

**ANALISIS DAN PEMODELAN SIMULASI DAMPAK LINGKUNGAN  
PENAMBANGAN BATU ANDESIT MENGGUNAKAN  
METODE SISTEM DINAMIK  
(Studi Kasus : Penambangan Batu Andesit di desa Salawangi Kecamatan  
Bantarujeg Kabupaten Majalengka)**

Nisa Farhatunnisa <sup>1)</sup>, Deffy Susanti., S.T., M.Kom. <sup>2)</sup>, Ardi Mardiana., S.T., M.Kom <sup>3)</sup>

<sup>1</sup>Teknik Informatika, Universitas Majalengka

Email : fnisa666@gmail.com

<sup>2</sup>Teknik Informatika, Universitas Majalengka

Email: deffysusanti@gmail.com

<sup>3</sup>Teknik Informatika, Universitas Majalengka

Email:aim@ft.unma.ac.id

*Abstract*

*The existence of a stone quarry project area will affect the surrounding environment of a region. In addition due to the damage to the road infrastructure, the activities of the miners who perform processes like mine, the waste rock fragments, erosion, fresh water resources is reduced, etc., which will continue to accumulate in accordance with the development of the population the number of rock miners, the activities of miners and environmental components. A similar condition is the presence of stone mining project located in the Village District of Bantarujeg Salawangi. This study uses a matrix of Leopold to identify the state of the initial environmental setting in the village, through the interview method. Further research conducted by the dynamic simulation modeling approach that provides comprehensive results that the project area will be undergoing expansion by utilizing the andesite quarry material which is influenced by population number of miners, mining project activity. The role of government to improve the condition shown by increased supervision and counseling, the environmental impact can be minimized. This simulation uses a span of 10 years. Simulations using the Ventana Simulation Software PLE x32.*

**Keywords:** *Matrix Leopold, Mining Project, Dynamic Simulation Modeling, Simulation Software Ventana PLE x32.*

## **1. PENDAHULUAN**

Di tengah persaingan ekonomi yang sangat ketat, karena adanya peran dan fungsi teknologi informasi, maka kehidupan ekonomi masyarakat di pedesaan kini mulai bergeser yang semula penduduk banyak berusaha mencari mata pencaharian di perkotaan (urbanisasi), namun setelah di beberapa daerah tertentu yang memiliki sumber daya alam seperti batu granit, muncullah banyak penambangan batu granit yang menjadi alternatif mata pencaharian bagi masyarakat sekitarnya.

Penambangan batu di Desa Salawangi Kecamatan Bantarujeg, umumnya merupakan bahan galian industri yang berkaitan dengan industri plutonik batuan asam dan ultra basa, salah satunya adalah

granit. Terbentuknya kira-kira 3-4 km dibawah permukaan bumi, bahkan sampai pada jarak 15-50 km di dalam bumi (Sukandarrumidi, 2009). Penambangan tersebut terletak di dua desa yaitu Desa Silihwangi dan Cimanggu Salawangi. Kekayaan sumber daya alam tersebut diolah menjadi produk industri yang menjanjikan, yaitu untuk lantai, meja, ornamen dinding dan lain sebagainya. Potensi ini akan sangat menarik investor untuk menanamkan modal yang pada gilirannya akan dapat menaikkan ekonomi masyarakat.

Sisi positif dari pengolahan sumber daya alam tersebut, diakui memang, memiliki implikasi nyata dalam meningkatkan harkat derajat kehidupan ekonomi masyarakat. Namun ketika timbul

pertanyaan apakah definisi sebuah pembangunan yang berhasil itu, sebagaimana dikatakan Dr. Arief Budiman dalam bukunya “Pembangunan Ekonomi Dunia Ketiga” (1995:8), mengatakan bahwa : “Pembangunan yang berhasil adalah pertumbuhan ekonomi yang tinggi dan berkesinambungan tetapi tidak terjadi kerusakan sosial dan kerusakan alam”.

Seiring dengan perkembangan pembangunan di Desa Salawangi Kecamatan Bantarujeg pertumbuhan ekonomi di Desa Salawangi cukup berkembang. Menurut data ekonomi mata pencaharian di Desa Salawangi (Sumber : Profil Desa dan Kelurahan-BPMDPKB Kabupaten Majalengka tahun 2016), yang mendominasi adalah pekerjaan sebagai buruh dan petani. Kebanyakan dari petani mengumpulkan hasil panennya kepada tengkulak, dan karena kekayaan sumber alam batu, masyarakat memilih pekerjaan sebagai buruh yang bekerja pada seorang penambang batu, sehingga keadaan ekonomi masyarakat relatif stabil bahkan meningkat.

