

EVALUASI POTENSI DEGRADASI LAHAN DENGAN MENGGUNAKAN ANALISA KEMAMPUAN LAHAN DAN TEKANAN PENDUDUK TERHADAP LAHAN PERTANIAN DI KECAMATAN KOKAP KABUPATEN KULON PROGO

Junun Sartohadi dan Ratih Fitria Putri

Jurusan Geografi Lingkungan Fakultas Geografi UGM

Email: jsartohadi@yahoo.co.id

ABSTRACT

Kokap subdistric is located in Kulonprogo District, Yogyakarta Province. It has some problems of landslides and misuse of land. The research was proposed to determine the regions having potential of land degradation based on the land capability and population pressure analysis. This research was carried out using field survey. The field survey was based on landform unit as area sampling unit. The (Land Classification and Land Use Planning) LCLP software was applied for land capability classification. The Soemarnoto method was applied for the evaluation of population pressure on the agriculture land. The results of this research were: (1) land capability in the study area was varies from class II – class VII with limitation factors of slope, soil erodibility, soil texture, soil permeability and soil efektif depth, (2) the whole study area fell into high population pressure class (that means it had exceed of it's land capability), (3) most of the study area (51,9%) had been classified into high potential of land degradation.

Keywords: land capability, population pressure on agriculture land, land degradation.

PENDAHULUAN

Peningkatan jumlah dan keragaman aktivitas penduduk terkait erat dengan peningkatan kebutuhan terhadap lahan. Masalah tersebut dapat menyebabkan terjadinya konversi lahan pertanian ke lahan non pertanian sehingga berdampak pada perubahan ekologis yang mengarah ke degradasi lingkungan. Terlebih saat ini mulai tampak adanya peningkatan tekanan penduduk terhadap lahan pertanian di daerah pedesaan sehingga lahan subur semakin berkurang akibat alih fungsi lahan pertanian ke lahan non pertanian (Slaymaker and Spencer, 1998).

Kecamatan Kokap merupakan salah satu kecamatan di Kabupaten Kulon Progo

yang rentan terhadap degradasi lahan berupa longsor dan erosi. Secara makro Kecamatan Kokap memiliki morfologi perbukitan sehingga proses-proses penurunan permukaan akibat proses erosi dan longsor lahan berjalan intensif. Sebagian besar penduduk di daerah penelitian bermata pencaharian pertanian dengan mengolah lahan lereng perbukitan. Cara pemanfaatan lahan untuk kegiatan pertanian maupun non-pertanian masih kurang sesuai dengan kaidah konservasi tanah dan air.

Kondisi morfologis Kecamatan Kokap yang sebagian besar berupa perbukitan dan sebagian besar dimanfaatkan untuk kegiatan pertanian, maka penelitian mengenai evaluasi kemampuan lahan dan tekanan penduduk

terhadap lahan pertanian penting untuk dilakukan. Melalui pendekatan kemampuan lahan dan tekanan penduduk terhadap lahan pertanian diharapkan dapat menentukan daerah yang memiliki potensi kerusakan fisik lahannya. Pada dasarnya penelitian kemampuan lahan di suatu daerah dimaksudkan untuk mengetahui potensi suatu daerah dalam pertanian (*arabel* atau *non arable*), yang nantinya digunakan untuk analisa kesesuaian lahan untuk penggunaan lahan tertentu. Fungsi evaluasi kemampuan lahan adalah memberikan pengertian tentang hubungan antara kondisi lahan dan penggunaannya serta memberikan kepada perencana berbagai perbandingan dan alternatif pilihan penggunaan yang dapat diharapkan berhasil. Adanya pengetahuan tekanan penduduk terhadap lahan pertanian, dimaksudkan untuk mengetahui pengaruh tekanan penduduk agraris terhadap kelestarian lahan pertanian.

Untuk mencapai tujuan akhir dari penelitian ini, maka secara lengkap tujuan dari masing-masing tahapan penelitian adalah sebagai berikut:

1. melakukan pemetaan bentuklahan
2. melakukan klasifikasi dan pemetaan kemampuan lahan
3. melakukan analisis tekanan penduduk terhadap lahan pertanian
4. melakukan analisis potensi degradasi lahan atas dasar evaluasi kemampuan lahan dan tekanan penduduk terhadap lahan pertanian.

METODE PENELITIAN

Peta bentuklahan dibuat atas dasar interpretasi foto udara hitam putih skala 1: 20.000 tahun 2000 dan Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) skala 1 : 25.000. Peta RBI pada penelitian ini juga digunakan sebagai peta dasar sehingga semua hasil interpretasi

dan pengecekan lapangan semuanya digambarkan ke dalam peta berskala 1 : 25.000. Interpretasi bentuklahan didasarkan pada interpretasi aspek morfologi, material batuan dasar, dan jenis serta intensitas proses geomorfologi. Untuk selanjutnya satuan bentuklahan yang ada di daerah penelitian dijadikan dasar pengambilan lokasi pengamatan di lapangan maupun pengambilan contoh tanah untuk dianalisis di laboratorium. Pengambilan lokasi pengamatan dan pengukuran lapangan selain berdasarkan satuan bentuklahan juga mempertimbangkan bentuk penggunaan lahannya. Pengamatan pada lahan pertanian mencakup sebagian besar daerah penelitian karena sesuai dengan maksud penelitian untuk mengkaji potensi degradasi lahan khususnya pada lahan pertanian.

Hasil pengamatan lapangan dan analisis contoh tanah di laboratorium untuk selanjutnya diolah dengan menggunakan perangkat lunak (software) LCLP (*Land Classification and Land Use Planning*) untuk kepentingan klasifikasi kemampuan lahan. Klasifikasi kemampuan lahan yang digunakan adalah menurut Arsyad (2000). Peta kemampuan lahan di daerah penelitian dibuat atas dasar hasil klasifikasi dengan bantuan perangkat lunak LCLP dan pemetaan bentuklahan. Satuan-satuan delineasi pada peta kemampuan lahan pada prinsipnya adalah sama dengan batas delineasi poligon bentuklahan. Beberapa batas delineasi satuan bentuklahan yang mempunyai klas kemampuan lahan sama dihilangkan di dalam peta kemampuan lahan.

Analisis tekanan penduduk terhadap lahan menggunakan rumus matematis yaitu:

$$TP = z \left(f_t \cdot P_0 (1+r)^t / L_t \right) \dots\dots\dots$$

(Soemarwoto, 1985)

- z = Luas lahan minimal untuk hidup layak
 f_t = Persentase petani dalam populasi penduduk (f),
 P_0 = Populasi penduduk
 r = Laju pertumbuhan penduduk (r),

Ada tiga klasifikasi nilai TP (tekanan penduduk), yaitu $TP > 1$ yang artinya telah terjadi tekanan penduduk yang melebihi batas kemampuan lahan, $TP = 1$ yang berarti penggunaan lahan pertanian telah optimal terhadap kemampuan lahan, serta $TP < 1$ yang artinya belum terjadi tekanan terhadap lahan atau dapat dikatakan bahwa lahan di daerah tersebut masih kurang termanfaatkan.

Pada penelitian ini akan membatasi analisisnya hanya pada penentuan wilayah-wilayah yang berpotensi mengalami degradasi lahan melalui analisa keterkaitan antara kondisi kemampuan lahan dan tekanan penduduk terhadap lahan di Kecamatan Kokap. Penentuan daerah yang memiliki potensi mengalami degradasi lahan dengan metode tabel silang (data kemampuan lahan dan data tekanan penduduk terhadap lahan pertanian) dan *overlay* peta kemampuan lahan dan peta tekanan penduduk terhadap lahan. Kemudian akan diklasifikasikan/dikategorikan pada 3 tingkatan potensi yaitu: tinggi, sedang dan rendah. Dua variabel analisis yang digunakan yaitu klas kemampuan lahan (Kelas I-VIII) dan tekanan penduduk terhadap lahan pertanian ($TP > 1$, $TP = 1$, dan $TP < 1$).

Rekomendasi mengenai pemanfaatan lahan untuk mengurangi laju degradasi lahan di wilayah penelitian dirumuskan secara teoritis deskriptif berdasarkan buku acuan yang digunakan. Evaluasi atas berbagai

bentuk penggunaan/pemanfaatan lahan di daerah penelitian, klas kemampuan lahan, tekanan penduduk, dan bentuk pemanfaatan lahan yang seharusnya menurut buku acuan digunakan sebagai dasar dalam penyusunan rekomendasi (Las dkk, 2006).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kemampuan Lahan Daerah Penelitian

Kelas kemampuan lahan di Kecamatan Kokap didominasi oleh kelas kemampuan lahan IV, dengan berbagai macam faktor pembatas yaitu kepekaan erosi, bahaya erosi, kelerengan, permeabilitas dan hamparan batuan. Kelas kemampuan lahan ini pada umumnya berada pada daerah yang memiliki sudut lereng tinggi, bahaya dan kepekaan erosi tinggi serta faktor fisik lain yang menyebabkan kondisi kualitas lahan kurang sesuai untuk peruntukan pertanian. Pemanfaatan perangkat lunak LCLP yang menerapkan metode *matching*, kelas kemampuan lahan akan turun atau naik sesuai dengan intensitas faktor penghambat lahan.

