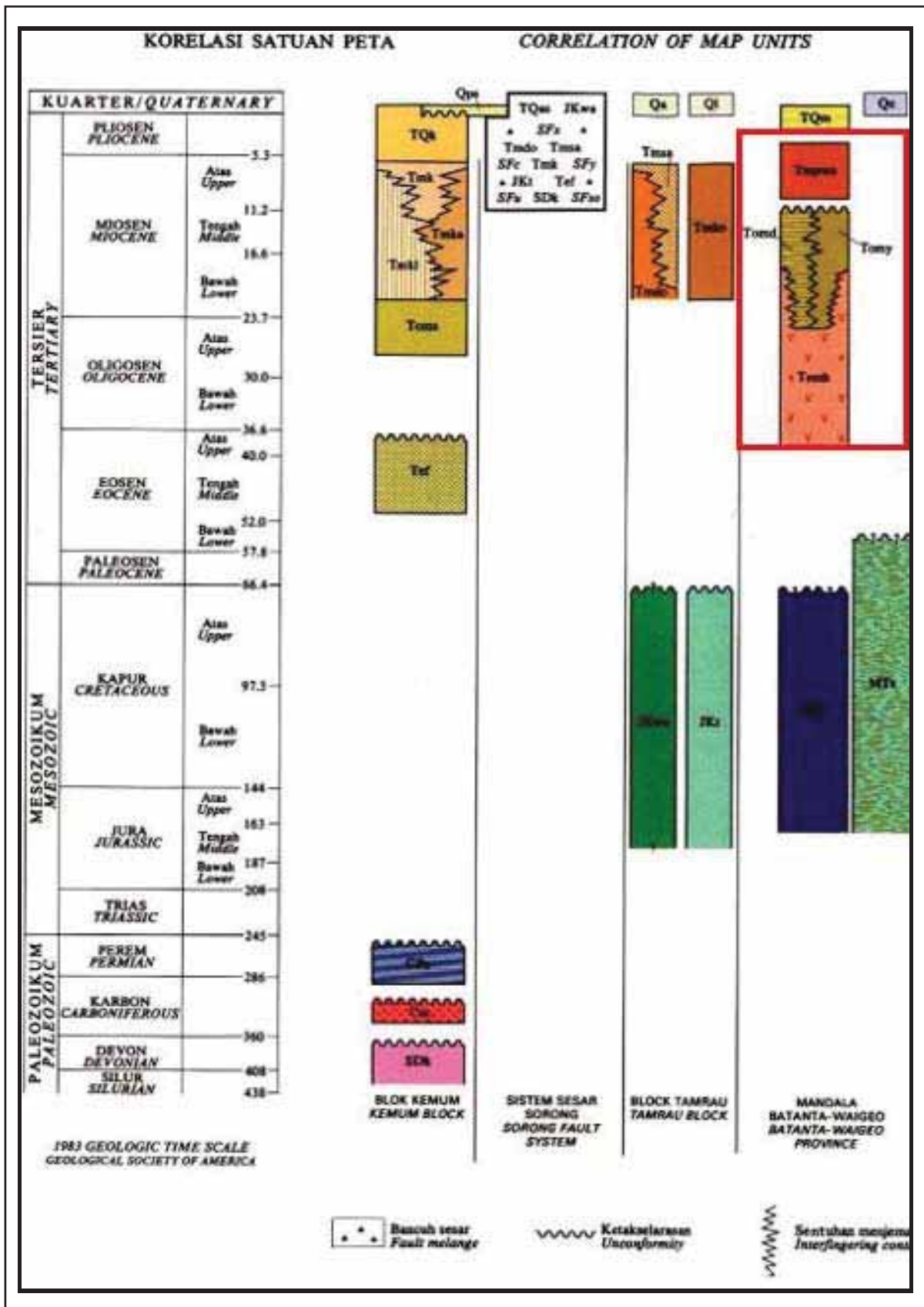
BAHAN DAN METODE

Lokasi penelitian terletak daerah Yensawi di utara Pulau Batanta dengan koordinat koordinat pada koordinat S: $0^{\circ} 47' 00''$ – $0^{\circ} 51' 00''$ dan E: $130^{\circ} 35' 00''$ – $130^{\circ} 39' 00''$ (Gambar 4). Adapun penelitian ini dilakukan dalam 2 (dua) tahapan, yaitu: pemetaan geologi yang terdiri dari pengamatan singkapan, pengukuran, pengambilan sampel batuan dan; analisis laboratorium. Pengamatan, pengukuran, dan pengambilan sampel difokuskan pada Formasi Batugamping Dayang. Sampel yang diambil berjumlah 19 sampel dan kemudian dianalisis di laboratorium. Analisis yang dilakukan diantaranya adalah analisis mikropalantologi (fosil), petrografi, dan geokimia (XRF). Analisis Petrografi dilakukan untuk mengetahui karakteristik batuan dan nama batuan. Setelah itu, dilanjutkan dengan menganalisis *provenance* pada sampel batuan silisiklastik yang memiliki mineral dominan kuarsa, felspar dan litik guna mengetahui posisi tektonik batuan asal material



Gambar 2

Peta distribusi batuan di bagian barat New Guinea, kotak merah merupakan regional geologi Sorong (Gold dkk. 2017), kotak merah menunjukkan geologi regional lembar Sorong.



Gambar 3
Stratigrafi regional Sorong (Modifikasi dari Amri, dkk. 1990),
kotak merah menunjukkan stratigrafi pada daerah penelitian.

sedimennya. Sampel batuan karbonat dilakukan analisis mikrofases karbonat untuk mengetahui kelompok fasies dan lingkungan pengendapannya. Analisis geokimia menggunakan metode XRF ini dilakukan untuk mengidentifikasi kandungan unsur utama pada batugamping untuk mengetahui korelasi antar unsur dan senyawa. Hasil dari setiap analisis tersebut diinterpretasi menggunakan beberapa klasifikasi, grafik dan pendekatan dari penelitian sebelumnya untuk mengetahui fasies, lingkungan pengendapan, dan palaeo salinitas.

HASIL DAN DISKUSI

Hasil pengamatan dan analisis yang dilakukan diuraikan berikut ini:

Hasil pengamatan lapangan dan analisis petrografi menunjukkan bahwa Formasi Batugamping Dayang tersusun oleh beberapa variasi litologi (Gambar 5 dan Gambar 6).

A. Litologi

Formasi Batugamping Dayang pada daerah penelitian didominasi oleh litologi batugamping

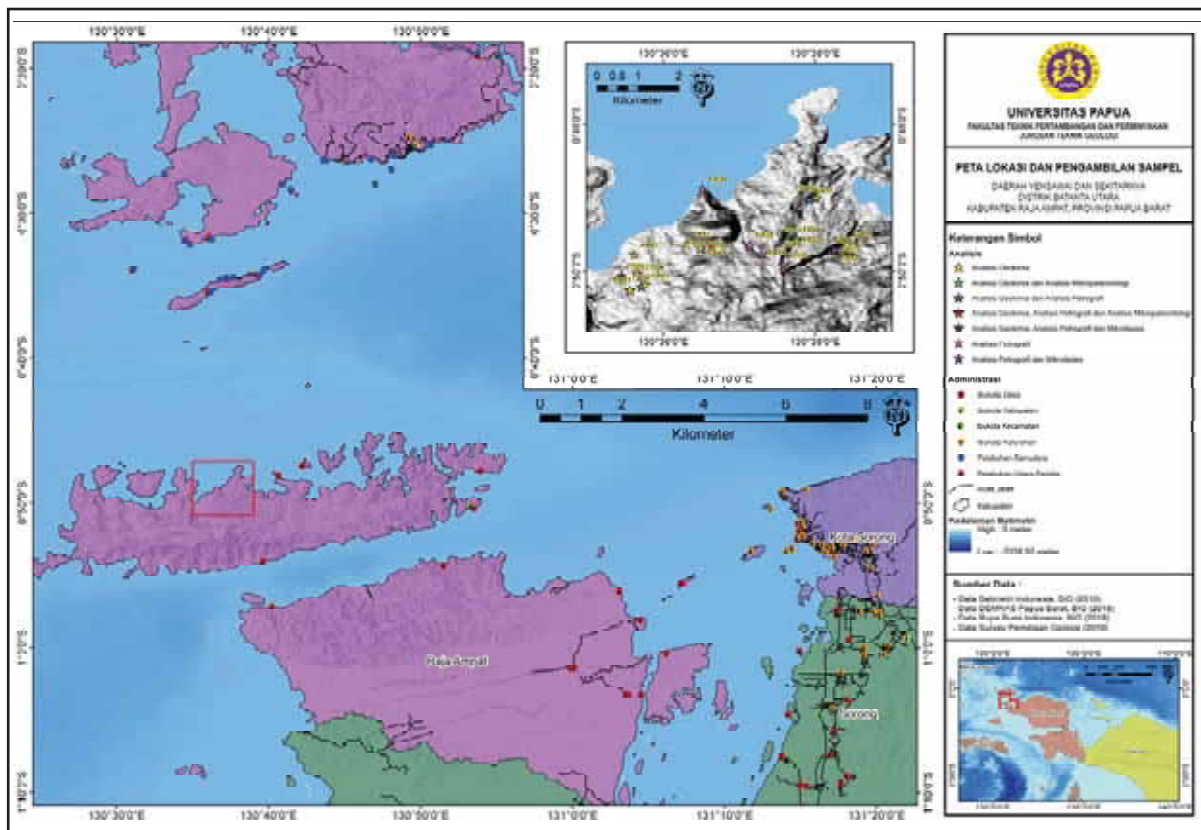
klastik, batupasir, batulemping, dan batupasir litik. Secara rinci, penjelasan mengenai variasi litologi tersebut diuraikan di bawah ini.

1. Batupasir

Batupasir memiliki warna abu-abu terang, sedikit kompak, struktur masif, berukuran pasir halus – bongkah (mengarah konglomerat) pada beberapa tempat, terpilah sedang dan tidak ditemukan fosil, fragmen basalt, komposisi mineral semen silika. Hasil analisa petrografi menunjukkan sayatan tersebut memiliki stuktur masif, tekstur meliputi ukuran butir lempung – pasir sedang (<0,001-0,25mm), kemas terbuka, bentuk butir membulat tanggung-menyudut tanggung, dan buruk. Terdapat mineral *feldspar* (40%), plagioklas (20%), *hornblende* (10%), opak (5%), kuarsa (5%) dan mineral lempung silika (20%). Namun pada beberapa lokasi terdapat mineral kalsit. Penamaan batuan ini menggunakan klasifikasi batupasir menurut Pettijohn (1987) menunjukkan *feldspathic wacke*.

2. Batulempung

Batulempung memiliki warna coklat sampai merah, sedikit kompak, struktur berlapis tetapi di



Gambar 4
Peta lokasi penelitian. Peta lokasi pengamatan dan pengambilan sampel digambarkan sebagai *polygon* merah dan *inset* peta.

beberapa tempat memperlihatkan struktur berlapis dan masif, berukuran lempung - lanau, terpilah sedang dan tidak ditemukan fosil, serta memiliki komposisi semen silika. Hasil analisa petrografi menunjukkan sayatan tersebut memiliki stuktur masif, tekstur meliputi ukuran butir lempung ($<0,001\text{mm}$), kemas tertutup, bentuk butir membulat tanggung-menyudut tanggung, dan sortasi baik. Terdiri dari kaursa (5%), *feldspar* (3%), opak (10%), dan didominasi oleh mineral lempung silika (82%). Penamaan batuan ini menggunakan klasifikasi batupasir menurut Pettijohn (1987) menunjukkan *Mudrock*.