Peningkatan ekonomi tersebut berujung terlena dan apriori terhadap dampak lingkungan mereka. Akibatnya faktor penting lain yang dapat mempengaruhi keberlangsungan hidup masyarakat di Desa Salawangi Kecamatan Bantarujeg, yaitu adanya dampak lingkungan akibat aktivitas proyek penambangan tidak diperhatikan. Perencanaan proyek kurang maksimal, tidak adanya perijinan proyek, aktivitas penambangan batu yang tidak terkendali, hal-hal tersebut merupakan beberapa faktor timbulnya dampak lingkungan (Humaedi, 2016).

Aktivitas penambangan harus seimbang dengan komponen lingkungan. Diperlukan juga analisis dampak atau penafsiran dampak sebagai upaya identifikasi keadaan rona lingkungan awal sebelum adanya aktivitas proyek tersebut. Namun, apakah aktivitas proyek mempunyai dampak besar terhadap komponen lingkungan, Mengingat dampak adalah setiap perubahan yang terjadi dalam lingkungan akibat adanya aktivitas manusia. Pernyataan berikut tidak

disebutkan karena adanya proyek, karena proyek diartikan sebagai bangunan fisik saja (Suratmo, 2004).

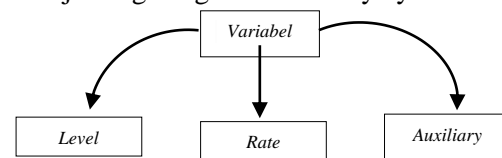
## 2. KAJIAN LITERATUR DAN PENGEMBANGAN HIPOTESIS

### 1. Pemodelan

Model merupakan representasi sistem dalam kehidupan nyata menjadi fokus perhatian dan menjadi pokok permasalahan. Pemodelan dapat di-definisikan sebagai proses pembentukan model dari sistem tersebut dengan menggunakan bahasa formal tertentu. Proses pembuatan model dimulai dengan adanya permasalahan pada sistem nyata, yang dilihat oleh pemodel dengan menggunakan sudut pandang tertentu yang tergantung pada nilai yang dianut, pengetahuan dan pengalaman pembuat model, sampai akhirnya tercipta suatu model. Model ini selanjutnya akan diuji keabsahannya dengan menggunakan data sampel sehingga dapat dihasilkan suatu model yang *valid* (Suryani, 2006:1-2).

### 2. Variabel Sistem Dinamik

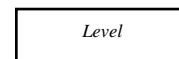
Beberapa *variabel* model sistem dinamik dapat dilihat pada gambar 2.3. *Variabel* sistem dinamik dapat dibagi menjadi tiga bagian diantaranya yaitu :



Gambar 2.1 Tahapan pengembangan model sistem (Suryani, 2006:67)

#### 1. Variabel Level

*Variabel level* merupakan akumulasi aliran dari waktu ke waktu. *Level* digambarkan dalam bentuk segi empat terlihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.2 Variabel Level (Suryani, 2006:67)

Terdapat 2 jenis *level* :

- Subsistem fisik yaitu, material, tenaga kerja, uang, order, dan lain-lain.
- Subsistem informasi yaitu, aliran informasi dalam sistem. *Level* dipengaruhi oleh aliran masuk (*input rate*) dan aliran keluar (*output rate*).

#### 2. Rate

*Variabel Rate* merupakan laju yang menentukan aliran masuk atau keluar atau

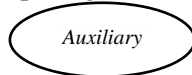


ke level. Simbol *variabel rate* dapat dilihat pada gambar 2.3.

Gambar 2.3 *Variabel Rate* (Suryani, 2006:68)

### 3. Auxiliary

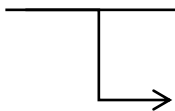
*Variabel Auxiliary* merupakan *variabel bantu* untuk menyederhanakan hubungan antar *variabel*. Simbol *variabel auxiliary* dapat dilihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 *Variabel Auxiliary* (Suryani, 2006:68)

### 4. Parameter dan Konstanta

Parameter merupakan *input* informasi untuk *rate* maupun *auxiliary*. Konstanta memiliki nilai tetap sepanjang periode simulasi, sedangkan parameter merupakan nilai yang tetap pada saat tertentu namun bisa berubah disaat yang lain. Parameter (konstanta) disimbolkan garis penuh sebagaimana terlihat pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 Parameter (Konstanta) (Suryani, 2006:68)