Faktor penghambat permanen seperti kelerengan merupakan faktor penghambat utama, yang tidak dapat diubah kecuali dengan tindakan konservasi mekanik berupa teras. Penilaian kemampuan lahan suatu daerah didasarkan atas faktor pembatas yang bersifat permanen. Faktor pembatas tersebut dapat berubah hanya apabila ada tindakan teknis berskala besar seperti pembuatan waduk sermo dan pemasangan tanggul untuk pengendalian banjir Desa Hargomulyo. Pembuatan teras yang bersifat permanen dengan penguat tebing juga dapat dikategorikan sebagai tindakan teknis memperbaiki kualitas lahan yang ada. Hasil klasifikasi kemampuan lahan di daerah penelitian disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Klasifikasi Kemampuan Lahan di Kecamatan Kokap

NO	Satuan Bentuklahan	Sub Klas Kemampuan Lahan	Karakteristik	
			Kondisi Fisik	Kondisi Sosial
1	Pegunungan Denudasional Berbatuan Andesit Terkikis Kuat	VII-l,e,P	- Lereng Curam - Tanah mudah longsor - Sumberdaya Air berasal dari waduk sermo dan sumber mata air	- Mata pencaharian penduduk sebagai petani - Lahan dikelola oleh penduduk dan negara
2	Perbukitan Andesit	VI-l,k,t	- Lereng agak curam - Sumberdaya air kurang memadai - Penggunaan lahan aktual perkebunan dan perkebunan - Terdapat 15%-90% hamaparan batuan yang menutupi permukaan	- Lahan dan perkebunan dikelola oleh penduduk
3	Lereng Kaki Pegunungan Denudasional Berbatuan Andesit	IV-l,k,t	- Lereng bergelombang - Penggunaan lahan aktual permukiman dan perkebunan - Kondidi tanah cukup subur - Sumberdaya Air dari waduk sermo dan sumur	- Kepadatan penduduk geografis sedang - kepadatan penduduk agraris sedang-tinggi - Mata pencaharian penduduk petani
4	Pegunungan Denudasional Berbatuan Breksi Terkikis Kuat	VII-l,e,t	- Lereng Curam - Tanah mudah longsor - Sumberdaya Air berasal dari waduk sermo dan sumber mata air	- Mata pencaharian penduduk sebagai petani - Lahan dikelola oleh penduduk dan negara
5	Perbukitan Denudasional Berbatuan Breksi	VI-l,e,P	- Lereng berbukit - Musim kemarau kadang-kadang kekurangan air - Tanah mudah longsor - Sumberdaya Air berasal dari waduk sermo dan sumber mata air - penggunaan lahan aktual berupa perkebunan dan permukiman	- Mata pencaharian penduduk sebagai petani - Lahan dikelola oleh penduduk dan negara
6	Lereng Kaki Perbukitan Denudasional Berbatuan Breksi	III-l,k,t	- Lereng bergelombang - Penggunaan lahan aktual permukiman dan perkebunan - Kondidi tanah cukup subur - Sumberdaya Air dari waduk sermo dan sumur	- Kepadatan penduduk geografis sedang - kepadatan penduduk agraris sedang-tinggi - Mata pencaharian penduduk petani
7	Lereng Kaki Berbatuan Batu Pasir	IV-l,KE,t	- Lereng bergelombang - Penggunaan lahan aktual permukiman dan perkebunan - Sumberdaya air dari PAM waduk sermo dan kekurangan air dimusim kemarau	- Mata pencaharian penduduk petani - Kepadatan penduduk geografis tinggi - Kepadatan penduduk agraris sedang
8	Lereng Kaki Rombakan Berbatuan Clastic Limestone	III-l-KE,e	- Lereng bergelombang - Penggunaan lahan aktual permukiman dan perkebunan - Terdapat 3%-15% hamaparan batuan yang menutupi permukaan - Tidak ada ancaman banjir	- Lahan dikelola oleh masyarakat - Mata pencaharian penduduk petani - Kepadatan penduduk geografis tinggi - Kepadatan penduduk agraris sedang
9	Dataran Aluvial Alluvium	II-KE,e,t	- Lereng datar-landai - Penggunaan lahan sawah irigasi, sawah tadah hujan, permukiman - Sumberdaya air dari PAM Waduk sermo dan sumur - Tanah subur	- Mata pencaharian penduduk yakni petani - Kepadatan penduduk agraris tinggi - Kepadatan penduduk geografis

Catatan: KE = kepekaan erosi; e = tingkatan erosi yang telah terjadi; t = tanah; l = lereng
 Sumber: Analisa Data Lapangan dengan LCLP

Tekanan Penduduk Terhadap Lahan Pertanian di Daerah Penelitian

Berdasarkan hasil perhitungan dengan menggunakan rumus Soemarwoto, semua Desa di Kecamatan Kokap telah mengalami tekanan penduduk terhadap lahan pertanian dengan nilai $TP > 1$. Menurut keterangan sebagian penduduk, pergiliran tanaman pertanian, khususnya pertanian lahan kering, dilakukan secara bergilir sesuai dengan kebutuhan pasar akan komoditas hasil pertanian. Pergiliran tanaman pertanian, seperti tanaman ketela pohon, cabe, kacang tanah, maupun tanaman palawija lainnya. Tabel 2 menyajikan hasil klasifikasi Tekanan Penduduk (TP) terhadap lahan pertanian menurut desa.

Evaluasi Potensi Degradasi Lahan di Daerah Penelitian

Kelas kemampuan lahan dengan sub kelas kemampuan atau faktor penghambat yang berat seperti kelerengan merupakan kelas kemampuan lahan yang sulit untuk diubah. Kemampuan lahan pada sebagian besar wilayah penelitian jatuh pada klas VI dan VII. Lahan pada klas kemampuan lahan VI dan VII tidak sesuai untuk kegiatan pertanian, namun oleh karena tingginya kebutuhan akan lahan pertanian yang tinggi

lahan-lahan klas ini telah dimanfaatkan untuk kegiatan pertanian. Proses degradasi lahan, dengan demikian telah terjadi dan akan terus terjadi apabila tidak diubah bentuk penggunaan lahannya.

Nilai tekanan penduduk terhadap lahan merupakan faktor antropogenik sehingga bisa diperbaharui. Salah satu cara mengurangi nilai tekanan penduduk terhadap lahan pertanian, yaitu dengan memberikan keterampilan terhadap penduduk mengenai teknik pengolahan hasil pertanian (Ritohardoyo dan Priyono, 2005). Potensi degradasi lahan Kecamatan Kokap disajikan pada Tabel 3 dan Gambar 1, sedang paragraf-paragraf berikut merupakan penjelasan mengenai potensi degradasi lahan di Kecamatan Kokap menurut bentuklahan yang ada.

Pegunungan Denudasional Berbatuan Andesit Terkikis Kuat

Bentuklahan pegunungan denudasional berbatuan andesit terkikis kuat mempunyai kelas kemampuan lahan VII-l,e,P (faktor penghambat berupa lereng, tingkat erosi dan permeabilitas tanah). Lahan pada kelas VII tidak mungkin diusahakan untuk pertanian, dan hanya cocok untuk padang

Tabel 2. Klasifikasi Tekanan Penduduk Terhadap Lahan Pertanian di Kecamatan Kokap

No	Desa	Nilai TKt	Klasifikasi Tekanan Penduduk
1	Hargomulyo	2,36	TP>1
2	Hargorejo	6,35	TP>1
3	Hargowilis	7,63	TP>1
4	Kalirejo	3,50	TP>1
5	Hargotirto	9,67	TP>1

Sumber : Perhitungan TP dengan Rumus Soemarwoto

rumpun atau pengembalaan, atau dapat juga dijadikan hutan kayu dengan sistem tebang pilih. Kenyataan di lapangan, pemanfaatannya adalah untuk lahan pertanian yang intensif. Tekanan penduduk terhadap lahan pertanian > 1 artinya telah terjadi tekanan penduduk yang melebihi batas kemampuan lahan. Bentuklahan ini berada di sebagian daerah di Desa Hargowilis, Hargotirto, Hargomulyo, Kalirejo, dan Hargorejo.

Adanya kondisi lereng yang curam (45%-65%), tingkat erosi yang berat dan permeabilitas menyebabkan bentuklahan ini memiliki potensi degradasi lahan yang tinggi.

Sudut lereng dapat memperbesar kecepatan aliran permukaan sehingga juga dapat memperbesar energi angkut air. Semakin besar sudut maka semakin besar pula erosi. Jenis erosi yang terdapat pada

Tabel 3. Klasifikasi Potensi Degradasi Lahan berdasarkan Kemampuan Lahan dan Tekanan Penduduk Terhadap Lahan Pertanian

No	Satuan Bentuklahan	Desa Cakupan	Klas Kemampuan Lahan	TP	Klas Potensi Degradasi Lahan
1	Pegunungan Denudasional Terkikis Kuat Andesit	Hargowilis, Hargorejo, Kalirejo, Hargomulyo, dan Hargotirto	VII-l,e,P	TP>1	Potensi Degradasi Lahan Tinggi (PDT)
2	Perbukitan Intrusi Andesit	Kalirejo, Hargorejo dan Hargotirto	VI-l,k,t	TP>1	Potensi Degradasi Lahan Tinggi (PDT)
3	Lereng Kaki Pegunungan Denudasional Andesit	Hargowilis, Hargorejo, Kalirejo, Hargomulyo, dan Hargotirto	IV-l,k,t	TP>1	Potensi Degradasi Lahan Sedang (PDS)
4	Pegunungan Denudasional Terkikis Kuat Breksi	Hargowilis dan Hargotirto	VII-l,e,t	TP>1	Potensi Degradasi Lahan Tinggi (PDT)
5	Perbukitan Denudasional Breksi	Hargowilis, Hargorejo dan Hargomulyo	VI-l,e,P	TP>1	Potensi Degradasi Lahan Tinggi (PDT)
6	Lereng Kaki Perbukitan Denudasional Breksi	Hargorejo, Kalirejo, dan Hargomulyo	III-l,k,t	TP>1	Potensi Degradasi Lahan Sedang (PDS)
7	Lereng Kaki Berbatuan Batupasir	Hargowilis Hargorejo	IV-l,KE,t	TP>1	Potensi Degradasi Lahan Sedang
8	Lereng Kaki Berbatuan Gamping	Hargorejo	III-l,KE,e	TP>1	Potensi Degradasi Lahan Sedang
9	Dataran Aluvial Alluvium	Hargomulyo dan Hargorejo	II-KE,e,t	TP>1	Potensi Degradasi Lahan Rendah

bentuklahan pengunungan denudasional berbatuan breksi berupa erosi parit. Pemanfaatan lahan di wilayah ini yang seharusnya untuk hutan kayu dengan sistem tebang pilih namun di lapangan wilayah ini telah digunakan sebagai lahan pertanian sehingga telah banyak terjadi berbagai jenis tanah longsor (*landslide, rock fall, slump*).