3. Batupasir Litik

Batupasir litik memiliki warna abu-abu gelap berbintik putih, sangat lapuk, struktur masif, berukuran pasir halus sampai pasir kasar, terpilah sedang dan tidak ditemukan fosil, komposisi litik, kuarsa dan semen silika. Hasil analisa petrografi menunjukkan sayatan tersebut memiliki warna abu-abu kecoklatan tekstur sedang klastik, ukuran butir lempung – pasir sedang ($<0,001\text{-}0,25\text{mm}$) pemilahan

sedang, komposisi litik (*hornblende* dan *piroksen*) (50%), opak (5%), kuarsa (5%), feldspar (10%), dan *clay* mineral karbonatan (30%). Penamaan batuan ini menggunakan klasifikasi batupasir menurut Pettijohn (1987) menunjukkan *lithic wacke*.

4. Batugamping Klastik

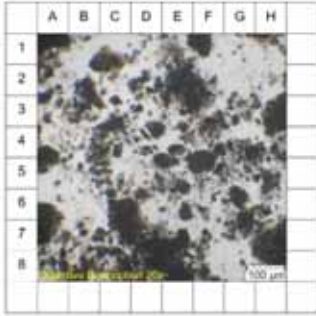
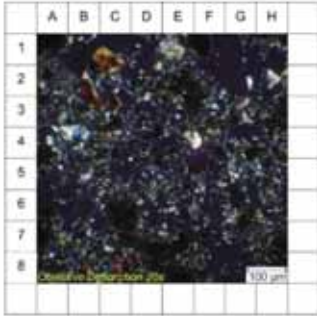
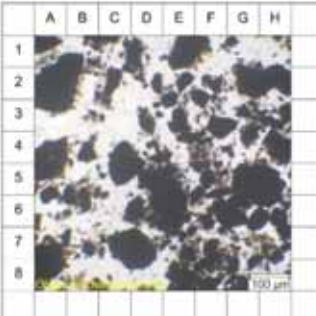

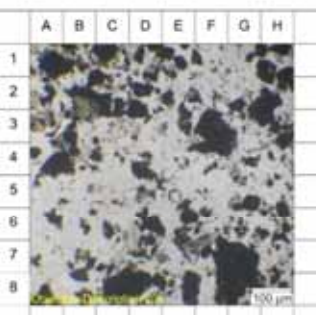
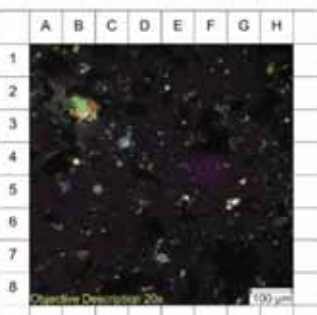
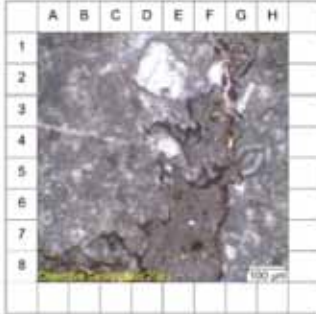
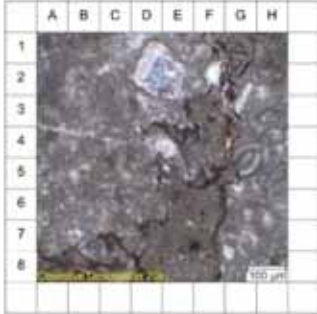
Batugamping klastik warna coklat sampai abu-abu terang, sangat kompak, struktur masif, berukuran pasir kasar, terpilah buruk dan setempat ditemukan fosil kerang, memiliki komposisi semen kalsit pada beberapa lokasi telah menjadi kristalin. Hasil analisa petrografi menunjukkan sayatan tersebut memiliki warna abu-abu kecoklatan tekstur klastik didukung oleh *grain supported* serta lumpur (*mudsupported*) berukuran lempung ($<0,01\text{mm}$), pemilahan sedang, komposisi karbonat, terdiri dari kalsit (30%), fosil (15%), dan micrit (55%). Pada sayatan sudah menunjukkan adanya proses diagenesis kompaksi dan diagenesis neomorfisme. Proses diagenesis kompaksi ini disebabkan akibat adanya gejala kompaksi kimia yang disebabkan oleh peningkatan



Gambar 5
Litologi formari batugamping Dayang. (a) Batupasir, (b) Batulempung, (c) Batupasir litik, (d) Batugamping klastik.

tekanan pembebanan menyebabkan antara butir bersentuhan dan larut sehingga menghasilkan *stylolites* terjadi pada lingkungan *diagenesis burial*.

Penamaan batuan ini menggunakan klasifikasi batugamping menurut Dunham (1962) menunjukkan *packstone*.

Litologi	Analisis Petrografi	
	PPL (Plane Polarized Light)	XPL (Cross Polarized Light)
Batupasir		
Batulempung		
Batupasir Litik		
Batugamping Klastik		

Gambar 6
 Analisis petrografi litologi pada formasi Dayang.

B. Analisis Lingkungan Pengendapan Formasi Batugamping Dayang

Untuk mengetahui lingkungan pengendapan batugamping Dayang maka dilakukan analisis geokimia dan microfases.

1. Analisis Geokimia

Analisis geokimia menggunakan metode XRF untuk menganalisis unsur utama (*major*) dan unsur jejak (*trace*) dengan tingkat presisi dan akurasi yang tinggi (Revenko 2002). Analisis geokimia pada Formasi batugamping Dayang menggunakan 19 sampel batuan (Tabel 1) untuk mengetahui presentase (%) dari unsur utama (*major*) dan unsur jejak (*trace*) kemudian dari hasil tersebut akan diploting dalam diagram-diagram geokimia. Pada analisis geokimia menggunakan metode XRF data yang digunakan untuk analisis hanya menggunakan unsur utama oksida seperti MgO (Magnesium Oksida), Al₂O₃

(Aluminium Oksida), SiO₂ (Silikon Oksida), CaO (Kalsium Oksida), dan Fe₂O₃ (Feroksida) serta unsur jejak yang digunakan untuk parameter analisis lingkungan pengendapan yaitu SO₃ (Sulfur Trioksida), Sr (Stronsium) dan Cu (Tembaga).

2. Elemen Utama (Major Elements)

Berdasarkan hasil XRF, unsur utama daerah penelitian didominasi oleh unsur CaO (5,35 – 41,82 %) dan SiO₂ (0,2 – 17,11 %). Unsur utama lain memiliki nilai presentasi yang kecil seperti Fe₂O₃ (0,1 – 7,48%), MgO (0 – 6,11%), Al₂O₃ (0 – 5,86%). Dominasi unsur CaO (Kalsium Oksida) ini menandakan bahwa daerah penelitian berada pada lingkungan laut dan adanya SiO₂ (Silikon Oksida) mengindikasikan batuan kompleks (*basement*). Hasil analisis XRF ini kemudian dibuat hubungan antar senyawa oksida menggunakan *bivariate plots*. Kemudian, *bivariate plots* akan menghasilkan nilai koefisien determinasi R² yang memiliki kegunaan

Tabel 1
Hasil analisis XRF formasi batugamping Dayang

Sampel	Senyawa Oksida (%)					Unsur Jejak			
	Fe ₂ O ₃	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	Fe ₂ O ₃	SO ₃	Cu	Sr
FR10	58,643	5.34	17.11	5.86	6.11	5.86	0	68	553
FR11	18,717	27.48	8.78	3.24	1.21	1.87	0.21	0	1051
FR22	43,353	16.92	13.37	4.72	1.36	4.34	0.03	47	914
FR23	39,620	12.7	12.83	3.97	1.21	3.96	0	53	1129
FR24	28,766	22.49	11.17	3.66	1.12	2.88	0.02	32	1222
FR48	74,817	6.33	14.95	4.85	4.36	7.48	0	66	630
FR49	2,667	40.98	0.54	0.19	0	0.27	0	0	1111
FR51	576	38.91	0.2	0	0	0.06	0	0	452
FR52	5,659	38.63	1.95	0.79	0.48	0.57	0	14	561
FR59	966	35.06	0.76	0	0	0.1	0.67	0	3460
FR61	3,996	33.37	0.98	0.47	0	0.4	0.13	0	448
FR62	5,148	30.05	0.33	0	0	0.51	0.09	0	588
FR63	3,331	40.47	0.39	0.11	0	0.33	0	0	812
FR64	1,663	41.02	0.35	0.1	0	0.17	0	0	733
FR66	7,831	26.08	1.96	1	0	0.78	0.21	23	938
FR67	8,583	37.77	3.51	1.44	0.93	0.86	0	0	1207
FR72	3,945	37.34	1.19	0.38	0	0.39	0.03	0	2449
FR73	60,811	5.97	15.4	5.5	2.21	6.08	0	77	1376
FR75	1,339	41.82	0.84	0.3	0	0.13	0	15	788

untuk melihat seberapa besar kontribusi (kekuatan) pengaruh yang diberikan variable X terhadap variable Y. Penggunaan elemen utama (*major*) dengan digaram *bivariate plots* menggunakan 5 senyawa utama yaitu CaO, SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, dan MgO (Choerunnisa, dkk. 2019).

3. Silika Oksida (SiO₂)

Bivariate plots antara SiO₂ dengan Fe₂O₃ dan Al₂O₃ memiliki nilai koefisien determinasi R² = 0.9991 dan R² = 0.9157 menunjukkan korelasi positif yang sangat kuat, SiO₂ dengan MgO memiliki nilai R² = 0.6998 menunjukkan korelasi positif yang kuat, sedangkan SiO₂ dengan CaO menunjukkan korelasi *negative* (arah Y = -1,9252x + 39.157) yang sangat kuat dengan nilai R² = 0.9746 (Gambar 7). Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan SiO₂ disebabkan oleh penurunan senyawa CaO, begitupun sebaliknya. Konsentrasi tinggi pada SiO₂ menunjukkan laju *influx terrigenous* sangat tinggi selama pengendapan batugamping (Devi & Duarah, 2015).

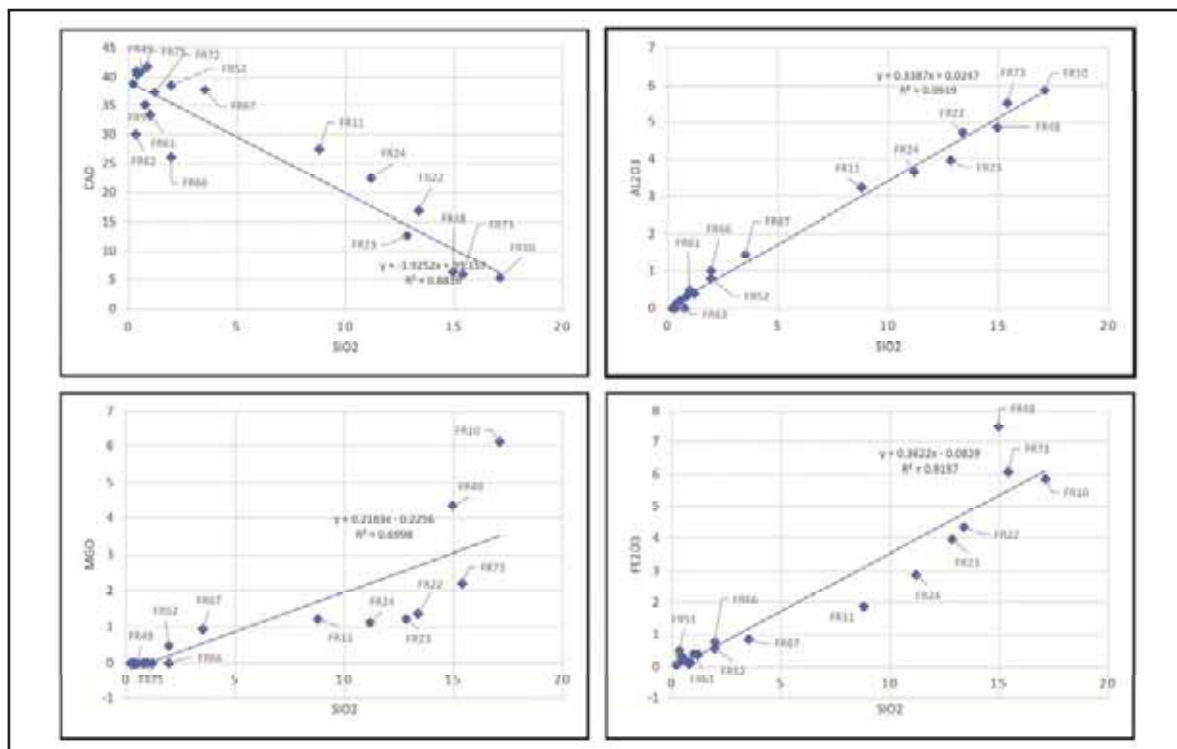
4. Aluminium Oksida (Al₂O₃)

Bivariate plots antara Al₂O₃ dengan SiO₂ dan Fe₂O₃ memiliki nilai koefisien determinasi R² = 0.9999 dan R² = 0.8997 menunjukkan korelasi positif

yang sangat kuat, Al₂O₃ dengan MgO memiliki nilai R² = 0.6917 menunjukkan korelasi positif yang kuat, sedangkan Al₂O₃ dengan CaO menunjukkan korelasi *negative* (arah Y = -5,6185x + 39.17) yang sangat kuat dengan nilai R² = 0.8707 (Gambar 8). Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan Al₂O₃ disebabkan oleh penurunan senyawa CaO. Kandungan Al₂O₃ yang rendah menunjukkan bahwa pelapukan yang rendah seperti feldspar dan micas di area basement yang berdekatan selama transportasi dan pengendapan sebelum diagenesis (Ehinola, dkk. 2016).

