



**Bulletin of Scientific Contribution
GEOLOGY**

**Fakultas Teknik Geologi
UNIVERSITAS PADJADJARAN**

homepage: <http://jurnal.unpad.ac.id/bsc>
p-ISSN: 1693-4873; e-ISSN: 2541-514X



Volume 17, No.3
Desember 2019

**PENDEKATAN KUANTITATIF DALAM PENENTUAN ASOSIASI FASIES LAUT DALAM
FORMASI HALANG PADA SUNGAI KALIGINTUNG, JAWA TENGAH**

Muhamad Agam Subagja^{1*}, Djadjang Jedi Setiadi¹, Lia Jurnaliah¹, Ildrem Syafri¹, Syaiful Alam¹, Dhanu Elfitra¹

¹ Fakultas Teknik Geologi, Universitas Padjadjaran, Bandung

*Korespondensi: agamsbgja@gmail.com

ABSTRAK

Penggunaan metode kuantitatif cukup berkembang pada tahun 1950an dalam bidang sedimentologi dan stratigrafi terutama dalam membantu menjelaskan asosiasi fasies, proses pembentukannya dan lingkungan pengendapan. Lokasi penelitian berada koordinat 07° 30' 00,0" – 07° 30' 30,0" LS dan 109° 27' 30,0" – 109° 28' 10,0" BT yang secara administratif berada pada Provinsi Jawa Tengah. Daerah penelitian termasuk ke dalam Formasi Halang. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui model asosiasi fasies lokal yang terbentuk pada daerah penelitian. Pengambilan data dilakukan dengan metode penampang stratigrafi terukur pada sebagian lintasan Sungai Kaligintung sedangkan pengolahan data dibantu oleh metode kuantitatif berupa analisis *Markov Chain* dan *Binomial Probability* untuk mengetahui hubungan antar fasies. Pada daerah penelitian terdapat 13 litofasies yaitu *Diorganized gravels (A1.1)*, *Normally-graded Pebbly Sand (A2.7)*, *Thick-bedded disorganized sand (B1.1)*, *Thin-bedded coarse-grained sand (B1.2)*, *Parallel-stratified sand (B2.1)*, *Thick-bedded sand-mud couplet (C2.1)*, *Medium-bedded sand-mud couplet (C2.2)*, *Thin-bedded sand-mud couplet (C2.3)*, *Mud-dominated sand-mud couplet (C2.4)*, *Mottled muddy sand (C1.2)*, *Structureless silt (D1.1)*, *Structureless mud (E1.1)* dan *Contorted strata (F2.1)*. Adapun asosiasi fasies pada daerah penelitian terdiri atas *Channel fill deposit*, *Levee deposit*, *Lobe deposit* dan *Interchannel deposit*.

Kata kunci : *Binomial Probability*, Formasi Halang, Litofasies, *Markov Chain*, Sungai Kaligintung.

ABSTRACT

Quantitative methods in sedimentology and stratigraphy is quite well-developed in 1950's especially for determining facies association, its forming mechanism and depositional environment. The research area is located in S 07° 30' 00,0" – S 07° 30' 30,0" and E 109° 27' 30,0" – E 109° 28' 10,0" which is administratively part of the Province of Central Java. Geologically, the research area is part of Halang Formation. The aim of this study is to understand lithofacies and its association which are formed in the research area. Data have been recorded using measured section methods in some part of Kaligintung River section. Quantitative methods were used to analyze the data such as Markov Chain and Binomial Probability to understand relationship of one another facies. Eventually, there are 13 lithofacies e.g. Diorganized gravels (A1.1), Normally-graded Pebbly Sand (A2.7), Thick-bedded disorganized sand (B1.1), Thin-bedded coarse-grained sand (B1.2), Parallel-stratified sand (B2.1), Thick-bedded sand-mud couplet (C2.1), Medium-bedded sand-mud couplet (C2.2), Thin-bedded sand-mud couplet (C2.3), Mud-dominated sand-mud couplet (C2.4), Mottled muddy sand (C1.2), Structureless silt (D1.1), Structureless mud (E1.1) and Contorted strata (F2.1). Furthermore, there are 4 facies associations which are Channel fill deposit, Levee deposit, Lobe deposit and Interchannel deposit.

Keywords : *Binomial Probability*, Halang Formation, Kaligintung River, Lithofacies, Markov Chain

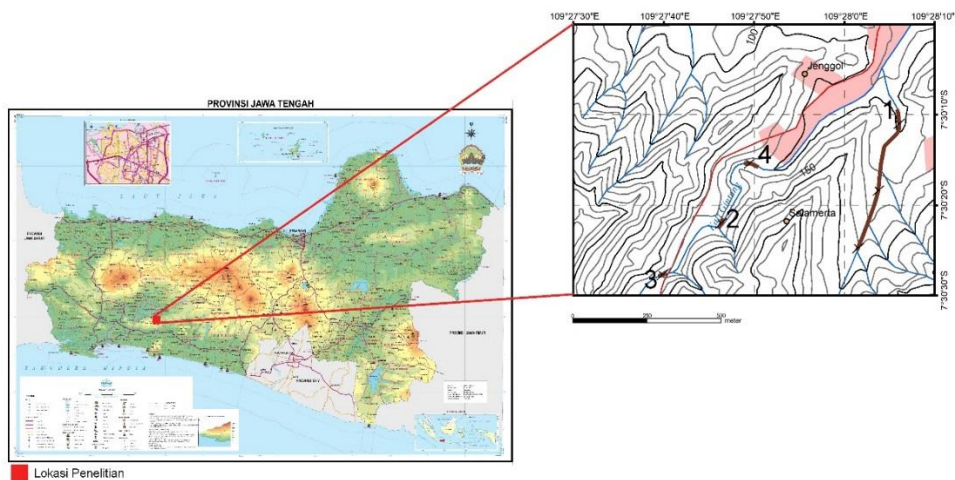
PENDAHULUAN

Pendekatan kuantitatif dalam bidang sedimentologi dan stratigrafi cukup berkembang pada tahun 1950-an (Ukhtari et al, 2015). Metode kualitatif umumnya sering digunakan dalam beberapa kasus sedimentologi dan stratigrafi seperti dalam penentuan asosiasi fasies dan lingkungan pengendapan (Miall, 1977; Walker, 1984; Stow, 1985). Pendekatan kuantitatif digunakan untuk membantu memberikan jawaban dan hasil berdasarkan data yang didapatkan dari lapangan. Pada studi ini, metode kuantitatif coba diterapkan guna membantu mengungkapkan keterkaitan antara suatu fasies dengan fasies yang lainnya sehingga membentuk suatu kesatuan asosiasi fasies dalam sebuah

lingkungan pengendapan (Cant & Walker, 1976; Harper Jr., 1984).

