

ANALISIS LINGKUNGAN PENGENDAPAN FORMASI BATUGAMPING DAYANG DISTRIK BATANTA UTARA

by David Victor Mamengko

Submission date: 26-Apr-2023 11:22AM (UTC+0900)

Submission ID: 2075698858

File name: ENGENDAPAN_FORMASI_BATUGAMPING_DAYANG_DISTRIK_BATANTA_UTARA.pdf (1.67M)

Word count: 6393

Character count: 38652

ANALISIS LINGKUNGAN PENGENDAPAN FORMASI BATUGAMPING DAYANG DISTRIK BATANTA UTARA, KABUPATEN RAJA AMPAT, PROVINSI PAPUA BARAT

ABSTRAK

Daerah Yensawai memiliki kondisi geologi yang 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 relative sama dengan batugamping di kawasan *Auwewa Volcanic Group* dan memiliki kesamaan dengan Batugamping Maruni dan Batugamping Kais. Analisis yang digunakan dalam penelitian ini analisis geokimia, yaitu: *x-ray fluescene* (XRF), analisis *provenance* dan analisis *microfasies* karbonat guna 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 mikrofases karbonat daerah penelitian menunjukkan daerah penelitian merupakan penciri dari *deep shelf*. 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*.

Kata Kunci: Yensawai, Batugamping Dayang, XRF, *provenance*, mikrofases karbonat

ABSTRACT

Geologically, Yensawai area is dominated by igneous rock as basement and sedimentary rocks (limestone and siliciclastic) where the area is part of Auwewa Volcanic Grpup. Dayang limestone is one of the formation that has relatively similar characteristic as limestone in Auwewa Group, limestone Maruni and limestone Kais. The analysis used Geochemical analysis such as a-ray fluescene (XRF), provenance, and carbonate microfacies to determine litology type, depositional environment, chemical compostion and source rock materials. The results of geochemical analysis show that Dayang Limestone was deposited under conditions of low evaporation rate of seawater (evaporation), paleo salinity, a fast sulfate reduction rate and a calm flow and low energy. The results of the provenance analysis show that source of Dayang limestones came from the dissected arc and transitional arc. Carbonate microfacies analysis shows that the study area is a feature of the deep shelf. This study shows that Dayang limestones were deposited in a different environment from Kais limestones and Maruni limestones. The stratigraphic relationship of Dayang limestones is similar to Sagewin limestones in the Dore Volcano Formation deposited in the fore reef environment as an island arc. The results of geochemical analysis show that Dayang Limestone was deposited under conditions of low evaporation rate of sea water (evaporation) and paleo salinity, fast sulfate reduction rate and has a calm flow and low energy.

Kata Kunci: Yensawai, Dayang limestone, XRF, *provenance*, *microfacies*

I. PENDAHULUAN

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, 1973; Froidevaux, 1978; Amri dkk,

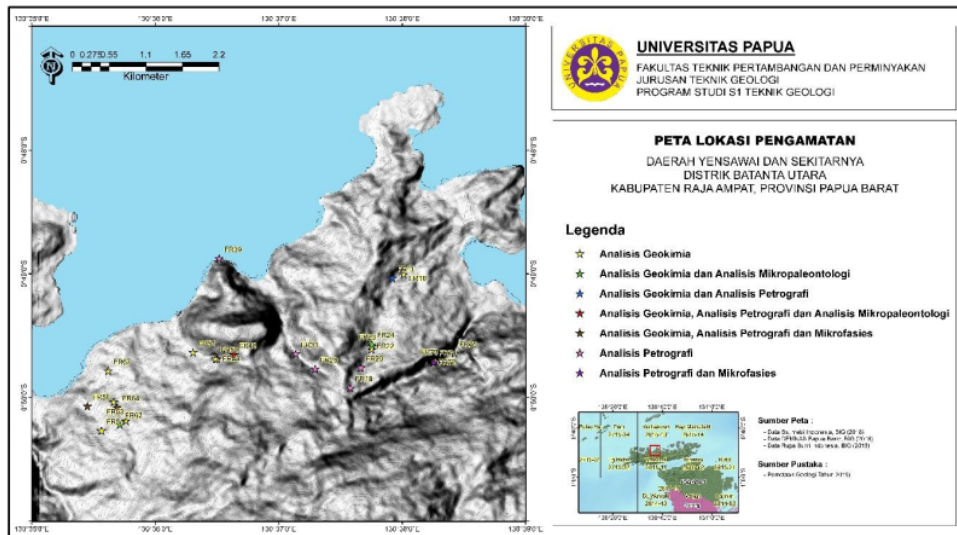
1990; Sapiie dkk, 2013; Riadini dan Sapiie, 2013; Webb dkk, 2019, White dkk, 2020). Pemetaan geologi yang dilakukan oleh Amri, dkk pada tahun 1990, terdapat adanya pembaruan formasi yaitu Formasi Yarifi dan Batuan Gunungapi Batanta sebelumnya disebut sebagai Formasi Batanta, kemudian dipisahkan berdasarkan litologi dan Batugamping Dayang dulunya sebagai

Batugamping Kais. Batugamping Dayang merupakan salah satu formasi yang memiliki karakteristik batugamping yang berada di Kawasan *Auwewa Volcanic Group* (Froidevaux., 1978; Pieters, dkk. 1990; Dow, dkk. 2005; Gold, dkk. 2017; White, dkk. 2020). Batugamping Dayang merupakan Formasi berumur Oligosen Akhir sampai Miosen Tengah yang tersusun atas kalkarenit, batupasir litik dan minor konglomerat yang terbentuk akibat proses *rifting setting* dimana endapan tersebut berupa pengendapan karbonat (*attached*) yang tersebar di bagian tengah sampai barat pulau Batanta (Amri dkk, 1990; Wilson dan Hall, 2010). Batugamping Dayang diketahui sebagai Batugamping Kais yang mengalami *uplifted* dan *tilted* oleh intrusi basaltik dari Formasi Gunung Api Batanta, kemudian berganti nama Batugamping Dayang (Froidevaux., 1978; Amri dkk, 1990; Wilson dan Hall, 2010). Menurut Pieters, dkk (1990), Batugamping Dayang memiliki kesamaan dengan Batugamping Maruni karena memiliki karakteristik batuan karbonat pada gunung api. Perubahan nama tersebut menandakan adanya perbedaan litologi, lingkungan pengendapan, dan bahkan komposisi kimia batuan pada Batugamping Dayang. Analisis yang dapat mendeskripsikan tentang litologi, lingkungan pengendapan, komposisi kimia batuan, dan asal material pembentuk batuan yaitu dengan

melakukan analisis geokimia dengan metode XRF, analisis *provenance* dan Analisis *Microfasies* Karbonat. Tujuan melakukan penelitian ini adalah menganalisis lingkungan pengendapan Formasi Batugamping Dayang berdasarkan pada analisis geokimia, analisis *provenance*, dan analisis mikrofases karbonat kemudian mengkolerasikan data tersebut dengan kejadian tektonik oleh penelitian terdahulu

