

KORELASI LITOFASIES DAN LINGKUNGAN PENGENDAPAN BERDASARKAN METODE MARKOV CHAIN PADA FORMASI SAMBIPITU BAGIAN ATAS DI SUNGAI NGALANG, KECAMATAN GEDANGSARI, GUNUNG KIDUL

Hendri Tri Purnomo¹, Al Hussein Flowers Rizqi², Fatimah³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Teknologi Mineral

Institut Teknologi Nasional Yogyakarta

Jl. Babarsari, Depok, Sleman, Yogyakarta 55281, Telp.(0274)487249

e-mail : hendri.purnomo86@gmail.com, alhussein@sttnas.ac.id, fatimah@itny.ac.id

Abstrak

Daerah penelitian terletak di Sungai Ngalang, Kecamatan Gedangsari, Kabupaten Gunung Kidul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Berdasarkan fisiografi dan stratigrafi regional, termasuk ke dalam fisiografi Zona Pegunungan Selatan yang disusun oleh litologi batupasir karbonatan dengan sisipan batulempung Formasi Sambipitu Atas. Penelitian ini ditunjukkan untuk melakukan analisis pola sedimentasi dan lingkungan pengendapan pada Formasi Sambipitu bagian atas, serta diharapkan dapat membantu dalam memprediksi maupun menginterpretasi keterkaitan kemunculan litologi dan fasies selanjutnya pada masing-masing siklus perulangan litologi dan fasies. Metode penelitian meliputi pembuatan stratigrafi terukur di lapangan dan perhitungan kuantitatif geostatistika. Hasil dari analisis Markov Chain litologi / fasies pada Formasi Sambipitu mempunyai pola transisi yang sifatnya tidak acak. Hasil perhitungan statistika rantai markov litologi menunjukkan bahwa nilai perhitungan lebih besar dari nilai tabel Chi-kuadrat ($574,40 > 37,65$) sehingga komponen H_0 ditolak dan hasil perhitungan statistika untuk rantai markov fasies menunjukkan bahwa nilai perhitungan uji markov lebih besar dari nilai tabel Chi-kuadrat sebesar ($605,65 > 26,30$) untuk analisis fasies model Bouma

Kata kunci— Markov chain, Sambipitu, Ngalang, stratigrafi, geostatistika

Abstract

The research area is located in the Ngalang River, Gedangsari District, Gunung Kidul Regency, Yogyakarta Special Region. Based on regional physiography and stratigraphy, it is included in the physiography of the Southern Mountain Zone which is composed of carbonate sandstone lithology with claystone inserts of the Upper Sambipitu Formation. This research is shown to analyze the sedimentation pattern and depositional environment in the upper Sambipitu Formation, and it is hoped that it can assist in predicting and interpreting the relationship between the appearance of lithology and facies later in each of the lithology and facies repetition cycles. The research method includes making field measurable stratigraphy and quantitative geostatistical calculations. The results of the Markov Chain lithology / facies analysis in the Sambipitu Formation have a transition pattern that is not random. The statistical calculation results of the markov lithology chain show that the value of the calculation is greater than the value of the Chi-squared table ($574.40 > 37.65$) so that the H_0 component is rejected and the statistical calculation results for the markov facies chain show that the value of the Markov test calculation is greater than the Chi-squared table value of ($605.65 > 26.30$) for the Bouma model facies analysis.

Keywords— Markov chain, Sambipitu, Ngalang, stratigraphy, geostatistics

1. PENDAHULUAN

Ilmu terapan Statistika di dalam dunia geologi secara tidak disadari sering sekali digunakan dalam menyelesaikan berbagai pokok permasalahan, salah satunya adalah dalam melakukan analisis pola atau siklus perulangan litologi dan fasies. Formasi Sambipitu yang termasuk dalam seri stratigrafi Pegunungan Selatan memiliki sebaran yang cukup luas di kaki Pegunungan Baturagung. Peneliti terdahulu seperti [1], [2], [3] dan [4] telah mengkaji aspek stratigrafi dari Formasi Sambipitu. Namun masih belum ada yang melakukan penelitian dari sisi statistika terkait pola perulangan stratigrafinya khususnya menggunakan metode *Markov Chain*. Rantai Markov (*Markov Chain*) digunakan dalam melakukan analisis pola perulangan litologi dan fasies khususnya pada Formasi Sambipitu daerah Sungai Ngalang, Kecamatan Gedangsari, Kabupaten Gunung Kidul, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta.

Urutan litologi dan fasies pada Formasi Sambipitu sangatlah menarik untuk dikaji, dikarenakan formasi ini merupakan percampuran antara endapan laut dangkal dengan endapan laut dalam berupa perulangan litologi (*flysh*). Litologi dan fasies yang berkembang membentuk suatu pengendapan horisontal batuan yang dapat membantu menganalisis *markov chain* dalam menentukan dan menunjukkan suatu pola sedimentasi atau proses siklus batuan sehingga nantinya akan membantu dalam memprediksi kemunculan litologi / fasies selanjutnya serta memprediksi keterkaitan fasies dari kemunculan masing-masing litologi tersebut. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui kondisi geologi pada daerah penelitian, Membuat stratigrafi terukur jalur Sungai Ngalang, Melakukan analisis geostatistika data kuantitatif dalam dunia geologi, mengetahui pola atau siklus litologi dan fasies pada daerah penelitian. Penentuan probabilitas prediksi litologi dan fasies selanjutnya serta dapat menentukan hubungan kemunculan suatu fasies dan litologi dengan lingkungan pengendapannya

Penelitian ini bermanfaat untuk menjelaskan bahwa data-data geologi yang bersifat kuantitatif (statistika) dapat digunakan dan di aplikasikan dalam dunia geologi, khususnya dalam penentuan pola atau siklus litologi dan fasies, keterkaitan prediksi antar litologi dan fasies yang akan muncul, menggunakan metode rantai markov untuk selanjutnya dapat di kaitkan dalam metode eksplorasi.

2. METODE PENELITIAN

Penulisan dalam penelitian ini secara garis besar dilakukan dalam tiga tahapan, yaitu tahap persiapan, tahap analisis data dan tahap penyusunan laporan yang secara terperinci dapat dilihat dalam (Gambar 1).

1. Tahap Persiapan

Kegiatan pada tahap ini meliputi pengumpulan semua hasil studi dan penelitian terkait geologi daerah penelitian dari peneliti terdahulu berdasarkan beberapa literatur mengenai tinjauan geologi regional Pegunungan Selatan dan terutama di daerah penelitian (Formasi Sambipitu). Pada tahap ini juga termasuk pengambilan data lapangan yang dilakukan dengan mengamati langsung beberapa aspek di lapangan, mulai dari data kedudukan batuan, ketebalan lapisan batuan, dan deskripsi batuan. Setelah semua data diambil langkah selanjutnya adalah pembuatan kolom stratigrafi terukur berdasarkan data lapangan yang sudah di peroleh.