### 3. Diagram Model Sistem Dinamik

Terdapat 2 (dua) model sistem dinamik yaitu diagram sebab akibat dan diagram alir, pengertian kedua diagram tersebut terdapat dibawah ini :

#### 1. Diagram sebab akibat (*Causatic Diagram*)

Menggambarkan hubungan kausal antar *variabel* sistem. Polaritas aliran dibagi dua yaitu, polaritas aliran positif (+) dan negatif (-). Disebut positif apabila perubahan variabel pada awal aliran menyebabkan bertambahnya nilai *variabel* pada akhir aliran. Sebaliknya disebut negatif bila perubahan variabel pada awal aliran menyebabkan berkurangnya nilai *variabel* pada akhir aliran (berlawanan).

#### 2. Diagram alir (*Flow Diagram*)

Menggambarkan struktur aliran secara rinci sehingga dapat digunakan untuk menyusun model matematis. Diagram aliran (simulasi)

menggambarkan hubungan antar *variabel* dan sudah dinyatakan dalam bentuk simbol-simbol (Suryani,2006:69).

### 4. Pendugaan Dampak

Pendugaan ini digunakan sebagai terjemahan dari *Assessment*. Beberapa ahli di Indonesia menggunakan terjemahan perkiraan atau peramalan.

Pendugaan dampak dapat didefinisikan sebagai aktivitas untuk menduga dampak yang akan terjadi di masa yang akan datang akibat suatu aktivitas manusia (proyek). Dampak yang diduga tersebut merupakan perbedaan nilai lingkungan atau nilai suatu sumberdaya di masa yang akan datang antara lingkungan tanpa proyek dan lingkungan dengan proyek (Suratmo, 2004:5).

### 5. Perbedaan antara *Impact* dan *Effect*

Panduan Evaluasi Dampak Lingkungan untuk Thailand yang diterbitkan *National Environment Board (NEB, 1979)*, menyatakan sebagai berikut : *Effect on an environment resource or value resulting from human activities including project development. Environmental effect : Effect of natural or man-made actions which alter the environmental measures by physical, chemical, and biological parameters.* Perbedaan yang ditonjolkan di sini ialah bahwa *impact* memberikan nilai pada sumbernya yang terkena dampak, sedang pada *effect* dampak belum memberi nilai.

## 3. METODE PENELITIAN

### a. Pendekatan penelitian lingkungan menggunakan metode *Leopold* atau *Matrices Leopold*

Metode penelitian pada tahapan pertama telah disebutkan adalah observasi lokasi penambangan batu granit, dan melakukan wawancara kepada tokoh masyarakat yaitu Bapak Drs.H. Edi Humaedi yang dilaksanakan pada tanggal 27 Maret 2016 di Desa Salawangi Kecamatan Bantarujeg. Berdasarkan metode *Leopold* teknik wawancara yang telah penulis lakukan yaitu dengan merumuskan 25 aktivitas proyek dan 22 komponen lingkungan yang di sempit, untuk mengidentifikasi terhadap rona lingkungan awal sebelum proyek berjalan dan pemberian besaran dampaknya.

Gambar 2.8 Matrik dampak lingkungan penambangan batu andesit (aktivitas proyek dengan komponen lingkungan) M = Tingkat besar dampak (*magnitude*). I = Tingkat kepentingan dampak (*importance*). Menggunakan metode Sistem Dinamik atau Model Dinamik

Komponen Lingkungan	Nilai dan Rentangan				
	1	2	3	4	5
1. Iklim				16-20	
1. Suhu (derajat °C)	>35/<5	31-30/6-10	28-30/11-15		21-27
2. Curah Hujan	<500/<3/000	501-1.000	1001-2/-2.000	2001-2-2.500	>2.500
I. Kualitas Udara					
1. Partikel debu (mg/m <sup>3</sup> )	>0.26	0,20-025	0,13-0,19	0,06-0,12	<0,05
2. Bau	Sangat berbau	Berbau	Agak berbau	Sedikit berbau	Tidak berbau
II. Tanah					
1. Teskur	Kasar	Agak kasar	Halus	Agak halus	Sedang
2. Struktur	Masih granuler	Lempung	Prismatik kolom	Gumpalan membulat	Remah
V. Sedimen					
1. Erosi tebing	Banyak terjadi longsor > 10 x setahun	Longsor (9-6) x setahun	Longsor (5-3) x setahun	Longsor (2-1) x setahun	Tidak pernah terjadi
V. Daratan					
1. Keanekaragaman fauna	0,0,17	0,18-0,35	0,36-0,53	0,54-0,71	>0,72
2. Kelimpahan fauna (%)	0-19	20-39	40-59	60-79	80-100
3. Perataan fauna	0,0,08	0,09-0,07	0,18-0,26	0,27-0,35	0,36-0,45
4. Potensi pemanfaatan fauna	Kecil sekali	Kecil	Cukup	Besar	Besar sekali
5. Potensi pemanfaatan flora	Kecil sekali	Kecil	Cukup	Besar	Besar sekali