Perbukitan Andesit

Kelas kemampuan lahan pada perbukitan intrusi andesit yakni VI-l,k,t. Secara administratif, kelas kemampuan lahan ini menempati Desa Hargorejo, Desa Hargotirto, dan Desa Hargomulyo. Kelas kemampuan lahan IV-l,k,t menempati lokasi 26,82 % dari total luasan kelas kemampuan lahan di Kecamatan Kokap. Kondisi pemanfaatan lahan di wilayah ini yang berupa lahan pertanian intensif tidak sesuai karena: memiliki sudut lereng yang besar (30-45%) sehingga sangat sensitif terhadap erosi, sangat berbatu-batu atau berpasir dan banyak mengandung banyak kerikil, tanahnya sangat dangkal atau telah mengalami erosi berat. Tanah demikian lebih sesuai untuk padang rumput atau dihutankan dengan tanaman yang dapat menutup permukaan tanah dengan baik. Pada bentuklahan ini kondisi tekanan penduduk terhadap lahan pertanian > 1 . Adanya kondisi sudut lereng yang besar (30%-35%), tekstur tanah geluh pasir dan kedalaman tanah yang dangkal menyebabkan bentuklahan ini memiliki potensi degradasi lahan yang tinggi. Jenis erosi yang terjadi pada bentuklahan ini berupa erosi alur hingga erosi parit.

Lereng Kaki Pegunungan Denudasional Berbatuan Andesit

Bentuklahan lereng kaki pegunungan denudasional berbatuan andesit mampu-

nyai kelas kemampuan lahan IV-l,k,t dan tekanan penduduk terhadap lahan pertanian > 1 . Lahan kelas VI tidak sesuai untuk tanaman semusim, lahan ini lebih sesuai untuk padang rumput tau dihutankan dengan tanaman yang dapat menutup tanaman dengan baik. Adanya kondisi sudut lereng yang cukup tinggi (15%-30%), kedalaman tanah yang dangkal dan tekstur tanah geluhan menyebabkan bentuklahan ini memiliki potensi degradasi lahan yang sedang. Jenis erosi yang terjadi pada bentuklahan ini berupa erosi alur hingga erosi parit. Secara administratif, kelas kemampuan lahan IV-l,k,t meliputi sebagian daerah di Desa Hargowilis, Desa Hargorejo, Desa Hargotirto, Desa Hargomulyo, dan Desa Kalirejo.

Pegunungan Denudasional Berbatuan Breksi Terkikis Kuat

Bentuklahan pegunungan denudasional berbatuan breksi terkikis kuat mempunyai kelas kemampuan lahan VII-l,e,t. Tanah kelas VII tidak mungkin diusahakan untuk pertanian, dan hanya cocok untuk padang rumput atau pengembalaan, atau dapat juga dijadikan hutan kayu dengan sistem tebang pilih yang hati-hati. Tekanan penduduk terhadap lahan pertanian > 1 . Adanya kebutuhan lahan yang tinggi telah mengakibatkan wilayah ini dimanfaatkan untuk lahan pertanian intensif sehingga telah terjadi degradasi lahan. Adanya kondisi lereng yang curam (45%-65%), kepekaan erosi tinggi dan tingkat erosi yang berat menyebabkan bentuklahan ini memiliki potensi degradasi lahan yang tinggi. Kemiringan dan panjang lereng adalah dua unsur topografi yang paling berpengaruh terhadap aliran permukaan dan erosi. Jika sudut lereng semakin besar maka semakin besar pula erosi. Jenis erosi yang terdapat pada bentuklahan pegu-

nungan denudasional berbatuan breksi berupa erosi parit. Berdasarkan pengamatan di lapangan, pada bentuklahan ini banyak terjadi berbagai bentuk tanah longsor. Bentuklahan ini berada di sebagian daerah di Desa Hargowilis dan Desa Hargotiro.

Perbukitan Denudasional Berbatuan Breksi

Kelas kemampuan lahan pada perbukitan denudasional breksi yakni VI-1e,P. Kelas kemampuan lahan ini meliputi Desa Hargowilis, Desa Hargorejo, dan Desa Hargomulyo. Pada bentuklahan ini kondisi tekanan penduduk terhadap lahan pertanian > 1 . Adanya faktor pembatas berupa kondisi lereng akan mempengaruhi potensi terjadinya degradasi lahan pada bentuklahan ini. Tekstur tanah pada bentuklahan ini berupa geluh lempungan (agak halus), hal ini menjadi salah satu penyebab potensi kerusakan lahan yang tinggi. Kelas lereng bentuklahan ini yakni kelas VI (30%-45%) dengan relief berbukit. Tanah kelas VI tidak sesuai untuk diolah bagi tanaman semusim, misalnya karena memiliki kemiringan yang terjal (30-45%) sehingga sangat sensitif terhadap erosi, sangat berbatu-batu atau berpasir dan banyak mengandung banyak kerikil, tanahnya sangat dangkal atau telah mengalami erosi berat. Lahan yang demikian lebih sesuai untuk padang rumput atau dihutankan dengan tanaman yang dapat menutup tanaman dengan baik. Proses erosi pada bentuklahan ini meninggalkan bekas yang nyata diatas permukaan tanah. Bekas-bekas tersebut merupakan indikator laju erosi di suatu daerah. Bekas erosi yang semakin nyata dan dapat terlihat kenampakkan dengan jelas menunjukkan bahwa laju erosi tinggi. Jenis erosi yang terdapat pada bentuklahan perbukitan denudasional

berbatuan breksi berupa erosi alur hingga erosi parit.

Lereng Kaki Perbukitan Denudasional Berbatuan Breksi

Lereng kaki perbukitan denudasional berbatuan breksi memiliki kemiringan lereng 8%-15% (relief agak miring-bergelombang). Kondisi lereng pada bentuklahan ini mengakibatkan adanya potensi sebagai tempat deposisional bagi daerah di atasnya. Tekanan penduduk terhadap lahan pertanian pada bentuklahan ini yakni $TP > 1$. Kelas kemampuan lahan pada lereng kaki pegunungan denudasional berbatuan breksi adalah III-1,k,t. Adanya faktor pembatas berupa kemiringan lereng, kedalaman tanah yang dangkal dan tekstur tanah geluhan menyebabkan daerah ini memiliki potensi erosi yang sedang. Jenis erosi berupa erosi lembar dan erosi alur. Secara administratif, kelas kemampuan lahan ini meliputi Desa Hargowilis, Desa Hargorejo, Desa Hargotirto, Desa Hargomulyo, dan Desa Kalirejo. Berdasarkan hasil analisa data, bentuklahan ini memiliki tingkat potensi degradasi lahan sedang. Tanah demikian memerlukan perlakuan khusus untuk usaha pertanian, seperti penanaman dalam strip, penanaman menurut garis kontur, pembuatan terras-terras, pergiliran dengan tanaman penutup tanah, serta perlakuan lain yang bertujuan untuk pengawetan tanah dan air, pengendalian erosi serta meningkatkan produktifitas lahan.

Lereng Kaki Berbatuan Batu Pasir

Bentuklahan lereng kaki berbatuan batu pasir mempunyai tekanan penduduk terhadap lahan pertanian > 1 . Satuan bentuklahan lereng kaki berbatuan batu pasir memiliki kelas kemampuan lahan IV-1,KE,t. Faktor pembatas pada kemampuan

lahan ini yakni kemiringan lereng, kepekaan erosi dan tekstur tanah. Satuan bentuklahan lereng kaki rombakan berbatuan *sandstone* ini berelief bergelombang (8%-15%). Secara administratif, bentuklahan ini meliputi sebagian Desa Hargowilis dan Hargorejo di Kecamatan Kokap. Berdasarkan hasil analisa data, bentuklahan ini memiliki tingkat potensi degradasi lahan sedang. Hal ini dipengaruhi oleh adanya kemiringan lereng yang landai dan kepekaan erosi yang sangat tinggi mengakibatkan berpotensi terjadinya longsor dan erosi yang intensif. Jika tanah pada kelas IV dipergunakan untuk usaha pertanian maka memerlukan tindakan khusus pengawetan tanah yang lebih berat dan lebih terbatas waktu penggunaannya untuk tanaman semusim. Jika diperlukan untuk tanaman semusim diperlukan teras dan perbaikan drainase, atau pembuatan parit-parit penghambat aliran permukaan, atau pergiliran dengan tanaman penutup tanah/makanan ternak (*fallow*) selama 3-5 tahun.

Lereng Kaki Berbatuan Batu Gamping

Lereng kaki berbatuan batu gamping mempunyai kelas kemampuan lahan III-1,KE-e (faktor pembatas berupa lereng miring, kepekaan erosi, dan tingkat bahaya erosi). yang bertujuan untuk pengawetan tanah dan air, pengendalian erosi serta meningkatkan produktifitas lahan. Secara administratif, kelas kemampuan lahan ini meliputi sebagian daerah di Desa Hargorejo. Bentuklahan ini kondisi tekanan penduduk terhadap lahan pertanian > 1. Berdasarkan hasil analisa data, bentuklahan ini memiliki tingkat potensi degradasi lahan sedang. Adanya relief yang bergelombang dan kepekaan erosi yang agak tinggi menyebabkan daerah ini memiliki tingkat bahaya erosi yang tinggi. Jenis erosi yang terjadi pada bentuklahan ini berupa erosi lembar