2. Tahap Analisis Data

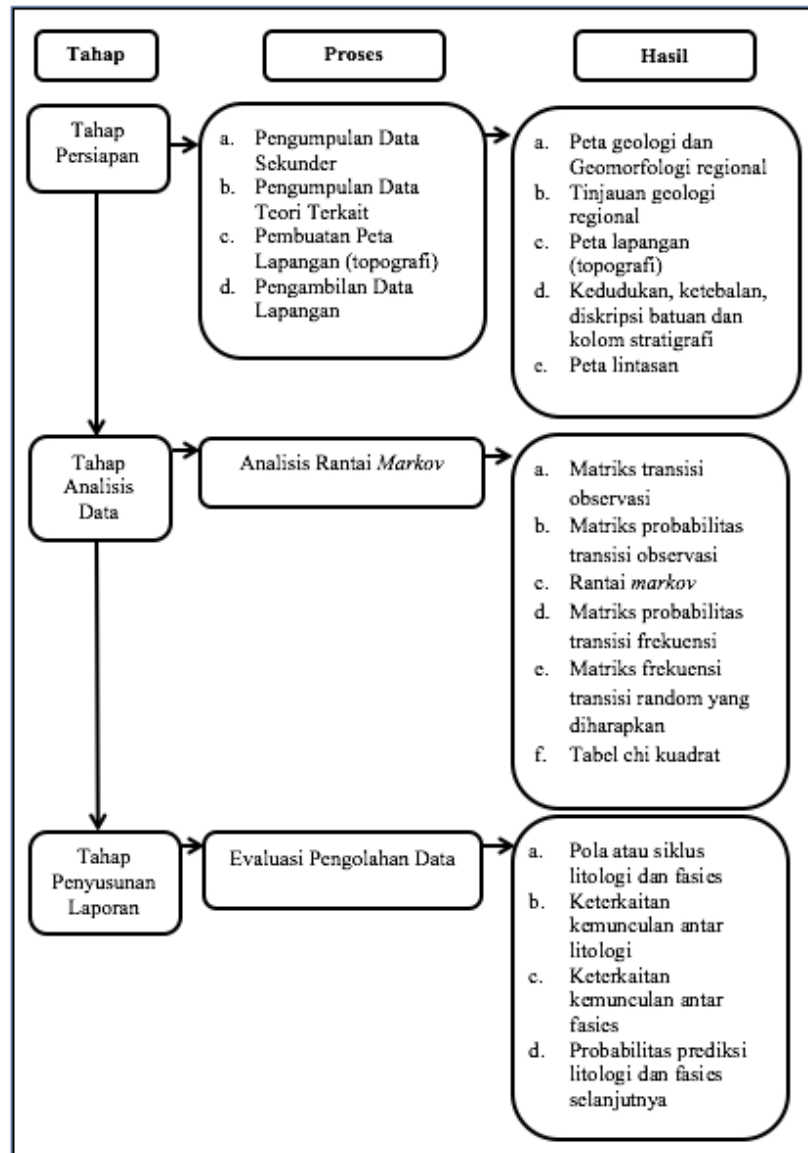
Kegiatan pada tahap analisis data meliputi analisis rantai markov pada stratigrafi terukur Formasi Sambipitu, berupa matriks transisi observasi, matriks probabilitas transisi observasi, rantai markov, matriks probabilitas transisi frekuensi, matriks frekuensi transisi random yang diharapkan dan perhitungan tabel chi kuadrat.

3. Tahap Penyusunan Laporan

Pada tahapan ini meliputi proses evaluasi data dan pengolahan data serta pertanggungjawaban kebenaran. Hasil penelitian lapangan akan dijadikan tulisan secara sistematis sehingga dapat dilaporkan secara detail dan mendekati kebenaran yang diperoleh

Kolerasi Litofasies dan Lingkungan Pengendapan Berdasarkan Metode *Markov Chain* pada Formasi Sambipitu Bagian Atas di Sungai Ngalang, Kecamatan Gedangsari, Gunung Kidul, DIY (Hendri Tri Purnomo, dkk)

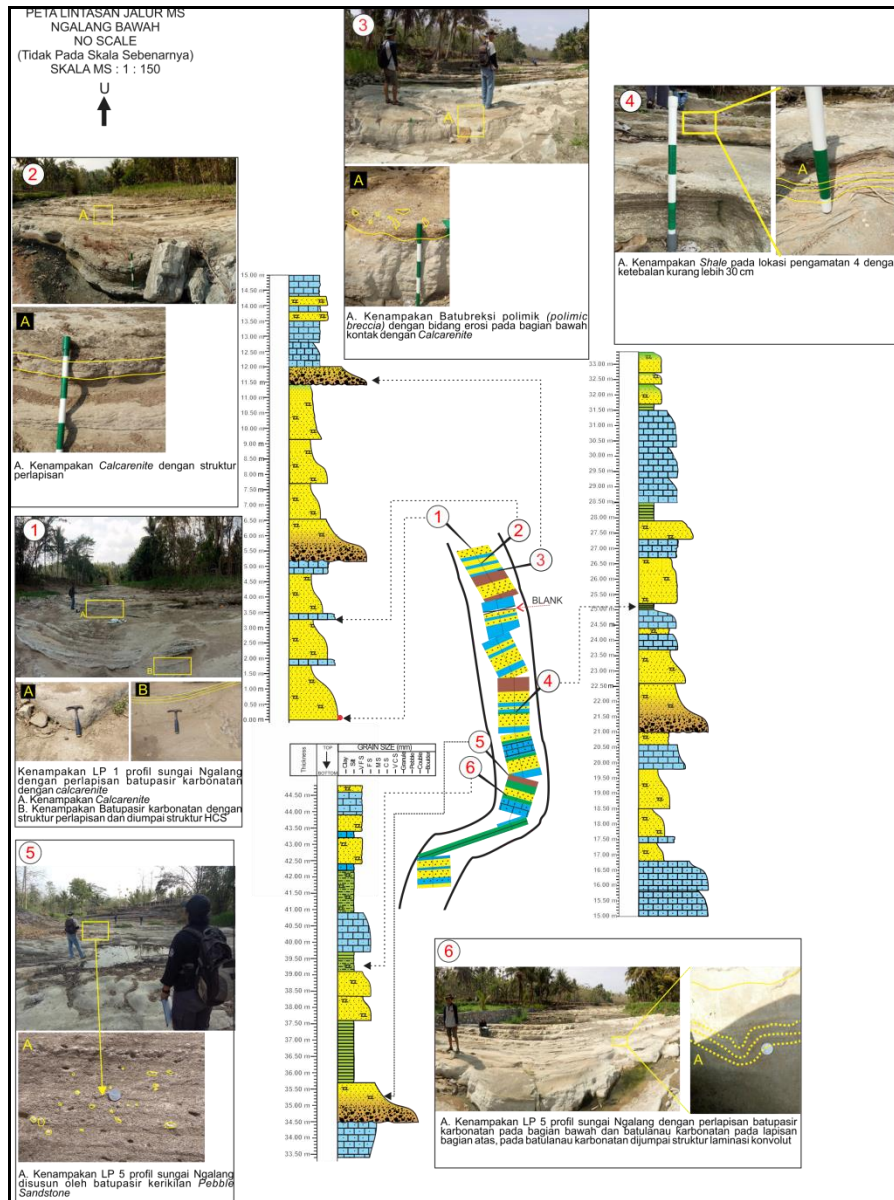
dalam akuisisi data lapangan yang didapatkan secara langsung (primer). Hasil penelitian dapat menjadi rujukan ataupun pedoman dimasa mendatang serta bermanfaat bagi penelitian selanjutnya. Data hasil observasi lapangan dan analisis kemudian dilakukan penarikan kesimpulan pada stratigrafi terukur Formasi Sambipitu berupa siklus litologi / fasies, keterkaitan kemunculan litologi / fasies dan prediksi litologi / fasies untuk menentukan pola transisi pada Formasi Sambipitu memiliki pola atau tidak memiliki pola (*random*).



Gambar 1. Bagan Alir Tahapan Penelitian.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

