

Aplikasi *Marcov Chain* Dalam Penentuan Perulangan Litologi Pada Kali Widoro Kecamatan Patuk Dan Sekitarnya, Kabupaten Gunung Kidul, Daerah Istimewa Yogyakarta

Nodyka Elkawi Hawinu¹, Al Hussein Flowers Rizqi^{1*}

^{1,2} Jurusan Teknik Geologi, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta

Korespondensi : alhussein@itny.ac.id

ABSTRAK

Geostatistika merupakan cabang ilmu statistika yang berfokus pada analisis dan interpretasi data spasial dalam ilmu kebumiharian. *Marcov chain* merupakan salah satu metode yang sering digunakan dari ilmu geostatistika yang dimana metode ini dapat menganalisis dan memprediksi proses sekunsial dalam ruang dan waktu. Dalam geologi metode *marcov chain* secara luas digunakan untuk memodelkan variasi vertikal dan lateral dalam urutan stratigrafi. Daerah penelitian berada pada Kecamatan Patuk, Kabupaten Gunungkidul, Daerah Istimewa Yogyakarta atau pada titik koordinat S -878815 dan E 110.548088. Lokasi penelitian masuk ke dalam formasi Sambipitu, menurut penelitian terdahulu formasi sambipitu terdiri atas batupasir berselang-seling dengan batupasir tuffan yang mengandung banyak fosil jejak. Hasil dari analisis *marcov chain* menunjukkan bahwa nilai tertinggi terdapat pada perulangan litologi batupasir-batupasir yang dimana hal ini menunjukkan bahwa kemungkinan besar perulangan litologi yang akan terbentuk berupa batupasir dan hasil dari analisis *chi-kuadrat* menunjukkan bahwa litologi pada daerah penelitian tidak berpola serta hipotesis H1 ditolak dan H0 diterima.

Kata kunci: Geostatistika, *marcov chain*, formasi sambipitu, *chi-kuadrat*

ABSTRACT

Geostatistics is a branch of statistics that focuses on the analysis and interpretation of spatial data in earth science. Marcov chain is one of the most frequently used methods of geostatistics where this method can analyze and predict secular processes in space and time. In geology, the marcov chain method is widely used to model vertical and lateral variations in stratigraphic sequences. The research area is located in Patuk District, Gunungkidul Regency, Special Region of Yogyakarta or at coordinates S -878815 and E 110.548088. The research location is included in the Sambipitu formation, according to previous research the Sambipitu formation consists of sandstone alternating with tuffan sandstone which contains many trace fossils. The results of the marcov chain analysis showed that the highest value was found in the lithological loops of sandstones which showed that it was likely that the lithological loops would be formed in the form of sandstones and the results of the chi-squared analysis showed that the lithology in the research area was not patterned and the H1 hypothesis was rejected and H0 was accepted

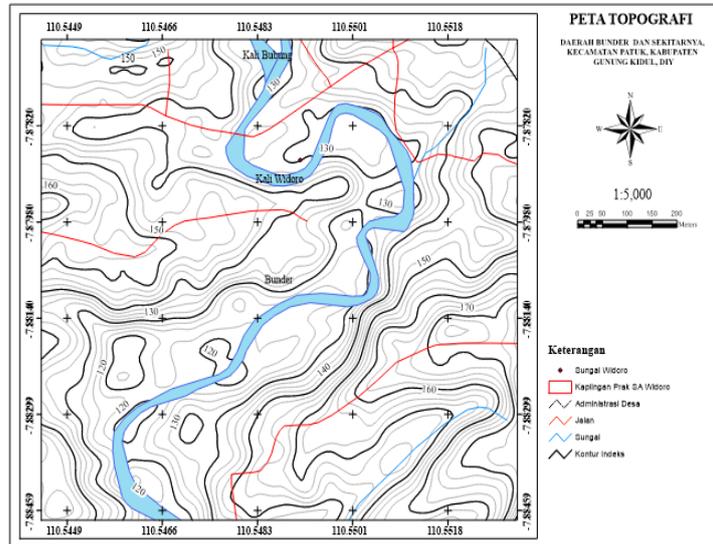
Keywords: *Geostatistics, marcov chain, sambipitu formation, chi-squared*