5. Magnesium Oksida (MgO)

Bivariate plots antara MgO dengan Fe₂O₃, SiO₂ dan Al₂O₃ memiliki nilai koefisien determinasi secara berturut – turut R² = 0.7519, R² = 0.6998, dan R² = 0.6917 menunjukkan korelasi positif yang kuat, sedangkan MgO dengan CaO menunjukkan korelasi *negative* (arah Y = -6,3707x + 34.722) yang kuat dengan nilai R² = 0.6593 (Gambar 9). Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan MgO disebabkan oleh penurunan senyawa CaO. Konsentrasi tinggi pada MgO menunjukkan tingkat salinitas yang lebih tinggi di daerah penelitian (Devi & Duarah, 2015).



Gambar 7

Bivariate plots antara senyawa SiO₂ dengan CaO, Al₂O₃, Fe₂O₃, dan MgO. Hubungan koefisien SiO₂ dengan Al₂O₃, Fe₂O₃, dan MgO menunjukkan korelasi positif yang sangat kuat sedangkan hubungan SiO₂ dengan CaO menunjukkan korelasi *negative*. Hal ini menunjukkan konsentrasi tinggi SiO₂ dipengaruhi oleh laju *influx terrigenous*.

6. Feroksida (Fe₂O₃)

Bivariate plots antara Fe₂O₃ dengan SiO₂, Al₂O₃ dan MgO memiliki nilai koefisien determinasi secara berturut – turut R² = 0.9157, R² = 0.8997, dan R² = 0.7519 menunjukkan korelasi positif yang sangat kuat, sedangkan Fe₂O₃ dengan CaO menunjukkan korelasi negative (arah Y = -5,1488x + 38.392) yang sangat kuat dengan nilai R² = 0.6593 (Gambar 10). Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan Fe₂O₃ disebabkan oleh penurunan senyawa CaO. Kosentraso Fe₂O₃ biasanya berasal dari pelapukan mineral berat seperti ferromagnesian. Nilainya yang rendah menunjukkan bahwa lingkungan pengendapan merupakan lingkungan pereduksi yang tidak mendukung pengendapan Besi (Brand, 1983 dalam Ehinola, dkk. 2016)

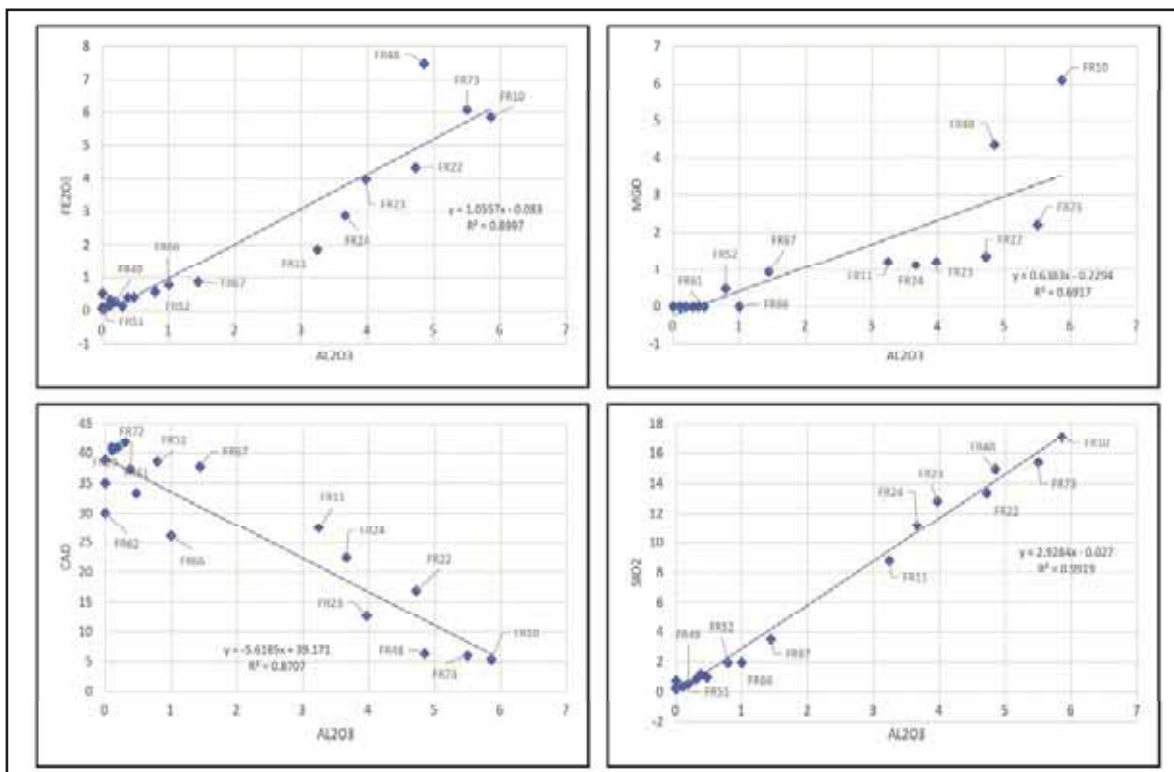
7. Kalsium Oksida (CaO)

Bivariate plots antara CaO dengan Fe₂O₃, SiO₂, dan Al₂O₃ memiliki nilai koefisien determinasi secara berturut – turut R² = 0.9157 (arah Y = -0,1759x + 6.937), R² = 0.8997 (arah Y = -0,4891x + 18.629), dan R² = 0.8707 (arah Y = -0,155x + 6.319) menunjukkan korelasi *negative* yang sangat kuat, sedangkan CaO dengan MgO menunjukkan korelasi

negative (arah Y = -0,1035x + 3.933) yang kuat dengan nilai R² = 0.6593 (Gambar 11). Hubungan senyawa Kalsium Oksida dengan senyawa lainnya memiliki korelasi negatif yang menunjukkan bahwa kadar senyawa CaO dipengaruhi oleh kadar senyawa lainnya, peningkatan senyawa CaO disebabkan oleh penurunan senyawa oksida lainnya. Perbedaan korelasi antara senyawa CaO dengan senyawa oksida SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, dan MgO mengindikasikan bahwa karbonat di daerah penelitian dipengaruhi oleh suplai bahan detrital (Choerunnisa, dkk. 2019).

8. Element Jejak (Trace Element)

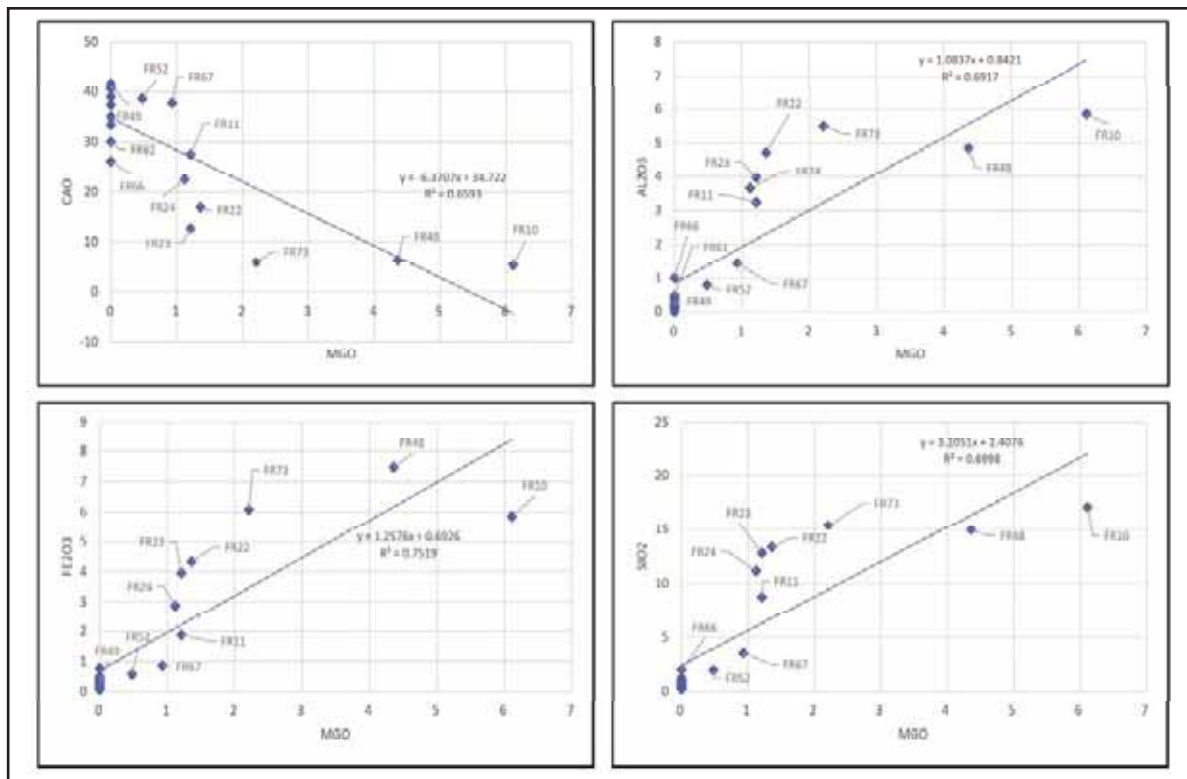
Konsentrasi elemen jejak dalam daerah penelitian diberikan pada Tabel 2. Kosentrasi selenium trioksida (SO₃) memiliki nilai rendah berkisar antara 0 – 0,67 % terdapat pada 8 sampel dari 19 sampel yang dianalisis, hal ini menunjukkan bahwa daerah penelitian terjadi di lingkungan yang tenang dan berenergi rendah dan ada laju reduksi sulfat yang cepat. Konsentrasi strontium (Sr) pada daerah penelitian berkisar antara 452-3460 ppm dengan rata-rata 1075 ppm tersebar di seluruh sampel yang diamati. Menurut Flugel dan Wedepohl (1967), kandungan strontium (Sr) untuk lingkungan laut dangkal berkisar antara 100-400