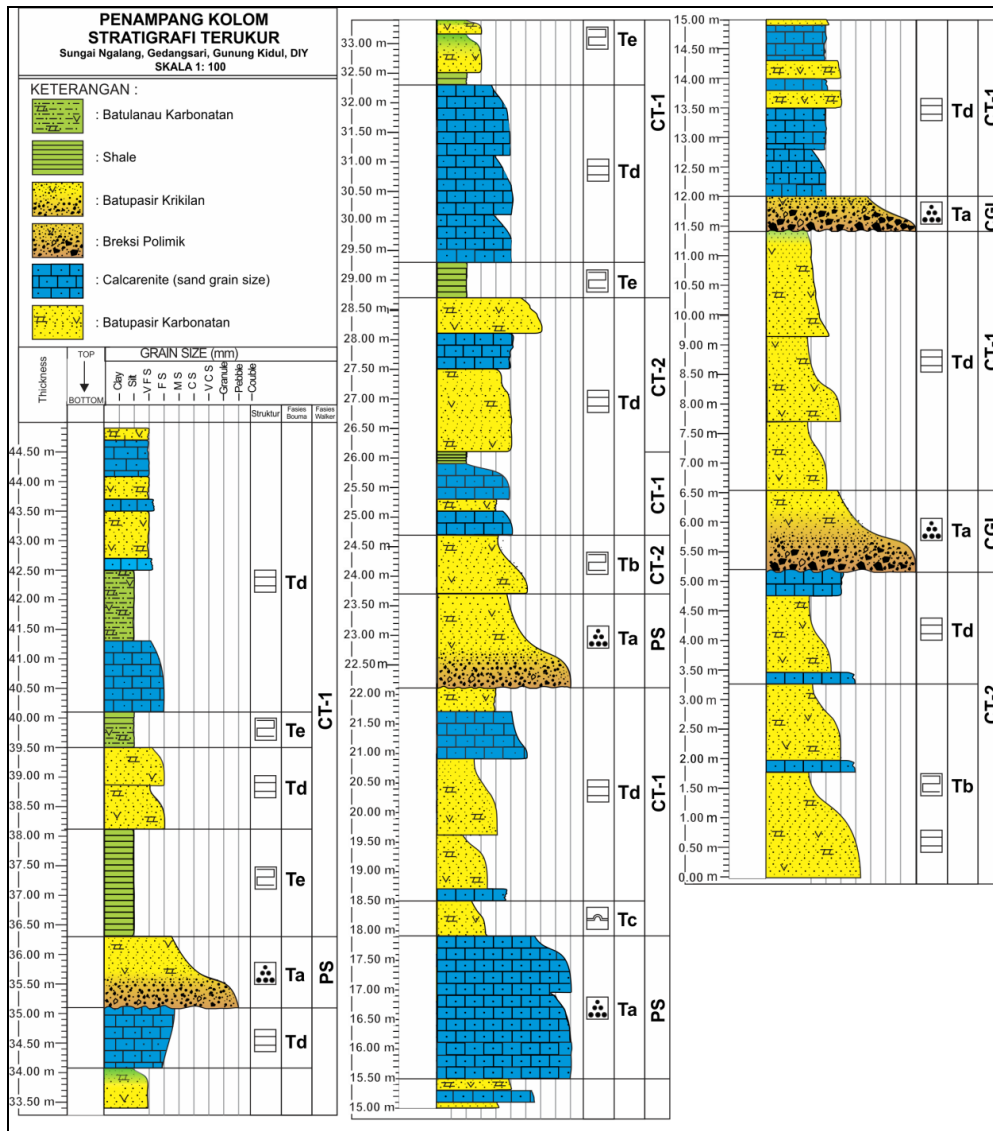
Lokasi pengambilan data di Sungai Ngalang, Kecamatan Gedangsari, Kabupaten Gunungkidul, tepatnya di Sungai Ngalang (Gambar 11), sebanyak 6 lokasi pengamatan yaitu LP1, LP2, LP3, LP4, LP5 dan LP6 yang masing-masing lokasi mewakili setiap perubahan litologi (Gambar 2).



Gambar 2. Sketsa Lokasi Pengukuran Data Stratigrafi Formasi Sambipitu (tidak dalam skala sebenarnya)

Urutan Litologi

Berdasarkan hasil pengambilan data di lokasi penelitian yang meliputi kedudukan batuan, tebal lapisan batuan dan deskripsi batuan, diperoleh kolom stratigrafi terukur Formasi Sambipitu bagian atas pada jalur Sungai Ngalang (Gambar 3). Kolom stratigrafi terukur Formasi Sambipitu memiliki ketebalan kurang lebih 55.90 meter. Litologi penyusun bagian bawah pada kolom stratigrafi terukur Formasi Sambipitu bagian atas berupa batupasir karbonatan tufan dengan sisipan batugamping berukuran pasir (*Calcarenite*), breksi polimik, kemudian ke arah atas berubah menjadi batupasir krikilan. Terjadi perulangan antara batupasir karbonatan, batugamping berukuran pasir dengan sisipan serpih pada bagian tengah (Gambar 12), bagian atas Formasi Sambipitu dijumpai batupasir karbonatan dengan kandungan tufan cukup banyak, batugamping berukuran pasir dan batulanau karbonatan. Bagian atas formasi ini juga mengalami perulangan litologi menjadi fraksi yang lebih halus antara batulanau karbonatan dengan serpih.



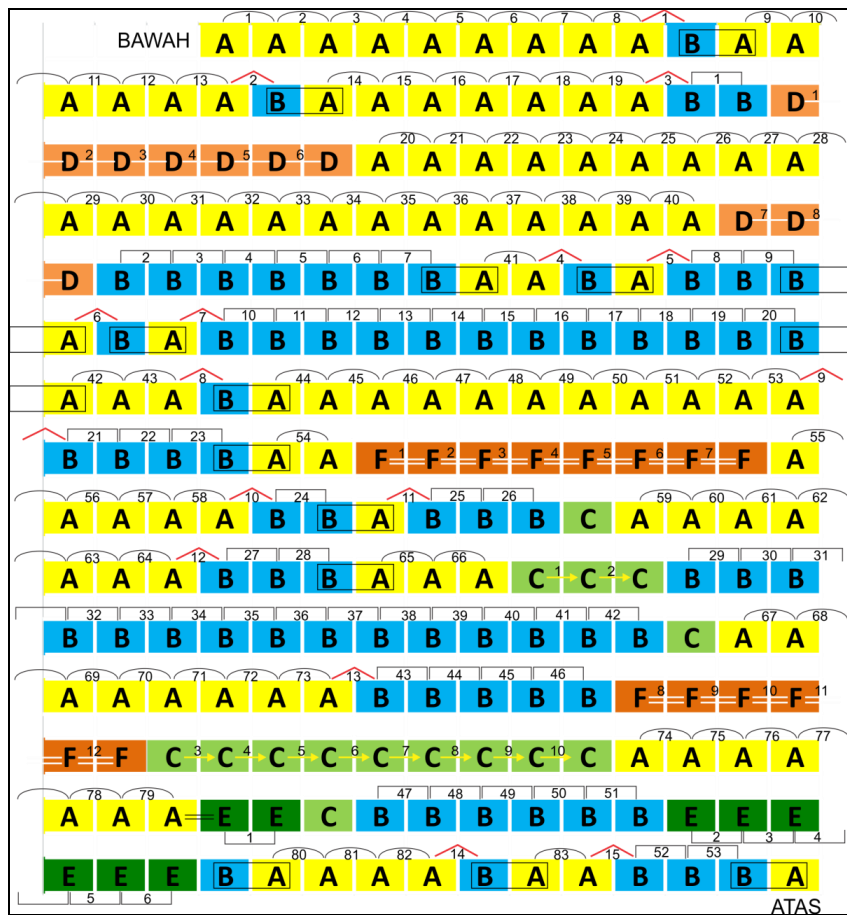
Gambar 3. Kolom stratigrafi daerah penelitian (Purnomo, 2019) (tidak dalam skala sebenarnya)

Analisis dilakukan pada 44.90 meter dari Formasi Sambipitu yang terukur. Kolom stratigrafi terukur tersebut kemudian disusun dalam suatu urutan litologi pada setiap interval 0.2 meter atau 20 cm penyusunan dimulai dari lapisan bawah (bottom) menuju lapisan atas (top) untuk kemudian dilakukan analisis Matriks Transisi Observasi daerah penelitian dan Matriks Probabilitas Transisi Observasi yang menunjukkan angka atau nilai probabilitas kemunculan masing-masing litologi untuk selanjutnya dihasilkan Rantai Markov berupa kumpulan kemungkinan siklus yang disusun dalam bentuk diagram yang saling berhubungan, Matriks Probabilitas Transisi Frekuensi yang menyatakan nilai harapan dari masing-masing litologi dan didistribusikan secara merata pada setiap probabilitas dan Matriks Transisi Random yang diharapkan sehingga diperoleh pola kemunculan antar litologi yang sudah di uji dengan data *Chi-Kuadrat* untuk mengetahui di terima atau tidaknya hipotesa, kemudian 11 meter dari ketebalan total digunakan sebagai pembanding / pengujian kemunculan litogi selanjutnya dari hasil perhitungan.