PENDAHULUAN

Geostatistika merupakan cabang ilmu statistika yang berfokus pada analisis dan interpretasi data spasial dalam ilmu kebumiharian. Salah satu metode yang sering digunakan dalam geostatistika adalah rantai Markov (Markov Chain), yang merupakan model stokastik untuk menganalisis dan memprediksi proses sekuensial dalam ruang dan waktu [1]. Metode rantai Markov dalam geostatistika telah terbukti efektif dalam berbagai aplikasi, termasuk pemodelan fasies sedimen, analisis perubahan penggunaan lahan, dan prediksi distribusi sumber daya alam [2]. Prinsip dasar metode ini adalah bahwa keadaan sistem pada suatu waktu bergantung pada keadaan sebelumnya, yang memungkinkan pemodelan transisi antar keadaan dalam sistem geologi [3]. Dalam konteks geologi, rantai Markov telah digunakan secara luas untuk memodelkan variasi vertikal dan lateral dalam urutan stratigrafi [4]. Metode ini memungkinkan para ahli geologi untuk mengkuantifikasi pola pengendapan dan memahami proses sedimentasi dengan lebih baik [5].

Daerah penelitian ini dilakukan di Kecamatan Patuk, Kabupaten Gunung Kidul, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, atau berada pada koordinat S -7.878815 dan E 110.548088 (Gambar 1). Perjalanan menuju lokasi penelitian ditempuh dengan jarak $\pm 25,7$ km, menggunakan kendaraan roda dua, dan

mempunyai durasi perjalanan ±45 menit dari kampus Institut Teknologi Nasional Yogyakarta untuk menuju ke lokasi penelitian. Pada lokasi penelitian merupakan Sungai Widoro yang mengalir dari utara ke selatan. Kemiringan batuan pada lokasi pengamatan relatif mengarah ke tenggara. Maka dapat di asumsikan bahwa, semakin ke selatan batuan akan lebih muda.



Gambar 1. Peta Topografi lokasi penelitian di Sungai Widoro, Kecamatan Patuk, Kabupaten Gunung Kidul.

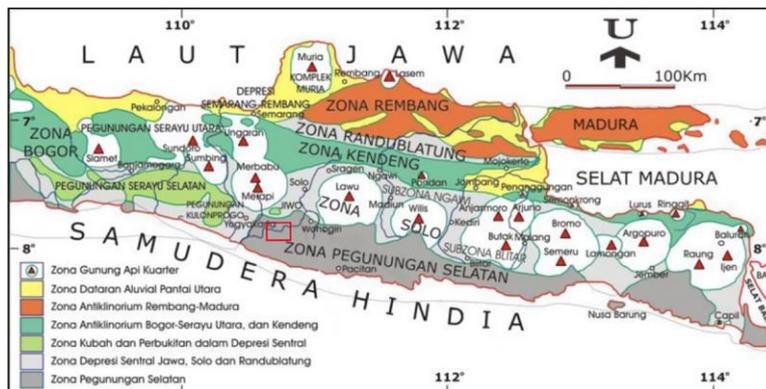
Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk dapat mengetahui kondisi geologi di daerah yang di teliti dengan membuat kolom stratigrafi terukur pada Kali Widoro dan melakukan analisis geostatistika pada data lapangan yang diolah dalam bentuk data kuantitatif (statistika) dan untuk menentukan pola siklus perulangan litologi pada daerah penelitian. Menentukan probabilitas prediksi litologi selanjutnya dan menentukan hubungan antar kejadian litologi pada lokasi penelitian.