Gambar 8

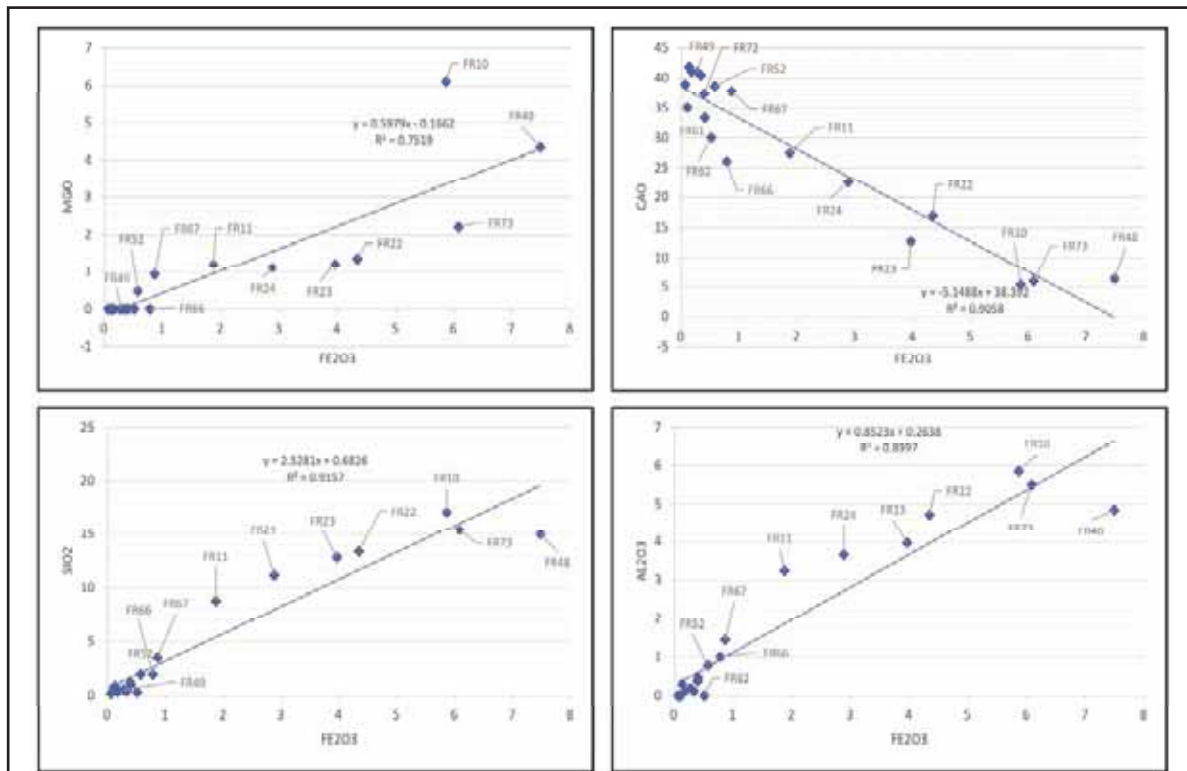
Bivariate plots antara senyawa Al₂O₃ dengan CaO, Fe₂O₃, SiO₂, dan MgO. Hubungan Al₂O₃ dengan SiO₂, Fe₂O₃, dan MgO menunjukkan korelasi positif yang sangat kuat sedangkan hubungan Al₂O₃ dengan CaO menunjukkan korelasi *negative*. Peningkatan Al₂O₃ disebabkan oleh penurunan senyawa CaO yang disebabkan oleh tingkat pelapukan yang rendah.

Analisis Lingkungan Pengendapan Formasi Batugamping
 Dayang Distrik Batanta Utara, Kabupaten Raja Ampat, Provinsi Papua Barat (Rohmala, dkk.)



Gambar 9

Bivariate plots antara senyawa MgO dengan CaO, Fe₂O₃, Al₂O₃ dan SiO₂. Hubungan MgO dengan SiO₂, Fe₂O₃, dan Al₂O₃ menunjukkan korelasi positif yang sangat kuat sedangkan hubungan MgO dengan CaO menunjukkan korelasi *negative*. Nilai konsentrasi MgO menunjukkan salinitas tinggi.



Gambar 10

Bivariate plots antara senyawa Fe₂O₃ dengan CaO, MgO, Al₂O₃ dan SiO₂. Hubungan Fe₂O₃ dengan SiO₂, MgO, dan Al₂O₃ menunjukkan korelasi positif yang sangat kuat sedangkan hubungan Fe₂O₃ dengan CaO menunjukkan korelasi *negative*. Konsentrasi Fe₂O₃ rendah menunjukkan lingkungan pereduksi.

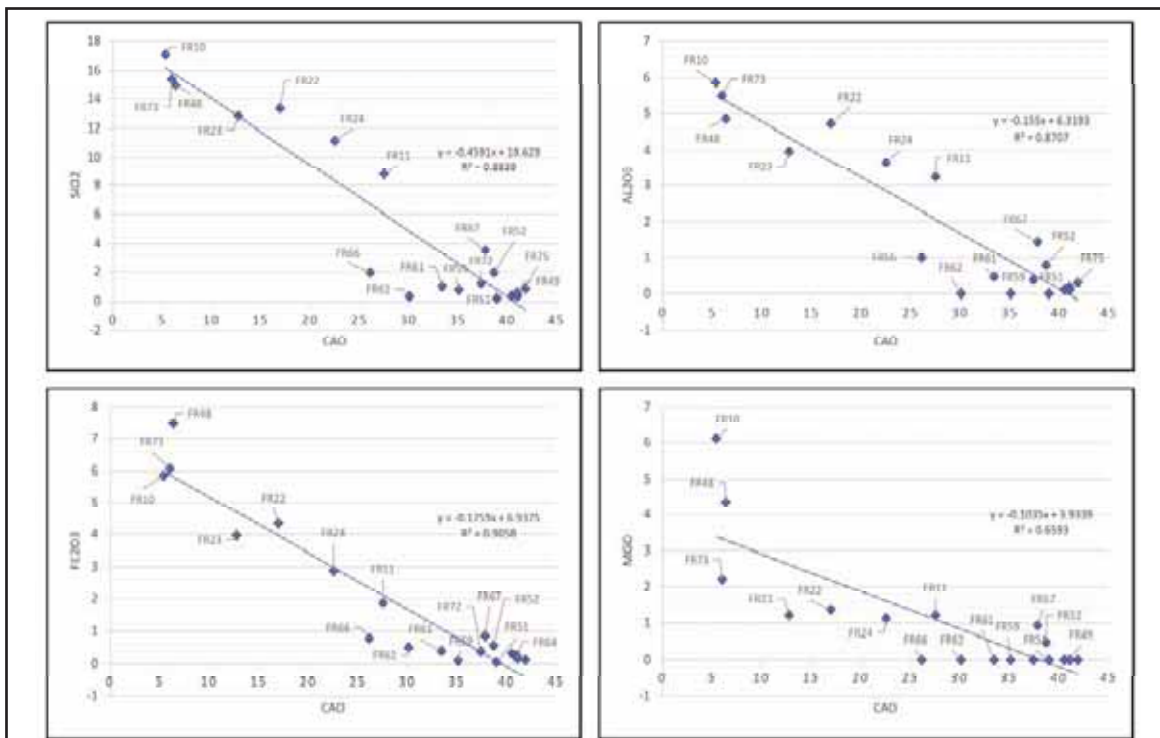
ppm dan untuk lingkungan laut dalam berkisar antara 500-3000 ppm. Variasi konsentrasi rata-rata Sr pada daerah penelitian menunjukkan lingkungan pengendapan laut dalam. Konsentrasi tembaga (Cu) sangat rendah pada daerah penelitian (0 - 77 ppm), dan hanya terdapat pada 9 sampel dari 19 sampel yang di analisis. Asosiasi tembaga dengan batuan karbonat sangat terbatas dan umumnya terbatas pada konstituen nonkarbonat. Namun, Deurer, dkk. (1978) mengatkan bahwa adanya kemungkinan asosiasi tembaga dengan karbonat. Pirit merupakan pembawa Cu yang paling penting, karena Cu memiliki karakter kalkofil yang sangat kuat. Mineral lempung juga dapat menampung sejumlah tembaga.

9. Implikasi Paleo-Salinitas

Berdasarkan tabel klasifikasi geokimia batugamping, Lebih dari 63% sampel diklasifikasikan sebagai *Limestone* “murni” dan sekitar 16% masing – masing adalah *Magnesian Limestone* dan *Dolomitized Limestone*, dan hanya sekitar 5% merupakan *Dolimitic Limestone* menurut metode Todd (1966). Menurut Marschner (1968) dalam Ehinola, dkk (2016) menyatakan bahwa rasio Ca/Mg berimplikasi pada kondisi stabilitas lingkungan pengendapan yang mengarah pada pembentukan karbonat. Secara genetik, rasio Mg/Ca meningkat

selama proses evaporasi air laut, terutama di pada kondisi lingkungan dekat garis pantai. Berdasarkan rasio Ca/Mg dan Mg/Ca dapat disimpulkan bahwa *Limestone* pada daerah penelitian diendapkan pada kondisi laju penguapan air laut (evaporasi) dan paleo salinitas yang rendah dimana secara kualitatif diendapkan jauh dari garis pantai, *Magnesian Limestone*, *Dolomitic Limestone*, dan *Dolomitized Limestone* diendapkan pada kondisi laju penguapan air laut (evaporasi) dan paleo salinitas yang tinggi dimana secara kualitatif diendapkan jauh dari garis pantai.

Berdasarkan unsur CaO dan MgO, Todd (1966) mengklasifikasikan lebih detail mengenai petrogenik karbonat untuk menentukan paleo salinitas yang melibatkan rasio Ca/Mg dan rasio timbal balik Mg/Ca. Diketahui bahwa batas kelas rasio Ca/Mg adalah > 100 - 39,0 (*Limestone*); 39,0 - 12,3 (*Magnesian Limestone*); 12,3 - 5,67 (*Dolomitic Limestone*); 5,67 - 1,86 (*Dolomitized Limestone*); 1,86 - 1,50 (*Calcareous Dolomitic*); 1,50 - 1,22 (*Dolomite*); dan 1,22 - 1,00 (*Magnesian Dolomite*). Batas kelas dari rasio timbal balik, Mg/Ca adalah: 0 - 0,03 (*Limestone*); 0,03 - 0,08 (*Magnesian Limestone*); 0,08 - 0,18 (*Dolomitic Limestone*); 0,18 - 0,54 (*Dolomitized Limestone*); 0,54 - 0,67 (*Calcareous Dolomitic*); 0,67 - 0,82 (*Dolomite*); dan 0,82 - 1,00



Gambar 11

Bivariate plots antara senyawa CaO dengan SiO₂, Al₂O₃, MgO dan Fe₂O₃. Hubungan CaO dengan SiO₂, Al₂O₃, MgO dan Fe₂O₃ menunjukkan korelasi *negative* yang kuat. Penurunan senyawa CaO terhadap SiO₂, Al₂O₃, MgO dan Fe₂O₃ dipengaruhi adanya peningkatan material *detrital*.

(*Magnesian Dolomite*). Standar rasio dan rasio timbal balik komposisi Ca dan Mg pada Formasi Batugamping Dayang ditunjukkan pada Tabel 2.

C. Analisis Provenance

Analisis *Provenance* merupakan salah satu analisis yang paling penting dari batuan sedimen silisiklastik karena dapat menginterpretasikan batuan asal berdasarkan komposisi mineral yang berfokus pada batupasir. Analisis ini dilakukan dengan cara menghitung total persentase kandungan mineral penyusun dari batuan kemudian di plot kedalam diagram Q-F-L atau kuarsa (Q), felspar (F), dan litik fragmen (L) dari Dickinson, dkk. (1983). Untuk menentukan komposisi dengan metode *point counting*, dilakukan dengan cara menghitung jumlah setiap jenis mineral yang dapat dilihat dalam medan pandang. Perhitungan ini tidak memperhatikan ukuran mineral yang ada, meskipun ukurannya sangat kasar atau ukurannya halus jika masih dapat dilihat maka dianggap sama. Sampel batupasir yang dianalisis untuk analisis *provenance* berjumlah 4

sampel yang diambil pada Formasi Batugamping Dayang dengan variasi litologi batupasir. Secara umum mempunyai litologi *feldspathic wacke*, *quartz wacke* dan *lithic wacke* yang memiliki indikasi mineral penyusun seperti fragmen kuarsa, fragmen feldspar dan fragmen litik. Parameter yang diperhitungkan adalah butir kuarsa, butir feldspar, dan fragmen litik.