Berikut ini merupakan kolom stratigrafi terukur dan urutan litologi yang diambil tiap 20 cm lapisan pada kolom stratigrafi terukur Formasi Sambipitu bagian atas yang akan dianalisis

untuk menentukan siklus atau pola, prediksi batuan selanjutnya dan keterkaitan batuan sebelum dan selanjutnya.

Kolom stratigrafi terukur tersebut kemudian disusun dalam suatu urutan litologi pada setiap 0,2 meter lapisan batuan (Gambar 4). Penyusunan dimulai dari lapisan bawah (*bottom*) menuju lapisan atas (*top*), dari litologi batupasir (*bottom*) ke litologi batupasir pada lapisan paling atas. Urutan setiap 0.2 meter litologi dari kolom stratigrafi terukur dihubungkan antara kemunculan 0.2 meter litologi selanjutnya untuk kemudian dilakukan perhitungan jumlah masing-masing hubungan litologinya.



Gambar 4. Susunan litologi daerah penelitian

Keterangan :

	A Calcareous Sandstone
	B Calcarenite
	C Shale
	D Polimic Breccia
	E Calcareous Siltstone
	F Pebble Sandstone

Matriks Transisi Observasi dan Matriks Probabilitas Transisi Observasi

Urutan litologi yang sudah disusun kemudian dimasukkan dalam suatu matriks atau tabel (Tabel 1) yang menunjukkan angka atau nilai probabilitas kemunculan masing-masing litologi. Nilai probabilitas setiap litologi diperoleh dengan membagi banyaknya nilai transisi observasi pada setiap litologi dengan total (kolom paling kanan).

Tabel 1. Matriks Transisi Observasi daerah penelitian (Atas) dan Matriks Probabilitas Transisi Observasi (Bawah)

	A	B	C	D	E	F	TOTAL
A	83	15	1	1	1	1	102
B	14	53	2	1	1	1	72
C	3	2	10	0	0	0	15
D	1	1	0	8	0	0	10
E	0	1	1	0	6	0	8
F	1	0	1	0	0	12	14
TOTAL	102	72	15	10	8	14	221

	A	B	C	D	E	F	TOTAL
A	0.8137	0.1471	0.0098	0.0098	0.0098	0.0098	102
B	0.1944	0.7361	0.0278	0.0139	0.0139	0.0139	72
C	0.2000	0.1333	0.6667	0.0000	0.0000	0.0000	15
D	0.1000	0.1000	0.0000	0.8000	0.0000	0.0000	10
E	0.0000	0.1250	0.1250	0.0000	0.7500	0.0000	8
F	0.0714	0.0000	0.0714	0.0000	0.0000	0.8571	14
TOTAL	102	72	15	10	8	14	221

Matriks Presentase Probabilitas

Nilai Matriks Probabilitas Transisi Observasi dinyatakan dalam presentase probabilitas yang dapat menunjukkan nilai peluang kemunculan suatu litologi dengan litologi sebelumnya (Tabel 2). Nilai persentase probabilitas ini nantinya dapat digunakan sebagai prediksi kemunculan litologi selanjutnya berdasarkan nilai persen probabilitas terbesar.

Tabel 2. Matriks presentase probabilitas daerah penelitian

	A	B	C	D	E	F	TOTAL
A	81.37	14.71	0.98	0.98	0.98	0.98	100
B	19.44	73.61	2.78	1.39	1.39	1.39	100
C	20.00	13.33	66.67	0.00	0.00	0.00	100
D	10.00	10.00	0.00	80.00	0.00	0.00	100
E	0.00	12.50	12.50	0.00	75.00	0.00	100
F	7.14	0.00	7.14	0.00	0.00	85.71	100

Berdasarkan besar nilai presentase probabilitas daerah penelitian di atas dapat diketahui bahwa peluang atau kemungkinan kemunculan litologi pada 0.2 meter selanjutnya adalah sebagai berikut:

• Batupasir Karbonatan - Batupasir Karbonatan	= 81,37%
Batupasir Karbonatan - <i>Calcarenite</i>	= 14,71%
Batupasir Karbonatan - Serpih	= 0,98%
Batupasir Karbonatan - Breksi Polimik	= 0,98%
Batupasir Karbonatan - Batulanau Karbonatan	= 0,98%
Batupasir Karbonatan - <i>Pebble Sandstone</i>	= 0,98%
• <i>Calcarenite</i> - Batupasir Karbonatan	= 19,44%
<i>Calcarenite</i> - <i>Calcarenite</i>	= 73,61%
<i>Calcarenite</i> - Serpih	= 2,78%
<i>Calcarenite</i> - Breksi Polimik	= 1,39%
<i>Calcarenite</i> - Batulanau Karbonatan	= 1,39%
Batupasir Karbonatan - <i>Pebble Sandstone</i>	= 1,39%
• Serpih - Batupasir Karbonatan	= 20,00%
Serpih - <i>Calcarenite</i>	= 13,33%
Serpih - Serpih	= 66,67%
• Breksi Polimik - Batupasir Karbonatan	= 10,00%
Breksi Polimik - <i>Calcarenite</i>	= 10,00%
Breksi Polimik - Breksi Polimik	= 80,00%
• Batulanau Karbonatan - <i>Calcarenite</i>	= 12,50%
Batulanau Karbonatan - Serpih	= 12,50%
Batulanau Karbonatan - Batulanau Karbonatan	= 75,00%
• <i>Pebble Sandstone</i> - Batupasir Karbonatan	= 7,14%
<i>Pebble Sandstone</i> - Serpih	= 7,14%
<i>Pebble Sandstone</i> - <i>Pebble Sandstone</i>	= 85,71%

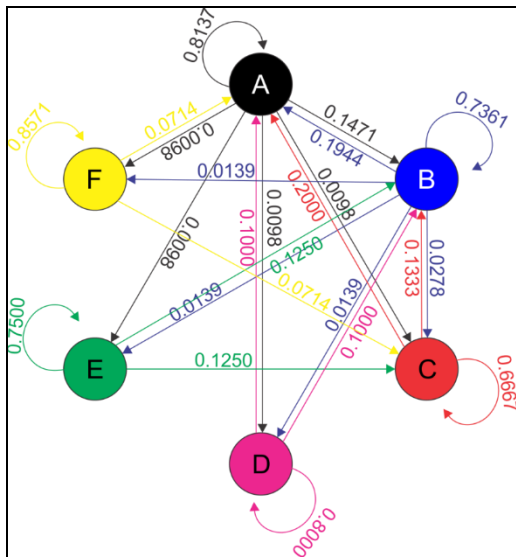
Dari nilai presentase di atas dapat diketahui bahwa kemunculan litologi pada 0,2 meter selanjutnya berdasarkan pada nilai presentase terbesar dengan nilai presentase terkecil 66,67 % – nilai terbesar 85,71 % adalah :

• Batupasir Karbonatan- Batupasir Karbonatan	= 81,37%
• <i>Calcarenite</i> - <i>Calcarenite</i>	= 73,61%
• Serpih - Serpih	= 66,67%
• Breksi Polimik - Breksi Polimik	= 80,00%
• Batulanau Karbonatan -Batulanau Karbonatan	= 75,00%
• <i>Pebble Sandstone</i> - <i>Pebble Sandstone</i>	= 85,71%

Hasil nilai presentase kemunculan litologi pada 0,2 meter selanjutnya ini kemudian dilakukan pengujian dengan tahapan yang sama namun pada litologi berbeda, yaitu pada ketebalan 11 meter selanjutnya.

Rantai markov

Nilai-nilai probabilitas di atas, disusun dalam bentuk diagram yang saling berhubungan, disebut rantai markov (Gambar 5). Data diagram kemudian digunakan untuk menentukan pola atau siklus.