1. METODOLOGI

Penelitian ini dimulai dengan pengambilan sampel di wilayah Yensawai pada koordinat pada koordinat S: 0° 47' 00" – 0° 51' 00" dan E: 130° 35' 00" – 130° 39' 00". Sampel yang di ambil merupakan bagian dari Formasi Batugamping Dayang dengan jumlah sampel yaitu 19 sampel. Sampel kemudian dilakukan analisis seperti analisis fosil, analisis mikropaleontologi, analisis geokimia menggunakan metode *x-ray fluorescence* XRF. Analisis Petrografi dilakukan untuk mengetahui karakteristik batuan setelah itu dilakukan analisis *provenance* pada sampel yang memiliki mineral dominan kuarsa, felspar dan litik serta dilakukan analisis mikrofases karbonat pada sampel yang memiliki karakteristik sayatan karbonat dan memiliki fosil. Analisis geokimia menggunakan metode XRF ini dimanfaatkan untuk mengetahui kandungan oksida utama pada batugamping. Kemudian, hasil dari metode tersebut dianalisis untuk mengetahui korelasi antar senyawa oksida dan palaeo salinitas.



Gambar 1. Peta Lokasi Pengamatan

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Litologi

Formasari Batugamping Dayang pada daerah penelitian didominasi oleh litologi batugamping klastik, batupasir, batulemping, dan batupasir litik.

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 bebrapa lokasi terdapat mineral kalsit. Penamaan batuan ini menggunakan klasifikasi batupasir menurut Pettijohn (1987) menunjukkan *feldspathic wacke*.



Gambar 2. Litologi Formari Batugamping Dayang. (a) Batupasir, (b) Batulempung, (c) Batupasir Litik, (d) Batugamping Klastik

2) Batulempung

Batulemping memiliki warna coklat sampai merah, sedikit kompak, struktur berlapis tetapi di 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 (<0,001mm), kemas tertutup, bentuk butir membulat tanggung-menyudut tanggung, dan sortasi baik. Terdiri dari karsa (5%), feldspar (3%), opak (10%), dan didominasi oleh mineral lempung silika (82%). Penamaan batuan ini menggunakan klasifikasi batupasir menurut Pettijohn (1987) menunjukkan *Mudrock*.

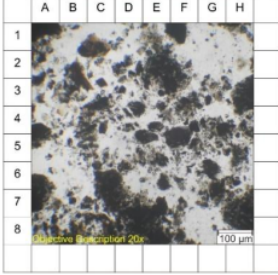
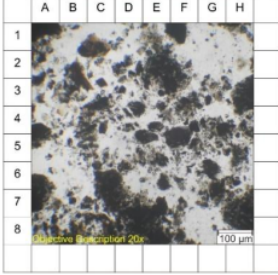
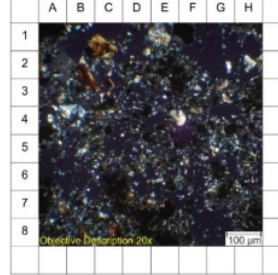
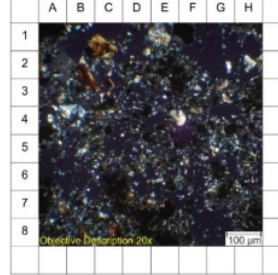
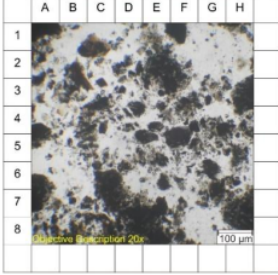
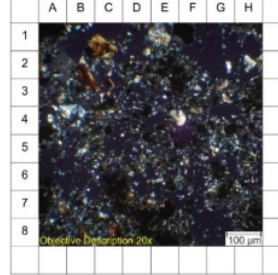
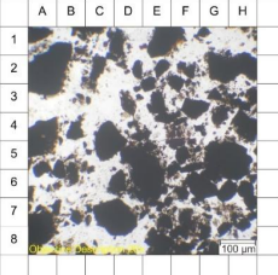
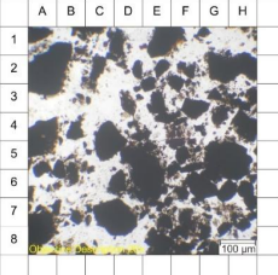
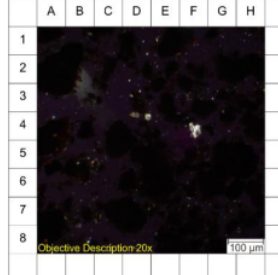
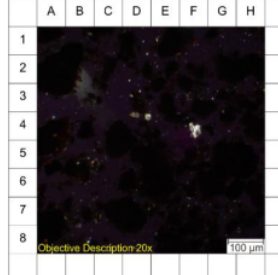
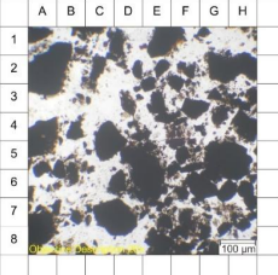
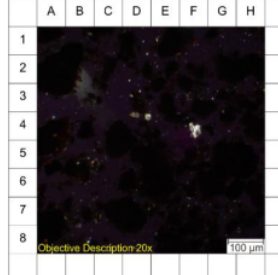
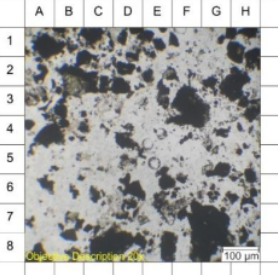
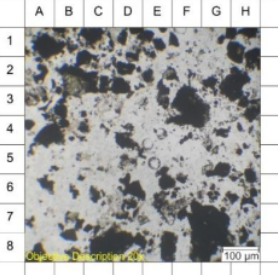
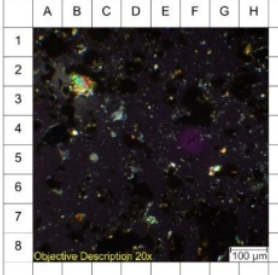
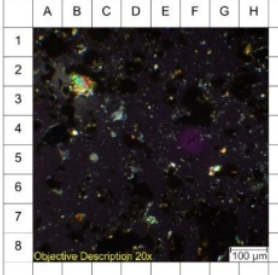
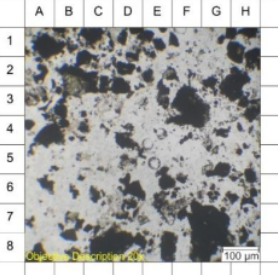
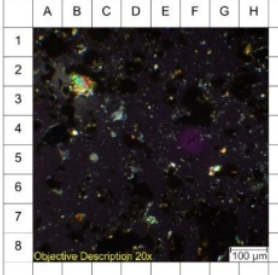
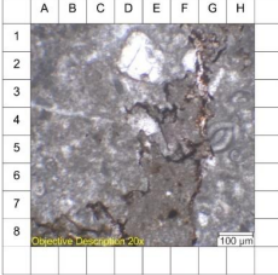
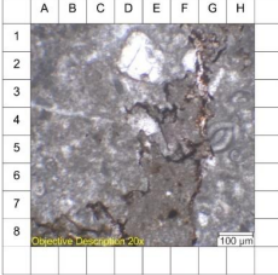