Formasi Halang merupakan salah satu yang sebarannya cukup luas meliputi daerah Jawa Barat dan Jawa Tengah. Peneliti menyebutkan bahwa formasi ini diendapkan pada sistem kipas bawah laut (Asikin dkk, 1992). Dengan bantuan metode kuantitatif, studi ini diharapkan mampu mengungkapkan asosiasi fasies pada daerah penelitian.

Lokasi penelitian berada koordinat $07^{\circ} 30' 00,0''$ - $07^{\circ} 30' 30,0''$ LS dan $109^{\circ} 27' 30,0''$ - $109^{\circ} 28' 10,0''$ BT yang secara administratif berada pada Provinsi Jawa Tengah. Pengambilan dan pengukuran data dilakukan pada sebagian lintasan Sungai Kaligintung, Kecamatan Mandiraja, Banjarnegara, Jawa Tengah.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Formasi Halang

Menurut Asikin dkk. (1992), bagian bawah terdiri dari breksi dan napal dengan sisipan batupasir dan batulempung. Lebih ke atas terdapat perselingan antara batupasir dan napal dengan sisipan batulempung, tuf dan kalkarenit. Bagian atas formasi dikuasai oleh napal dan batupasir dengan sisipan tuf, batulempung dan batupasir konglomeratan. Di bagian ini lapisan tuf makin banyak. Sisipan batupasir konglomeratan yang padat di bagian paling atas, terdiri dari komponen batuan beku bersifat andesit, napal dan batulempung, berukuran 0,5 - 5 cm. Struktur sedimen yang dijumpai selain struktur nendatan ("slump structure"), juga lapisan bersusun, perarian sejajar, konvolut, tikas bebas dan tikas seruling ("flute cast"). Formasi Halang terendapkan pada zona batial atas dengan kedalaman antara 200 - 500 m (Safaruddin, 1982 dalam Asikin dkk, 1992).

Haryono (1981 dalam Asikin dkk., 1992) menyimpulkannya sebagai endapan turbidit Formasi Halang bersifat proksimal (bagian bawah) dan distal (bagian atas), serta diendapkan di bagian dalam sampai luar kipas dalam-laut (*sub-marine fan*).

Menurut Kastowo dan Suwarna (1996), Formasi Halang tersusun atas perselingan batupasir, batulempung, napal, dan tuf dengan interkalasi breksi. Formasi ini diendapkan dalam lingkungan *submarine fan* pada kedalaman neritik dan terbentuk pada cekungan depan busur atau *fore arc basin* dengan ketebalan berkisar antara 400-700 meter. Safaruddin (1982 dalam Asikin dkk., 1992) menjelaskan bahwa bagian bawah formasi ini berumur Miosen (N15-N16) dan bagian atas berumur Miosen (N15-N18).

2.2. Klasifikasi Fasies Laut Dalam

Pickering et al (1986 modifikasi Stow, 1985) membagi tiga tingkatan klasifikasi, yaitu 1) kelas fasies; 2) kelompok fasies; dan 3) fasies. Ada 7 kelas fasies (A-G) yang dibedakan berdasarkan ukuran butir, ketebalan relatif sisipan lempung, penyusunan internal untuk kelas F dan komposisi untuk kelas G. Pada tingkat kelompok fasies (A - E) dibagi menjadi terorganisir dan tidak terorganisir yang mana menunjukkan struktur internal dan stratifikasi yang jelas dan tidak. Untuk kelas fasies F dibagi menjadi *exotic clasts* dan *contorted strata*. Untuk kelas G dibagi menjadi 3, yaitu 1) *pelagic biogenic oozes*; 2) *hemipelagites*; dan 3) *chemogenic sediments*.

CLASS	GROUP	FACIES	FACIES							
			1	2	3	4	5	6	7	8
A GRAVELS, MUDDY GRAVELS, GRAVELLY MUDS & PEBBLY SANDS	A1	DISORGANIZED								
	A2	ORGANIZED								
B SANDS	B1	DISORGANIZED								
	B2	ORGANIZED								
C SAND-MUD COUPLETS & MUDDY SANDS	C1	DISORGANIZED								
	C2	ORGANIZED								
D SILTS, SILTY MUDS & SILT-MUD COUPLETS	D1	DISORGANIZED								
	D2	ORGANIZED								
E MUDS & CLAYS	E1	DISORGANIZED								
	E2	ORGANIZED								
F CHAOTIC DEPOSITS	F1	EXOTIC CLASTS								
	F2	CONTORTED & DISTURBED STRATA								
G BIOGENIC OOZES, HEMPELAGITES & CHEMOGENIC DEPOSITS	G1	BIOGENIC OOZES & ARLS								
	G2	HEMPELAGITES								
	G3	CHEMOGENIC DEPOSITS								

Gambar 2. Klasifikasi Fasies Laut Dalam (Pickering et al, 1986)

METODE

3.1. Markov Chain

Markov property adalah istilah yang merujuk pada sebuah sikuen data yang dipengaruhi oleh sebuah proses markov (*Markov Process*). *Markov chain* adalah sebuah proses markov yang bekerja pada interval waktu tertentu dan dalam keadaan tertentu (Harbaugh & Bonham-Carter, 1970). Penggunaan metode *markov chain* dapat membantu interpretasi untuk mengetahui hubungan antara satu litologi dan litologi lain setelahnya (Cant & Walker, 1976). Pada pengerjaannya, metode statistik yang digunakan pada analisis *Markov chain* dilakukan pada beberapa tahap (Harbaugh & Bonham-Carter, 1970), yaitu:

a. Transition count matrix

Matrix ini merupakan susunan dua dimensi yang mentabulasikan berapa kali kemungkinan perubahan litologi dalam suatu sukseksi stratigrafi tertentu. Lapisan bawah dari tiap transisi dilambangkan oleh *i* yang merupakan baris pada matriks, adapun lapisan atas dari tiap transisi dilambangkan oleh *j* yang merupakan kolom pada matriks.