Gambar 2.6 Skala Kualitas Lingkungan (Chafid Fandeli, 2007:229-234)

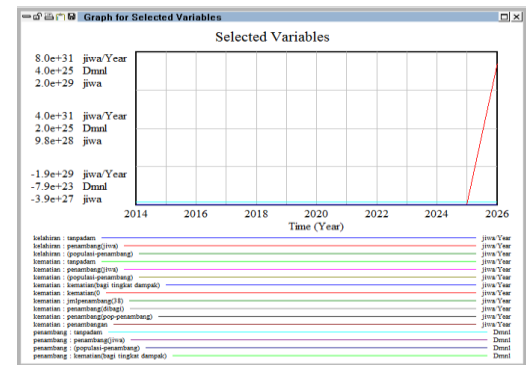
No	Jenis	Skala	Besaran (%)	Tafsiran Dampak
1	Keadaan komponen lingkungan	1	1-20	Sangat Buruk
		2	21-40	Buruk
		3	41-60	Sedang
		4	61-80	Baik
		5	81-100	Sangat Baik
2	Kepentingan Komponen Lingkungan	1	1-20	Kurang Penting
		2	21-40	Cukup Penting
		3	41-60	Penting
		4	61-80	Lebih penting
		5	81-100	Sangat Penting
3	Keadaan kualitas lingkungan	1	1-20	Sangat Buruk
		2	21-40	Buruk
		3	41-60	Sedang
		4	61-80	Baik
		5	81-100	Sangat Baik
4	Tafsiran Dampak	1	1-20	Dampak sangat kecil
		2	21-40	Dampak kecil
		3	41-60	Dampak sedang
		4	61-80	Dampak besar
		5	81-100	Dampak sangat besar

Gambar 2.7 Skala Penilaian Dampak (Chafid Fandeli, 2007:224)

NO	Aktifitas Komponen Lingkungan	Rona Lingkungan Awal					Nilai Keadaan Lingkungan dengan Aktifitas Proyek					Keadaan Lingkungan Setelah Operasional					Evaluasi
		Kedua + Keempat Lingkungan	Nilai Keada an I	Nilai Keada an II	Perencana n (%) (skala 4)	Skala Kualitas Kompo nen Lingkungan (A)	Aktifitas Penebah an	Peromp an dan penggol on	Nilai Keada an	Nilai Mitigas i	Perencana n (%)	Skala Temp at, res, terdru	Selah	Tafsiran Dampak			
															1	2	
1	Sektor tanah	5	5	25	25	100	5	5	3	3	30	30	60	3	-2	Pemurnan skala -2	
2	Sumber Daya Air	5	5	25	25	100	5	4	4	5	36	30	72	4	-1	Pemurnan skala -1	
3	Kualitas Udara	4	5	20	25	80	4	3	4	4	24	30	48	3	-1	Pemurnan skala -1	
4	Kondisi Flora dan Fauna	4	5	20	25	80	4	4	4	4	32	30	64	4	0	Tidak ada dampak	
5	Kondisi tanah, tumbuhan	4	5	20	25	80	4	3	3	4	24	30	48	3	-1	Pemurnan skala -1	
6	Biologi Seluler Lingkungan perikanan akuakultur	4	5	20	25	80	4	3	4	4	28	30	56	3	-1	Pemurnan skala -1	
Jumlah Nilai		130					90					174					Evaluasi: Nilai tertinggi skala terdapat adalah pada sektor tanah dan dari perairan, jika pemurnan adalah sebesar 21,66 %.
Nilai Maksimum		150					150					300					
Persentase (%)		86,66					60					58					
Skala							4					3					
Selah Skala																	

1. Pada pemodelan dan simulasi tersebut digambarkan validitas dari hasil identifikasi rona lingkungan awal dengan aktivitas proyek, digambarkan dan diuji beberapa dampak yang terjadi, dan persentase nilai dampak yang akan terjadi di masa depan. Variabel eksogen dan endogen, Merancang *causal loop diagram* dan membuat *stock and flow diagram*.