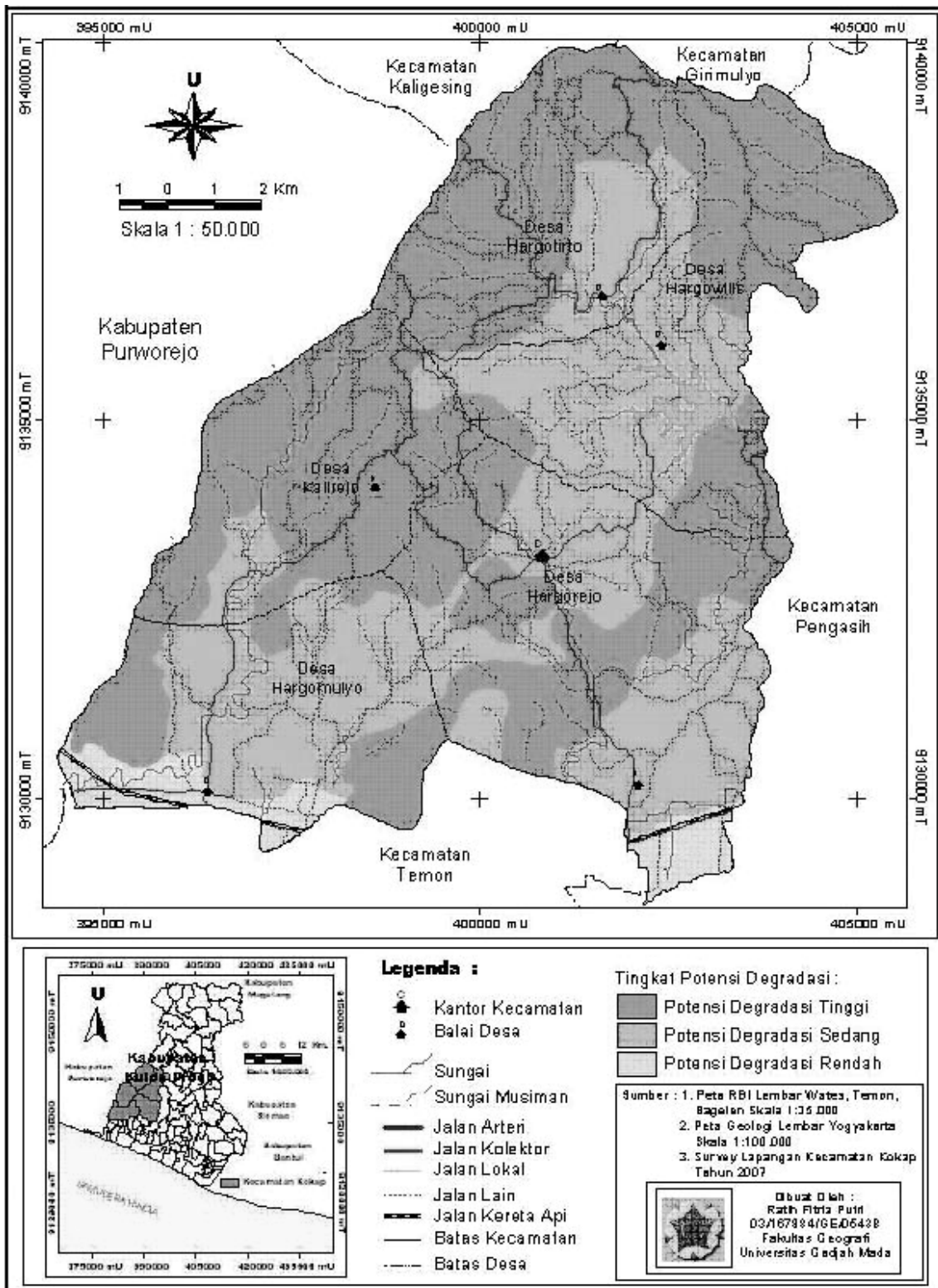
dan erosi parit. Tanah kelas III memerlukan perlakuan khusus untuk usaha pertanian, seperti penanaman dalam strip, penanaman menurut garis kontur, pembuatan teras-teras, pergiliran dengan tanaman penutup tanah yang bertujuan untuk pengawetan tanah dan air, pengendalian erosi serta meningkatkan produktifitas lahan.

Dataran Aluvial

Bentuklahan dataran aluvial mempunyai tekanan penduduk terhadap lahan pertanian >1. Dataran aluvial alluvium memiliki kelas kemampuan lahan II-KE,e,t yang meliputi sebagian Desa Hargomulyo dan Hargorejo di Kecamatan Kokap. Tanah kelas kemampuan lahan II ini mempunyai beberapa keterbatasan seperti lahan tidak landai (berlereng sekitar 5%), agak peka terhadap erosi, lapisan solum agak dangkal (90 cm), dan bertekstur halus sampai agak kasar. Tanah kelas II masih cocok untuk segala usaha pertanian dengan didahului perlakuan-perlakuan praktis dan ringan, misalnya pengolahan menurut kontur, pergiliran tanaman dengan tanaman penutup tanah atau pupuk hijau, dan usaha-usaha pengawetan tanah dan air lainnya. Berdasarkan hasil analisa data, bentuklahan ini memiliki tingkat potensi degradasi lahan rendah. Jenis erosi yang terdapat di daerah ini yakni jenis erosi percik dan erosi alur.

Rekomendasi Penanganan Degradasi Lahan

Kondisi fisik lahan di Kecamatan Kokap berupa lereng yang curam, jenis tanah yang didominasi tanah lempungan, dan curah hujan yang tinggi, areal hutan yang sempit tersebut dapat menyebabkan terjadinya tanah longsor. Air hujan tidak dapat terinfiltrasi kedalam tanah apabila tidak ada akar-akar tanaman hutan,



Gambar 1. Peta Potensi Degradasi Lahan di Kecamatan Kokap

sehingga air hujan tersebut menjadi limpasan permukaan (*surface run-off*) yang dapat berpotensi menyebabkan erosi dan banjir. Keberadaan hutan tidak hanya untuk melindungi dari bahaya erosi dan banjir di dataran aluvial yang sempit di daerah penelitian, tetapi juga untuk melindungi sumberdaya air di Kecamatan Kokap. Kemerostotan atau degradasi lahan sering dikaitkan dengan pemanfaatan lahan yang tidak mengikuti aspek keseimbangan *input* dan *output*. *Input* berkaitan dengan perbaikan tanah atau penyuburan dan pemupukan pada kegiatan budidaya, sedangkan *output* dikaitkan dengan serapan hara oleh tanaman dan kemungkinan tercucinya hara melalui mekanisme erosi.

Untuk mengurangi potensi terjadinya degradasi lahan maka dapat dilakukan beberapa cara mengatasinya. Kondisi tanah sebagian besar tanah di Kecamatan Kokap mempunyai tingkat kesuburan yang rendah, namun masih mempunyai potensi untuk dipulihkan atau ditingkatkan produktivitasnya. Selama ini degradasi lahan banyak terdapat pada kawasan marginal, yaitu tanahnya berupa lahan kering dan petaninya juga mempunyai tingkat status ekonomi yang rendah. Dengan *input* usaha tani dan teknologi pengelolaan lahan kering yang rendah, marginalisasi lahan terus akan terjadi yang pada akhirnya mengakibatkan lahan berkecenderungan makin terdegradasi baik fisik maupun kimia. Di lahan yang berlereng curam, proses degradasi tanah akan cepat terjadi karena adanya erosi. Berbagai bentuk teknik konservasi mekanik berupa teras dan guludan telah diterapkan di daerah penelitian, namun bentuk dan konstruksinya belum sempurna. Kondisi tanah yang tipis dan sudut lereng yang besar telah mengakibatkan teras tidak dapat dibuat secara baik. Pemanfaatan lahan

dengan pengolahan minimum merupakan salah satu cara terbaik untuk menekan laju degradasi. Pemilihan jenis tanaman keras yang tepat dan bernilai ekonomis tinggi perlu dilakukan (Paimin, 2005; Subaktini, 2006).

Perubahan bentuk penggunaan lahan untuk pertanian menjadi lahan perkebunan juga sangat dianjurkan agar tingkat pengusikan terhadap tanah dapat dikurangi. Sektor perkebunan, khususnya untuk kelapa dan buah-buahan berupa manggis, duku, dan durian berdasarkan data statistik kecamatan ternyata sangat mendukung besarnya pendapatan bagi penduduk di wilayah penelitian. Adanya industri pembuatan gula kelapa, penyulingan minyak nabati adalah dua contoh kegiatan pertanian yang dapat dikembangkan di daerah penelitian untuk mengurangi besarnya tekanan penduduk pada lahan pertanian.

KESIMPULAN

Kelas kemampuan lahan yang terdapat di Kecamatan Kokap bervariasi sesuai dengan satuan bentuklahan. Kelas kemampuan lahan yang ada di Kecamatan Kokap berkisar antara Kelas II-VII dengan faktor pembatas berupa lereng, kepekaan erosi, tekstur, permeabilitas dan kedalaman tanah.

Tekanan penduduk terhadap lahan pertanian di daerah penelitian, yakni: $TP > 1$ yang meliputi Desa Hargowilis, Desa Hargotirto, Desa Hargorejo, Desa Kalirejo dan Desa Hargomulyo. Nilai $TP > 1$ menunjukkan bahwa daerah ini telah mengalami tekanan penduduk terhadap lahan pertanian yakni tekanan penduduk telah melebihi batas kemampuan lahan.

Potensi degradasi lahan di Kecamatan Kokap memiliki tingkat potensi

degradasi lahan tinggi meliputi bentuklahan Pegunungan Denudasional Berbatuan Andesit Terkikis Kuat, Perbukitan Intrusi Andesit, Pegunungan Denudasional Berbatuan Breksi Terkikis Kuat, Perbukitan Denudasional Berbatuan Breksi. Secara administratif meliputi sebagian daerah di Desa Hargowilis, Hargorejo, Hargotirto, Kalirejo, dan Hargomulyo.

Pengakuan (Acknowledgement)

Penelitian ini merupakan sebagian kecil dari penelitian besar yang bertema Evaluasi Daya Dukung Lingkungan Kabu-

paten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta yang dipimpin oleh penulis I pada peper ini. Sebagian dari penelitian ini oleh penulis II kemudian dijadikan sebagai penelitian S1 dengan ditambah data yang lebih detil mengenai lokasi penelitian dibawah bimbingan penulis I. Kedua penulis paper ini mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada seluruh tim penelitian yang terdiri dari mahasiswa peserta KKL III Jurusan Geografi Fisik angkatan 2003 dan juga mahasiswa KKN PPM UGM Pengelolaan Lingkungan DAS Serang Kabupaten Kulon Progo periode Februari 2006.