b. Transition probability matrix

Transition Probability Matrix menjelaskan kemungkinan transisi yang terjadi sebenarnya pada sebuah penampang stratigrafi yang kemudian dilambangkan oleh p_{ij} (Harbaugh & Bonham-Carter, 1970). Berikut adalah persamaan untuk matriks ini :

$$p_{ij} = f_{ij} / s_i \dots (1)$$

dimana;

p_{ij} = Transition Probability Matrix

f_{ij} = Nilai Transition Count Matrix pada kolom *j* dan baris *i*.

s_i = Total baris *i* untuk matriks *f*

c. Random probability matrix

Random probability matrix merepresentasikan kemungkinan suatu transisi tertentu terjadi secara acak yang kemudian dilambangkan oleh r_{ij} (Harbaugh & Bonham-Carter, 1970). Adapun rumus yang digunakan adalah :

$$r_{ij} = s_j / (t - s_i) \dots (2)$$

dimana;

r_{ij} = Independent Trials Matrix

s_j = Total kolom *j* untuk matriks *fj*

t = Total transisi

s_i = Total kolom *i* untuk matriks *fi*

d. Difference matrix

Apabila nilai kemungkinan kemunculan transisi pada suatu penampang stratigrafi dikurangi dengan nilai kemungkinan kemunculan transisi pada kondisi acak akan menghasilkan nilai kemungkinan bahwa transisi yang terjadi acak atau tidak. Dituliskan dalam persamaan di bawah ini (Harbaugh & Bonham-Carter, 1970). Untuk nilai matriks yang positif, maka kemungkinan transisi yang terjadi tidaklah acak. Semakin besar nilai yang didapatkan maka kemungkinan transisi yang terjadi memiliki properti Markov.

$$d_{ij} = p_{ij} - r_{ij} \dots (3)$$

dimana;

d_{ij} = Difference Matrix

p_{ij} = Transition Probability Matrix

r_{ij} = Independent Trials Matrix

3.2. Binomial Probability

Binomial probability merupakan probabilitas diskret keberhasilan *x* pada *n* percobaan

dimana hanya ada dua kemungkinan (ya/tidak). Metode ini biasanya digunakan untuk menguji *null hypothesis (test of significance)*. Pada analisis stratigrafi kuantitatif, metode ini pun digunakan sebagai *test of significance*. Beberapa peneliti mengajukan penggunaan *chi-square test* sebagai untuk menguji *null hypothesis*, namun menimbulkan pertanyaan transisi mana saja yang konsisten dengan *random model* (Harper, 1984).

Binomial probability menguji setiap transisi yang pada *markov chain* terjadi secara tidak acak. *Difference matrix* memberikan nilai keterjadian tak acak suatu transisi yang saling berhubungan, namun tidak diketahui apakah secara statistik nilai tersebut signifikan. Dikatakan signifikan apabila nilai *binomial probability* yang didapat lebih kecil dari *level of significance* yang ditetapkan. Dengan kata lain menolak *null hypothesis* yang menyatakan bahwa transisi tersebut terjadi secara acak pada suatu suksesi stratigrafi (Harper Jr., 1984). Ada pun persamaan yang digunakan sebagai berikut :

$$P = \sum_n^N \left(\frac{N!}{(N-n)!n!} \right) p^n q^{N-n} \dots (4)$$

dimana;

$\frac{N!}{(N-n)!n!}$ = Nilai kemungkinan kombinasi yang terjadi

p = Nilai probabilitas kesuksesan (nilai random probability matrix untuk F_{ij})

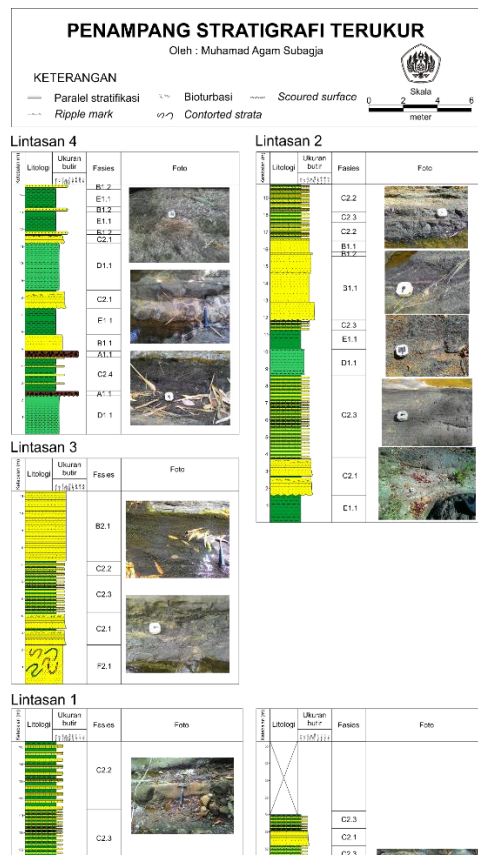
q = Nilai probabilitas kegagalan ($1-p$)

N = Banyaknya peluang (Total transisi F_i)