Komposisi mineral dari sampel batupasir (Tabel 3), secara keseluruhan didominasi oleh mineral feldspar dan terdapat persentase litik yang tinggi. Kandungan feldspar (F) hadir pada sampel batupasir memiliki persentase sedang sampai tinggi dari kandungan litik (L) dan kandungan kuarsa (Q). Menurut Dickinson dan Valloni (1980) persentase kandungan QFL dapat menentukan tipe batas lempeng (Tabel 4). Diketahui bahwa kandungan feldspar yang tinggi, kandungan litik (L) yang sedang dan kandungan kuarsa (Q) yang sedang mengindikasikan bahwa batupasir Formasi Batugamping Dayang berada pada *Active Margin*.

Tabel 2
Hasil klasifikasi geokimia batugamping oleh Todd (1966)

Lokasi	%CaO	%MgO	Ca/Mg	Mg/Ca	Nomenclature (Todd, 1966)
FR10	7.6	3.97	1.91	0.52	Dolomitized Limestone
FR11	27.48	1.21	22.81	0.04	Magnesian Limestone
FR22	16.92	1.36	12.41	0.08	Magnesian Limestone
FR23	12.7	1.21	10.51	0.1	Dolomitic Limestone
FR24	22.49	1.12	20.16	0.05	Magnesian Limestone
FR48	7.89	3.79	2.08	0.48	Dolomitized Limestone
FR49	40.98	0	0	0	Limestone
FR51	38.91	0	0	0	Limestone
FR52	38.63	0.48	81.31	0.01	Limestone
FR59	35.06	0	0	0	Limestone
FR61	33.37	0	0	0	Limestone
FR62	30.05	0	0	0	Limestone
FR63	40.47	0	0	0	Limestone
FR64	41.02	0	0	0	Limestone
FR66	26.08	0	0	0	Limestone
FR67	37.77	0.93	40.78	0.02	Limestone
FR72	37.34	0	0	0	Limestone
FR73	5.97	2.21	2.7	0.37	Dolomitized Limestone
FR75	41.82	0	0	0	Limestone

Hasil klasifikasi pada diagram segitiga *provenance* (QFL) oleh Dickinson dkk., 1983, batupasir Formasi Batugamping Dayang dan berasal dari batuan yang berada pada tatanan *Magmatic Arc* yang dimana Formasi Batugamping Dayang bersumber dari area *Dissected Arc* dan *Transisional Arc* (Gambar 12). Menurut Dickinson, dkk. (1983), Komposisi kerangka batupasir yang terkait dengan sumber tektonik daerah penelitian masuk dalam Busur magmatik (*Magmatic Arc*) yang memiliki *source rock andesitik* sampai *basaltik* dari batuan vulkanik dan plutonik, material sedimen pasir berasal dari campuran fragmen vulkanik dan K-feldspar serta kuarsa dari sumber plutonik, material bongkah berasal dari andesit sampai basal serta plutonik batuan beku, terendapkan pada *Forearc, backarc, and intraarc basins; trenches; possibly abyssal-plain basins*. Memiliki efek moderat dari iklim dan transportasi yang minimal.

D. Analisis Microfasies Karbonatan

Pemberian kelompok fasies karbonat dilakukan dengan mengidentifikasi tekstur berdasarkan klasifikasi batuan karbonat oleh Dunham (1962). Selain itu, dominan kelimpahan organisme pada batuan serta struktur sedimen menjadi faktor dalam pemberian nama pada kelompok fasies. Hasil analisis petrografi dari dengan 2 jalur lintasan dirangkum dalam bentuk tabulasi yang berisi penamaan

petrografi, nama fasies dan penentuan lingkungan pengendapan. Berikut ini hasil analisis dari tiga lintasan pada daerah penelitian (Tabel 5).

Fasies batuan karbonat *Skeletal - Large Foraminifera Wackstone* memiliki karakter litologi secara umum berwarna abu – abu gelap sampai coklat, dan sangat kompak. Pada sayatan petrografi abu-abu kecoklatan tekstur baik klastik didukung oleh *grain supported* berukuran (>0,03) serta lumpur (*mud supported*) berukuran lempung (<0,01 mm) menunjukkan pengendapan dengan energi yang rendah, pemilahan sedang, komposisi karbonat, terdiri dari skeletal (20), foraminifera besar (10%), micrit (40%), dan microspar (30%). Pada sayatan sudah menunjukkan adanya proses *diagenesis Neomorfisme* (adanya penggantian matriks lumpur karbonat oleh mikrosporit yang berasal dari lingkungan *meteoric phreatic*) dan proses diagenesis sementasi (adanya penggantian matriks lumpur karbonat oleh mikrosporit yang berasal dari lingkungan *meteoric phreatic*) (Gambar 13). Karakter batugamping yang seperti ini pada umumnya sesuai dengan SMF 8: *Whole fossil wackestone* menurut Flügel (2010) yang merupakan penciri dari *Open Marine dalam Platform Interior (FZ7)* dan *Deep Shelf (FZ2)* berada pada outer dan mid-ramp settings, pada model lingkungan pengendapan paparan karbonat tertutup (*rimmed*) menurut Wilson (1975) (Gambar 15).

Tabel 3
Perhitungan presentasi QFL (%) menggunakan metode *grid counting*

No	Counting QFL				Normalisasi QFL %				Nama Batuan
	Q	F	L	Total	Q	F	L	Total	
FR-18	64	182	78	324	20	56	24	100	Feldspathic Wacke
FR-28	88	140	102	330	27	42	31	100	Feldspathic Wacke
FR-39	73	176	70	319	23	55	22	100	Feldspathic Wacke
FR-48	56	73	203	322	17	22	61	100	Lithic Wacke

Tabel 4
Komposisi batupasir dalam tipe utama lempeng (Dickinson & Valloni, (1980)

Mineral	Rifted Margin	Active Margin	Island Chain
Kandungan Kuarsa	Tinggi	Sedang	Rendah
Kandungan Feldspar	Tinggi	Sedang	Rendah atau Tidak
Kandungan Litik	Rendah	Sedang	Tinggi

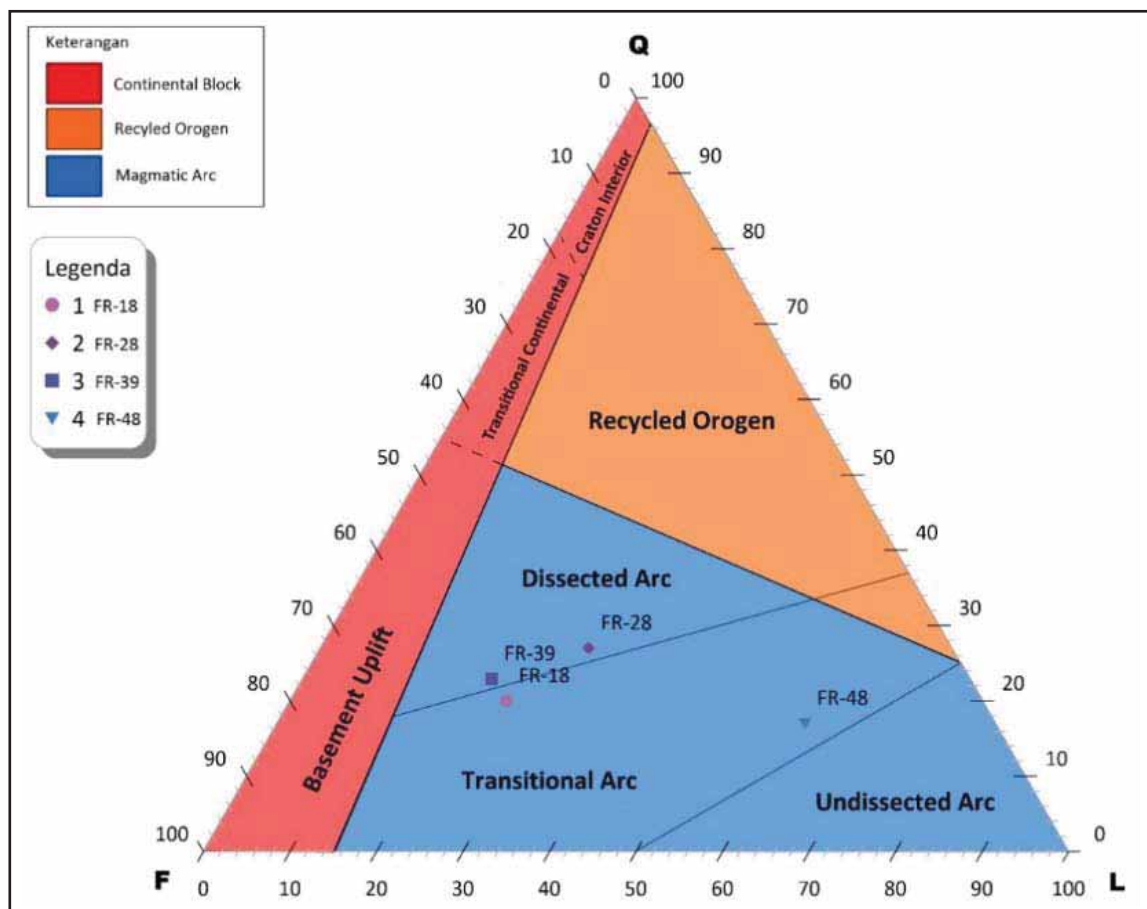
Fasies batuan karbonat Foraminifera *Wackstone* memiliki karakter litologi secara umum berwarna abu – abu gelap, dan sangat kompak. Pada sayatan petografi warna abu-abu kecoklatan tekstur klastik didukung oleh *grain supported* serta lumpur (*mud supported*) berukuran lempung (<0,01mm) menunjukkan pengendapan dengan energi yang rendah, pemilahan sedang, komposisi karbonat, terdiri dari kalsit (30%), fosil foraminifera (15%), dan mikrit (35%). Pada sayatan sudah menunjukkan adanya proses diagenesis kompaksi dan diagenesis

neomorfisme. Proses diagenesis kompaksi ini disebabkan akibat adanya gejala kompaksi kimia yang disebabkan oleh peningkatan tekanan pembebanan menyebabkan antara butir bersentuhan dan larut sehingga menghasilkan *stylolites* terjadi pada lingkungan diagenesis burial (Gambar 13). Karakter batugamping yang seperti ini pada umumnya sesuai dengan SMF 9: *Burrowed bioclastic wackstone* menurut Flügel (2010) yang merupakan penciri dari *Open Marine* dalam *Platform Interior* (FZ7) dan *Deep Shelf* (FZ2) berada pada *outer* dan *mid*

Tabel 5

Analisis fasies berdasarkan tekstur batuan dan kelimpahan organisme, serta fasies lingkungan pengendapan

No.	Analisis Petrografi	Fasies Karbonat	Lingkungan Pengendapan
FR-59	<i>Wackstone</i>	<i>Skeletal - Large Foraminifera Wackstone</i>	<i>Outer dan Mid Ramp</i>
FR-64	<i>Wackstone</i>	<i>Foraminifera Wackstone</i>	<i>Inner dan Mid-Ramp Settings</i>
FR-74	<i>Packstone</i>	<i>Large Foraminifera - Skeletal Packstone</i>	<i>Inner Ramp Settings</i>