Kajian ini berguna untuk menjelaskan bahwa data geologi kuantitatif dapat digunakan dan diterapkan dalam dunia geologi, khususnya dalam menentukan pola litologi yang berkaitan dengan prediksi antar litologi dengan menggunakan metode *Marcov Chain* yang kemudian dapat dipadukan dengan metode eksplorasi.

GEOLOGI REGIONAL

Fisografi

Daerah penelitian ini berada pada zona Pegunungan Selatan yang terletak di sisi selatan Pulau Jawa, terutama di bagian timur, dengan perpanjangan relative dari timur-tenggara hingga barat-barat laut [6] (Gambar 2).



Gambar 2. Fisografi Pulau Jawa [6]

Stratigrafi Regional

Berdasarkan dari Peta Geologi Lembar Yogyakarta dengan skala 1:250.000, daerah penelitian ini termasuk ke dalam Formasi Sambipitu. Secara regional, Formasi Sambipitu terdiri atas batupasir berselang-seling dengan batupasir tuffan yang mengandung banyak fosil jejak. Semakin ke selatan dijumpai batuan piroklastik berupa tuff. Batuan tuff yang dijumpai secara lokal di asumsikan sebagai batas kontak antara Formasi Sambipitu dan Formasi Oyo, yang dimana secara Stratigrafi Regional Formasi Oyo berumur lebih muda dibandingkan Formasi Sambipitu (Tabel 1).

Tabel 1. Stratigrafi Pegunungan Baturagung dan Perbukitan Jiwo [7]

ZAMAN	UMUR		FORMASI	Ketebalan	Keterangan		
	KALA	JUTA TAHUN					
KUARTER	HOLOSEN	0,01	Alluvial Batuan gunungapi Merapi	Qa: 3m Qvm: 3m	Alluvial: lempung, lumpur, lanau, pasir kerikil, kerakal dan berangkal Batuan Gunungapi Merapi: breksi gunungapi lava dan tuff		
		PLISTOSEN	0,7	Formasi Baturetno	Qb: 3m Qt: 3m	Fm. Baturetno: lempung hitam, lempung, lanau dan pasir Alluvial tua: Konglomerat, batupasir, lanau lempung	
MISOSIEN	PLIOSEN			5	Formasi Kepek	Tmmp: 200m Tmwl: 300-800m Tmo: 350m Tmss: 230m Tmng: 750m Tms: 1200m Tommm: >300m Tomk: >650m Tew: 120m	Fm. kepek: Napal dan batugamping berlapis Fm. Wonosari: batugamping, batugamping napalan-tufan, batugamping konglomerat batupasir tufan dan batulanau Fm. Oyo: Napal tufan, tuf andesit dan batugamping konglomerat Fm. Sambipitu: Batupasir dan batulempung Fm. Ngelanggeran: Breksi gunungapi, konglomerat, lava andesit-basal dan tuff Fm. Semilir: tuff breksi batuauping dacitan, batupasir tuffan dan serpih Fm. Mandalika: Lava dasit-andesit dan tuff dasit dengan retas diorit Fm. Kebobotak: batupasir, batulempung, batulanau, tuff, aglomerat dan serpih
		AKHIR	12		Formasi Wonosari-Punung		
	TENGAH			15	Formasi Oyo		
					Formasi Sambipitu Formasi Ngelanggeran Formasi Semilir		
	AWAL	22,5	Formasi Kebobotak Formasi Mandalika				
TERTIER	OLIGOSEN	38	Formasi Gamping-Wungkal	Tommm: >300m Tomk: >650m	Fm. Gamping-wungkal: batupasir, napal pasiran, batulempung, lensa batugamping		
	EOSEN	55					
	PALEOSEN	65					
MESO-ZOIKUM	KAPUR	141	Batuan Malihan	Ktm: 140m	Sekis, paulam, batuan gunungapi malihan, sedimen malih dan batusabak		

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang dilakukan meliputi beberapa tahapan. Tahapan tersebut diantaranya tahap persiapan, tahap pengumpulan data, tahap analisis data (Gambar 3).