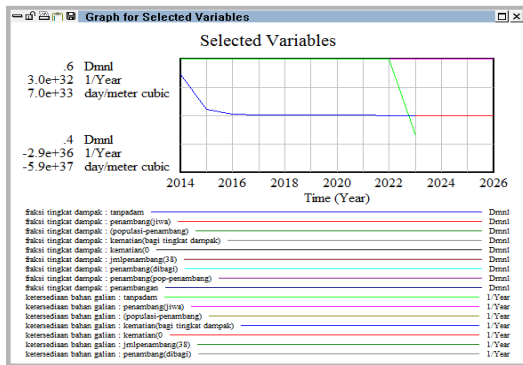
4. HASIL DAN PEMBAHASAN  
 Dari hasil skenario Gambar 2.9 menunjukkan kelahiran 144 orang, kematian 60 orang, penambang 3599.6 orang, populasi 3600 jiwa. Prediksi tahun 2023 kelahiran 177.222 orang, penambang 4430.14 orang, populasi 4430.54 jiwa.



Gambar 2.9 Populasi kematian, kelahiran, penambang, dan tingkat

Gambar 2.10. dibawah ini menunjukkan dampak komponen lingkungan 0. 248793 1/tahun, dampak komponen lingkungan 2014 0.124964 1/tahun, kondisi komponen lingkungan 0.1443 1/tahun, ketersediaan bahan galian 193.615, proses eksploitasi , 45772 m<sup>3</sup>/hari. Prediksi 7 tahun yang akan datang yaitu 2023 dampak komponen lingkungan 5.7894e-009 1/tahun, dampak komponen lingkungan 2014 2.9079e-009 1/tahun, kondisi komponen lingkungan 3.35785e-009 1/tahun, ketersediaan bahan galian 10 ha, proses eksploitasi , 326.075m<sup>3</sup>/hari. Rata-

rata fraksi dampak yang terjadi 0.5. Dapat terlihat pada *table time down* lampiran 9 – 11.



Gambar 2.10. Ketersediaan bahan galian, proses eksploitasi, kondisi komponen lingkungan dampak komponen lingkungan, dampak komponen lingkungan tahun 2014

Dari ke 3 skenario alternatif yang dibuat dapat yang dapat diterapkan dari pemodelan tersebut adalah skenario 3. Karena pada skenario alternatif tersebut terlihat prediksi pada kondisi komponen lingkungan 10 tahun yang akan datang 3.35785e-009 1/tahun yang menunjukkan penurunan kualitas komponen lingkungan. Ketersediaan bahan galian  $-2.02318e+036$  m<sup>3</sup>/tahun belum lagi 50 tahun yang akan datang mungkin saja ketersediaan bahan galian tersebut tidak ada lagi.

## 5. KESIMPULAN

Dari keseluruhan kegiatan penelitian ini dapat ditarik kesimpulan bahwa :

1. Dari hasil penelitian yang penulis laksanakan di Penambangan Batu Andesit Desa Salawangi Kecamatan Bantarujeg, menghasilkan analisis pemodelan dampak penambangan batu menggunakan sistem dinamik.
2. Identifikasi menghitung besaran rona lingkungan awal dengan menggunakan metode *leopold* yaitu, sebelum adanya proyek penambangan di desa tersebut persentase sebesar 86,66% dan sesudah ada proyek persentase sebesar 58 %. Persentase kondisi komponen lingkungan sebesar 28,66%. Kemudian di modelkan dengan menggunakan metode sistem dinamik, ketersediaan bahan galian yang diprediksi 8 tahun sebesar -

1.37847e+036 dengan proses eksploitasi sebesar  $-1.37847e+037$  /tahun. Kondisi tersebut menunjukkan ketersediaan bahan galian semakin menipis bahkan akan habis. Fenomena tersebut dipengaruhi oleh jumlah penambang yang berjumlah 4834.1 jiwa, dan pada tahun 2026 (10 tahun yang akan datang) sebesar 5128.74 jiwa.