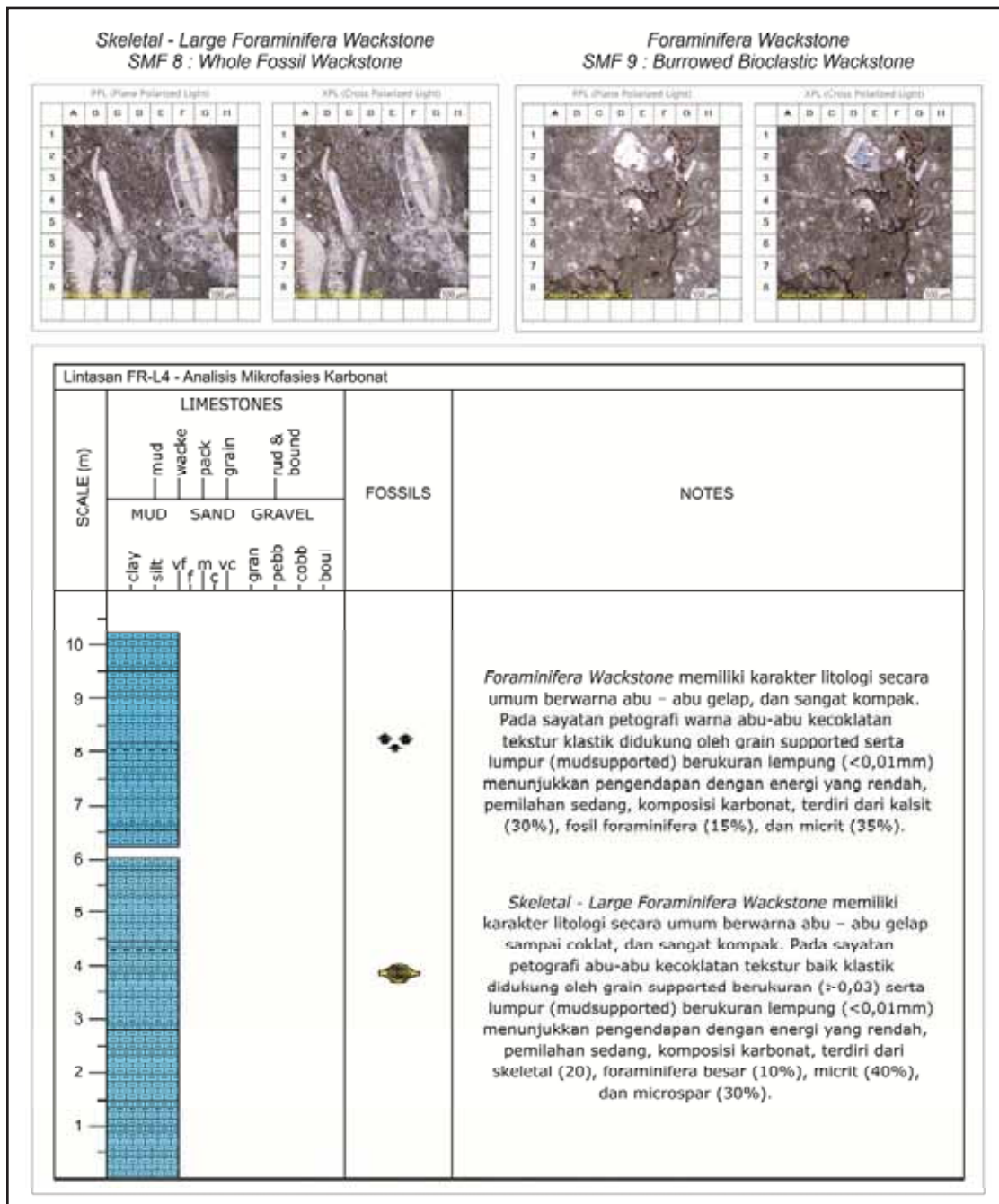
Gambar 12

Diagram *provenance* batupasir pada formasi batugamping Dayang (Dickinson & Suzek, 1979; Dickinson, 1983).

ramp settings, pada model lingkungan pengendapan paparan karbonat tertutup (*rimmed*) menurut Wilson (1975) (Gambar 15).

Fasies batuan karbonat *Large Foraminifera - Skeletal Packstone* memiliki karakter litologi secara warna abu-abu kecoklatan tekstur sedang klastik didukung oleh grain supported berukuran (>0,03) serta lumpur (*mudsupported*) berukuran lempung (<0,01mm), pemilahan sedang, komposisi karbonat, terdiri dari skeletel, fosil, micrit microspar. Pada sayatan sudah menunjukkan adanya proses

diagenesis Neomorfisme (adanya penggantian matriks lumpur karbonat oleh mikrosporit yang berasal dari lingkungan *meteoric phreatic*) dan Micrtisasi microbial (adanya lumpur karbonat sebagai hasil pemikritan yang terkonsentrasi di bagian pinggir butiran atau fosil foraminifera besar bentik, berasal dari lingkungan *marine phreatic*) (Gambar 14). Karakter batugamping yang seperti ini pada umumnya sesuai dengan SMF 10: *Bioclastic packstone with worn skeletal grains* menurut Flügel (2010) yang merupakan penciri dari *Open Marine*



Gambar 13
Mikrofasies karbonat lintasan 1.

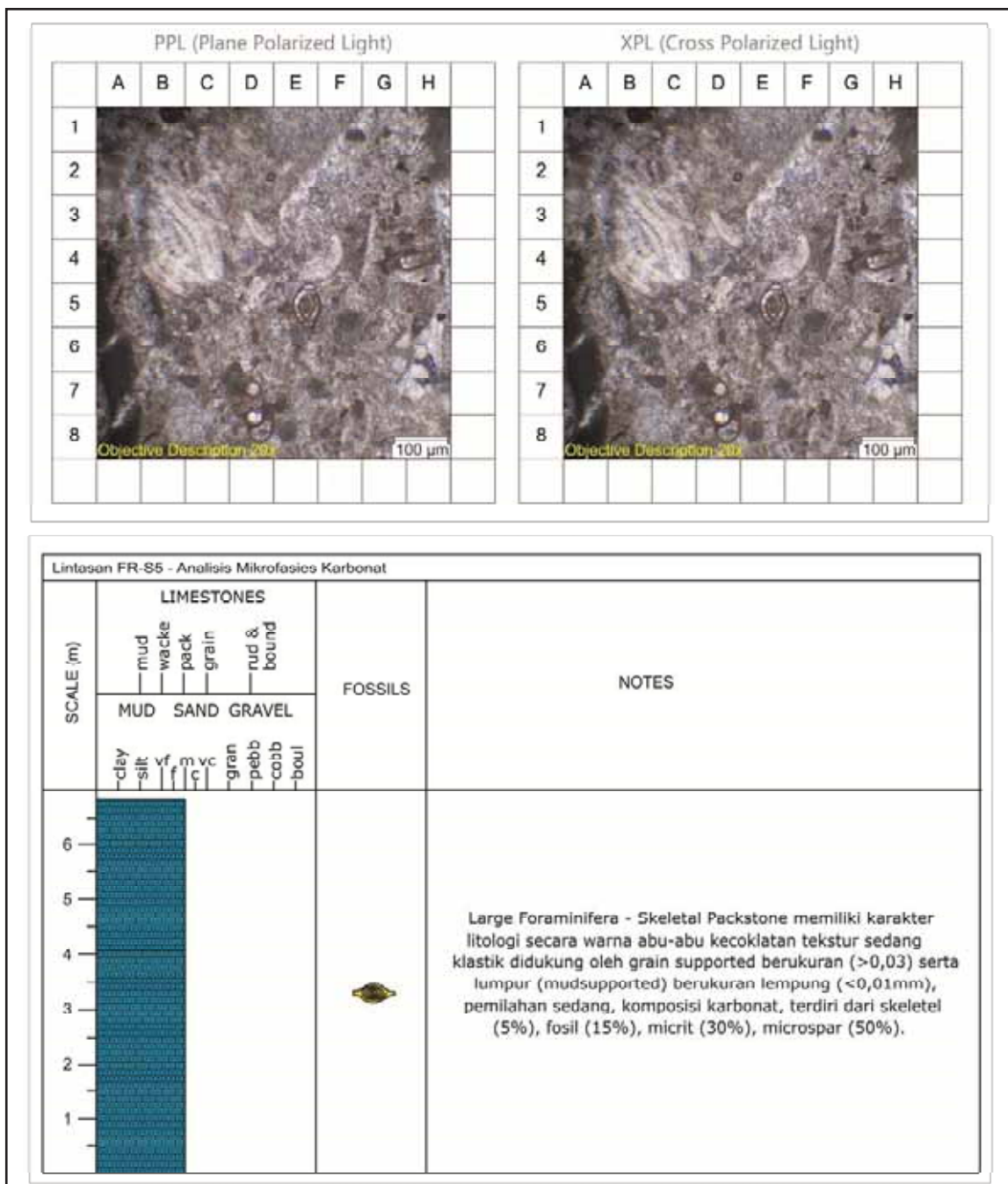
dalam *Platform Interior* (FZ7) dan *Deep Shelf* (FZ2) berada pada *inner* dan *mid-ramp settings*, pada model lingkungan pengendapan paparan karbonat tertutup (*rimmed*) menurut Wilson (1975) (Gambar 15).

E. Hubungan Stratigrafi dan Lingkungan Pengendapan Formasi Batugamping Dayang

Menurut Harahap (2003), Amri, dkk (1990) dan Koesoemadinata (2020), batugamping Dayang diendapkan pada Oligosen – Miosen dan tersusun

oleh litologi kalkarenit, batulempung gampingan, batulumpur gampingan, batupasir litik dan sedikit konglomerat pada tatanan geologi *island arc*. Hasil pengamatan lapangan menunjukkan bahwa batugamping Dayang memiliki variasi litologi berupa batugamping klastik, batupasir litik, batupasir, dan batulempung.

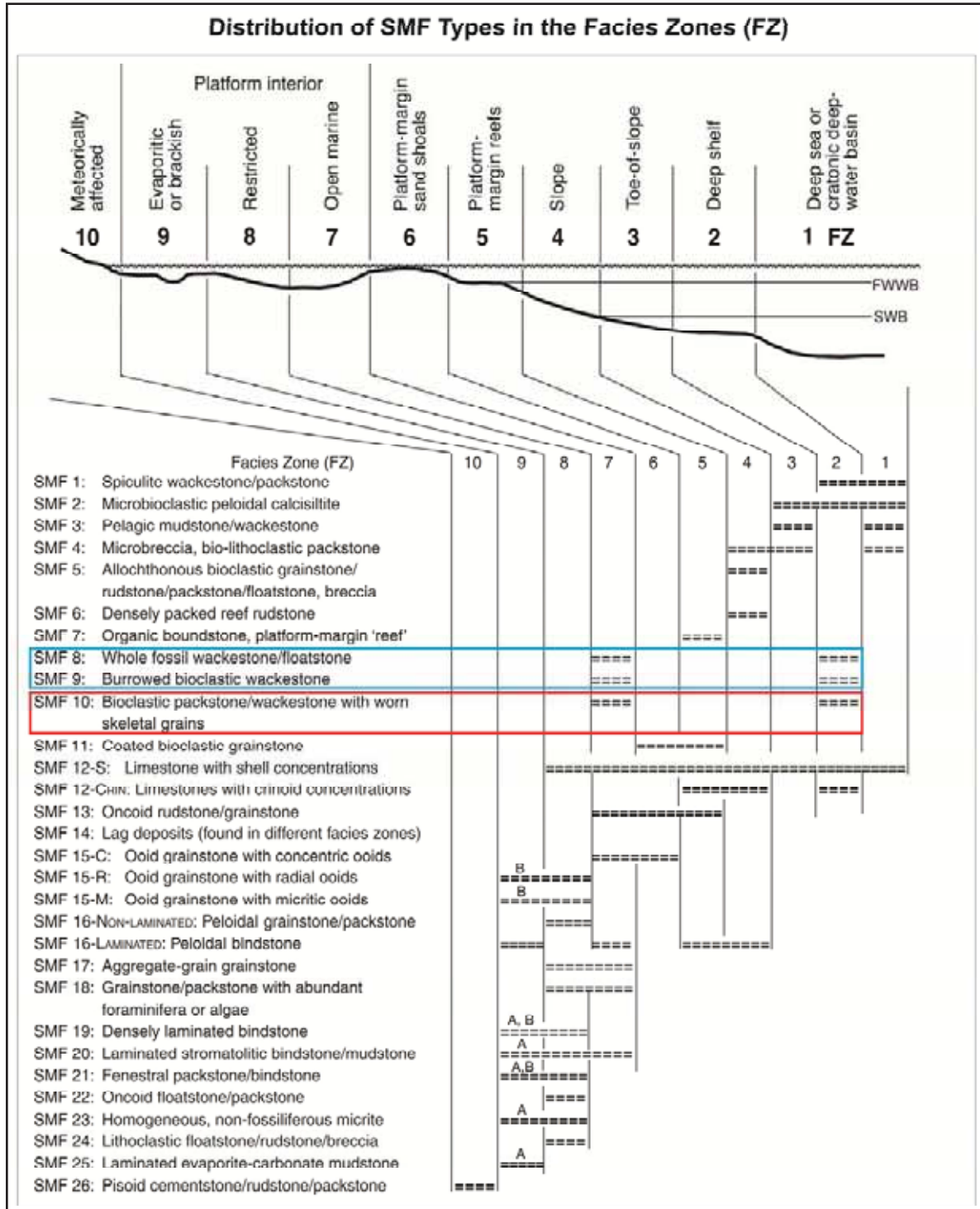
Berdasarkan hasil pengeplotan pada grafik *bivariate plot* untuk 5 (lima) senyawa utama yaitu CaO, SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, dan MgO menunjukkan bahwa hubungan antara unsur Fe₂O₃, SiO₂, dan Al₂O₃