Tahapan persiapan

Tahapan persiapan terdiri dari studi literatur serta persiapan alat dan bahan yang diperlukan guna mempermudah dalam pengumpulan data di lapangan.

Tahapan pengumpulan data

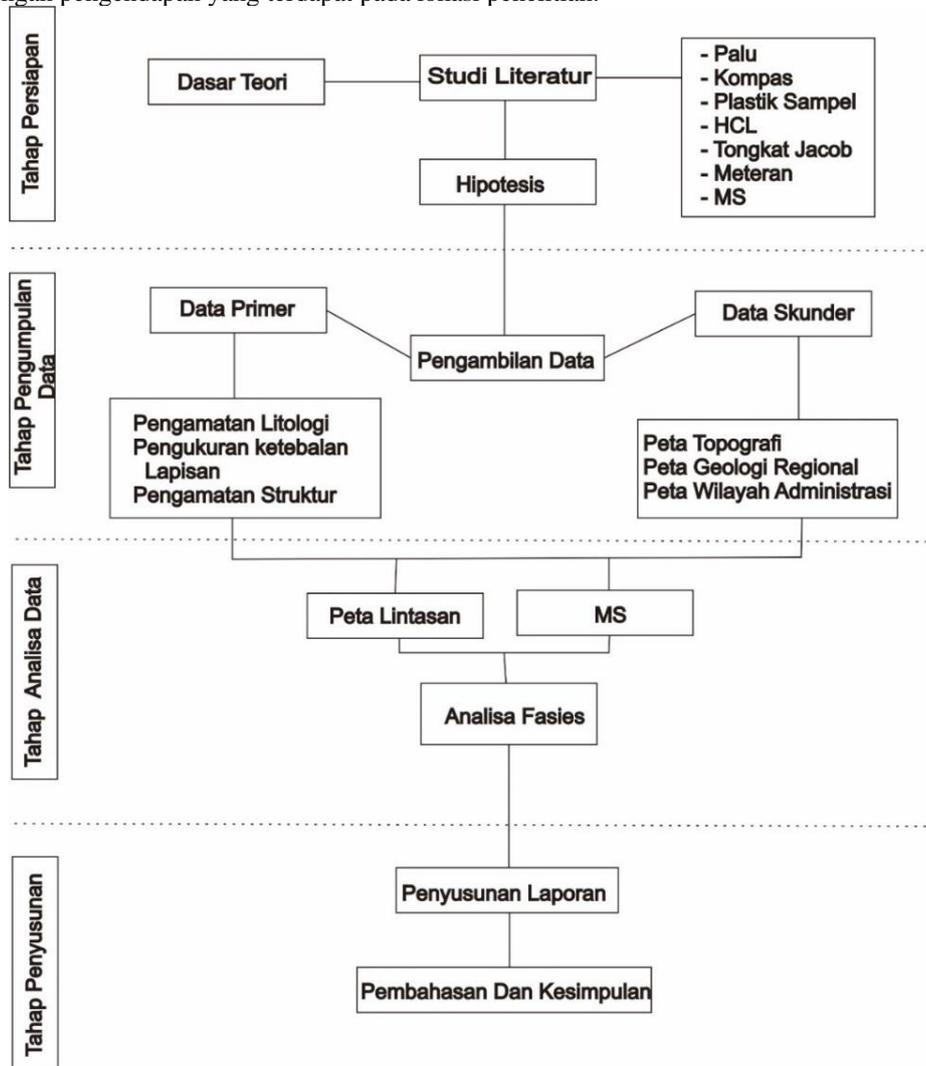
Tahapan ini meliputi pengumpulan data sekunder berupa peta topografi daerah penelitian, peta Geologi Regional, dan peta Wilayah Administrasi. Sedangkan, data primer yang dikumpulkan berupa pengamatan litologi, pengukuran ketebalan lapisan, serta pengamatan struktur.