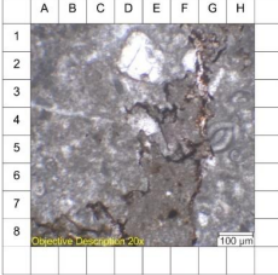

3) Batupasir Litik

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 (<0,001-0,25mm) 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 (<0,01mm), 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 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*.

Tabel 1. Analisis Petrografi Litologi pada Formasi Dayang

Litologi	Analisis Petrografi																																																																																					
	PPL (Plane Polarized Light)	XPL (Cross Polarized Light)																																																																																				
Batupasir	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> <th>E</th> <th>F</th> <th>G</th> <th>H</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td colspan="8" rowspan="8">  </td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td></td></tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		A	B	C	D	E	F	G	H	1										2		3		4		5		6		7		8											<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> <th>E</th> <th>F</th> <th>G</th> <th>H</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td colspan="8" rowspan="8">  </td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td></td></tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		A	B	C	D	E	F	G	H	1										2		3		4		5		6		7		8										
		A	B	C	D	E	F	G	H																																																																													
1																																																																																						
2																																																																																						
3																																																																																						
4																																																																																						
5																																																																																						
6																																																																																						
7																																																																																						
8																																																																																						
	A	B	C	D	E	F	G	H																																																																														
1																																																																																						
2																																																																																						
3																																																																																						
4																																																																																						
5																																																																																						
6																																																																																						
7																																																																																						
8																																																																																						
Batulempung	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> <th>E</th> <th>F</th> <th>G</th> <th>H</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td colspan="8" rowspan="8">  </td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td></td></tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		A	B	C	D	E	F	G	H	1										2		3		4		5		6		7		8											<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> <th>E</th> <th>F</th> <th>G</th> <th>H</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td colspan="8" rowspan="8">  </td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td></td></tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		A	B	C	D	E	F	G	H	1										2		3		4		5		6		7		8										
		A	B	C	D	E	F	G	H																																																																													
1																																																																																						
2																																																																																						
3																																																																																						
4																																																																																						
5																																																																																						
6																																																																																						
7																																																																																						
8																																																																																						
	A	B	C	D	E	F	G	H																																																																														
1																																																																																						
2																																																																																						
3																																																																																						
4																																																																																						
5																																																																																						
6																																																																																						
7																																																																																						
8																																																																																						
Batupasir Litik	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> <th>E</th> <th>F</th> <th>G</th> <th>H</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td colspan="8" rowspan="8">  </td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td></td></tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		A	B	C	D	E	F	G	H	1										2		3		4		5		6		7		8											<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> <th>E</th> <th>F</th> <th>G</th> <th>H</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td colspan="8" rowspan="8">  </td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td></td></tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		A	B	C	D	E	F	G	H	1										2		3		4		5		6		7		8										
		A	B	C	D	E	F	G	H																																																																													
1																																																																																						
2																																																																																						
3																																																																																						
4																																																																																						
5																																																																																						
6																																																																																						
7																																																																																						
8																																																																																						
	A	B	C	D	E	F	G	H																																																																														
1																																																																																						
2																																																																																						
3																																																																																						
4																																																																																						
5																																																																																						
6																																																																																						
7																																																																																						
8																																																																																						
Batugamping Klastik	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> <th>E</th> <th>F</th> <th>G</th> <th>H</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td colspan="8" rowspan="8">  </td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td></td></tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		A	B	C	D	E	F	G	H	1										2		3		4		5		6		7		8											<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> <th>E</th> <th>F</th> <th>G</th> <th>H</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td colspan="8" rowspan="8">  </td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td></td></tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		A	B	C	D	E	F	G	H	1										2		3		4		5		6		7		8										
		A	B	C	D	E	F	G	H																																																																													
1																																																																																						
2																																																																																						
3																																																																																						
4																																																																																						
5																																																																																						
6																																																																																						
7																																																																																						
8																																																																																						
	A	B	C	D	E	F	G	H																																																																														
1																																																																																						
2																																																																																						
3																																																																																						
4																																																																																						
5																																																																																						
6																																																																																						
7																																																																																						
8																																																																																						

**B. ANALISIS LINGKUNGAN
PENGENDAPAN FORMASI
BATUGAMPING DAYANG**

ANALISIS GEOKIMIA

Analisis geokimia menggunakan metode *x-ray fluorescence* XRF merupakan sebuah metode analisis yang banyak digunakan pada penelitian ilmu kebumihian 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 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 *X-ray Fluorescence* 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 (Ferroksida) serta unsur jejak yang digunakan untuk parameter analisis lingkungan pengendapan yaitu SO₃ (Sulfur Trioksida), Sr (Stronsium) dan Cu (Tembaga).