Keterangan :
 A : *Calcareous sandstone*
 B : *Calcarenite*
 C : *Shale / Serpih*
 D : *Polimic Breccia*
 E : *Calcareous Siltstone*
 F : *Pebble Sandstone*

Gambar 5. Rantai markov daerah penelitian

Dari hasil analisis rantai markov, dijumpai 9 siklus batuan, di antaranya pada tabel 5 berikut :

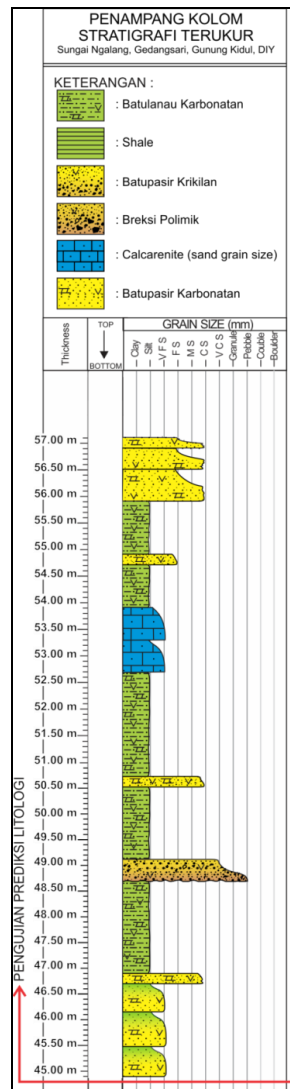
Tabel 3. Siklus hasil analisis rantai markov

Siklus	Keterangan (Penyusun)
Siklus 1	A (<i>Calcareous Sandstone</i>) – B (<i>Calcarenite</i>) – C (<i>Shale</i>) – A (<i>Calcareous Sandstone</i>)
Siklus 2	A (<i>Calcareous Sandstone</i>) – B (<i>Calcarenite</i>) – D (<i>Polimic Breccia</i>) - A (<i>Calcareous Sandstone</i>)
Siklus 3	A (<i>Calcareous Sandstone</i>) – B (<i>Calcarenite</i>) – F (<i>Pebble Sandstone</i>) – C (<i>Shale</i>) - A (<i>Calcareous Sandstone</i>)
Siklus 4	A (<i>Calcareous Sandstone</i>) – B (<i>Calcarenite</i>) – E (<i>Calcareous Siltstone</i>) – C (<i>Shale</i>) - A (<i>Calcareous Sandstone</i>)
Siklus 5	A (<i>Calcareous Sandstone</i>) – C (<i>Shale</i>) – B (<i>Calcarenite</i>) - D (<i>Polimic Breccia</i>) - A (<i>Calcareous Sandstone</i>)
Siklus 6	A (<i>Calcareous Sandstone</i>) - D (<i>Polimic Breccia</i>) – B (<i>Calcarenite</i>) – E (<i>Calcareous Siltstone</i>) – C (<i>Shale</i>) - A (<i>Calcareous Sandstone</i>)
Siklus 7	A (<i>Calcareous Sandstone</i>) - D (<i>Polimic Breccia</i>) – B (<i>Calcarenite</i>) – F (<i>Pebble Sandstone</i>) – C (<i>Shale</i>) - A (<i>Calcareous Sandstone</i>)
Siklus 8	A (<i>Calcareous Sandstone</i>) - E (<i>Calcareous Siltstone</i>) – C (<i>Shale</i>) – B (<i>Calcarenite</i>) - D (<i>Polimic Breccia</i>) - A (<i>Calcareous Sandstone</i>)
Siklus 9	A (<i>Calcareous Sandstone</i>) - E (<i>Calcareous Siltstone</i>) - B (<i>Calcarenite</i>) – F (<i>Pebble Sandstone</i>) – C (<i>Shale</i>) - A (<i>Calcareous Sandstone</i>)

Data siklus yang diperoleh melalui pengambilan data lapangan kemudian dilakukan analisis *Markov* dan disajikan dalam bentuk rantai *Markov Chain* daerah penelitian seperti pada (Gambar 14). Berdasarkan hasil analisis rantai *Markov* kemudian di kaitkan dengan data hasil penelitian yang sudah dilakukan berupa analisis lingkungan pengendapan menggunakan klasifikasi fosil bentonik [5] dijumpai ketidaksesuaian dengan data fosil bentonik karena keterbatasan jumlah pengambilan sampel fosil dan data stratigrafi yang ada merupakan sampel sebagian, berdasarkan hasil penelitian dan mengacu pada [4] pada awal pengendapan Formasi Sambipitu diendapkan pada daerah tidal yang dapat dilihat dari fosil jejak *Thalasionides* dan *Chondrites* yang jika dimasukkan dalam model fasies Walker termasuk kedalam lingkungan *Channeled suprafan lobes*. Terjadinya regresi yang mana terendapkan breksi polimik pada daerah *upper fan channel fill*. Kemudian terjadi proses transgresi dan terendapkan batupasir pada lingkungan *smooth – channeled suprafan lobes*. Proses transgresi kembali terjadi sehingga diendapkan batulanau pada lingkungan *smooth portion of suprafan lobes*. Pada batulanau

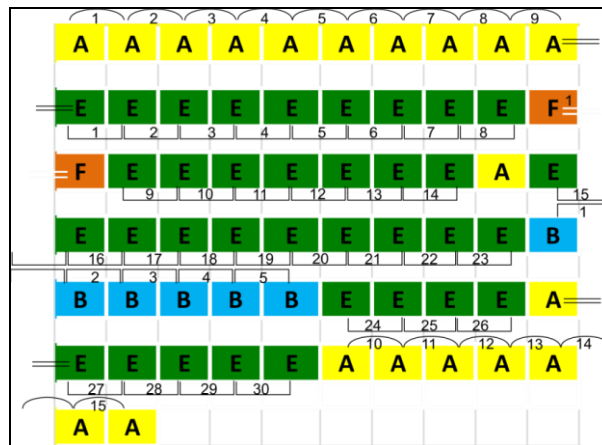
memiliki fosil foraminifera planktonik (Tabel 44) yang menunjukkan umur relatif daerah tersebut N8 – N14 (Miosen Tengah) dan Foraminifera Bentonik yang mengindikasikan bahwa daerah penelitian termasuk *Zona Inner Neritic* sampai *Upper Bathyal* dengan kedalaman 10 – 500 meter. Sedangkan berdasarkan model fasies gunungapi [6], satuan Breksi andesit masuk kedalam fasies proksimal, satuan Tuf dan satuan Breksi polimik masuk kedalam fasies medial. Satuan Batupasir dan satuan batulanau termasuk dalam fasies distal. Sedangkan hasil pengukuran *paleocurrent* daerah penelitian diperoleh nilai N165-170°E (Gambar 42). Berdasarkan rantai / siklus Markov yang ada maka diperoleh 9 siklus, masing-masing dapat diinterpretasikan secara umum di endapkan pada lingkungan transisi-Neritik Atas-Bathyal Atas.

Data-data hasil perhitungan kemudian di aplikasikan dalam ketebalan 11 meter sisa lapisan pada formasi Sambipitu yang diukur (Gambar 6) dengan melakukan serangkaian analisis markov, diantaranya analisis Matriks Transisi Observasi dan Matriks Probabilitas Transisi Observasi yang menunjukkan angka atau nilai probabilitas kemunculan masing-masing dan Matriks presentase probabilitas ketebalan 11 meter lapisan Formasi Sambipitu. Berikut ini merupakan urutan litologi yang diambil tiap 20 cm lapisan pada kolom stratigrafi terukur 11 meter pengujian.



Gambar 6. Kolom stratigrafi pengujian daerah penelitian (Purnomo, 2019) (tidak dalam skala sebenarnya)

Kolom stratigrafi terukur tersebut kemudian disusun dalam suatu urutan litologi pada setiap 0,2 meter lapisan batuan (Gambar 7). Penyusunan dimulai dari lapisan bawah (*bottom*) menuju lapisan atas (*top*), dari litologi batupasir (*bottom*) ke litologi batupasir pada lapisan paling atas.



Gambar 7. Urutan litologi 11 meter formasi Sambipitu

Urutan litologi yang sudah disusun kemudian dimasukkan kedalam suatu matriks atau tabel (Tabel 4) yang menunjukkan angka atau nilai probabilitas kemunculan masing-masing litologi. Nilai Probabilitas setiap litologi diperoleh dengan membagi banyaknya nilai transisi observasi pada setiap litologi dengan total.