Gambar 14
 Mikrofasies karbonat lintasan 2.

terhadap CaO memiliki nilai koefisien rendah yang kuat, hal ini membuktikan bahwa unsur Fe_2O_3 , SiO_2 , dan Al_2O_3 memiliki pengaruh selama pengendapan batugamping. Unsur MgO menunjukkan pengaruh yang sangat rendah. Hal tersebut di atas diinterpretasi adanya pengaruh tingkat salinitas yang rendah yang menjelaskan bahwa tingkat sanitasi di daerah

penelitian sangat rendah. Hal ini dijelaskan oleh Todd (1966) mengenai implikasi paleo-sanitasi, dari 19 sampel batuan sekitar lebih dari 63% sampel diklasifikasikan sebagai Limestone “murni” dan sekitar 16% masing – masing adalah *magnesian limestone* dan *dolomitized limestone*, dan hanya sekitar 5% merupakan *dolimitic limestone*. Menurut



Gambar 15

Distribusi mikrofases menggunakan *facies zone* (FZ) (Wilson, 1975; Flugel 2010), kotak biru menunjukkan mikrofases lintasan 2 dan kotak merah menunjukkan mikrofases lintasan 1.

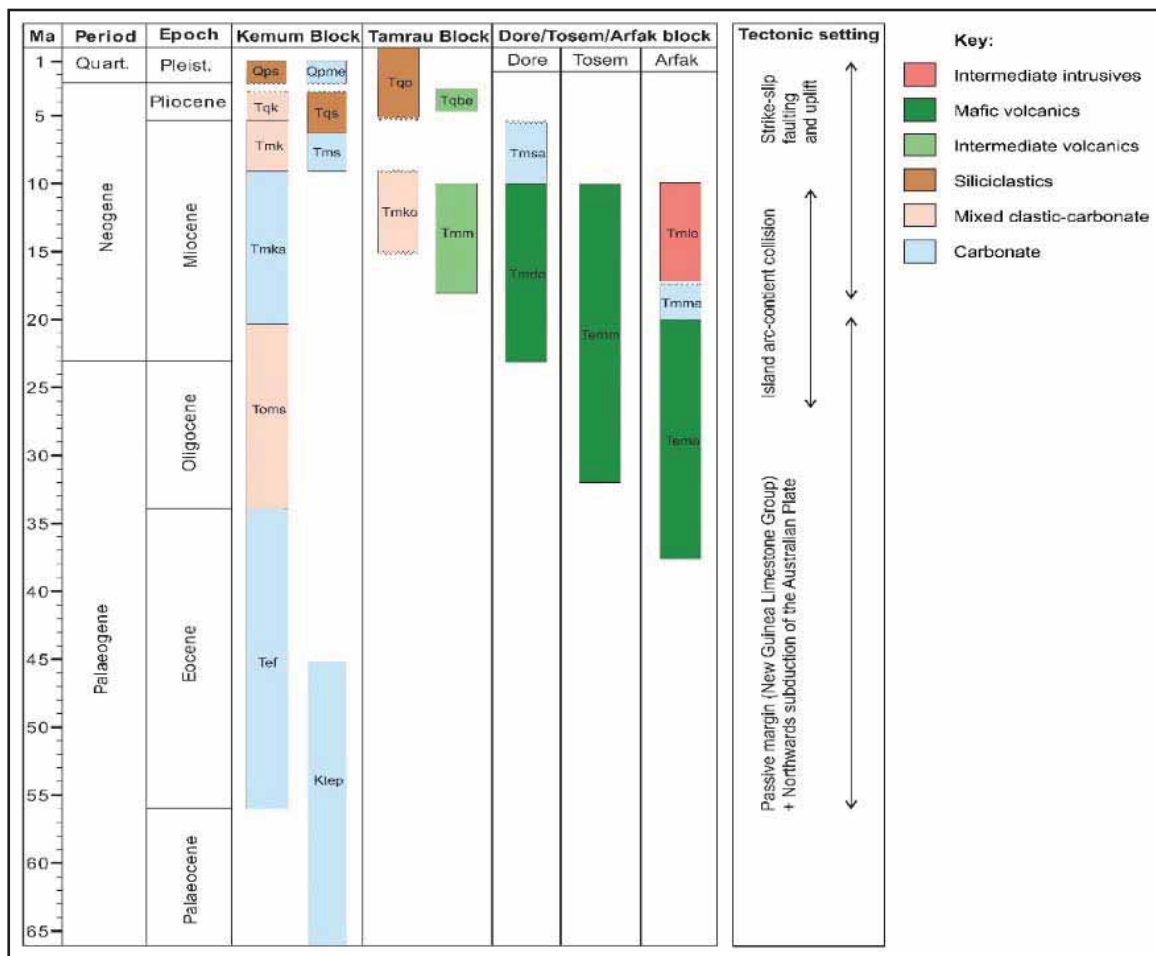
Marschner (1968) dalam Ehinola, dkk (2016) menyatakan bahwa *Limestone* pada daerah penelitian diendapkan pada kondisi laju penguapan air laut (evaporasi) dan paleo salinitas yang rendah dimana secara kualitatif diendapkan jauh dari garis pantai. Sementara itu, *magnesian limestone*, *dolomitic limestone*, dan *dolomitized limestone* diendapkan pada kondisi laju penguapan air laut (evaporasi) dan paleo salinitas yang tinggi dimana secara kualitatif diendapkan jauh dari garis pantai.

Unsur jejak (*trace*) pada daerah penelitian seperti SO_3 , dan Sr memiliki kandungan sangat penting dalam menentukan lingkungan pengendapan. Kosentrasi selenium trioksida (SO_3) berkisar antara 0 – 0,67 % terdapat pada 8 sampel dari 19 sampel yang dianalisis, menunjukkan bahwa daerah penelitian terjadi di lingkungan yang tenang dan berenergi rendah dan ada laju reduksi sulfat yang cepat. Sementara itu, konsentrasi strontium (Sr) berkisar antara 452-3460 ppm dengan rata-rata 1075 ppm tersebar di seluruh sampel yang diamati. Menurut Flugel & Wedepohl (1967), kandungan strontium

(Sr) untuk lingkungan laut dangkal berkisar antara 100-400 ppm dan untuk lingkungan laut dalam berkisar antara 500-3000 ppm. Variasi konsentrasi rata-rata Sr pada daerah penelitian menunjukkan lingkungan pengendapan laut dalam.

Pada kesebandingan stratigrafi regional, Formasi Batugamping Dayang memiliki hubungan dengan Formasi Batugamping Maruni dikarenakan memiliki karakteristik yang sama yaitu terendapnya karbonat di bagian *island arc* (Robinson, dkk., 1990; Harahap, dkk., 2003; Dow, 2005).

Hubungan ini menunjukkan bahwa persamaan litologi dan persamaan lingkungan pengendapan. Hasil analisis mikrofases dilakukan oleh Gold, dkk. (2017) bahwa Formasi Batugamping Maruni memiliki 2 mikrofases yaitu *shallow-water platform (benthic foraminifera grainstone)* dan *argillaceous platform (mixed benthic/planktonic foraminifera grainstone)* menunjukkan bahwa Formasi Batugamping Maruni berada pada *shallow water sampai argillaceous platform*. Formasi Batugamping Kais sendiri belum ada penelitian tentang mikrofases tetapi Haris dan



Gambar 16
Modifikasi stratigrafi kenozoikum kepala Burung (Webb, 2019).

Riyanto (2017) mengatakan Formasi Batugamping Kais memiliki fasies *back reef facies*, *core reef facies*, *fore reef facies*, and *shelf margin facies*. Sementara itu Webb, dkk (2019) melakukan mikrofasies pada Formasi Batugamping Sagemwin dari Formasi Gunungapi Dore, dari hasil tersebut menjelaskan bahwa batugamping diendapkan pada *Fore Reef Environment*.

Analisis mikrofasies karbonat daerah penelitian menggunakan 2 lintasan yaitu Lintasan FR-L4 dan Lintasan FR-S5. Lintasan FR-L4 membagi fasies batuan karbonat pada lintasan ini menjadi 2, yaitu *Skeletal - Large Foraminifera Wackstone* (SMF 8: *Whole fossil wackstone*) dan *Foraminifera Wackstone* (SMF 9: *Burrowed bioclastic wackstone*). Sementara itu Lintasan FR-S5 memiliki 1 fasies batuan karbonat yaitu *Large Foraminifera - Skeletal Packstone* (SMF 10: *Bioclastic packstone with worn skeletal grains*) yang merupakan penciri dari *Deep Shelf* (FZ2) menurut Flugel (2010) dan berada pada *outer* dan *mid-ramp settings*, pada model lingkungan pengendapan paparan karbonat tertutup (*rimmed*) menurut Wilson (1975).

Berdasarkan hasil analisis tersebut, Formasi Batugamping Dayang berbeda secara lingkungan pengendapan, fasies dan litologi dari Formasi Batugamping Maruni dan Formasi Batugamping Kais namun secara *setting tectonic* batugamping Dayang dan batugamping Maruni diendapkan posisi yang relatif sama sebagai *island arc*.

Hubungan stratigrafi Formasi Batugamping Dayang yang mempunyai kemiripan juga dengan Formasi Batugamping Sagemwin pada Formasi Gunungapi Dore yang diendapkan pada lingkungan *Fore Reef* dengan variasi litologinya adalah kalkarenit, kalsilitit, batulanau gampingan, batupasir gampingan, dan batupasir litik yang diendapkan pada *setting tectonic* sebagai *island arc* dan dikontrol oleh kedalaman air (*water depth*) dan adanya kontribusi material klastik/vulkaniklastik dari Gunungapi Dore (Wilson, 2002; Webb, dkk., 2019; Koesoemadinata, 2020) (Gambar 15).

KESIMPULAN DAN SARAN

Formasi Batugamping Dayang memiliki litologi batupasir, batulempung, batupasir litik, dan batugamping klastik. Hasil analisis geokimia (XRF) menunjukkan bahwa daerah penelitian didominasi oleh unsur CaO (Kalsium Oksida) dan adanya material SiO₂. *Bivariate plot* menjelaskan bahwa antara unsur Fe₂O₃, SiO₂, dan Al₂O₃ terhadap

CaO memiliki nilai koefisien rendah yang kuat, hal ini membuktikan bahwa unsur Fe₂O₃, SiO₂, dan Al₂O₃ memiliki pengaruh selama pengendapan batugamping. Implikasi paleo-sanitasi daerah penelitian didominasi pada kondisi laju penguapan air laut (evaporasi) dan paleo salinitas yang rendah dimana secara kualitatif diendapkan jauh dari garis pantai. Konsentrasi selenium trioksida (SO₃) menunjukkan bahwa daerah penelitian terjadi di lingkungan yang tenang dan berenergi rendah dan ada laju reduksi sulfat yang cepat. Sementara itu, konsentrasi strontium (Sr) menunjukkan lingkungan pengendapan laut dalam.