Tahapan analisis data

Tahapan ini dilakukan pembuatan kolom stratigrafi menggunakan software *corel draw* dan olah data kolom ms dengan metode *marcov chain* dengan analisis *chi-kuadrat*.

Tahapan akhir

Penyusunan laporan hasil penelitian akan menghasilkan luaran berupa hasil data-data lapangan, fasies batuan, dan lingkungan pengendapan yang terdapat pada lokasi penelitian.



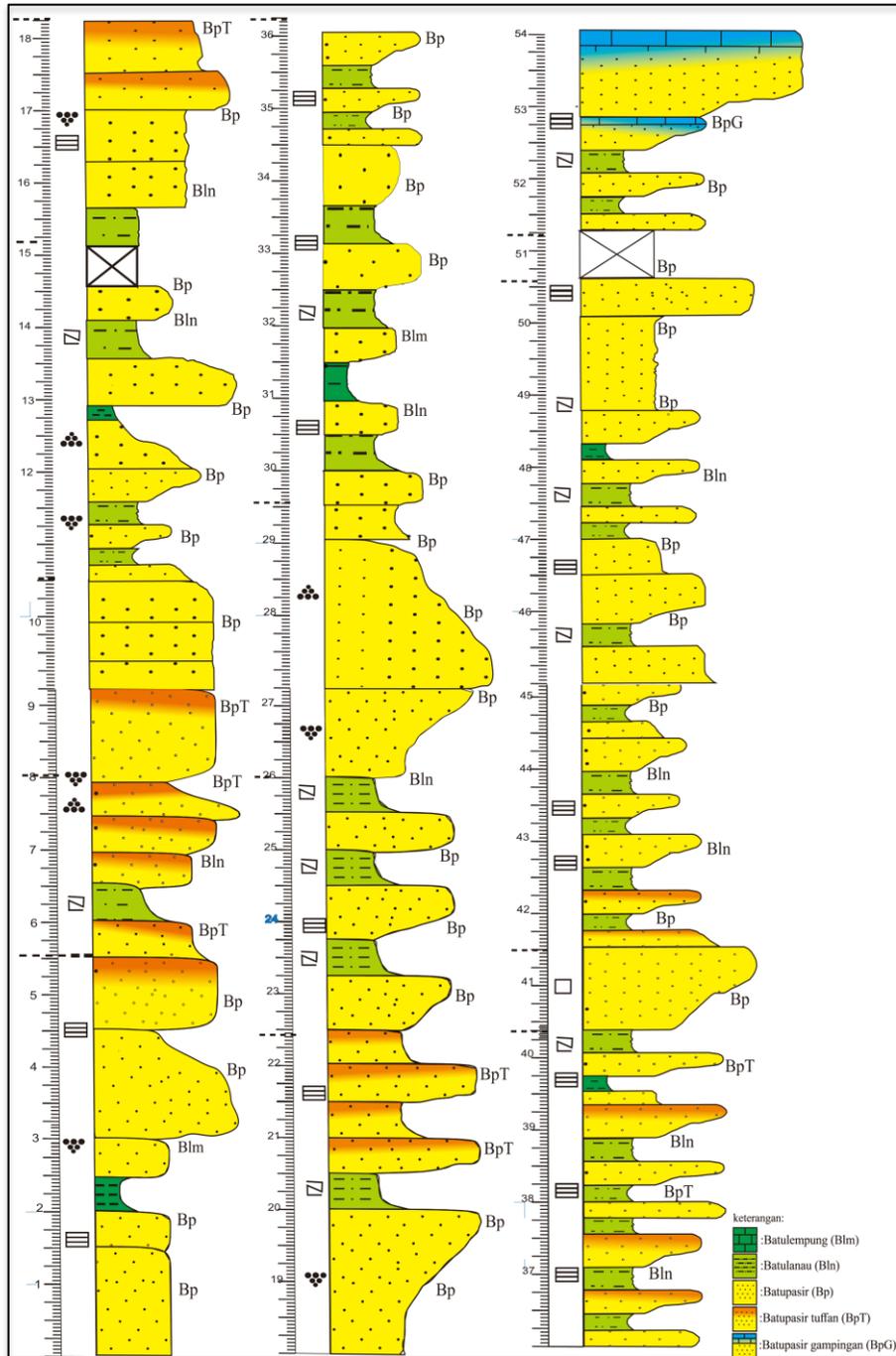
Gambar 3. Diagram alir metode penelitian