Tabel 4. Matriks Transisi Observasi ketebalan 11 meter lapisan Formasi Sambipitu (kiri) dan Matriks Probabilitas Transisi Observasi (kanan)

	A	B	F	E	TOTAL
A	15	0	0	3	18
B	0	5	0	1	6
F	0	0	1	1	2
E	3	1	1	30	35
TOTAL	18	6	2	35	61

	A	B	F	E	TOTAL
A	0.83	0.00	0.00	0.17	1.00
B	0.00	0.83	0.00	0.17	1.00
F	0.00	0.00	0.50	0.50	1.00
E	0.09	0.03	0.03	0.86	1.00
TOTAL					4

Maka diperoleh presentase probabilitas kemunculan masing-masing litologi (Tabel 5) yang dapat menunjukkan nilai peluang kemunculan suatu litologi dengan litologi sebelumnya. Nilai persentase probabilitas ini digunakan sebagai prediksi kemunculan litologi selanjutnya, berdasarkan nilai persen probabilitas terbesar.

Tabel 5. Matriks presentase probabilitas ketebalan 11 meter lapisan Formasi Sambipitu

	A	B	F	E	TOTAL
A	83.33	0.00	0.00	16.67	100.00
B	0.00	83.33	0.00	16.67	100.00
F	0.00	0.00	50.00	50.00	100.00
E	8.57	2.86	2.86	85.71	100.00
TOTAL					400

Dari data di atas diperoleh probabilitas kemunculan litologi sebagai berikut:

- Batupasir karbonatan - Batupasir karbonatan = 83,33%
- Batupasir karbonatan - Batulanau karbonatan = 16,67%
- *Calcarenite - Calcarenite* = 83,33%
- Calcarenite* - Batulanau karbonatan = 16,67%
- *Pebble Sandstone - Pebble Sandstone* = 50,00%
- Pebble Sandstone* - Batulanau karbonatan = 50,00%
- Batulanau Karbonatan – Batupasir Karbonatan = 8,57%
- Batulanau Karbonatan – *Calcarenite* = 2,86%
- Batulanau Karbonatan – *Pebble Sandstone* = 2,86%
- Batulanau Karbonatan - Batulanau Karbonatan = 85,71%

Probabilitas litologi yang muncul pada 0,2 meter selanjutnya adalah :

- Batupasir karbonatan-batupasir karbonatan = 83,33%
- *Calcarenite-Calcarenite* = 83,33%
- *Pebble Sandstone - Pebble Sandstone* = 50,00%
- *Pebble Sandstone* -Batulanau Karbonatan = 50,00%
- Batulanau Karbonatan - Batulanau Karbonatan = 85,71%

Hasil perhitungan pada kolom litologi ketebalan 44.90 meter dibandingkan dengan hasil pengujian pada ketebalan 11 meter. Maka probabilitas kemunculan litologi pada ketebalan 44.90 meter stratigrafi Formasi Sambipitu sesuai dengan probabilitas kemunculan litologi pada ketebalan 11 meter stratigrafi Formasi Sambipitu berdasarkan hasil perhitungan rantai markov, yang dapat dilihat pada (Tabel 6) di bawah ini :

Tabel 6. Perbandingan hasil ketebalan 44.90 meter dan ketebalan 11 meter data analisis

Hasil 44, meter Formasi Sambipitu		Hasil 11,00 meter Formasi Sambipitu	
Kemunculan litologi 0,2 meter selanjutnya	%	Kemunculan litologi 0,2 meter selanjutnya	%
Batupasir Karbonatan- Batupasir Karbonatan	81,37%	Batupasir karbonatan-Batupasir Karbonatan	83,33%
Calcarenite - Calcarenite	73,61%	Calcarenite-Calcarenite	83,33%
Pebble Sandstone – Pebble Sandstone	85,71%	Pebble Sandstone - Pebble Sandstone	50,00%
Serpih - Serpih	66,67%	Pebble Sandstone -batulanau karbonatan	50,00%
Batulanau Karbonatan -Batulanau Karbonatan	75,00%	Batulanau Karbonatan - Batulanau Karbonatan	85,71
Breksi Polimik - Breksi Polimik	80,00%		

Kotak berwarna biru (Tabel 6) menunjukkan bahwa hasil perhitungan dari data 44,90 meter stratigrafi Formasi Sambipitu dan data 11 meter stratigrafi Formasi Sambipitu memiliki kesesuaian pada nilai probabilitas terbesar kemunculan litologi, sehingga prediksi litologi pada 0,2 meter selanjutnya dapat digunakan berdasarkan hasil analisis rantai markov, namun juga dijumpai ketidaksesuaian nilai probabilitas kemunculan litologi, karena tidak semua jenis litologi terdistribusikan pada seluruh stratigrafi Formasi Sambipitu.

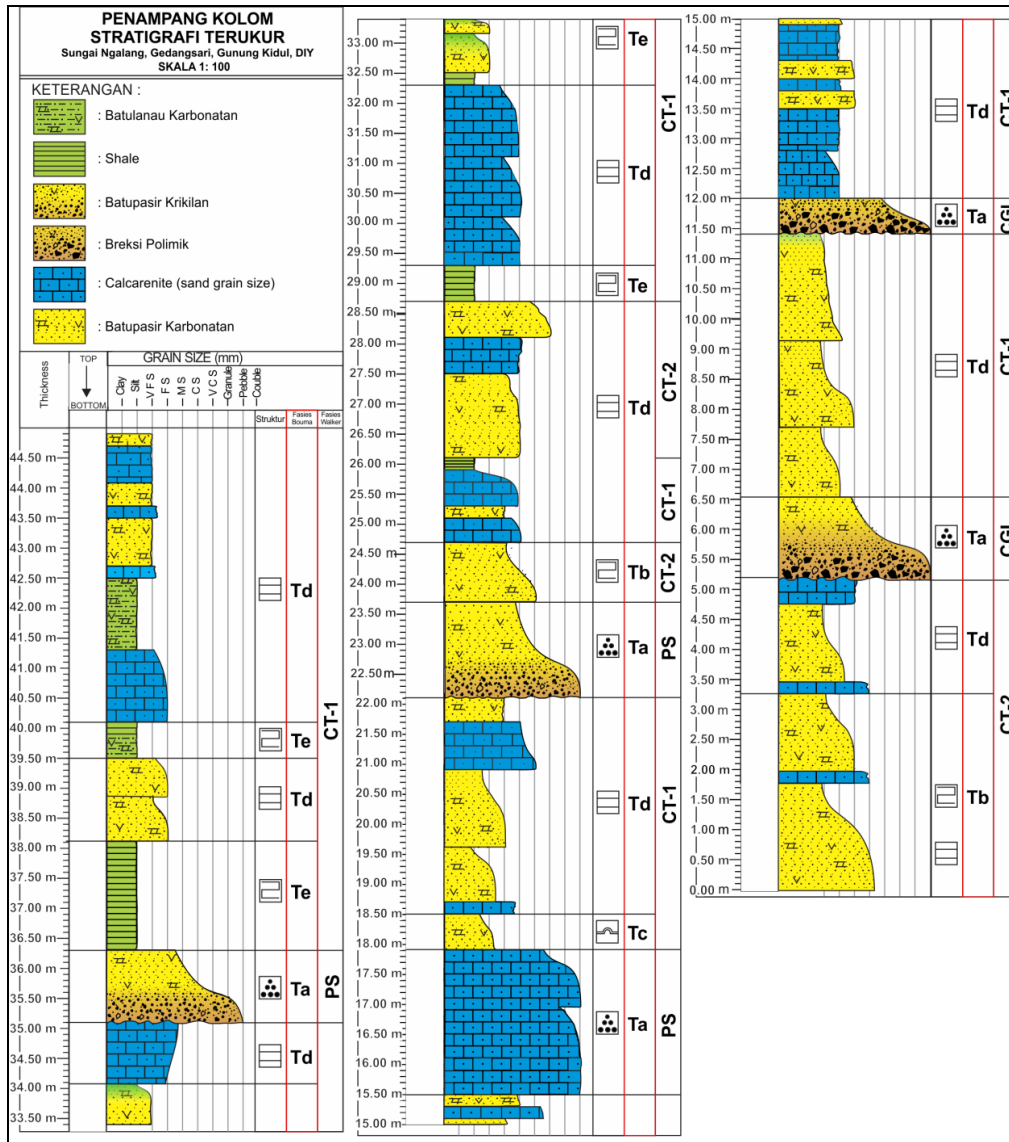
Urutan Fasies [7]

Berdasarkan hasil pembuatan kolom stratigrafi terukur Formasi Sambipitu bagian atas pada jalur Sungai Ngalang (Gambar 26) dan hasil interpretasi siklus markov pada daerah penelitian, kemudian dilakukan pembagian fasies berdasarkan aspek-aspek litologi yang meliputi tekstur ukuran butir, struktur batuan dan hubungan antar litologi penyusunnya menggunakan klasifikasi model fasies [7] Dari hasil interpretasi siklus litologi pada Formasi Sambipitu bagian atas maka sedimentasi pada daerah penelitian dipengaruhi oleh arus turbid yang membentuk kipas pada daerah lereng-lereng bawah laut, urutan detail dari suatu turbidit ditemukan oleh [7].