Hasil analisis *provenance* yang dilakukan pada 4 sampel pada variasi litologi batupasir dari satuan Batulempung Perlapisan Batugamping Dayang menggunakan segitiga *provenance* (QFL) oleh Dickinson & Suczek (1979) menunjukkan bahwa Formasi Batugamping Dayang bersumber dari area *Dissected Arc* dan *Transitional Arc*. Analisis mikrofasies karbonat daerah penelitian membagi fasies batuan karbonat, yaitu *Skeletal - Large Foraminifera Wackstone* (SMF 8: *Whole fossil wackstone*), *Foraminifera Wackstone* (SMF 9: *Burrowed bioclastic wackstone*), dan *Large Foraminifera - Skeletal Packstone* (SMF 10: *Bioclastic packstone with worn skeletal grains*) yang merupakan penciri dari *Deep Shelf* (FZ2) dan berada pada *outer* dan *mid-ramp settings*.

Berdasarkan hasil analisis lingkungan penendapan Batugamping Dayang, Formasi Batugamping Dayang berbeda secara lingkungan pengendapan dan litologi dari Formasi Batugamping Kais dan Batugamping Maruni. Hubungan stratigrafi Formasi Batugamping Dayang yang mempunyai kemiripan dengan *island arc* yaitu Formasi Batugamping Sagemwin pada Formasi Gunungapi Dore yang memiliki lingkungan pengendapan *fore reef environment*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan selesainya artikel ilmiah ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh staf dosen di Jurusan Teknik Geologi, Universitas Papua yang telah banyak membantu dalam melancarkan serta mensupport peneliti dalam melakukan penelitian ini, terima kasih kepada Keluarga Mirino di Kampung Yensawai yang telah mengantarkan serta memberikan tempat tinggal untuk melakukan penelitian. Selain itu rasa terima kasih juga diberikan kepada Ervina Setia Ningsih yang telah membantu dalam pengerjaan artikel ilmiah ini.

DAFTAR ISTILAH/SINGKATAN

Simbol	Definisi	Satuan
XRF	<i>X-Ray Fluescene</i>	
SMF	<i>Standard Microfacies Types</i>	
FZ	Fasies Zone	
FR-XX	Lokasi Pengamatan	
SiO ₂	Silikon Oksida	%
Al ₂ O ₃	Aluminium Oksida	%
F ₂ O ₃	Feroksida	%
CaO	Kalsium Oksida	%
MgO	Magnesium Oksida	%
SO ₃	Selenium Trioksida	%
Cu	Tembaga	Ppm
Sr	<i>Stronsium</i>	Ppm
Q	Mineral kuarsa	
F	<i>Feldspar</i>	
L	Fragmen Litik	
0° 47' 00"	Koordinat	Derajat, Menit, Detik
R2	Rekresi	
%	Persentase	

KEPUSTAKAAN

Amri, C.H., Sanyoto, P., Hamonangan, B.H., Supriatna, S., Simandjuntak, W., & Pieters, P.E., 1990, Geological Map of the Sorong Sheet, Irian Jaya, 1:250.000, Geological Research and Development Centre, Bandung.

Bissell, H. J., Crook, K.A.W., Beck, K.C., Schwab, F. L., Folk, R.L., & Haaf, E. t., 2021. Sedimentary rock. [Online] Available at: <https://www.britannica.com/science/sedimentary-rock> [Accessed 9 February 2021].

Boggs Jr., S., 2006. Principles of Sedimentary and Stratigraphy. 4th ed. New Jersey: Prentice Hall.

Bow, D. B., 1986. Geology of Irian Jaya, Bandung, Indonesia: Geological Research and Development Centre.

Choerunnisa, T., Haryanto, A.D., Arfiansyah F., K., Hutabarat, J., & Handietri, Z., 2019. Karakteristik kimia batugamping Kompleks Kromong Kabupaten Cirebon. *Padjadjaran Geoscience Journal*, 3(6), pp. 449-458.

Cueto, M., López-Fernández, C., Pando, L. & Arias, D., 2020. Engineering geological assessment using geochemical, mineralogical, and petrographic analysis along the Riyadh Metro Line 3 (Saudi Arabia). *Arabian Journal of Geosciences* volume, 13(2).

Darman, H. & Sidi, F. H., 2000. An Outline of the Geology of Indonesia. Jakarta: Indonesian Association of Geologist.

Devi, K. R. & Duarah, B. P., 2015. Geochemistry of Ukhrol limestone of Assam-Arakan subduction basin, Manipur, Northeast India. *Journal of the Geological Society of India*, Volume 85, p. 367–376.

Dickinson, W. R., Beard, L.S., Brakenridge, G.R., Erjavec, J.L., Ferguson, R.C., Inman, K.F., Knepp, R.A., Lindberg, F.A., & Ryberg, P.T., 1983. Provenance of North American Phanerozoic sandstone in relation to tectonic setting. *GSA Bulletin*, 94(2), p. 222-235.

Dickinson, W. R. & Suczek, C. A., 1979. Plate Tectonics and Sandstone Composition. *The American Association of Petroleum Geologist Bulletin (AAPG Bulletin)*, 63(12), p. 2164-2182.

Ehinola, O. A., Oderinde, O. & Ejeh, O. I., 2016. Geochemical Characterization of the Paleocene Ewekoro Limestone Formation, SW Nigeria: Implications for Provenance, Diagenesis and Depositional Environment. *Geomaterials*, 06(03), pp. 61-77.

Flügel, E., 2010. Microfacies of Carbonate Rocks, Analysis, Interpretation and Application. Berlin: SpringerVerlag.

Froidevaux, C. M., 1978. Tertiary tectonic history of Salawati area, Irian Jaya, Indonesia. *AAPG Bulletin*, 62(7), p. 1127-1150.

Gold, D. P., Burgess, P. M. & BouDagher-Fadel, M. K., 2017. Carbonate drowning successions of the Bird's Head, Indonesia. *Facies*, 63(25).

Gold, D. P., White, L. T., Gunawan, I. & BouDagher-Fadel, M. K., 2017. Relative sea-level change in western New Guinea recorded by regional biostratigraphic data. *Marine and Petroleum Geology*, Volume 86, pp. 1133-1158.

Hamilton, W. B., 1979. Tectonics of the Indonesian Region., Washington: United States Government Printing Office.

- Harahap, B. H., Bachri, S., Baharuddin, Suwarna, N., Panggabean, H., & Simandjuntak, T. O.**, 2003. Stratigraphic lexicon of Indonesia, Bandung: Geological Agency.
- Hidayat, M.**, 2016. Studi Mikrofasis Dan Diagenesis Batuan Karbonat Sebagai Penentu Lingkungan Pengendapan Di Daerah Nawungan Dan Sekitarnya, Kecamatan Panggang, Kabupaten Gunungkidul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Yogyakarta: Sekolah Tinggi Teknologi Nasional, Yogyakarta.
- Hill, K. C. & Hall, R.**, 2003. Mesozoic-Cenozoic evolution of Australia's New Guinea margin in a west Pacific context. Special Paper of the Geological Society of America, Volume 372, pp. 265-290.
- Holm, R., Gold, D.P., White, L., Webb, M., Mahoney, L., McLaren, S., Heilbronn, K.A., Österle, J., Mizera, M., Saroa, D., Lunge, M., & Webber, S.**, 2020. Provenance and Tectonics of the Allochthonous New Guinea Terranes: Implications for the Formation and Evolution of Regional Basins. Port Moresby, AAPG/EAGE.
- Irzon, R. & Maryanto, S.**, 2016. Geokimia Batugamping Formasi Gumai dan Formasi Baturaja di Wilayah Muaradua, Ogan Kumering Ulu Selatan, Provinsi Sumatera Selatan. Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral, 17(3).
- Jost, B. M., Webb, M. & White, L.**, 2018. The Mesozoic and Palaeozoic granitoids of northwestern New Guinea. The Geology of Western New Guinea.
- Kinsman, D. J. J.**, 1969. Interpretation of Sr+2 Concentrations in Carbonate Minerals and Rocks. Journal of Sedimentary Research, 39(2), p. 486-508.
- Koesoemadinata, R. P.**, 2020. An Outline of The Geology of Indonesia. 3rd ed. Bandung: Jurusan Teknik Geologi ITB.
- Mamengko, D. V., Sendjadja, Y.B., Mulyana, B., Panggabean, H., Haryanto, Iyan Haryanto, I., Lelono, E.B., Musu, J.T., & Panuju**, 2019. Perkembangan Fasies Sedimen Berumur Miosen Akhir-Pliosen di Cekungan Papua Utara. Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral, Volume 20, pp. 37-47.
- Morgan, W. A., George, A.D., Harris, P.M., Kupecz, J.A., & Sarg, J. F.**, 2010. Cenozoic Carbonate Systems of Australasia. SEPM Society for Sedimentary Geology, Volume 95.
- Nichols, G.**, 2009. Sedimentology and Stratigraphy. 2nd ed. United Kingdom: Willey-Blackwell.
- Noegroho, G. P. A.**, 2020. Pemetaan geologi dan analisis Provenance batupasir Formasi Balikpapan pada daerah Sepaku, Penajam Paser Utara, Kalimantan Timur. Jakarta: Universitas Pertamina.
- Pettijohn, F. J., Potter, P. E. & Siever, R.**, 1972. Sand and Sandstones. New York, USA: Springer.
- Riadini, P. & Sapiie, B.**, 2012. The Sorong Fault Zone kinematics: the evidence of divergence and horsetail structure at NW Bird's Head and Salawati Basin, West Papua, Indonesia. Singapore.
- Robinson, G. P., Pieters, P. E. & Ratman, N.**, 1990. Geologi Lembar Manokwari, Irian Jaya. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Sapiie, B., Naryanto, W., Adyagharini, A. C. & Pamumpuni, A.**, 2012. Geology and tectonic evolution of Bird Head region Papua, Indonesia: implications for hydrocarbon exploration in the Eastern Indonesia. Singapore, AAPG International Convention and Exhibition.
- Todd, T. W.**, 1966. Petrogenetic Classification of Carbonate Rocks. Journal of Sedimentary Research, 36(2), p. 317-340.
- Webb, M. & White, L.**, 2016. Age and nature of Triassic magmatism in the Netoni Intrusive Complex, West Papua, Indonesia. Journal of Asian Earth Sciences.
- Webb, M., White, L. T., Jost, B. M. & Tiranda, H.**, 2019. The Tamrau Block of NW New Guinea records late Miocene–Pliocene collision at the northern tip of the Australian Plate. Journal of Asian Earth Sciences, Volume 179, pp. 238-260.
- Webb, M., White, L.T., Jost, B.M., Tiranda, H., & BouDagher-Fadel, M.**, 2020. The history of Cenozoic magmatism and collision in NW New Guinea – New insights into the tectonic evolution of the northernmost margin of the Australian Plate. Gondwana Research, Volume 82, pp. 12-38.
- White, L. T., Hall, R., Gunawan, I. & Kohn, B.**, 2018. Tectonic mode switches recorded at the northern edge of the Australian Plate during the Pliocene and Pleistocene. Tectonics, 38(1), pp. 281-306.
- Wilson, J. L.**, 1975. Carbonate Facies In Geologic History. New York: Springer.
- Wilson, M. E.**, 2002. Cenozoic carbonates in Southeast Asia: implications for equatorial carbonate development. Sedimentary Geology, 147(3-4), pp. 295-428.
- Zaid, S. M., Elbadry, O., Ramadan, F. & Mohamed, M.**, 2015. Petrography and geochemistry of pharaonic sandstone monuments in Tall San Al Hagr, Al Sharqiya Governorate, Egypt: Implications for provenance and tectonic setting. Turkish Journal of Earth Sciences, 24(4), p. 344-364.