DAFTAR PUSTAKA

- Arsyad, S, 2000, *Konservasi Tanah dan Air*, IPB, Bogor
- Las, I., K. Subagyo, dan A.P. Setiyanto, 2006. Isu dan Pengelolaan Lingkungan Dalam Revitalisasi Pertanian. *Prosiding Seminar: Multifungsi dan Revitalisasi Pertanian*. Editor: A. Dariah, N.L. Nurida, Irawan, E. Husen, F. Agus. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Dep. Pertanian R.I, Bogor 27-28 Juni 2006.
- Paimin, 2005. Efektivitas Hutan tanaman Mahoni (*Swietenia Macrophylla*) dalam Mengendalikan Erosi dan Limpasan. *Forum Geografi* Vol 19 No. 1. Juli 2005
- Slaymaker, O., and T. Spencer, 1998. *Physical Geography and Global Environmental Change*. Longman Ltd., Edinburgh U.K.
- Soemarwoto, O., 1985. A Qualitative of Population Pressure and It's Potential Use in Development Planning. *Majalah Demografi Indonesia*, 12 (24)
- Subaktini, D., 2005. Analisis Sosial Ekonomi Masyarakat di Zona Rehabilitasi Taman Nasional Meru Betiri, Jawa Timur (Kasus di Desa Andongrejo, Wonoasri, Curahnongko dan Sanenrejo). *Forum Geografi* Vol 20 No. 1, Juli 2006
- Ritohardoyo, S., dan Priyono, 2005. Perkembangan Permukiman dan Perubahan Daya Dukung Lingkungan Perdesaan Daerah Aliran Sungai Progo. *Forum Geografi* Vol 19 No. 2. Desember 2005

COMMUNITY BASED WARNING AND EVACUATION SYSTEM AGAINST DEBRIS FLOW IN THE UPPER JENEBERANG RIVER, GOWA, SOUTH SULAWESI

Sutikno Hardjosuwarno

Experimental Station for Sabo, Research Center for Water Resources Development,
Agency for Research and Development of Public Works,
Ministry of Public Works of the Republic of Indonesia,
Sopalan, Maguwoharjo, Depok, Sleman, 55282 Yogyakarta-INDONESIA
Phone: 0274-886350, hp: 08122941031,
E-mail: sutiknohs@hotmail.com

ABSTRACT

Gigantic collapse of the Caldera wall of Mt. Bawakaraeng (2,830 m) in March 2004 had supplied the sediment volume of 230 millions to the most upper stream of Jeneberang River, which flowed down to the lower reach in the form of debris flow which is triggered by rainfall. The purpose of the research is to provide a system which is able to forecast the occurrence of debris flow, to identify the weak points along the river course, to identify the hazard areas and how to inform effectively and efficiently the warning messages to the inhabitants in the dangerous area by using the existing modern equipment combined with the traditional one. The standard rainfall which is used to judge the occurrence of debris flow was established by Yano method. It is based on the historical data of rainfall that trigger and not trigger to the occurrence of debris flow which is widely used in Japan so far. The hazard area was estimated by Two-Dimensional Simulation Model for debris flow, the debris flow arrival time at each point in the river were estimated by dividing their distance from reference point by debris flow velocity, where the check dam no. 7-1 in Manimbahoi was designated as reference point. The existing evacuation routes were checked by field survey, the strength and coverage of sound for kentongan and manual siren were examined using sound pressure level at the location of the existing monitoring post and the effectiveness of warning and evacuation were evaluated by comparing the warning and evacuation time against the debris flow arrival time. It was resulted that debris flow occurrence was triggered by short duration of high rainfall intensity, long duration of low rainfall intensity and the outbreak of natural dam which is formed by land slide or bank collapses. The hazard area of upper Jeneberang River are mostly located on the river terraces where the local inhabitants earn their living through cultivating the river terraces as paddy fields, dry field and sand mining. It was also resulted that at the elevation of 700 m to the upper stream, the arrival time of debris flow is too short (< 3 minutes), it means that there is no time to evacuate when debris flow occurs. There are enough time to evacuate along the reaches between 700 m to 390 m and more time to evacuate along the downstream of 390 m river bed elevation due to the longer arrival time of debris flow. The existing community based warning system against debris flow uses radio transceiver to communicate between post and uses kentongan and sirens to propagate the warning message to inhabitants. Based on the sound test conducted in Jeneberang river, the manual siren has a coverage of 160 m to 600 m and it can be used in the warning system, being co-existence with the kentongan which has been used for a long time. In order to keep the community based warning system well functioned, it is recommended to synergize between the Local Government of Gowa Regency and the other stake holders with the inhabitants along Jeneberang River and the Sabo Community of Jeneberang in the operation and maintenance of the system.

Keywords: collapse, rainfall, debris flow, warning system, evacuation disaster prone area,.

INTRODUCTION

Jeneberang river is situated in the Regency of Gowa, Province of South

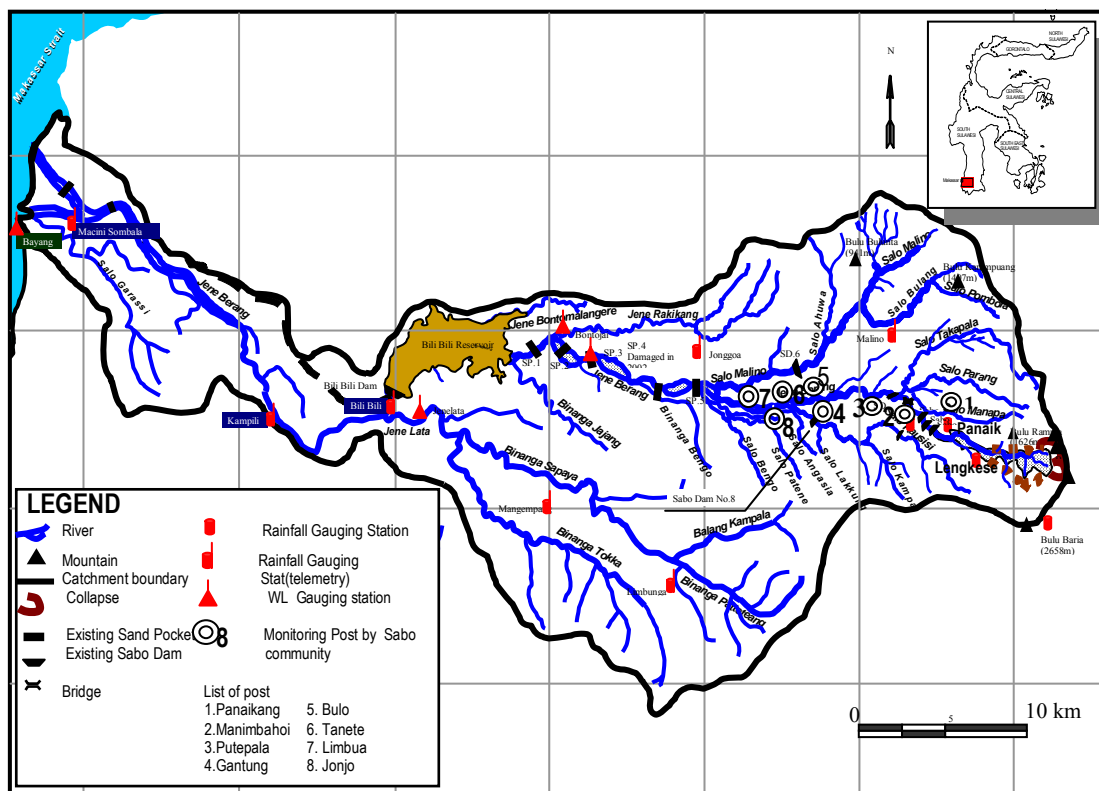
Sulawesi. It is originated from Mt. Bawakaraeng at an elevation of 2,833 m above mean sea level, it has 75 km length, drains 727 km² and ends in the Makassar

Bay. The gigantic collapse of the caldera wall of Mt. Bawakaraeng in March 24, 2004 has produced a 230 millions of sediment in the upper stream of the river and has caused debris flows that buried a wide land of paddy field or plantation along the river terraces and threatened the inhabitants who are working on. It will also shorten the service life of Bili-Bili multi-purpose reservoir located 35 km downstream of the caldera. Following the gigantic collapse, the smaller collapses have occurred many times and it was predicted that there will be a lot of collapses in the future due to the existence of 32 points of active cracks on the back of the caldera.

racers to cultivate their paddy field, dry field or plantation, but their houses are mostly located in the higher elevation and mostly safe from debris flow hazard except in some places in Bulu, Tanete and Limbua, the elevation of river bed is higher than the village. In order to protect the inhabitants from debris flow outbreak, it is quite necessary to develop the community based warning and evacuation system. In order to make the inhabitants accustomed to provide their own effort to evacuate from the hazard, their ability to identify the natural phenomena should be improved to make them able to decide when, where and how they should evacuate.

The inhabitants that earn their living from farming mostly work on the river ter-

Besides improving their ability to build their own self confidence to estab-



Source: CTIE, et al, 2006, *Report on Urgent Survey for Consulting Engineering Services of Bawakaraeng Urgent Sediment Control Project*, The Most Urgent Components, The Government of the Republic of Indonesia, Ministry of Public Works, Directorate General of Water Resources.

Figure 1. Map of Jeneberang River Basin

lish a measure, it also needs to give technical support that consists of study on debris flow forecasting, warning and evacuation system. The study to identify the hazard prone areas and the arrival time of debris flow to reach the area are also needed. Understanding these matters will enable the inhabitants to decide when and where they have to evacuate. The purpose of the research is to establish a system which is able to forecast the occurrence of debris flow, to identify the weak points along the river course, to identify the hazard areas and how to convey effectively and efficiently the warning messages to the inhabitants in the hazard area by using the existing modern equipment combined with the traditional one.

METHOD

Yano method was applied to establish a standard rainfall for debris flow (Yano, et al, 1985). It will be used to make a threshold of rainfall which may trigger debris flow. The method needs a long record of rainfall and the occurrence of debris flow. The only long data record of rainfall in the upper Jeneberang river is Malino station, the other existing stations are Panaikang, Lengkesa and Majannang have too short rainfall data record. Due to significant difference between rainfall in Malino and Panaikang where the daily rainfall in Panaikang is 1.8 times of Malino station (CTIE, et. al, 2006), it can not be used for the analysis of standard rainfall for debris flow occurrence. For the analysis of standard rainfall for debris flow occurrence, Lengkesa station (1,000 m) that is closest to the caldera was used, even the record length is only 28 months with a hope that never ending update of standard rainfall can be done using new data.