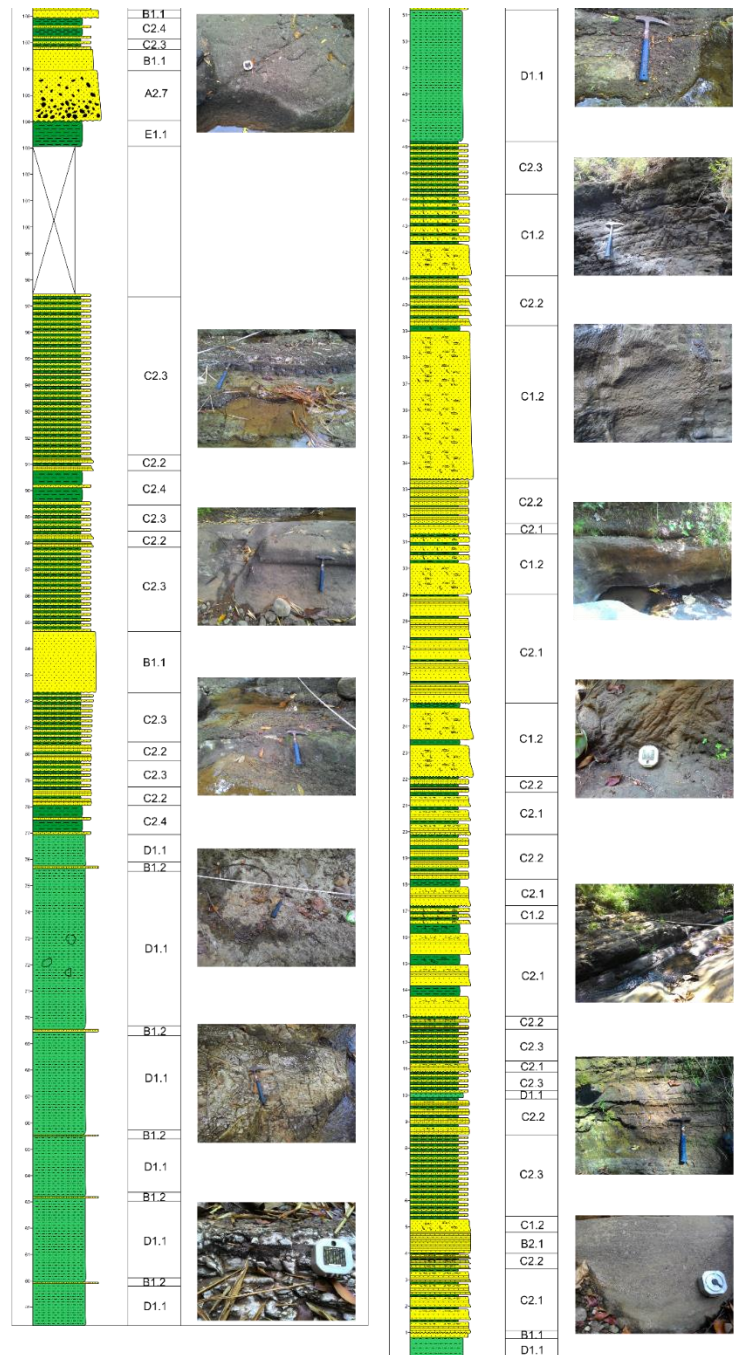
n = Banyaknya keterjadian (Jumlah transisi F_{ij})

3.3. Pengolahan Data

Pada penelitian ini pengambilan data lapangan menggunakan metode penampang stratigrafi terukur (*stratigraphic measured section*) pada sebagian lintasan Sungai Kaligintung. Sebanyak 4 lintasan diukur dengan total panjang lintasan 418.75 meter dan total ketebalan sebenarnya 161.4 meter. Penggunaan metode *Markov Chain* dimulai dengan mentabulasikan data transisi yang terjadi dalam *Transition count matrix* (Tabel 1). Dari data tersebut didapatkan *Transition probability matrix* (Tabel 2), dan *Random probability matrix* (Tabel 3). *Difference matrix* (Tabel 4) didapatkan dari selisih antara nilai pada *Transition probability matrix* dan *Random probability matrix*.



Gambar 3. Penampang Stratigrafi Terukur Daerah Penelitian



Gambar 4. Penampang Stratigrafi Terukur Daerah Penelitian (Lanjutan)

Tabel 1. Transition Count Matrix

	A1. 1	A2. 7	B1. 1	B1. 2	B2. 1	C1. 2	C2. 1	C2. 2	C2. 3	C2. 4	D1. 1	E1. 1	S S	Tot al
A1. 1			1							1				2
A2. 7			1											1
B1. 1				1				1	3			1	2	8
B1. 2			1								5	2		8

B2.1						1								1
C1.2								1	2				3	6
C2.1				1		2		4	4		1			12
C2.2					2	1			5		1		4	13
C2.3								6		2	2		5	15
C2.4								2					2	4
D1.1			1	5					2	1		1	2	12
E1.1				2					1				3	6
SS	2	1	4			2	10	1						20
Total	2	1	8	9	2	6	10	15	17	4	9	4	21	108

Angka tersebut menunjukkan bahwa fasies C2.1 ditindih oleh fasies C1.2 sebanyak 2 kali.

Tabel 2. Transition Probability Matrix

	A1.1	A2.7	B1.1	B1.2	B2.1	C1.2	C2.1	C2.2	C2.3	C2.4	D1.1	E1.1	SS
A1.1	0.0000	0.0000	0.5000	0.2000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.5000	0.0000	0.0000	0.0000
A2.7	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
B1.1	0.0000	0.0000	0.0000	0.1250	0.0000	0.0000	0.0000	0.1250	0.3750	0.0000	0.0000	0.1250	0.2500
B1.2	0.0000	0.0000	0.1250	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.6250	0.2500	0.0000
B2.1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
C1.2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1667	0.3333	0.0000	0.0000	0.0000	0.5000
C2.1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1667	0.0000	0.3333	0.3333	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
C2.2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1545	0.0772	0.0000	0.0000	0.3850	0.0000	0.0000	0.0000	0.3008
C2.3	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.4000	0.0000	0.1000	0.1000	0.0000	0.3000
C2.4	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.5000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.5000
D1.1	0.0000	0.0000	0.0000	0.4170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1667	0.0000	0.0000	0.0000	0.1667
E1.1	0.0000	0.0000	0.0000	0.3333	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1667	0.0000	0.0000	0.0000	0.5000
SS	0.1000	0.0500	0.2000	0.0000	0.0000	0.1000	0.5000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Angka didapat dari persamaan ($p_{ij} = f_{ij} / s_i$) dimana $f_{ij} = 2$ dan $s_i = 12$

Tabel 3. Random Probability Matrix

	A1.1	A2.7	B1.1	B1.2	B2.1	C1.2	C2.1	C2.2	C2.3	C2.4	D1.1	E1.1	SS
A1.1	0.0000	0.0094	0.7558	0.8491	0.1891	0.5661	0.9431	0.4151	0.6041	0.3771	0.8491	0.3771	0.9811
A2.7	0.0187	0.0000	0.7481	0.8411	0.1871	0.5611	0.9351	0.4021	0.5891	0.3741	0.8411	0.3741	0.9631