Urutan fasies penyusun bagian bawah pada kolom stratigrafi terukur Formasi Sambipitu bagian atas berupa Fasies Lower Interval With Paralel Lamination (Tb) kemudian berubah menjadi perulangan antara (Td) Upper Interval With Paralel Lamination dan (Ta) Interval with

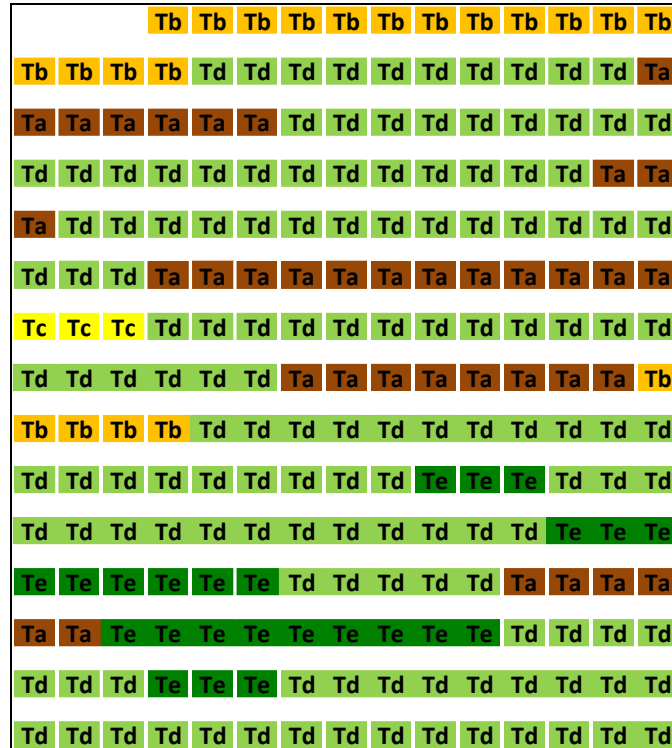
Kolerasi Litofasies dan Lingkungan Pengendapan Berdasarkan Metode *Markov Chain* pada Formasi Sambipitu Bagian Atas di Sungai Ngalang, Kecamatan Gedangsari, Gunung Kidul, DIY (Hendri Tri Purnomo, dkk)

Graded Bedding ke arah atas. Pada bagian tengah disusun oleh fasies: Interval with Current Ripple Lamination and Convolute Lamination (Tc) - Upper Interval With Paralel Lamination (Td) - Interval with Graded Bedding (Ta) - Lower Interval With Paralel Lamination (Tb) - Upper Interval With Paralel Lamination (Td) – Pelitic Interval (Te) - Upper Interval With Paralel Lamination (Td) – Pelitic Interval (Te). Pada bagian atas disusun oleh fasies Upper Interval With Paralel Lamination (Td) - Interval with Graded Bedding (Ta) – Pelitic Interval (Te) - Upper Interval With Paralel Lamination (Td) – Pelitic Interval (Te). Dari hasil pembagian fasies kemudian disusun dalam suatu urutan fasies pada setiap interval 0.2 meter atau 20 untuk dilakukan analisis markov



Gambar 8. Kolom stratigrafi daerah penelitian (Purnomo, 2019) (tidak dalam skala sebenarnya)

Kolom stratigrafi terukur kemudian disusun dalam suatu urutan fasies pada setiap 0.2 meter (Gambar 27), penyusunan dimulai dari lapisan bawah (bottom) menuju lapisan atas (top).



Gambar 9. Susunan Fasies [7] daerah penelitian

Keterangan :

Ta	Interval with Graded Bedding (Ta)
Tb	Lower Interval With Paralel Lamination (Tb)
Tc	Interval with Current Ripple Lamination and Convolute Lamination (Tc)
Td	Upper Interval With Paralel Lamination (Td)
Te	Pellitic Interval (Te)

V.10 Matriks Transisi Observasi dan Matriks Probabilitas Transisi Observasi

Urutan fasies yang sudah disusun kemudian dimasukkan kedalam suatu matriks atau tabel (Tabel 7) yang menunjukkan angka atau nilai probabilitas kemunculan masing-masing Fasies. Nilai Probabilitas setiap Fasies diperoleh dengan membagi banyaknya nilai transisi observasi pada setiap fasies dengan total.

Tabel 7. Matriks Transisi Observasi (Atas) dan Matriks Probabilitas Transisi Observasi (Bawah) Fasies [7]

	Ta	Tb	Tc	Td	Te	TOTAL
Ta	31	1	1	2	1	36
Tb	0	19	0	2	0	21
Tc	0	0	2	1	0	3
Td	5	0	0	129	3	137
Te	0	0	0	4	20	24
TOTAL	36	20	3	138	24	221

	Ta	Tb	Tc	Td	Te	TOTAL
Ta	0.86	0.03	0.03	0.06	0.03	67
Tb	0.00	0.90	0.00	0.10	0.00	21
Tc	0.00	0.00	0.67	0.33	0.00	3
Td	0.04	0.00	0.00	0.94	0.02	106
Te	0.00	0.00	0.00	0.17	0.83	24
TOTAL	67	20	3	107	24	221

Matriks Presentase Probabilitas

Nilai Matriks Probabilitas Transisi Observasi kemudian dinyatakan dalam presentase probabilitas yang dapat menunjukkan nilai peluang kemunculan suatu Fasies dengan Fasies sebelumnya (Tabel 8). Nilai persentase probabilitas ini nantinya dapat digunakan sebagai prediksi kemunculan fasies selanjutnya, berdasarkan nilai persen probabilitas terbesar.

Tabel 8. Matriks presentase probabilitas daerah penelitian

	Ta	Tb	Tc	Td	Te	TOTAL
Ta	86.11	2.78	2.78	5.56	2.78	100
Tb	0.00	90.48	0.00	9.52	0.00	100
Tc	0.00	0.00	66.67	33.33	0.00	100
Td	3.65	0.00	0.00	94.16	2.19	100
Te	0.00	0.00	0.00	16.67	83.33	100

Berdasarkan besar nilai presentase probabilitas daerah penelitian di atas peluang atau kemungkinan kemunculan fasies pada 0.2 meter selanjutnya adalah sebagai berikut:

- a. *Interval with Graded Bedding (Ta):*

Tabel 9. Presentase Probabilitas kemunculan fasies (Ta)

KELAS	Presentase Probabilitas kemunculan fasies
Ta-Ta	86.11 %
Ta-Tb	2.78 %
Ta-Tc	2.78 %
Ta-Td	5.56 %
Ta-Te	2.78 %

- b. *Lower Interval with Paralel Lamination (Tb):*

Tabel 10. Presentase Probabilitas kemunculan fasies (Tb)

Tb-Ta	0 %
Tb-Tb	90.48 %
Tb-Tc	0 %
Tb-Td	9.52 %
Tb-Te	0 %

c. *Interval with Current Ripple Lamination and Convolute Lamination (Tc):*

Tabel 11. Presentase Probabilitas kemunculan fasies (Tc)