HASIL DAN ANALISIS

Kolom Stratigrafi

Analisis data ini dilakukan pada ketebalan batuan 54 meter dari hasil *measuring section* pada formasi Sambipitu. Kolom stratigrafi tersebut kemudian disusun dalam suatu urutan litologi dengan setiap interval 1 meter dari penyusunan mulai dari lapisan bawah (*bottom*) hingga lapisan atas (*top*). Kemudian dilakukan analisis terhadap matriks transisi dan matriks probabilitas transisi pengamatan. Hasil dari olah data pada daerah penelitian yang memperlihatkan jumlah atau nilai kemunculan setiap litologi, selanjutnya dibentuk rantai *marcov* sebagai himpunan yang memungkinkan siklus tersusun dalam bentuk diagram bertaut. Matriks probabilitas transisi frekuensi yang melaporkan nilai yang diharapkan untuk setiap litologi dan membaginya secara merata antara setiap probabilitas dan matriks transisi acak yang diharapkan untuk mendapatkan pola kemunculan antara litologi yang diuji dengan data *chi-kuadrat* untuk menentukan apakah hipotesis di awal akan diterima atau tidak.

Dibawah ini yaitu kolom stratigrafi terukur yang diambil dari setiap 1 meter lapisan kolom stratigrafi terukur pada formasi Sambipitu, yang dianalisis terhadap siklus batuan selanjutnya dan memprediksi pola-pola siklus selanjutnya.



Gambar 4. Kolom stratigrafi lokasi penelitian

Analisis matriks transisi observasi daerah penelitian dan matriks probabilitas transisi observasi yang menunjukkan angka atau nilai probabilitas kemunculan masing-masing litologi agar selanjutnya dihasilkan Rantai *marcov chain* berupa kumpulan kemungkinan siklus penyusunan batuan dalam bentuk diagram yang saling berhubungan, Matriks probabilitas transisi frekuensi yang menyatakan nilai harapan dari masing-masing litologi dan distribusi secara merata di setiap probabilitas dan matriks transisi random yang diharapkan, sehingga diperoleh pola kemunculan antara litologi yang sudah di uji dengan data *chi-kuadrat* untuk mengetahui apakah hipotesis diterima atau tidak.

Matriks Transisi Observasi dan Matriks Probabilitas Transisi Observasi

Urutan litologi yang sudah disusun selanjutnya dimasukkan ke dalam suatu matriks atau tabel yang menunjukkan angka atau nilai probabilitas kemunculan masing-masing litologi. Nilai probabilitas litologi diperoleh dengan membagi banyaknya nilai transisi observasi pada setiap litologi dengan nilai total (Tabel 2).