B1 .1	0.0 200	0.0 100	0.0 000	0.0 900	0.0 200	0.0 600	0.1 000	0.1 500	0.1 700	0.0 400	0.0 900	0.0 400	0.2 100
B1 .2	0.0 202	0.0 101	0.0 808	0.0 000	0.0 202	0.0 606	0.1 010	0.1 515	0.1 717	0.0 404	0.0 909	0.0 404	0.2 121
B2 .1	0.0 189	0.0 094	0.0 755	0.0 849	0.0 000	0.0 566	0.0 943	0.1 415	0.1 604	0.0 377	0.0 849	0.0 377	0.1 981
C1 .2	0.0 196	0.0 098	0.0 784	0.0 882	0.0 196	0.0 000	0.0 980	0.1 471	0.1 667	0.0 392	0.0 882	0.0 392	0.2 059
C2 .1	0.0 204	0.0 102	0.0 816	0.0 918	0.0 204	0.0 612	0.0 000	0.1 531	0.1 735	0.0 408	0.0 918	0.0 408	0.2 143
C2 .2	0.0 215	0.0 108	0.0 860	0.0 968	0.0 215	0.0 645	0.1 075	0.0 000	0.1 828	0.0 430	0.0 968	0.0 430	0.2 258
C2 .3	0.0 220	0.0 110	0.0 879	0.0 989	0.0 220	0.0 659	0.1 099	0.1 648	0.0 000	0.0 440	0.0 989	0.0 440	0.2 308
C2 .4	0.0 192	0.0 096	0.0 769	0.0 865	0.0 192	0.0 577	0.0 962	0.1 442	0.1 635	0.0 000	0.0 865	0.0 385	0.2 019
D1 .1	0.0 202	0.0 101	0.0 808	0.0 909	0.0 202	0.0 606	0.1 010	0.1 515	0.1 717	0.0 404	0.0 000	0.0 404	0.2 121
E1 .1	0.0 192	0.0 096	0.0 769	0.0 865	0.0 192	0.0 577	0.0 962	0.1 442	0.1 635	0.0 385	0.0 865	0.0 000	0.2 019
SS	0.0 230	0.0 115	0.0 920	0.1 034	0.0 230	0.0 690	0.1 149	0.1 724	0.1 954	0.0 460	0.1 034	0.0 460	0.0 000

Angka didapat dari persamaan ($r_{ij} = s_j / (t-s_i)$) dimana $s_j = 6$; $t = 108$; $s_i = 10$

Tabel 4. Difference Matrix

	A1. 1	A2. 7	B1. 1	B1. 2	B2. 1	C1. 2	C2. 1	C2. 2	C2. 3	C2. 4	D1. 1	E1. 1	SS
A1 .1	0.0 000	- 0.0 094	+ 0.4 245	- 0.0 849	- 0.0 189	- 0.0 566	- 0.0 943	- 0.1 415	- 0.1 604	+ 0.4 623	- 0.0 849	- 0.0 377	- 0.1 981
A2 .7	- 0.0 187	0.0 000	+ 0.9 252	- 0.0 841	- 0.0 187	- 0.0 561	- 0.0 935	- 0.1 402	- 0.1 589	- 0.0 374	- 0.0 841	- 0.0 374	- 0.1 963
B1 .1	- 0.0 200	- 0.0 100	0.0 000	+ 0.0 350	- 0.0 200	- 0.0 600	- 0.1 000	- 0.0 250	+ 0.2 050	- 0.0 400	- 0.0 400	+ 0.0 850	+ 0.0 400
B1 .2	- 0.0 202	- 0.0 101	+ 0.0 442	0.0 000	0.0 202	0.0 606	0.1 010	0.1 515	0.1 717	0.0 404	+ 0.5 341	+ 0.2 096	- 0.2 121
B2 .1	- 0.0 189	- 0.0 094	- 0.0 755	- 0.0 849	0.0 000	+ 0.9 434	- 0.0 943	- 0.1 415	- 0.1 604	- 0.0 377	- 0.0 849	- 0.0 377	- 0.1 981
C1 .2	- 0.0 196	- 0.0 098	- 0.0 784	- 0.0 882	- 0.0 196	0.0 000	- 0.0 980	+ 0.0 196	+ 0.1 667	- 0.0 392	- 0.0 882	- 0.0 392	+ 0.2 941
C2 .1	- 0.0 204	- 0.0 102	- 0.0 816	- 0.0 885	- 0.0 204	+ 0.1 054	0.0 000	+ 0.1 803	+ 0.1 599	- 0.0 408	- 0.0 085	- 0.0 408	- 0.2 143
C2 .2	- 0.0 215	- 0.0 108	- 0.0 860	- 0.0 968	+ 0.1 323	+ 0.0 124	0.1 075	0.0 000	+ 0.2 018	- 0.0 430	- 0.0 199	- 0.0 430	+ 0.0 819
C2 .3	- 0.0 220	- 0.0 110	- 0.0 879	- 0.0 989	- 0.0 220	- 0.0 659	- 0.1 099	+ 0.2 352	0.0 000	+ 0.0 894	+ 0.0 344	- 0.0 440	+ 0.1 026
C2 .4	- 0.0 192	- 0.0 096	- 0.0 769	- 0.0 865	- 0.0 192	- 0.0 577	- 0.0 962	+ 0.3 558	- 0.1 635	0.0 000	- 0.0 865	- 0.0 385	+ 0.2 981
D1 .1	- 0.0 202	- 0.0 101	+ 0.0 025	+ 0.3 258	- 0.0 202	- 0.0 606	- 0.1 010	- 0.1 515	- 0.0 051	+ 0.0 429	0.0 000	+ 0.0 429	- 0.0 455

E1 .1	- 0.0 192	- 0.0 096	- 0.0 769	+	-	-	-	-	+	-	-	0.0 000	+
				0.2 468	0.0 192	0.0 577	0.0 962	0.1 442	0.0 032	0.0 385	0.0 865		0.2 981
SS	+	+	+	-	-	+	+	-	-	-	-	-	0.0 000
	0.0 770	0.0 385	0.1 080	0.1 034	0.0 230	0.0 310	0.3 851	0.1 224	0.1 954	0.0 460	0.1 034	0.0 460	

Transisi yang bernilai positif dalam *Difference matrix* (Tabel 4) diuji menggunakan *Binomial probability*. Pada penelitian ini ditetapkan *level of significance* 0.1 dan 0.15. Transisi dengan nilai lebih kecil dari *level of*

significance secara statistik menolak *null hypothesis* yang menyatakan bahwa transisi tersebut terjadi secara independen/acak (Tabel 5).