Tabel 2. Hasil Analisis XRF Formasi Batugamping Dayang

Sampel	Senyawa Oksida (%)							Unsur Jejak	
	Fe2O3	CaO	SiO2	AL2O3	MgO	Fe2O3	SO3	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

1). 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

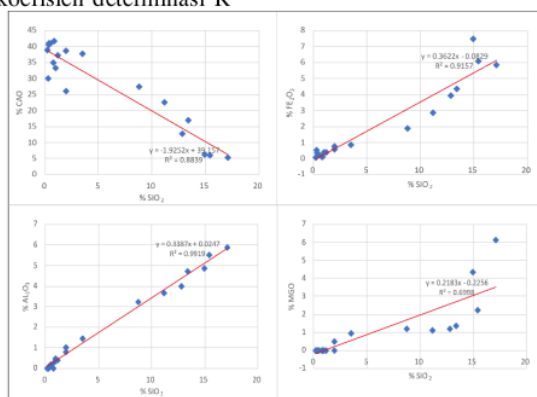
(Kalsium Oksida) ini menandakan bahwa daerah penelitian berada pada lingkungan laut dan adanya SiO₂ (Silikon Oksida) mengindikasikan batuan kompleks (*basement*). Hasil analisis XRF ini kemudian dibuat hubungan antar senyawa oksida menggunakan

bivariate plots. Kemudian, *bivariate plots* akan menghasilkan nilai koefisien determinasi R^2 yang memiliki kegunaan untuk melihat seberapa besar kontribusi (kekuatan) pengaruh yang diberikan variable X terhadap variable Y. Diagram *bivariate plots* dapat dilihat pada Gambar 5.43 atau Lampiran 4. 1. 2, penggunaan elemen utama (*major*) dengan digaram *bivariate plots* menggunakan 5 senyawa utama yaitu CaO, SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, dan MgO (Choerunnisa, dkk. 2019).

a. Silika Oksida (SiO₂)

Bivariate plots antara SiO₂ dengan Fe₂O₃ dan Al₂O₃ memiliki nilai koefisien determinasi R^2

= 0.9991 dan $R^2 = 0.9157$ menunjukkan korelasi positif yang sangat kuat. SiO₂ dengan MgO memiliki nilai $R^2 = 0.6998$ menunjukkan korelasi positif yang kuat, sedangkan SiO₂ dengan CaO menunjukkan korelasi *negative* (arah $Y = -1,9252x + 39.157$) yang sangat kuat dengan nilai $R^2 = 0.9746$. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan SiO₂ disebabkan oleh penurunan senyawa CaO, begitupun sebaliknya. Konsentrasi tinggi pada SiO₂ menunjukkan laju *influx* tergenang sangat tinggi selama pengendapan batugamping (Devi dan Duarah, 2015).

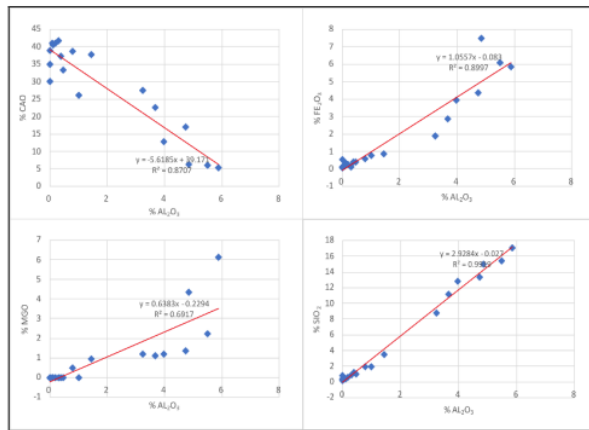


Gambar 3. Bivariate plots antara senyawa SiO₂ dengan CaO, Al₂O₃, Fe₂O₃, dan MgO.

b. Aluminium Oksida (Al₂O₃)

Bivariate plots antara Al₂O₃ dengan SiO₂ dan Fe₂O₃ memiliki nilai koefisien determinasi $R^2 = 0.9999$ dan $R^2 = 0.8997$ menunjukkan korelasi positif yang sangat kuat. Al₂O₃ dengan MgO memiliki nilai $R^2 = 0.6917$ menunjukkan korelasi positif yang kuat, sedangkan Al₂O₃ dengan CaO menunjukkan korelasi *negative*

(arah $Y = -5,6185x + 39.17$) yang sangat kuat dengan nilai $R^2 = 0.8707$. 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).

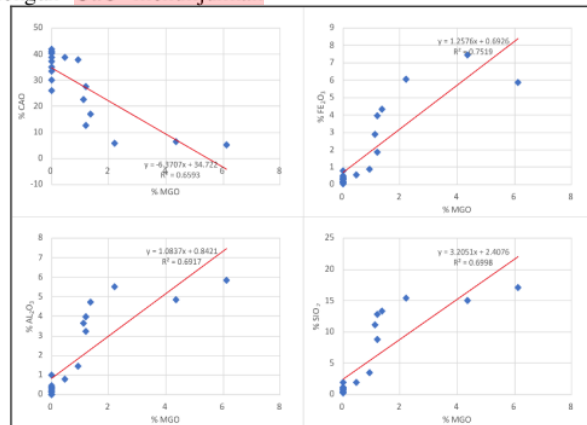


Gambar 4. Bivariate plots antara senyawa Al₂O₃ dengan CaO, Fe₂O₃, SiO₂, dan MgO

c. Magnesium Oksida (MgO)

Bivariate plots antara MgO dengan Fe₂O₃, SiO₂ dan Al₂O₃ memiliki nilai koefisien determinasi secara berturut – turut $R^2 = 0.7519$, $R^2 = 0.6998$, dan $R^2 = 0.6917$ menunjukkan korelasi positif yang kuat, sedangkan MgO dengan CaO menunjukkan

korelasi negative (arah $Y = -6,3707x + 34.722$) yang kuat dengan nilai $R^2 = 0.6593$. 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 dan Duarah, 2015).

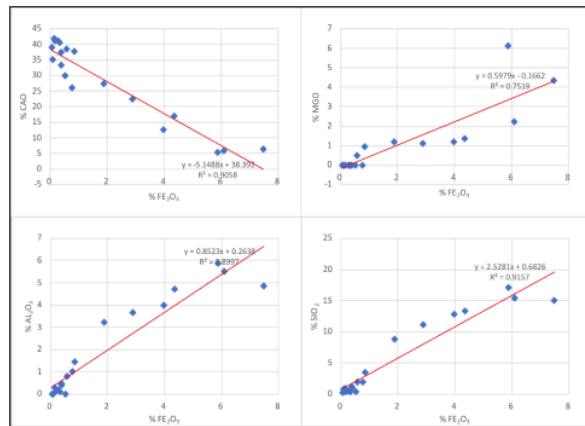


Gambar 5. Bivariate plots antara senyawa MgO dengan CaO, Fe₂O₃, Al₂O₃ dan SiO₂

d. Feroksida (Fe₂O₃)

Bivariate plots antara Fe₂O₃ dengan SiO₂, Al₂O₃ dan MgO memiliki nilai koefisien determinasi secara berturut – turut $R^2 = 0.9157$, $R^2 = 0.8997$, dan $R^2 = 0.7519$ menunjukkan korelasi positif yang sangat kuat, sedangkan Fe₂O₃ dengan CaO menunjukkan korelasi negative (arah $Y = -5,1488x + 38.392$) yang sangat kuat dengan nilai $R^2 = 0.6593$.

Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan Fe₂O₃ disebabkan oleh penurunan senyawa CaO. Konsentraso 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)

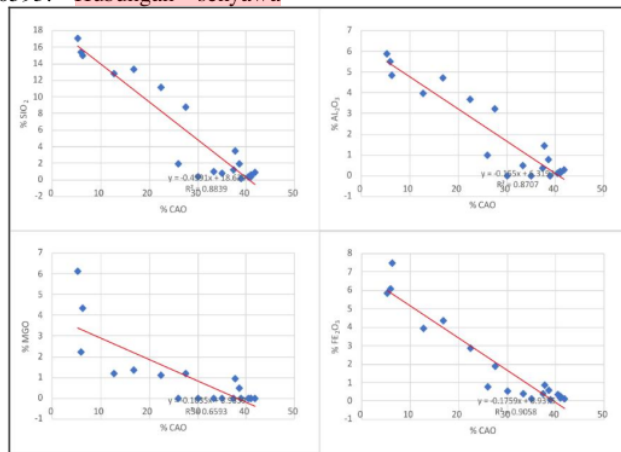


Gambar 6. Bivariate plots antara senyawa Fe₂O₃ dengan CaO, MgO, Al₂O₃ dan SiO₂

1
e. **Kalsium Oksida (CaO)**

Bivariate plots antara CaO dengan Fe₂O₃, SiO₂, dan Al₂O₃ memiliki nilai koefisien determinasi secara berturut – turut $R^2 = 0,9157$ (arah $Y = -0,1759x + 6,937$), $R^2 = 0,8997$ (arah $Y = -0,4891x + 18,629$), dan $R^2 = 0,8707$ (arah $Y = -0,155x + 6,319$) menunjukkan korelasi *negative* yang sangat kuat, sedangkan CaO dengan MgO menunjukkan korelasi *negative* (arah $Y = -0,1035x + 3,9$) yang kuat dengan nilai $R^2 = 0,6593$. 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).



Gambar 7. Bivariate plots antara senyawa CaO dengan SiO₂, Al₂O₃, MgO dan Fe₂O₃

2) Element Jejak (Trace Element)

Konsentrasi elemen jejak dalam daerah penelitian diberikan pada Tabel 2. Konsentrasi 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 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) mengatakan 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.

3) Implikasi Paleo-Salinitas

Berdasarkan tabel klasifikasi geokimia batugamping, Lebih dari 63% sampel diklasifikasikan sebagai *Limestone* "mumi" dan sekitar 16% masing – masing adalah *Magnesian Limestone* dan *Dolomitized Limestone*, dan hanya sekitar 5% merupakan *Dolomitic 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 (*Magnesian Dolomite*). Standar rasio dan rasio timbal balik komposisi Ca dan Mg pada Formasi Batugamping Dayang ditunjukkan pada Tabel 5.5.

1

Tabel 3. Hasil Klasifikasi Geokimia Batugamping oleh Todd (1966)

Lokasi	% CaO	% MgO	Ca/Mg	Mg/Ca	Nomenclature (Todd, 1966)
FR10	7.60	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	12.70	1.21	10.51	0.10	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	0.00	0.00	0.00	Limestone
FR51	38.91	0.00	0.00	0.00	Limestone
FR52	38.63	0.48	81.31	0.01	Limestone
FR59	35.06	0.00	0.00	0.00	Limestone
FR61	33.37	0.00	0.00	0.00	Limestone
FR62	30.05	0.00	0.00	0.00	Limestone
FR63	40.47	0.00	0.00	0.00	Limestone
FR64	41.02	0.00	0.00	0.00	Limestone
FR66	26.08	0.00	0.00	0.00	Limestone
FR67	37.77	0.93	40.78	0.02	Limestone
FR72	37.34	0.00	0.00	0.00	Limestone
FR73	5.97	2.21	2.70	0.37	Dolomitized Limestone
FR75	41.82	0.00	0.00	0.00	Limestone

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), feldspar (F), dan litik fragmen (L) dari Dickinson dan Suczeck (1979). 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 4), 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 5). 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 4. Perhitungan presentasi QFL (%) menggunakan metode *grid counting*

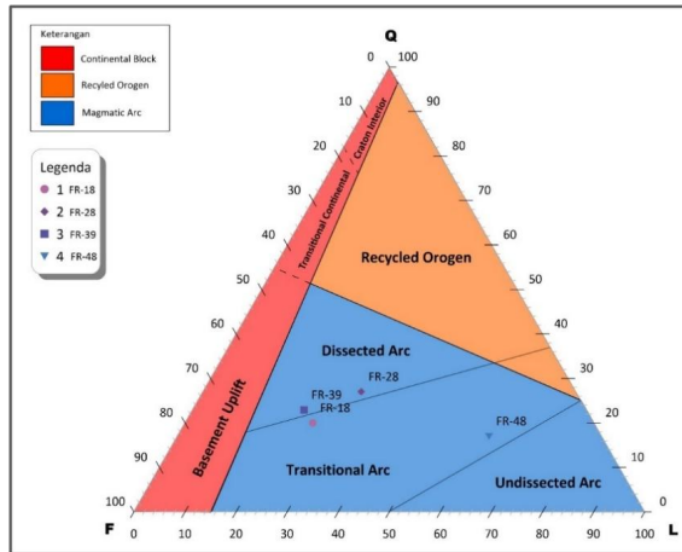
No	Counting QFL				Normalisasi QFL %				Nama Batuan
	Q	F	L	Total	Q	F	L	Total	
FR-18	64	182	78	324	20	56	24	100	Feldspathic Wacke
FR-28	88	140	102	330	27	42	31	100	Feldspathic Wacke
FR-39	73	176	70	319	23	55	22	100	Feldspathic Wacke
FR-48	56	73	203	322	17	22	61	100	Lithic Wacke

Tabel 5. Komposisi Batupasir dalam Tipe Utama Lempeng (Dickinson dan 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

Hasil klasifikasi pada diagram segitiga *provenance* (QFL) oleh Dickinson dan Suczek, 1979, 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 8). Menurut Dickinson. and Suczek (1979), 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 basalt 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 intraarcbasins; trenches; possibly abyssal-plainbasins*. Memiliki efek moderat dari iklim dan transportasi yang minimal.