Tabel 2. Matriks transisi observasi (atas) dan Matriks probabilitas transisi observasi (bawah)

	Blm	Bln	Bp	BpT	Bpg	total
Blm	0	0	2	0	0	2
Bln	1	1	4	3	0	9
Bp	1	5	21	3	1	31
BpT	0	2	4	2	0	8
Bpg	0	0	0	0	1	1
total	2	8	31	8	2	51

	Blm	Bln	Bp	BpT	Bpg	total
Blm	0	0	1	0	0	2
Bln	0,1	0,1	0,4	0,3	0	9
Bp	0,03	0,16	0,6	0,09	0,03	31
BpT	0	0,25	0,5	0,25	0	8
Bpg	0	0	0	0	1	1
total	2	8	31	8	2	51

Matriks Probabilitas Harapan

Nilai matriks probabilitas transisi observasi dinyatakan dalam probabilitas harapan yang dapat menunjukkan nilai peluang kehadiran suatu litologi dengan litologi sebelumnya (Tabel 3). Nilai probabilitas harapan itu nantinya bisa digunakan untuk prediksi kemunculan litologi selanjutnya berdasarkan nilai probabilitas terbesar.

Tabel 3. Matriks probabilitas harapan

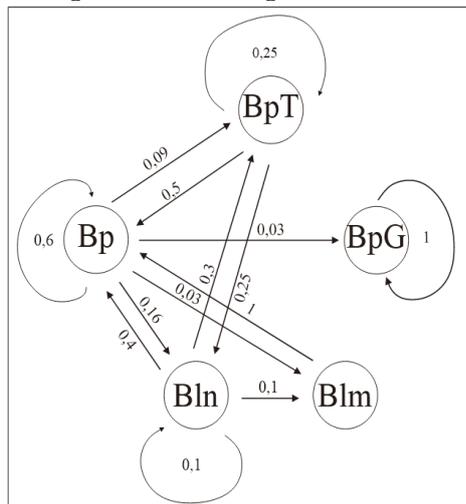
	Blm	Bln	Bp	BpT	Bpg
Blm	0,06	0,34	1,2	0,30	0,02
Bln	0,27	1,53	5,4	1,35	0,09
Bp	0,93	5,27	18,6	4,65	0,31
BpT	0,24	1,36	4,8	1,2	0,08
Bpg	0,03	0,17	0,60	0,15	0,01

Berdasarkan besar nilai probabilitas harapan daerah penelitian di atas dapat diketahui bahwa peluang atau kemungkinan kemunculan litologi pada 1 meter selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Batulempung-batulempung	= 0,06
Batulempung-batulanau	= 0,34
Batulempung-batupasir	= 1,2
Batulempung-batupasir tuffan	= 0,30
Batulempung-batupasir gampingan	= 0,02
2. Batulanau-batulempung	= 0,27
Batulanau-batulanau	= 1,53
Batulanau-batupasir	= 5,4
Batulanau-batupasir tuffan	= 1,35
Batulanau-batupasir gampingan	= 0,09
3. Batupasir-batulempung	= 0,93
Batupasir-batulanau	= 5,27
Batupasir-batupasir	= 18,6
Batupasir-batupasir tuffan	= 4,65
Batupasir-batupasir gampingan	= 0,31
4. Batupasir tuffan-batulempung	= 0,24
Batupasir tuffan-batulanau	= 1,36
Batupasir tuffan-batupasir	= 4,8
Batupasir tuffan-batupasir tuffan	= 1,2
Batupasir tuffan-batupasir gampingan	= 0,08
5. batupasir gampingan-batulempung	= 0,03
batupasir gampingan-batulanau	= 0,17
batupasir gampingan-batupasir	= 0,60
batupasir gampingan-batupasir tuffan	= 0,15
batupasir gampingan-batupasir gampingan	= 0,01

Rantai marcov

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:

- Bp : Batupasir
- BpT : Batupasir Tuffan
- BpG : Batupasir Gampingan
- Bln : Batulanau
- Blm : Batulempung

Gambar 5. *Marcov chain* daerah penelitian

Uji Chi-kuadrat

Tabel F perhitungan dilakukan untuk memprediksi kemungkinan hipotesa di awal apakah di terima atau tidak, hasil dari tabel f perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. F perhitungan