Tabel 5. Nilai *Binomial Probability*

No	Transisi	<i>Binomial Probability</i>	No	Transisi	<i>Binomial Probability</i>
1	A1.1 - B1.1	0.1452	21	C2.2 - SS	0.3351
2	A1.1 - C2.4	0.0740	22	C2.3 - C2.2	0.0260
3	A2.7 - B1.1	0.0642	23	C2.3 - C2.4	0.1391
4	B1.1 - C2.3	0.1412	24	C2.3 - D1.1	0.4451
5	B1.1 - SS	0.5257	25	C2.3 - SS	0.2519
6	B1.2 - B1.1	0.4904	26	C2.4 - C2.2	0.1021
7	B1.2 - D1.1	0.0003	27	C2.4 - SS	0.1838
8	B1.2 - E1.1	0.0389	28	D1.1 - B1.1	0.6362
9	B2.1 - C1.2	0.0566	29	D1.1 - B1.2	0.0028
10	B1.1 - B1.2	0.5297	30	D1.1 - C2.4	0.3904
11	B1.1 - E1.1	0.2786	31	D1.1 - E1.1	0.3904
12	C1.2 - C2.2	0.6150	32	E1.1 - B1.2	0.0888
13	C1.2 - C2.3	0.2632	33	E1.1 - C2.3	0.6567
14	C1.2 - SS	0.1062	34	E1.1 - SS	0.1013
15	C2.1 - C1.2	0.1648	35	SS - A1.1	0.0764
16	C2.1 - C2.2	0.0979	36	SS - A2.7	0.2064
17	C2.1 - C2.3	0.1401	37	SS - B1.1	0.1055
18	C2.2 - B2.1	0.0308	38	SS - C1.2	0.4057
19	C2.2 - C1.2	0.5798	39	SS - C2.1	2.48 x 10 ⁻⁵
20	C2.2 - C2.3	0.0720			

**Level of significance* : 0.1 dan 0.15

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Litofasies

Berdasarkan data hasil penampang stratigrafi terukur yang dilakukan pada 4 lintasan (Gambar 3&4), terdapat 13 litofasies yang teridentifikasi, yaitu :

4.1.1. *Disorganized gravels (A1.1)*

Fasies ini memiliki warna segar abu – abu terang, warna lapuk abu – abu gelap, ukuran butir pasir kasar dengan beberapa komponen berukuran berangkal – kerikil, kebundaran menyudut tanggung – membuldar, kemas terbuka, tepilah buruk, komponen – komponen tersusun secara floating, berupa batuan beku andesitik, batupasir, kuarsa, non karbonatan, kontak erosional. Berdasarkan klasifikasi Pickering et al (1986) fasies ini memiliki kode A1.1 (Gambar 3).

4.1.2. *Normally-graded pebbly sandstone (A2.7)*

Batupasir kerakalan. Warna segar abu - abu terang, warna lapuk kecoklatan, ukuran butir kerikil - kerakal, bentuk butir menyudut - membuldar tanggung, *matrix supported*, terpilah buruk, menghalus ke atas, komponen terdiri atas batupasir dan batuan beku basaltik hingga andesitik, komponen batuan semakin tidak terlihat pada bagian atas pelapisan batuan. Matriks berukuran pasir kasar - sedang, terpilah baik, bentuk butir membuldar tanggung, non karbonatan. Berdasarkan klasifikasi Pickering et al (1986) fasies ini diberi kode A2.7 (Gambar 4).

4.1.3. *Thick-bedded disorganized sand (B1.1)*

Batupasir fasies ini memiliki kenampakan warna segar abu – abu terang, warna lapuk abu – abu gelap, berukuran butir pasir halus - pasir kasar, kebundaran butir membuldar –

membundar tanggung, kemas tertutup, terpilah baik, non karbonatan, tidak memiliki struktur internal, masif, ketebalan berkisar antara 40 cm – 1 meter. Fasies ini berkode B1.1 pada klasifikasi Pickering et al (1986) (Gambar 3&4).

4.1.4. *Thin-bedded coarse-grained sand (B1.2)*

Kenampakan fasies ini memiliki warna segar abu – abu terang kekuningan, warna lapuk abu – abu gelap hingga abu – abu kecoklatan, berukuran butir pasir kasar, bentuk butir membundar, terpilah baik dengan kemas tertutup, non karbonatan, perlapisan tidak terlalu terlihat jelas, tidak terdapat struktur internal, ketebalan berkisar antara 5 cm – 10 cm. Fasies ini memiliki kode B1.2 pada klasifikasi fasies Pickering et al (1986) (Gambar 3&4).

4.1.5. *Parallel-stratified sand (B2.1)*

Batupasir fasies ini memiliki warna segar abu – abu terang, warna lapuk abu – abu gelap, berukuran butir pasir medium – sangat halus, membundar – membundar tanggung, terpilah baik, kemas tertutup, non karbonatan, memiliki struktur sedimen berupa paralel laminasi. Pada klasifikasi Pickering et al (1986) fasies ini diberi kode B2.1 (Gambar 3&4).

4.1.6. *Thick-bedded sand-mud couplet (C2.1)*

Fasies ini memiliki karakteristik batupasir warna segar abu – abu terang, warna lapuk abu – abu gelap kehijauan, ukuran butir pasir sedang – sangat halus, kebundaran membundar – membundar tanggung, kemas tertutup, terpilah baik, non karbonatan, batupasir keras, tebal batupasir berkisar antara 30 cm – 1 m, terdapat struktur sedimen laminasi sejajar sangat berkembang pada fasies ini, ripple ditemui pada beberapa perlapisan. Batulempung memiliki warna segar abu – abu gelap, warna lapuk abu – abu gelap kehijauan hingga hitam, ukuran butir lempung, karbonatan, dijumpai sangat tipis dengan ketebalan berkisar antara 4 cm – 10 cm. Fasies ini diberi kode C2.1 pada klasifikasi Pickering et al (1986) (Gambar 3&4).

4.1.7. *Medium-bedded sand-mud couplet (C2.2)*

Fasies ini memiliki karakteristik batupasir warna segar abu – abu terang, warna lapuk abu – abu gelap kehijauan, ukuran butir pasir halus – sangat halus, kebundaran membundar – membundar tanggung, kemas tertutup, terpilah baik, non karbonatan,

batupasir keras, tebal batupasir berkisar 12 cm – 30 cm, terdapat struktur sedimen laminasi sejajar sangat berkembang pada fasies ini, ripple tidak terlalu terlihat pada fasies ini. Batulempung memiliki warna segar abu – abu gelap, warna lapuk abu – abu gelap kehijauan hingga hitam, ukuran butir lempung, karbonatan, dijumpai sangat tipis dengan ketebalan berkisar antara 4 cm – 10 cm. Fasies ini diberi kode C2.2 pada klasifikasi Pickering et al (1986) (Gambar 3&4).