Gambar 8. Diagram Provenance Batupasir pada Formasi Batugamping Dayang (Dickinson dan Suzek, 1979; Dickinson, 1983)

**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

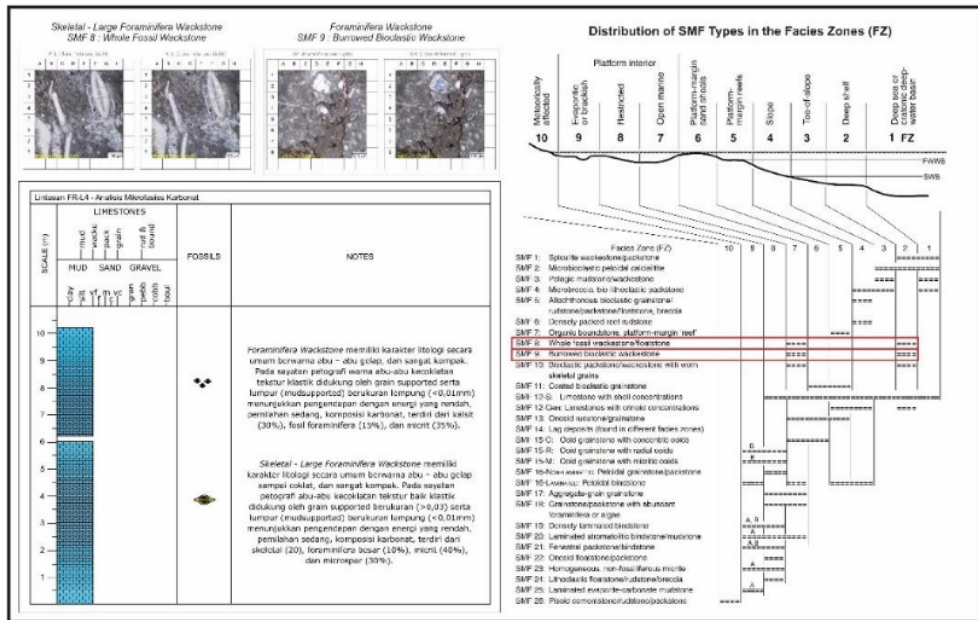
pemberian nama pada kelompok fasies. Hasil analisis petrografi dari dengan 2 jalur lintasan dirangkum dalam bentuk tabulasi yang berisi penamaan petrografi, nama fasies dan penentuan lingkungan pengendapan. Berikut ini hasil analisis dari tiga lintasan pada daerah penelitian (Tabel. 6).

Tabel 6. Analisis fasies berdasarkan tekstur batuan dan kelimpahan organisme, serta fasies lingkungan pengendapan

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

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 (*mudsupported*) berukuran lempung (<0,01mm) menunjukkan pengendapan dengan energi yang rendah, pemilahan sedang, komposisi karbonat, terdiri dari skeletal (20), foraminifera besar (10%), mikrit (40%), dan microspar (30%). Pada sayatan sudah menunjukkan adanya proses *diagenesis Neomorfisme* (adanya penggantian matriks lumpur karbonat oleh mikrosparit yang berasal dari lingkungan *meteoric phreatic*) dan proses diagenesis sementasi (adanya penggantian matriks lumpur karbonat oleh mikrosparit yang berasal dari lingkungan *meteoric phreatic*). Karakter batugamping yang seperti ini pada umumnya sesuai dengan SMF 8: *Whole fossil wackstone* menurut Flugel (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 (*rinned*) menurut Wilson (1975).

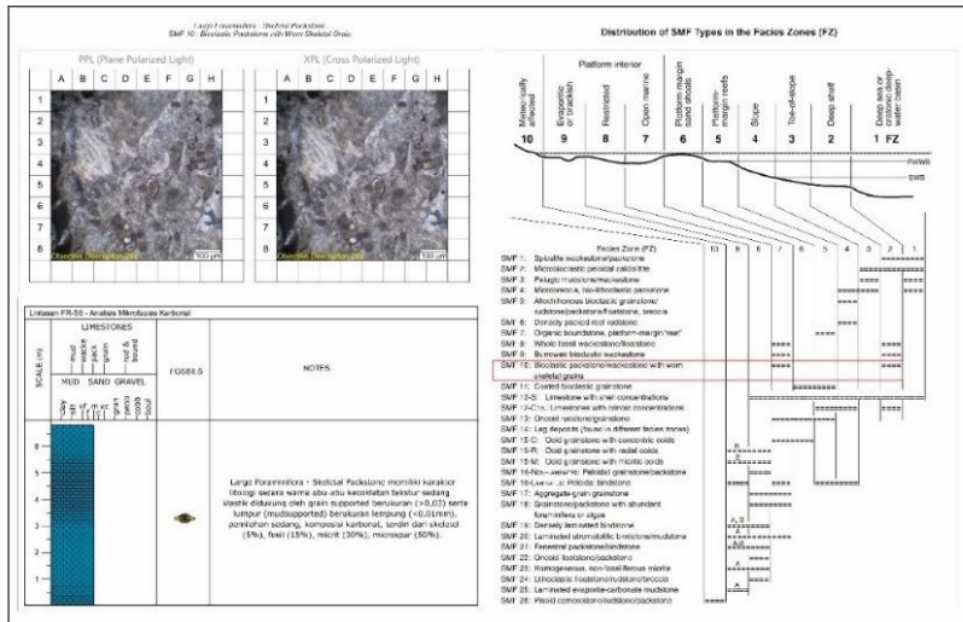
Fasies batuan karbonat Foraminifera Wackstone memiliki karakter litologi secara umum berwarna abu – abu gelap, dan sangat kompak. Pada sayatan petrografi warna abu-abu kecoklatan tekstur klastik didukung oleh *grain supported* serta lumpur (*mudsupported*) berukuran lempung (<0,01mm) menunjukkan pengendapan 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. Karakter batugamping yang seperti ini pada umumnya sesuai dengan SMF 9: *Burrowed bioclastic wackstone* menurut Flugel (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 (*rinned*) menurut Wilson (1975) (Gambar 9).



Gambar 9. Mikrofasi Karbonat Lintasan 1

Fasies batuan karbonat *Large Foraminifera - Skeletal* **3**ackstone memiliki karakter litologi secara warna abu-abu kecoklatan tekstur sedang klastik didukung oleh grain supported berukuran (>0,03) serta lumpur (*mud supported*) berukuran lempung (<0,01mm), pemilahan sedang, komposisi karbonat, terdiri dari skeletal, fosil, micrit microspar. Pada sayatan sudah **2**enunjukkan adanya proses diagenesis Neomorfisme (adanya peggan**2**n matriks lumpur karbonat oleh mikrosporit yang berasal dari lingkungan *meteoric phreatic*) dan Mictisasi microbial (adanya lumpur karbonat sebagai hasil pemikritan yang terkonsentrasi di bagian

pinggir butiran atau fosil foraminifera besar bentik, b**2**asal dari lingkungan *marine phreatic*). Karakter batugamping yang seperti ini pada umumnya sesuai dengan SMF 10: *Bioclastic packstone with worn skeletal grains* menurut Flugel (2010) yang merupakan penciri dari *Open Marine* 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 10).