Tabel F Perhitungan			
Kelas	O _j	E _j	(O _j -E _j) ² /E _j
blm-blm	0	0.06	0.5
blm-bln	0	0.34	1
blm-bp	2	1.2	0.444
blm-bpt	0	0.3	1
blm-bpg	0	0.02	1
bln-blm	1	0.27	7.310
bln-bln	1	1.53	0.120
bln-bp	4	5.4	0.067
bln-bpt	3	1.35	1.494
bln-bpg	0	0.09	1
bp-blm	1	0.93	0.006
bp-bln	5	5.27	0.003
bp-bp	21	18.6	0.017
bp-bpt	3	4.65	0.126
bp-bpg	1	0.31	4.954
bpt-blm	0	0.24	1
bpt-bln	2	1.36	0.221
bpt-bp	4	4.8	0.028
bpt-bpt	2	1.2	0.444
bpt-bpg	0	0.08	1
bpg-blm	0	0.03	1
bpg-bln	0	0.17	1
bpg-bp	0	0.6	1
bpg-bpt	0	0.15	1
bpg-bpg	1	0.01	98

Dari hasil uji *chi-kuadrat* dilakukan perbandingan jumlah total dari F perhitungan dan F *chi-kuadrat*. Hasil dari perbandingan ini akan menghasilkan hipotesa di awal akan diterima atau tidak dan menentukan pola dari litologi yang di analisis. Hasil dari perhitungan tersebut sebagai berikut:

F perhitungan = 123,734

F *chi-kuadrat* = 26,30

F perhitungan > F *chi-kuadrat*

Maka, litologi menunjukkan berpola. H1 diterima dan H0 ditolak.

KESIMPULAN

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

1. Metode rantai *Markov* memberikan kerangka kerja yang efisien dan fleksibel dalam menganalisis dan memprediksi perilaku sistem stokastik serta menjadikannya alat yang sangat berharga dalam banyak disiplin ilmu dan aplikasi praktis.
2. Hasil dari analisis rantai markov menunjukkan bahwa batupasir gampingan ke batupasir gampingan yang memungkinkan perulangan litologi yang akan terus terjadi dan hasil dari uji *chi-kuadrat* menunjukkan bahwa litologi berpola karena nilai F perhitungan > F *chi-kuadrat*, serta hipotesis awal bahwa H1 diterima dan H0 ditolak.
3. Metode *marcov chain* dapat melakukan analisa perulangan litologi yaitu dengan melihat matriks probabilitas transisi yang dapat memprediksi kehadiran litologi yang akan muncul selanjutnya sesuai dengan data yang ingin diketahui yang diprediksi dengan hadirnya litologi sebelumnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Institut Teknologi Nasional Yogyakarta serta bapak Al Hussein Flowers Rizqi untuk bimbingan dan arahnya dalam pembuatan paper ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Krumbein, W. C., & Dacey, M. F. Markov chains and embedded Markov chains in geology. *Mathematical Geology*. 1969; 1(1), 79-96.
- [2] Elfeki, A. M., & Dekking, M. A Markov chain model for subsurface characterization: theory and applications. *Mathematical Geology*. 2001; 33(5), 569-589.
- [3] Carle, S. F., & Fogg, G. E. Modeling spatial variability with one and multidimensional continuous-lag Markov chains. *Mathematical Geology*. 1997; 29(7), 891-918.
- [4] Miall, A. D. Markov chain analysis applied to an ancient alluvial plain succession. *Sedimentology*. 1973; 20(3), 347-364.
- [5] Doveton, J. H. Theory and applications of vertical variability measures from Markov chain analysis. In *Stochastic modeling and geostatistics: Principles, methods, and case studies*. 1994; 3 pp. 55-64. AAPG Computer Applications in Geology.
- [6] Van Bemmelen, R. W. *The geology of Indonesia*. 1949.
- [7] Surono, Budi Toha, dan Sudarno, *Peta Geologi Lembar Surakarta – Giritontro, Jawa, Skala 1:100.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung. 1992.