4.1.8. *Thin-bedded sand-mud couplet (C2.3)*

Fasies batupasir ini memiliki karakteristik warna segar abu – abu terang, warna lapuk abu – abu gelap, ukuran butir pasir sangat halus, kebundaran membundar, kemas tertutup, terpilah baik, karbonatan, struktur sedimen berupa laminasi sejajar, tebal perlapisan berkisar antara 7 cm - 10 cm, kontak tegas. Batulempung memiliki warna segar abu – abu gelap, warna lapuk abu – abu gelap kehijauan hingga hitam, ukuran butir lempung, karbonatan, dijumpai sangat tipis dengan ketebalan berkisar antara 8 cm – 10 cm. Fasies ini diberi kode C2.3 pada klasifikasi Pickering et al (1986) (Gambar 3&4).

4.1.9. *Mud-dominated sand-mud couplet (C2.4)*

Batupasir pada fasies ini memiliki karakteristik warna segar abu - abu terang kekuningan, warna lapuk abu - abu gelap, ukuran butir pasir sangat halus, terpilah baik, bentuk butir membundar, kemas tertutup, karbonatan, tebal rata - rata 7 - 10 cm. Batulempung warna segar abut - abu gelap, warna lapuk hitam, ukuran butir lempung, dijumpai cukup dominan dengan tebal 10 - 35 cm, karbonatan. Fasies ini diberi kode C2.4 pada klasifikasi Pickering et al (1986) (Gambar 3&4).

4.1.10. *Mottled muddy sand (C1.2)*

Batupasir fasies ini memiliki warna segar abu – abu terang, warna lapuk abu – abu gelap, ukuran butir pasir sedang – pasir sangat halus, kebundaran membundar – membundar tanggung, kemas tertutup, terpilah baik, terdapat struktur sedimen paralel laminasi, bioturbasi, setempat ditemukan normal graded bedding yang tidak cukup jelas terlihat, ketebalan perlapisan antara 20 cm – 5 m. Batulempung memiliki warna segar abu – abu gelap, warna lapuk hitam, ukuran butir lempung, karbonatan dan ditemukan sangat tipis berkisar antara 4 – 10 cm (Gambar 3&4).

4.1.11. Structureless silt (D1.1)

Batulanau. Warna segar abu - abu terang, warna lapuk abu - abu terang kehijauan, ukuran butir lanau, terpilah baik, bentuk butir membundar, tidak dijumpai struktur internal, karbonatan. Berdasarkan klasifikasi Pickering et al (1986) fasies ini diberi kode D1.1 (Gambar 3&4).

4.1.12. Structureless mud (E1.1)

Fasies ini memiliki karakteristik warna segar abu - abu gelap, warna lapuk abu - abu terang, ukuran butir lempung, karbonatan, perlapisan tidak terlalu jelas terlihat dan tidak dijumpai struktur sedimen. Berdasarkan pada klasifikasi Pickering et al (1986) fasies diberi kode E1.1 (Gambar 3&4).

4.1.13. Contorted strata (F2.1)

Fasies ini memiliki warna abu - abu gelap hingga hitam, ukuran butir pasir sedang - lumpur, bentuk butir menyudut tanggung - membundar tanggung, terpilah buruk, kemas tertutup, terdapat struktur sedimen *slump*. Bagian dengan butir lebih kasar terlipatkan secara tidak teratur. Fasies ini diberi kode F2.1 pada klasifikasi Pickering et al. (1986) (Gambar 3).

4.2. Asosiasi Fasies

Berdasarkan analisis *Markov Chain* dan *Binomial Probability* yang dilakukan pada data hasil penampang stratigrafi terukur maka dihasilkan diagram hubungan antar fasies daerah penelitian (Gambar 5). Pada *facies relationship diagram* (Gambar 5) tersebut, litofasies di daerah penelitian bisa dikelompokkan ke dalam 4 asosiasi litofasies, yaitu :

4.2.1. Channel fill deposit

Endapan pada asosiasi ini terdiri atas *Disorganized Gravel (A1.1)*, *Normally Graded Pebbly Sand (A2.7)*, *Thick-bedded Disorganized Sand (B1.1)*, *Thick-bedded Sand-mud Couplet (C2.1)* (Gambar 5). Proses pengendapan ini ditandai dengan adanya bidang erosional (*scoured surface*) pada bagian bawah tiap fasies. Umumnya, fasies - fasies ini dibawa dan diendapkan oleh arus turbid dengan konsentrasi tinggi. Adapun perbedaan komposisi material dari tiap fasies bisa disebabkan karena pengaruh dari arus yang membawa fasies tersebut dan suplai material sedimen yang dibawa. Asosiasi ini kemungkinan diendapkan pada *transfer zone* (Mutti, 2002) atau *channelized setting* (Walker, 1984) dengan batas bawah bidang erosional. Dalam hal ini, diinterpretasikan sebagai endapan *channel* dengan material yang lebih kasar yang pada

umumnya terendapkan pada bagian bawah *channel*.

Pada asosiasi fasies ini juga termasuk didalamnya fasies *Contorted Strata (F2.1)*. Meskipun tidak diketahui batas bawah dari fasies ini, namun kemungkinan besar fasies ini terbentuk karena adanya *levee failures* yang kemudian terendapkan pada bagian *channel*. Nilai probabilitas kemunculan fasies ini terbilang kecil, yang menunjukkan bahwa keterbentukan fasies ini bisa dikatakan episodik dan tidak termasuk pada suksesi litofasies utama di daerah penelitian.

4.2.2. Levee deposit

Terdiri atas fasies *Medium-bedded sand-mud couplet (C2.2)*, *Thin-bedded sand-mud couplet (C2.3)* dan *Mud-dominated sand-mud couplet (C2.4)* (Gambar 5). Proses pengendapan terjadi oleh arus turbid yang membawa material lebih halus dengan konsentrasi sedang hingga rendah. Struktur sedimen yang banyak berkembang adalah paralel laminasi dan sedikit ditemukan *ripple* yang menunjukkan adanya penurunan arus yang membawa material sedimen. Kemungkinan diendapkan pada fase *lower regime* dimana arus transportasi sudah mengalami penurunan.

Pada *facies relationship diagram*, asosiasi fasies ini berhubungan dengan endapan *channel*. Suksesi yang menghalus dan menipis ke atas membentuk asosiasi ini jika dihubungkan dengan endapan *channel*. Kemungkinan besar asosiasi fasies ini diinterpretasikan sebagai endapan *levee*.