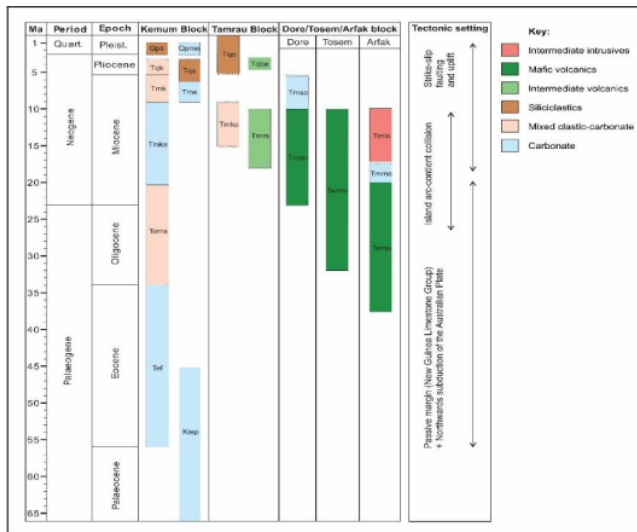
Gambar 10. Mikrofases Karbonat Lintasan 2

HUBUNGAN STRATIGRAFI DAN LINGKUNGAN PENGENDAPAN FORMASI BATUGAMPING DAYANG.

Formasi Batugamping Dayang menurut Harahap (2003) formasi ini berumur Oligosen – Miosen diperkenalkan oleh Amri, dkk (1990). Formasi ini memiliki litologi kalkarenit, batulempung gampingan, batulumpur gampingan, batupasir litik dan sedikit konglomerat (Amri dkk, 1990; Harahap, 2003; Koesoemadinata, 2020). Pada hasil lapangan, Formasi Batugamping Dayang memiliki variasi litologi berupa batugamping klastik, batupasir litik, batupasir, dan batulempung. Formasi ini terbentuk akibat pada tektonik *island arc* berdekatan dengan margin dari lempeng benua yang diintrepetasikan sebagai hasil tumbukkan dari *island arc* – *continent collision* pada Oligosen sampai Miosen (Peters, dkk. 1989; Amri, dkk. 1990; Wilson, 2002; Harahap, 2003; Dow, 2005; Wilson dan Hall, 2010).

Pada *bivariate plot* menggunakan 5 senyawa utama yaitu CaO, SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, dan MgO 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. Unsur MgO menunjukkan pengaruh yang sangat 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 “mumi” dan sekitar 16% masing – masing adalah *magnesian limestone* dan *dolomitized limestone*, dan hanya sekitar 5% merupakan *dolimitic limestone*. Menurut 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*, *dolomitized 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.



Gambar 11. Modifikasi Stratigrafi Kenozoikum Kepala Burung (Webb, 2019)

Unsur jejak (trace) pada daerah penelitian seperti SO_3 , dan Sr memiliki kandungan sangat penting dalam menentukan lingkungan pengendapan. Konsentrasi 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 dan 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* (Pieters, dkk. 1990; Harahap, 2003; Dow, 2005). Froidevaux (1975) menambahkan Formasi Batugamping Dayang merupakan bagian dari Formasi Batugamping

Kais yang mengalami *uplifted* dan *tilted* dengan intrusi basaltik.

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 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 mikrofases pada Formasi Batugamping Sagemwin dari Formasi Gunungapi Dore, dari hasil tersebut menjelaskan bahwa batugamping diendapkan pada *Fore Reef Environment*.

Analisis mikrofases 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 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 dan litologi dari Formasi Batugamping Kais dan Batugamping Maruni. Kemungkinan batugamping yang dimaksud oleh Froidevaux (1975) adalah Formasi Batugamping Waigeo di mana Wilson (2002) menjelaskan bahwa formasi ini dipengaruhi oleh *sea level chage* dan kedalaman air (water depth) dengan setting tektonik berada pada *post-collision stable arc*.

Hubungan stratigrafi Formasi Batugamping Dayang yang mempunyai kemiripan dengan *island arc* yaitu Formasi Batugamping Sagewin pada Formasi Gunungapi Dore yang memiliki lingkungan pengendapan *Fore Reef Environment*. Formasi ini memiliki litologi kalkarenit, kalsilutit, batulanau gampingan, batupasir gampingan, dan batupasir litik. kontrol pengendapan formasi ini dikendalikan oleh kedalaman air (water depth) dan masuknya klastik/vulkaniklastik. Formasi ini terbentuk akibat pada tektonik *island arc* berdekatan dengan margin dari lempeng benua Oligosen sampai Miosen (Wilson, 2002, 2010; Webb, dkk. 2019; Koesoemadinata, 2020) (Gambar 11).

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 dan Suczek (1979) menunjukkan bahwa Formasi Batugamping Dayang bersumber dari area *Dissected Arc* dan *Transitional Arc*. Analisis mikrofases 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 berada pada *outer* dan *mid-ramp settings*. Berdasarkan hasil analisis lingkungan pengendapan 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 Sagewin 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 mengantar 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 SINGKATAN DAN SIMBOL

Simbol	Defenisi	Satuan
XRF	X-Ray Fluescene	
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	Stronsium	Ppm
Q	Mineral kuarsa	
F	Feldspar	
L	Fragmen Litik	
0° 47' 00"	Koordinat	Derajat, Menit, Detik
R ²	Rekresi	