The selected data used in the analysis are serial rainfall that trigger or not trigger to the mudflow occurrence, preceded and followed by 24 hours without rain. Variables in the analysis are (1) all serial rainfall that do not trigger debris flow having cumulative rainfall ≤ 80 mm or rainfall intensity ≤ 20 mm; (2) serial rainfall that trigger the large scale of debris flow; (3) antecedent precipitation during 14 days prior to the start of the series as a variable of saturation, calculated by Equation (1) and Equation (2); (4) cumulative rainfall at the maximum intensity; (5) maximum rainfall intensity; (6) cumulative rainfall at the occurrence of debris flow. The sum of variable (3) and (4) is designated as working rainfall for non occurrence and the sum of variable (3) and (6) is designated as working rainfall of occurrence that effects the occurrence of debris flow. The standard rainfall for debris flow can be established tentatively by drawing a line separating the plotted points between occurrence working rainfall against rainfall intensity at the occurrence of debris flow, and non occurrence working rainfall against maximum rainfall intensity.

$$Rwa = \sum_{t=1}^{t=14} \alpha t . dt \dots \dots \dots (1)$$

$$\alpha t = 0.5^{t/T} \dots \dots \dots (2)$$

In which, Rwa is antecedent precipitation, dt is daily rainfall at t days before debris flow occurrence, α = deduction coefficient and T is half life period (Yano, et al, 1985).

The hazard area from Manimbahoi (el. 800m) to the confluence point of Malino river with Jeneberang River was estimated by two-dimensional simulation model for debris flow. The simulation re-

sult is than compared with the historical data of debris flow for calibration. The base map of the hazard debris area is the topographical map (RBI) at the scale of 1:50,000, produced in 2005 by BAKOSURTANAL. The debris flow arrival time at each point in the river were estimated by dividing their distance from reference point. The check dam no. 7-1 in Manimbahoi has been designated as reference point. The existing evacuation routes were examined by field survey; the strength and coverage of sound for *kentongan* and manual siren were examined using sound pressure level at the location of the existing monitoring posts. The effectiveness of warning and evacuation were evaluated by comparing the warning and evacuation time against the debris flow arrival time.

The performance of warning and evacuation system can be evaluated by comparing the arrival time of debris flow at a point and total time needed for propagating warning messages and evacuation. The arrival time of debris flow was estimated by Manning Formula as shown on Equation (3), (4) and (5).

$$t = L/v \dots \dots \dots (3)$$

$$v = \frac{1}{n} h^{2/3} i^{1/2} \dots \dots \dots (4)$$

$$h = \left[\frac{qp.n}{B.i^{1/2}} \right]^{3/5} \dots \dots \dots (5)$$

in which, t is arrival time of debris flow, L is distance of the respective points to the reference point, v is debris flow velocity in m³/s, q is discharge per unit width in m²/s, B is channel width in m, i is the slope of river bed and n is Manning roughness coefficient. The peak discharge of debris flow of 1000 m³/s at the check dam no 7-1 re-

corded in February 2007 (Hazama-Brantas, 2007) was used as a reference. Using the peak discharge at reference point, channel width and the slope of river bed at respective reaches, the flow depth and velocity can be calculated. The evacuation can only be done if the total time of conveying warning messages and evacuation time is smaller than the arrival time of debris flow. In the case that the total time is greater than the arrival time of debris flow, there will be no chance to evacuate (Sutikno Hardjosuwarno, 2005).

RESULT AND DISCUSSION

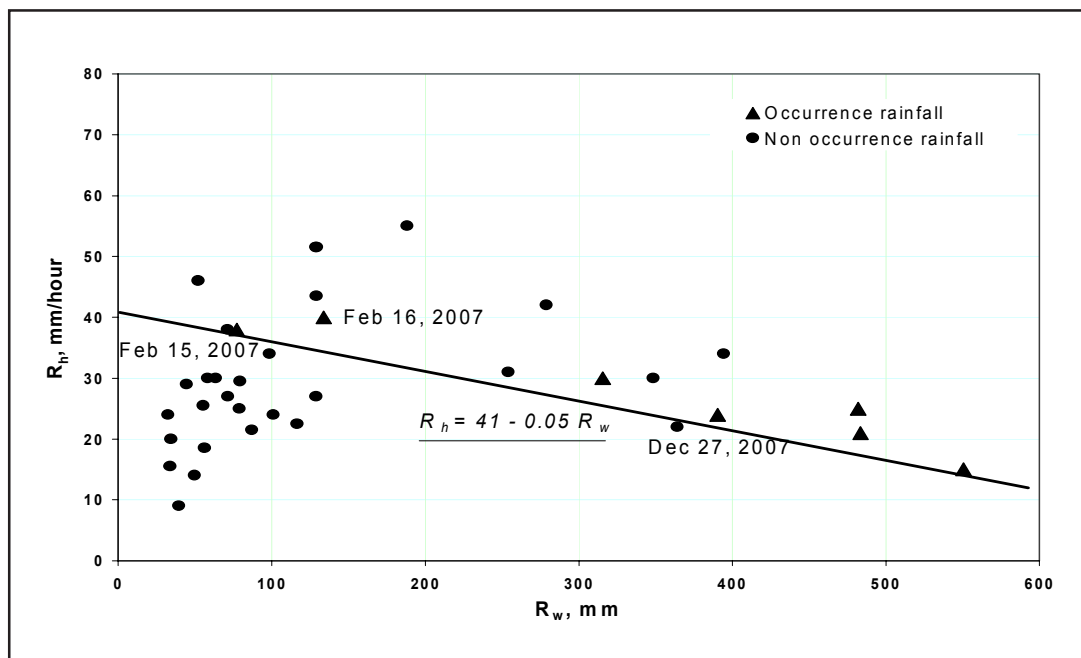
Standard Rainfall for Debris Flow Occurrence.

Generally the occurrence of debris flow is governed by rainfall concentrated on the pyroclastic deposit or unstable sediment. In the active volcanoes the pyroclastic material is originated from eruption. it consists of ejected material or lava avalanche. In the non volcanic area however, the pyroclastic material comes from landslide or collapse. The existence of unstable pyroclastic material on a slope of greater than 5.2% and is triggered by heavy rainfall concentrated on the area may cause debris flow. The material source of debris flow in Jeneberang River is mainly originated from the collapsed material of caldera wall occurred in March 2004, the others comes from bank collapse in the upstream of Jeneberang river. In order to forecast the occurrence of debris flow, analysis of standard rainfall for debris flow occurrence was conducted using Yano method, the result of which is presented on Figure 2. As shown on the figure, R is working rainfall (mm) and R^m is maximum rainfall intensity (mm/hr). Equation $R/b = 51 - 0.085$ is the resulted standard rainfall, that is the straight line separating the plots of

occurrence rainfall and non occurrence one. The plots located on the lower left of the line is supposed to be non occurrence rainfall and the other plots located on the upper right of the line are supposed occurrence rainfall that is able to trigger the occurrence of debris flow. The standard rainfall shown in Figure 2 was established based on rainfall data of Lengkesse station (1,000 m) which is closest to the Bawakaraeng caldera, from December 2005 to February 2008. By comparing the number of plots of non occurrence rainfall which is located on the lower left of standard rainfall line (Kn) with the total number of plots of non occurrence rainfall (Kn), the degree of conformity (S_c) was 68%. It means that the accuracy of the standard rainfall for debris flow in the Upper Jeneberang River is still low. It is due to the limited data used in the analysis, so it needs to update through collecting and analyzing the short duration rainfall data around

the caldera. Figure 2 also shows that rainfall intensity of 40 mm with relatively short duration has ability to trigger debris flow.

The case occurred in February 16, 2007 that caused Daraha Bridge newly built flashed away. The small intensity with long duration was also able to trigger debris flow. The case occurred in Desember 2007 that was able to destroy the newly constructed check dam No. 7-2 in Manimbahoi village. By plotting the real time data of rainfall in Lengkesse station on the graph shown on Figure 2, debris flow in the Upper Jeneberang River can be judged whether it will occur or not, then the result of judgment should be informed to the posts in the downstream through radio and continued to the inhabitants by sirens and/or *kentongans*. In order to update the standard rainfall, collection of short duration rainfall (d' 10 minutes interval) has been commenced in the end of Feb-



Source: result of analysis.

Figure 2. Standard rainfall for debris flow in the Upper Jeneberang River.

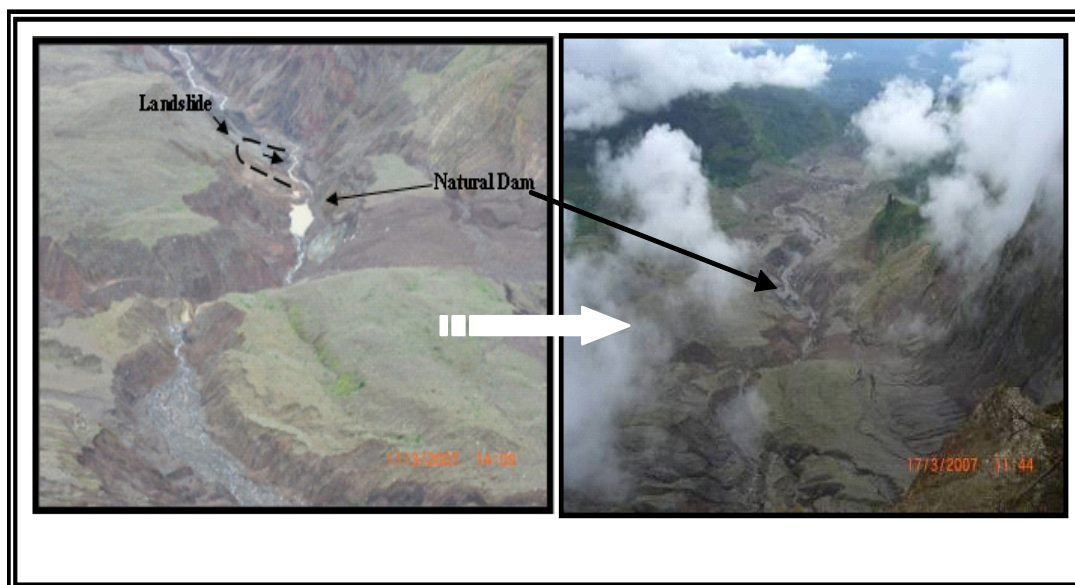


Figure 3. Formation of natural dam in the Upper Jeneberang River, (Yachiyo Engineering Co, 2008).

ruary 2008 by installing data logger in Lengkesa, Panaikang and Majannang.