4.2.3. Lobe deposit

Terdiri atas dua fasies yaitu *Parallel-stratified sand (B2.1)* dan *Mottled muddy sand (C1.2)* (Gambar 5). *Parallel-stratified sand* diendapkan sebagai *traction carpet* yang biasanya berada pada bagian bawah arus turbulen. Arus ini kemudian melemah dan mengendapkan *Mottled muddy sand* yang cenderung tidak memiliki struktur internal pada awal pengendapan. Struktur bioturbasi pada fasies ini disebabkan karena ada proses *reworking* oleh arus kontur bawah laut yang cukup kuat. Pola *fining upward* pada asosiasi fasies ini menunjukkan adanya penurunan arus transportasi. Tidak ditemukannya batas erosional menunjukkan bahwa kuat arus yang membawa material tidak cukup untuk mengerosi batuan dibawahnya sehingga kemungkinan diendapkan pada *depositional zone* (Mutti, 2002).

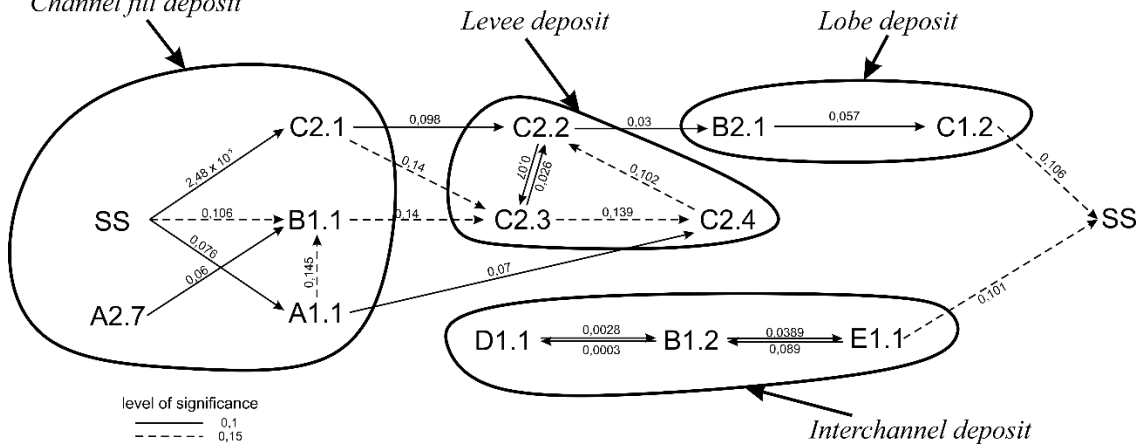
Pada kasus ini, kemungkinan diendapkan sebagai endapan *lobe* dimana kedua fasies ini umum ditemukan yang disebabkan karena proses traksi (Mutti, 2002). Bioturbasi yang

cukup intensif kemungkinan dihasilkan akibat dari pengaruh arus kontur yang mendeformasi batuan yang sudah terbentuk. Pengaruh arus kontur yang cukup terlihat memperkuat alasan bahwa endapan ini tidak terbentuk pada *channel*.

4.2.4. Interchannel deposit

Thin-bedded coarse-grained sand (B1.2), structureless silt (D1.1) dan structureless mud (E1.1) membentuk asosiasi ini (Gambar 5). Didominasi oleh proses pengendapan *Channel fill deposit*

yang terjadi karena jatuhnya material - material suspensi berbutir halus. Adapun *thin-bedded coarse-grained sand* kemungkinan terbentuk karena proses *winnowing* oleh arus dasar yang cukup kuat. Pada *facies relationship diagram*, asosiasi ini menunjukkan nilai probabilitas kemunculan yang cukup tinggi. Asosiasi fasies ini kemungkinan banyak ditemukan pada daerah *interchannel* dimana proses sedimentasi *gravity flow* minim terjadi.



Gambar 5. *Facies Relationship Diagram* daerah penelitian

KESIMPULAN

13 litofasies yang teridentifikasi pada daerah penelitian dapat dikelompokkan menjadi 4 asosiasi litofasies berdasarkan analisis Markov Chain dan Binomial Probability. Asosiasi litofasies tersebut yaitu *channel fill deposit*, *levee deposit*, *lobe deposit* dan *interchannel deposit*. Penggunaan metode kuantitatif akan mempermudah dalam penentuan asosiasi litofasies secara keseluruhan dari suatu sikuen data litofasies. Asosiasi litofasies yang dihasilkan dengan pendekatan kuantitatif ini bersifat umum karena metode Markov Chain menganalisis hubungan suatu fasies dengan fasies lain yang secara statistik signifikan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada program riset *Academic Leader Grant* yang diketuai oleh Prof. Dr. Ir. Ildrem Syafri, DEA. atas bantuan dana dan bimbingannya. Penelitian ini tidak akan terlaksana tanpa bantuan pihak - pihak terkait.

DAFTAR PUSTAKA

Asikin, S., 1992. Geologi Regional Lembar Banyumas, Badan Geologi. Bandung.
 Cant, D., and Walker, R., 1976. Development of braided-fluvial facies model for the Devonian Battery Point Sandstone, Quebec. Canadian Journal of Earth Sciences 13, pp. 102 - 119.
 Harbaugh, J.C., and Bonham-Carter, G., 1970. Computer simulation in geology. Wiley-Interscience, New York.
 Harper Jr., C., 1984. Improved methods of facies sequence analysis. In: Facies Models: Response to Sea Level Change. Geological Association of Canada, pp. 11 - 13.
 Kastowo dan Suwarna, N., 1996. Peta Geologi Bersistem Indonesia, Lembar Majenang, Jawa. Skala 1:100000. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
 Mutti, E., Tinterri, R., Remacha, E., Mavilla, N., Angella, S., and Fava, L., 2002. An introduction to the analysis of ancient turbidite basins from an outcrop perspective. The American Association of Petroleum Geologists, Tulsa, Oklahoma.
 Pickering, K., Stow, D., Watson, M., and Hiscott, R., 1986. Deep-water facies, process and models: a review and classification scheme for modern and ancient sediments. Earth-Science Reviews 23, pp. 75-174.

- Stow, D., Reading, H., and Collinson, J., 1996. Deep seas. In: Reading, H. (Eds.), *Sedimentary Environment: Process, Facies and Stratigraphy*. Blackwell Publishing, pp. 395 – 453.
- Ukhtari, M. S., Wibowo, A., Cahyo, F. A., and Akhyar, M. S., 2015. Quantitative stratigraphy analysis using the markov chain and graph algorithm method: application to predict sedimentary cycles. 39th Proceedings Indonesia Petroleum Association, Jakarta.