Tc-Ta	0 %
Tc-Tb	0 %
Tc-Tc	66.67 %
Tc-Td	33.33 %
Tc-Te	0 %

d. *Upper Interval with Paralel Lamination (Td):*

Tabel 12. Presentase Probabilitas kemunculan fasies (Td)

Td-Ta	3.65 %
Td-Tb	0 %
Td-Tc	0 %
Td-Td	94.16 %
Td-Te	2.19 %

e. *Pellitic Interval (Te):*

Tabel 13. Presentase Probabilitas kemunculan fasies (Te)

Te-Ta	0
Te-Tb	0
Te-Tc	0
Te-Td	16.67 %
Te-Te	83.33 %

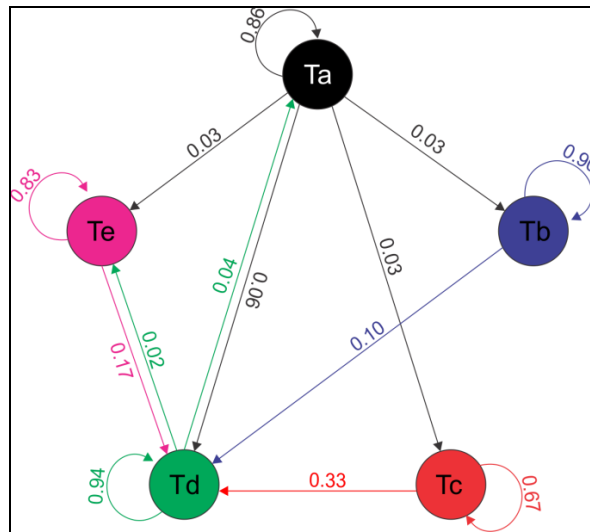
Dari nilai presentase di atas dapat diketahui bahwa kemunculan fasies pada 0,2 meter selanjutnya berdasarkan pada nilai presentase terbesar dengan nilai presentase terkecil 66,67 % – nilai terbesar 94,16 % adalah :

Tabel 14. Presentase Probabilitas kemunculan terbesar pada 0,2 meter

KELAS	Presentase Probabilitas kemunculan fasies
Ta-Ta	86.11 %
Tb-Tb	90.48 %
Tc-Tc	66.67 %
Td-Td	94.16 %
Te-Te	83.33 %

Rantai markov dari perulangan fasies

Nilai-nilai probabilitas di atas, disusun dalam bentuk diagram yang saling berhubungan, disebut rantai markov (Gambar 9). Data diagram kemudian digunakan untuk menentukan pola atau siklus.



Gambar 9. Rantai markov fasies Bouma daerah penelitian

Dari hasil analisis rantai markov, dijumpai 3 siklus fasies, di antaranya pada tabel 15 berikut :

Tabel 15. Siklus hasil analisis rantai markov fasies

Siklus	Keterangan (Penyusun)
Siklus 1	Ta (<i>Interval With Graded Bedding</i>) – Tb (<i>Lower Interval With Paralel Lamination</i>) – Td (<i>Upper Interval With Paralel Lamination</i>) – Ta (<i>Interval With Graded Bedding</i>)
Siklus 2	Ta (<i>Interval With Graded Bedding</i>) – Tc (<i>Interval With Current Ripple Lamination and Convolute Lamination</i>) – Td (<i>Upper Interval With Paralel Lamination</i>) – Ta (<i>Interval With Graded Bedding</i>)
Siklus 3	Ta (<i>Interval With Graded Bedding</i>) – Te (<i>Pellitic Interval</i>) – Td (<i>Upper Interval With Paralel Lamination</i>) – Ta (<i>Interval With Graded Bedding</i>)

4. KESIMPULAN

Dari hasil analisis stratigrafi terukur menggunakan metode rantai markov diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Metode *Markov Chain* dapat melakukan analisis perulangan litologi maupun fasies yaitu dengan melihat matriks probabilitas transisi yang dapat memprediksi kehadiran litologi / fasies yang akan muncul selanjutnya sesuai dengan data yang ingin diketahui yang diprediksi dengan hadirnya litologi / fasies sebelumnya.
2. Urutan litologi pada stratigrafi terukur Formasi Sambipitu bagian atas menunjukkan adanya 9 siklus batuan, dengan kemungkinan terbesar pola perulangan yang muncul adalah A (*Calcareous Sandstone*) – B (*Calcarenite*) – E (*Calcareous Siltstone*) – C (*Shale*) - A (*Calcareous Sandstone*) sebesar 48,60 %
3. Kemunculan suatu litologi sangat tergantung dengan litologi sebelumnya, dimana susunan litologi merupakan suatu transisi yang tidak acak. Hal ini ditunjukkan dengan uji *chi square* dengan nilai $\chi^2_{hitung} (574,40) > \chi^2_{tabel} (37,65)$
4. Prediksi litologi yang akan muncul pada 0,2 meter selanjutnya
 - a. Batupasir karbonatan-Batupasir karbonatan
 - b. *Calcarenite-Calcarenite*
 - c. *Pebble Sandstone - Pebble Sandstone*
 - d. Batulanau Karbonatan - Batulanau Karbonatan

5. Urutan fasies [7] pada stratigrafi terukur Formasi Sambipitu bagian atas menunjukkan adanya 3 siklus, dengan kemungkinan terbesar pola perulangan yang muncul adalah Ta (*Interval With Graded Bedding*) – Tc (*Interval With Current Ripple Lamination and Convolute Lamination*) – Td (*Upper Interval With Paralel Lamination*) – Ta (*Interval With Graded Bedding*) sebesar 40 %
6. Kemunculan suatu fasies (Bouma,1962) tergantung dengan fasies sebelumnya, dimana susunan fasies merupakan suatu transisi yang tidak acak. Hal ini ditunjukkan dengan uji *chi square* dengan nilai $\chi^2_{hitung} (605,65) > \chi^2_{tabel} (26,30)$
7. Prediksi fasies [7] yang akan muncul pada 0,2 meter selanjutnya
 - a. (Tb) *Lower Interval with Paralel Lamination* - (Tb) *Lower Interval with Paralel Lamination*
 - b. (Td) *Upper Interval with Paralel Lamination* - (Td) *Upper Interval with Paralel Lamination*
 - c. (Te) *Pellitic Interval* - (Te) P

5. SARAN

Dari hasil analisis menggunakan metode rantai markov, penulis memberikan saran bahwa metode rantai markov ini sesuai dan dapat digunakan dalam analisis kolom stratigrafi khususnya untuk mengetahui pola perulangan litologi dan untuk memprediksi kemunculan litologi selanjutnya. Untuk penelitian lebih lanjut akan lebih maksimal jika dalam penentuan prediksi kemunculan litologi selanjutnya dibandingkan dengan hasil markov fasies daerah penelitian dan dilakukan pada skala yang lebih luas.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada ITNY yang telah memberi dukungan terhadap penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Van Bemmelen R. W, 1949, *The Geology of Indonesia*. The Goge, Martinus.
- [2] Bothe, A. (1929). Djiwo Hills and Southern Range. *Exc. Guide, 4th Pacific Science Congr.*, 1-14.
- [3] Surono, Toha. B, dan Sudarno I., 1992, Peta Geologi Lembar Surakarta - Giritontro, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- [4] Pandita, H., 2008, Lingkungan Pengendapan Formasi Sambipitu Berdasarkan Fosil Jejak di Daerah Nglipar, *JTM*, Institut Teknologi Bandung, Vol. XV, No. 2 hal 85-94. ISSN 0854-8528
- [5] Tipword, H.L., Setzer, F.M dan Smith, F.L Jr, 1966. *Interpretation of Depositional Environment in Gulf Coast Petroleum Exploration from Paleocology and Related Stratigraphy*, Transaction G.C, Assoc. Geol. Soc., 119-130.
- [6] Bogie, I and Mackenzie, K.M., 1998, The Application of A Volcanic Facies Model to An Andesitic Stratovolcano Hosted Geothermal System at Wayang Windu, Java, Indonesia, *Proceedings 20th, NZ Geothermal Workshop*.
- [7] Bouma., 1962, *Bouma Sequence*, The Geological Society of London. Dunham, 1962, *Clasification of Carbonate Rock According Depositional Texture*, AAPG.