The Phenomena of natural dam and bank collapses.

Besides rainfall as a governing variable to trigger debris flow, the formation of natural dam due to the collapse of river bank should also be taken into account. Figure 3 shows an example of natural dam formation in Bawakaraeng Caldera. When the collapse material buries the river course and then flashes away a dangerous debris flow will occur. The phenomena very often exist in the area of Bawakaraeng caldera and caused debris flow even on the non rainy days.

The same phenomena have occurred in Mt. Kelud, East java on July 23, 1998, killing 8 persons, 1 person injured, 54.6 Ha paddy field damaged, and 2 dams were damaged. (Rudy D Hadisusanto, A.D Sumpena, 1998); the explosion of Mt St. Helens, USA

in 1980 had formed 2 new lakes that was potentially flashed away and threatened the safety of inhabitant (Dallas Childers, Philip J. Carpenter, 1985). The explosion of St. Helens also killed 57 persons (Tadahiro Matsushita, 1999).

Hazard Area of Debris Flow

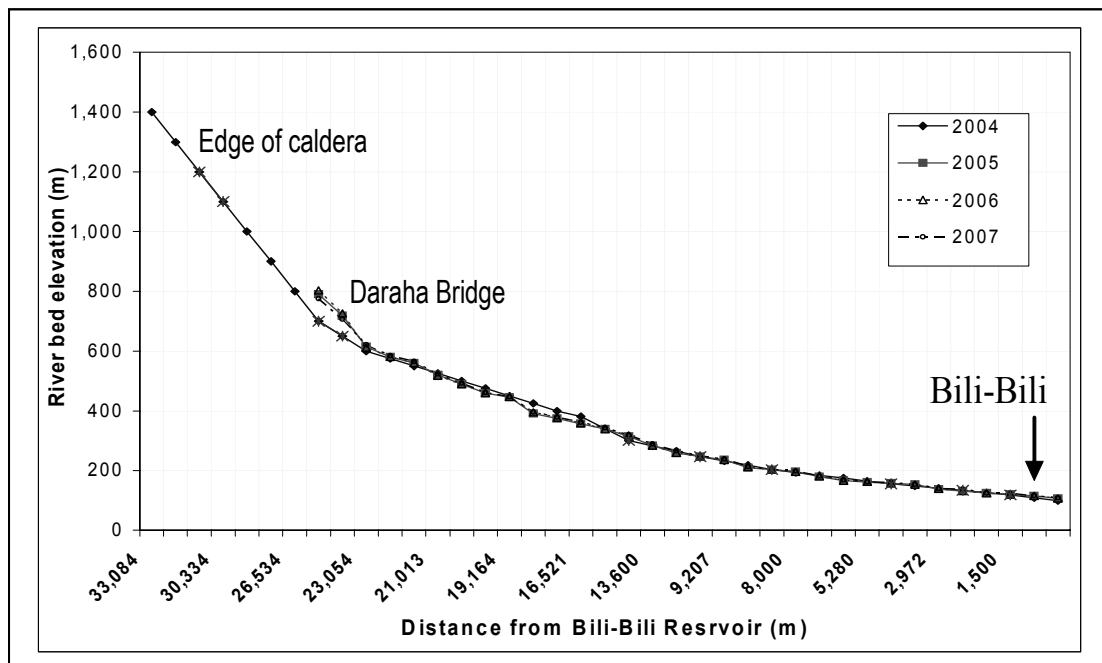
Topographically the hazard area of debris flow in Jeneberang River exists along the river course and river terraces. Daraha Bridge which is located on the elevation of 700 m above mean sea level is a changing point of river bed slope. Upstream of Daraha Bridge has narrow river course and the height of the bank is greater than 80 m and river bed slope is 8.3% in average. Since the gigantic collapse in 2004, the bridge has been three times swept by debris flow. This section is very dangerous since the slope of the river bed is still great and at a point of breaking slope from 8.3% to 4.0 %. The velocity of debris flow is about 10 m/s and the arrival time of debris flow is less than

5 minutes. A suspension bridge for pedestrian and motorcycle has been completely built. Construction of double function check dam located not far from the suspension bridge is now about to start. Besides as sediment control, the check dam has also function as a bridge. For precaution, it still needs warning system for peoples who are traveling across the bridge. Immediately downstream of the point is the spreading area of deposit with the river bed slope of 4%. Figure 4 shows the longitudinal section of Jeneberang River.

The inhabitant along the river is mostly farmers, and the most of their paddy field are located on the lower terraces where they spend most of the time to cultivate. In the downstream of Daraha Bridge to Bulo village, Tanete and Limbua the inhabitant mostly lives on the higher location that is safe from debris flow. The river terraces

generally consist of farmland where most of the inhabitants rely their live on them, so it needs warning and evacuation which will inform the possibility of debris flow outbreak. The typical land use along the Jeneberang River can be generalized as shown in Figure 5. In Bulo, it is found that large boulders spread over relatively wide area on the right terrace tells that in the past, debris flow had overtopped the terrace in this area, so it should be designated as dangerous area against debris flow.

Borongsapiria village located on the right bank, just upstream of the confluence point between Malino and Jeneberang rivers where Malino Bridge is located, the height of Malino Road is only 3 meters above river bed. Flood marks found on the flood plain show that highest water level of the past debris flow in the reach was 1.7 m from the river bed.



Source: plotted from secondary data.

Figure 4. Longitudinal section of Jeneberang River.

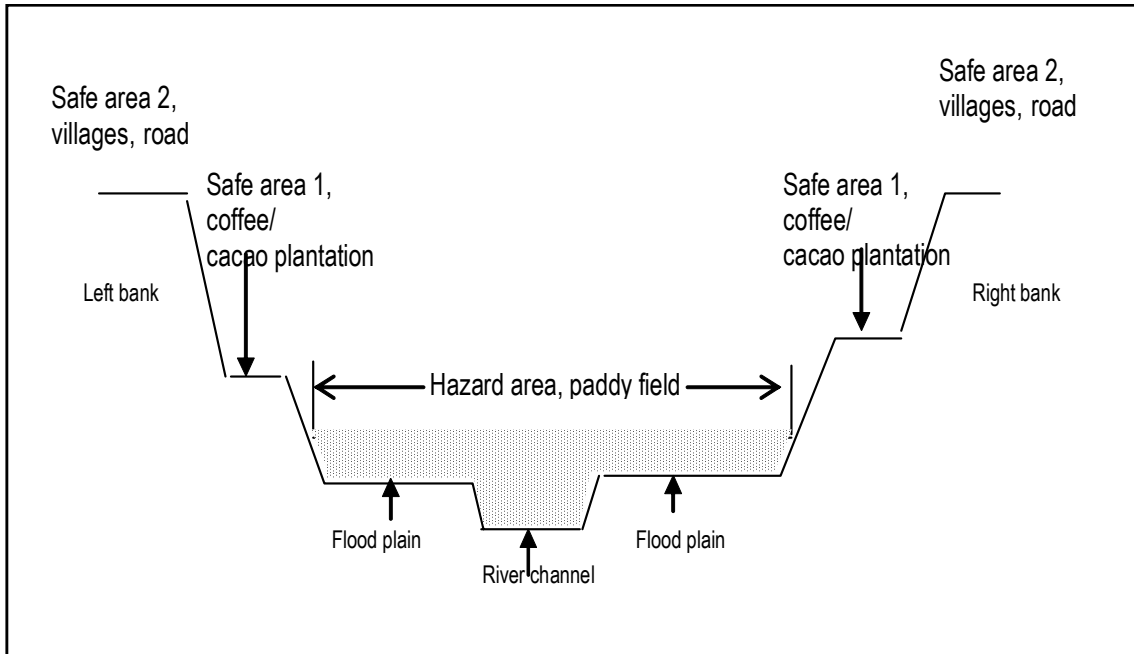


Figure 5. Typical land use along cross section in Jeneberang River



Figure. 6. Spread of boulders over flood plain due to past disaster in Bulu (on the background is Jeneberang River).

Arrival time of debris flow

Anticipating the preparedness against debris flow outbreak, the arrival time of debris flow to reach the disaster prone area was computed. Table 1 shows the computed arrival time of debris flow from Parangkeke in the most upstream village to Borongsafiria located just at the confluence point of Malino river and Jeneberang River, which can be generalized into three groups: (1) Parangkeke – Bontote'ne (near Daraha Bridge) has arrival time of less than or equals to 8 minutes. (2) Likulambua – Gantung/Bulokarisa has arrival time of 10-15.5 minutes and (3) Bulo – Tanete 24 – 30 minute and (4) Limbua – Borongsafiria 70 – 85 minutes.

The value should be compared with the total time needed to propagate the information of warning and the process of evacuation.

Evacuation place and route.

The existing evacuation roads in the villages along Jeneberang River form the confluence point of Malino River to Jeneberang River are mostly their daily access road to cultivate their farmlands, and the evacuation places are their own home, because their livelihood are farmers so the term escape route is more appropriate than evacuation route. The escape routes generally consist of path on sloping ground with a slope of more than 52.4%, on the coffee or cacao plantations and rice field with relatively gentle slope. The distance from river course to the safety area-I is between 100 – 1700 m and travel time by walking is from 2- 30 minutes. The inhabitants have also hamlets on their farmlands in which during peak season they often stay there up to 10 days (CTIE, et al, 2006). In order to solve such a condition, their preparedness against the danger of debris flow

Table 1. Arrival time of debris flow, warning and evacuation time, evacuation road and its condition in Upper Jeneberang River.