3. Dalam pemodelan simulasi dinamik ini dibuat skenario-skenario alternatif, yang dimasukan asumsi parameter-parameter. Dengan harapan skenario tersebut dapat mengurangi dampak aktivitas proyek penambangan terhadap komponen lingkungan.
4. Pemodelan tersebut menghasilkan skenario alternatif 3 yang menjadi hasil analisis yang telah dilakukan. Karena pada skenario alternatif tersebut terlihat prediksi pada kondisi komponen lingkungan 10 tahun yang akan datang 3.35785e-009 1/tahun yang menunjukkan penurunan kualitas komponen lingkungan. Ketersediaan bahan galian  $-2.02318e+036$  m<sup>3</sup>/tahun belum lagi 50 tahun yang akan datang mungkin saja ketersediaan bahan galian tersebut tidak ada lagi dan harus mencari area lahan lain untuk proses eksploitasi.
5. Dengan adanya analisis pemodelan dampak penambangan batu menggunakan sistem dinamik, dapat memberikan saran bagi Dinas atau Instansi terkait, dengan harapan agar segera memberikan tindakan ataupun solusi yang tepat guna.

## 6. REFERENSI

- Budiman Arief, 1995, Teori Pembangunan Dunia Ketiga, PT Gramedia Pustaka Utama : Jakarta.*
- Dyahwanti, N.I., 2007, Kajian Dampak Lingkungan Kegiatan Penambangan Pasir Pada Daerah Sabuk Hijau Gunung Sumbing Di Kabupaten Temanggung, Tesis. Program Pascasarjana Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro, Semarang.*
- Fandeli Chafid, 2007, Analisis Mengenai Dampak Lingkungan Prinsip Dasar*

- Dalam Pembangunan, Liberty Offset : Yogyakarta.*
- Harmini., Winandi, R., dan Atmakusuma, J., 2011, *Model Dinamis Sistem Ketersediaan Daging Sapi Nasional*, Vol. 12, No. 1, Hal 128-146.
- Mulyanto.R Aunur, 2008, *Rekayasa Perangkat Lunak Jilid 1,2,3 untuk SMK, Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan : Jakarta.*
- Nurdiansyah, Y., Nugraha, C., dan Rispianda., 2014, *Model Dinamika Sistem Untuk Analisis Kebijakan Pengembangan Biodiesel Jatropha Curcas di Indonesia*, No. 03, Vol. 1, Hal 274-284.
- Setiawan, E. 2012-2016, *Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) Kamus Versi Online / darling (dalam jaringan)*, <http://kbbi.web.id/>, diakses pada tanggal 09 Agustus 2016.
- Somantri, S.A., dan Thahir, R., 2007, *Analisis Sistem Dinamik Ketersediaan Beras Di Merauke Dalam Rangka Menuju Lumbung Padi Bagi Kawasan Timur Indonesia*, Vol. 3, Hal 29-36.
- Suhelmi, R.I., dan Prihatno, H., 2014, *Model Spasial Dinamik Genangan Akibat Kenaikan Muka Air Laut Di Pesisir Semarang*, Vol. 21, No. 1, Hal 1-6.
- Sukandarrumidi, 2009, edisi ke-3, *Bahan Galian Industri*, Gadjah Mada University Press : Yogyakarta.
- Suratmo Gunawan.F, 2004, edisi ke-10, *Analisis Mengenai Dampak Lingkungan*, Gajah Mada University Press : Yogyakarta.
- Suryani Erma, 2006, *Pemodelan Dan Simulasi*, Graha Ilmu : Yogyakarta.
- Suryani, E., Axella, dan O., 2012, *Aplikasi Model Sistem Dinamik Untuk Menganalisis Permintaan dan Ketersediaan Listrik Sektor Industri (Studi Kasus: Jawa Timur)*, Vol. 1, Hal 339-344.
- Purba, A., Soemarno, I., dan Ekasiwi, N.N.S., 2010, *Dampak Perumahan Di Sekitar Kawasan Cagar Alam Danau Dusun Besar Terhadap Kelestarian Danau Dendam Tak Sudah Kota Bengkulu*, Seminar Nasional Perumahan Pemukiman dalam Pembangunan Kota, Surabaya.
- Yudhistira., Hidayat, K.W., dan Hadiyanto, A., 2011, *Kajian Dampak Kerusakan Lingkungan Akibat Kegiatan Penambangan Pasir Di Desa Keningar Daerah Kawasan Gunung Merapi*, *Jurnal Ilmu Lingkungan*, No. 2, Vol. 9, Hal 76-84.
- Walukow, F.A., 2012, *Analisis Kebijakan Penurunan Luas Hutan Di Daerah Aliran Sungai Sentani Berwawasan Lingkungan*, No.1, Vol. 19, Hal. 74-84.