REFERENSI

- Amri, C.H., Sanyoto, P., Hamonangan, B.H., Supriatna, S., Simandjuntak, W., and Pieters, P.E., 1990. Geological Map of the Sorong Sheet, Irian Jaya, 1:250.000. Geological Research and Development Centre, Bandung.
- Boggs, S, Jr. 2006. *Principles of Sedimentary and Stratigraphy Fourth Edition*. New Jersey: Pearson Prentice Hall Publication.
- Choerunnisa, T., Haryanto, A. D., Arfiansyah, K., & Hutabarat, J. (2019). Karakteristik kimia batugamping Kompleks Kromong Kabupaten Cirebon, Provinsi Jawa Barat. *Padjadjaran Geoscience Journal*, 3(6), 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*, 13(2). <https://doi.org/10.1007/s12517-020-5091-8>
- Darman, H. dan Sidi, H. 2000. An Outline of the Geology of Indonesia. Indonesian Association of Geologist.
- David J. J. Kinsman. (1969). Interpretation of Sr+2 Concentrations in Carbonate Minerals and Rocks. *SEPM Journal of Sedimentary Research*, Vol. 39. <https://doi.org/10.1306/74d71cb7-2b21-11d7-8648000102c1865d>
- Devi, K. R., & Duarah, B. P. (2015). Geochemistry of Ukhrul limestone of Assam-Arakan subduction basin, Manipur, Northeast India. *Journal of the Geological Society of India*, 85(3), 367–376. <https://doi.org/10.1007/s12594-015-0226-3>
- Dickinson, W.R., Suczek, C.A. (1979). Plate Tectonics and Sandstone Composition, The American Association of Petroleum Geologist Bulletin, V.63, No.12, P.2164-2182.
- Dickinson, W.R. dkk (1983). Provenance of North American Phanerozoic sandstone in relation to tectonic setting, *Laboratory of Geotectonics, Departement of Geosciences, University of Arizona, Tucson, United States*.
- Ehinola, O. A., Ejeh, O. I., & Oderinde, O. J. (2016). Geochemical Characterization of the Paleocene Ewekoro Limestone Formation, SW Nigeria: Implications for Provenance, Diagenesis and Depositional Environment. *Geomaterials*, 06(03), 61–77. <https://doi.org/10.4236/gm.2016.63006>

- Flügel, E., 2010, “*Microfacies of Carbonate Rocks, Analysis, Interpretation and Application*”, SpringerVerlag, Berlin.
- Ghazy, P, A, N (2020). Pemetaan geologi dan analisis Provenance batupasir Formasi Balikpapan pada daerah Sepaku, Penajam Paser Utara, Kalimantan Timur. Skripsi Ujian Akhir. Universitas Pertamina, Jakarta Utara
- Gold, D.P., White, L.T., Gunawan, I., BouDagher-Fadel, M.K., 2017a. Relative sea-level change in western New Guinea recorded by regional biostratigraphic data. *Mar. Pet. Geol.* 86, 1133–1158. <https://doi.org/10.1016/J.MARPETGEO.2017.07.016>.
- Gold, D.P., Burgess, P.M., BouDagher-Fadel, M.K., 2017b. Carbonate drowning successions of the Bird’s Head, Indonesia. *Facies* 63 (4), 25. <https://doi.org/10.1007/s10347-017-0506-z>.
- Hamilton, W. 1979. Tectonics of the Indonesian Region. Geological Survey Professional Paper 1078. United States Government Printing Office, Washington.
- Harahap, B. Bachri, S. Baharuddin, Suwarna, N. Panggabeanand, H. Simanjuntak, T, O. 2003. Stratigraphic lexicon of Indonesia. Geological Research and Development Centre. Bandung
- 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. Skripsi Ujian Akhir. 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. *Evolution and Dynamics of the Australian Plate* 372. pp. 265–290.
- Holm, Rt. Oesterle, J. Gold, D. White, L. Webb, M. Mahoney, L. McLaren, S. Heilbronn, K. 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. EAGE PNG Geoscience Conference & Exhibition. DOI:10.1306/11319Holm2020. Port Moresby, Papua New Guinea
- Irzon, R., Sigit, M., K. (2016). Geokimia Batugamping Formasi Gumai dan Formasi Baturaja di Wilayah Muaradua, Ogan Kumering Ulu Selatan, Provinsi Sumatera Selatan. In *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral* (Vol. 17, Issue 3).
- Jost, B.M., Webb, M., White, L.T., 2018. The Mesozoic and Palaeozoic granitoids of northwestern New Guinea. *Lithos* 312–313, 223–243. <https://doi.org/10.1016/J.LITHOS.2018.04.027>.
- Koesoemadinata R.P., 2020. *An Outline of The Geology of Indonesia: Jilid 3*. Jurusan Teknik Geologi ITB. Bandung
- Mamengko, D. V. 2019 “Perkembangan Fasies Sedimen Berumur Miosen Akhir-Pliosen di Cekungan Papua Utara”. *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral*. Vol. 20. Februari 2019 p 37-47.
- Nichols, G. 2009. *Sedimentology and Stratigraphy*, 2nd ed. Willey-Blackwell. United Kingdom.
- Pettijohn, F.J.; Potter, P.E.; Siever, R. 1972. *Sand and Sandstones*; Springer: New York, NY, USA.; pp. 1–49.
- Schwab, Frederick L. , Bissell, Harold J. , Beck, Kevin Charles , Crook, Keith A.W. , Haaf, Ernst ten and Folk, Robert Louis. "Sedimentary rock". *Encyclopedia Britannica*, 9 Feb. 2021, <https://www.britannica.com/science/sedimentary-rock>.
- Todd, Thomas W. (1966). Petrogenetic Classification of Carbonate Rocks. *SEPM Journal of Sedimentary Research*, Vol. 36(2), 317–340. <https://doi.org/10.1306/74d714b0-2b21-11d7-8648000102c1865d>
- Webb, M., White, L.T., 2016. Age and nature of Triassic magmatism in the Netoni Intrusive Complex, West Papua,

- Indonesia. *J. Asian Earth Sci.* 132, 58–74. <https://doi.org/10.1016/J.JSEAES.2016.09.019>.
- 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. *J. Asian Earth Sci.* 179, 238–260.
- Webb, Max. White, Lloyd, T. Jost, Benjamin, M. Tiranda, Herwin. BouDagher-Fadel, Marcelle. 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. Elsevier – Gondwana Research 82 (2020) 12 – 38. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2019.12.010>
- White, L.T., Hall, R., Gunawan, I., Kohn, B., 2019. Tectonic mode switches recorded at the northern edge of the Australian Plate during the Pliocene and Pleistocene. *Tectonics* 38 (1), 281–306.
- 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), 344–364. <https://doi.org/10.3906/yer-1407-20>

ANALISIS LINGKUNGAN PENGENDAPAN FORMASI BATUGAMPING DAYANG DISTRIK BATANTA UTARA

ORIGINALITY REPORT

8%

SIMILARITY INDEX

9%

INTERNET SOURCES

0%

PUBLICATIONS

2%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	journal.unpad.ac.id Internet Source	4%
2	www.slideshare.net Internet Source	2%
3	www.researchgate.net Internet Source	2%

Exclude quotes On

Exclude matches < 2%

Exclude bibliography On