No.	Location	Distance from reference point (m)	Distance from hazard area to safety 1 (m)	Total time of warning and evacuation processes(minute)	Arrival time of debris flow (minute)	Spare time (minute)	Condition of evacuation road, slope	Activity of inhabitants in hazard area	Chance of evacuation
(1)	(2)	(4)	(5)	(10)	(12)	(13)	(14)	(15)	(17)
1	Parangkeke	0.00	1,700	30.33	0.0	(30.33)	Path, steep	Farming, cultivating	No chance
2	Bangkeng Sisang	405.00	1,700	30.33	0.7	(29.66)	Path, steep	Farming, cultivating	No chance
3	Tobanda	690.00	317	2.33	1.1	(1.19)	Path, steep	Farming, cultivating	No chance
4	Janna	923.00	317	2.33	1.5	(0.81)	Path, steep	Farming, cultivating	No chance
5	Baturmenteng	1,793.00	274	2.33	3.0	0.63	Path, steep	Farming, cultivating	Limited
6	Bontote'ne	2,186.00	116	2.33	8.0	5.62	Path, steep	Farming, cultivating, crossing river	Sufficient
7	Putepala	3,321.00	292	4.33	12.1	7.75	Path, steep	Farming, cultivating	Sufficient
8	Liku Lambua	3,765.00	191	4.33	13.7	9.36	Path, steep	Cultivating	Sufficient
9	Garnisang	4,273.00	300	3.33	15.5	12.21	Path, steep	Farming, cultivating	Sufficient
10	Bulo	6,693.00	357	3.33	24.3	21.01	Conduit, mild	Farming, cultivating	Sufficient
11	Puncode/Jonjo	7,012.00	300	3.33	25.5	22.17	Path, steep	Sand mining, cultivating & trading	Sufficient
12	Tanete	8,103.00	670	6.33	29.5	23.14	Village road, mild	Farming, cultivating	Sufficient
13	Limbua	10,844.00	165	3.33	70.5	67.15	Village road, mild	Farming, cultivating	More than sufficient
14	Borong Sapiria	13,070.00	109	3.33	85.0	81.62	Village road, mild	Farming, cultivating	More than sufficient
15	Apokang/Pate'ne	13,144.00	81	2.33	85.4	83.10	Village road, mild	Sand mining, trading	More than sufficient

Source: Result of calculation

should be improved by periodic socialization and drill. The community based warning system using traditional tools is very relevant.

The plantation of coffee and cacao are generally located relatively on the higher places than the river course and supposed to be safety area-1. However, their houses are located on the elevated land far from river course are designated as safety area-2, except part of Bulo area, Tanete, Limbua and Borongsafiria are located in the hazard area, even not far from sand pocket 4 there is houses located only three meters from river bed. An effort to improve the escape routes has been conducted by Sabo Community of Jeneberang River by making paving block. The budget came from the grass root program – a technical assistance by the Government of Japan - where each community got a budget for paving block of 100 m length and 1 m width. However, the improved escape routes are mostly in the zone of safety area-2, near Monitoring Post. It might be due to the lack of guidance to the community. In order to smoothen the evacuation activity, the paving block should be constructed along the escape route.

The effectiveness of warning system

Several months after occurrence of gigantic collapse of Mt. Bawakaraeng caldera wall, eight monitoring post were established along Jeneberang River from Panaikang on the upstream to Borongsafiria in the downstream. The monitoring posts are operated by Sabo Community Forum in that covers the districts of Tingimoncong and Parigi, the Regency of Gowa. The posts was equipped with radio transceiver, guided by Non Governmental Organization “WAKIL” in Malino town. The posts have duty to monitor the weather and river course condi-

tion and propagate the information from the main post in the upstream to the other post in the downstream area. The transfer of information from the monitoring posts to the inhabitants were done by using *kentongan*. It needs 10 seconds to propagate the information through radio transceiver and 10 seconds through *kentongan* so the total required time to propagate information is 20 seconds. In the research, manual siren that does not need electricity was introduced to the inhabitants and they accepted the use of sirens for early warning tools. In order to evaluate the effectiveness of siren and *kentongan*, a series of sound tests were conducted in 6 monitoring posts. They were Manimbahoi, Putepala, Bulo, Tanete, Limbua and Jonjo. The variable to be measured in the sound test were sound pressure level at an interval of 50 meters until a maximum listenable distance. The background noise around the test site was assumed 55 db. The result of sound test in Jeneberang River is summarized on Table 2.

The sufficiently long coverage of sound test in Limbua and Jonjo were affected by the open area. Besides, the valley on the reach is situated in between two hills that gave an echo effect so the sound of *kentongan* and siren could be heard from sufficiently long distance. In Putepala, the siren directed to the upstream (Daraha Bridge) which is also an open area gave almost same result with Limbua and Jonjo., At the same test site with downstream direction, however, the maximum distance was 160 m due to the blockage of high river bank. In Bulo and Tanete, the maximum hearable distance of siren and *kentongan* were little bid lower than Limbua and Jonjo. It can be concluded that siren and *kentongan* can be applied since they are complementary.

Table 2. Result of sound test of siren and *kentongan* di Jeneberang River

No	Maximum distance (m)	Location of sound test	Sound pressure level (db)	
			Kentongan	Sirin
1	$100 < L \leq 200$	Manimbahoi dan Putepala (daownstream)	56; 57	56;62
2	$200 < L \leq 400$	Bulo dan Tanete	56,5; 67,1	58,4; 67,9
3	$400 < L \leq 600$	Limbug, Jonjo dan Putepala upstream.	71,1;57,5; 56	71,3; 55; 56

Source: Result of analysis

Required time for evacuation or escape.

The required time for escape to safety area-1 is strongly influenced by the condition of the escape route. Field measurement of escape time shows that the route which mostly consists of path road with the slope of greater than 52.4%, and the distance between 100 m to 1700 m takes 2 to 30 minutes. The total time required to transfer a warning message from the main post to the inhabitants in the hazard are shown on Table 1. Comparing the total time with the arrival time of debris flow, it can be concluded that from 15 escape routes observed, 4 (four) locations are no chance to escape when debris flow occurred, they are Parangkeke, Tobanda, Janna and Bangkeng Sisang; One location (Batu Menteng) has limited chance to escape; 7 (seven) location have enough chance to escape. They are Bontote'ne, Putepala, Likulambua, Gamsang, Bulo, Puncode/Jonjo and Tanete. Three locations have much time to escape when debris flow occur, they are Borong Safiria and Apokang/Pate'ne. The different chance of escape is due to the different river bed gradient, river width, distance of safety area-1 from the river course and condition of the escape route.

Warning system is a non structural measure to mitigate the hazard risk against debris flow outbreak. With regard to the improvement of people awareness to their environment, the community based mitigation of hazard has been developed. It is hoped that the community take a part actively in the hazard mitigation since they know more what is going on in their environment. A Sociologist said that every human being knows their own world better than any other outsider - including the expert who makes policy- (P.L. Berger, 1974).

Three months after Gigantic collapse of Mt. Bawakaraeng, the Sabo Community Forum was established by the local inhabitants in Malino town, under the guidance of the Local Government of Gowa Regency, Ministry of Public Works and the Japan International Cooperation Agency (JICA). The organization is purposed to prevent from further damage due to debris flow, recovery from the condition of disaster and regional development. So far, there are 23 groups of Sabo Community spread along Jeneberang River, from Lengkesa to the confluence point of Malino River with Jeneberang River, the total number of which are 741 persons.

At the early stage of its establishment, the activity of the community are: (1) monitoring the caldera wall, rainfall and debris flow; (2) transfer the information of early warning to the inhabitants in the downstream area; (3) workshop, meeting and campaign through involving the inhabitants; (4) training of facilitator; (5) training of making paving block using debris flow deposit; and participate in making the emergency bridge or Daraha. There are eight monitoring posts constructed by Sabo Community. In the rainy season each post is guarded by two volunteers every day to monitor debris flow, in the dry season the posts are guarded by the head of the group of Sabo Community and equipped with handy talky (CTIE, et al, 2006).

With refer to the transfer of early warning against debris flow, a broadcasting station donated by the Government of Japan was established in Malino town. At the same time, 1,000 units of transistor radio were also donated and distributed to all member of Sabo Community in 23 locations along Jeneberang River. It was expected that the transistor radio will be used to monitor the broadcasting of warning message in Malino and other related information. However, the result of interview to the member of the community and a field observation shows that the broadcast was only one months on air, and could not be well monitored by the community and the TV broadcast was disturbed, so then the broadcast stopped. It can be said that the broadcasting station did not contribute to the early warning system in Jeneberang River. The result of interview also shows that from five initial activities of Sabo Community, two activities remain going on, they are activity no 1 and no 2.

Up to 2007 the early warning system is based on the rainfall condition in Lengese and Panaikang and visual observation on the eight monitoring posts and transferred to the inhabitants in the hazard area. According to daily report of Sabo Community Forum in Malino, the flow of information only occurred between monitoring post within the community. No communication from the community to the SATLAK PBP in the activity of early warning system. In the community based warning system, it is hoped that the community actively participate in the activity. In the existing system, there is no rainfall standard yet for debris flow warning.

CONLUSSION

- 1) Debris flow occurrence in Jeneberang River - where the material was supplied by the collapse of Bawakaraeng caldera - is governed by short duration of high rainfall intensity, long duration of medium and low rainfall and it has been tentatively formulated in the form of standard rainfall that can be applied as warning criteria.
- 2) The hazard areas are mostly located along the lower terraces of the river where the inhabitants work and live temporarily to cultivate their farmlands, they made temporary houses to live for several days during peak season and living together with disaster. On the upper reaches above elevation 700 m (upper stream of Daraha Bridge), people who stay on the river course are mostly no chance to escape when debris flow occur; on the middle reaches from Daraha Bridge to Tanete they have enough time to escape and lower than Tanete they have much time to escape.

- 3) The community based warning system has been commenced through establishing Sabo Community Forum which actively participates to monitor the rain-fall and field condition, sending information to the inhabitant by using radio transceiver combined with manual siren and *kentongan* which have been examined their sound strength and maximum distance.

Sabo Community Forum in the activity of early warning system

ACKNOWLEDGEMENT

The Writers express their gratitude to the Head of Agency for Research and Development, and to the Head of Research Centre For Water Resources Development, and to the Head of Experimental Station for Sabo for their support and accommodate the budget for the research. A special thank is expressed to Mr. Bambang Sigit, the head of Jeneberang Project Office, Mr. Wakito and Mr. Haeruddin for their support and input to the research. The Writers also express their thankfulness to CTIE Co, Yachiyo Engineering Co., Hazama-Brantas Jo, and Hazama – Wijaya Karya JO for their support the required data. Thank is also given to the Head of Gowa Regency, Head of Tinggimoncong and Parigi Districts for their co-operation in the research activity. Special gratitude is expressed to Sabo Community, the member of *Wabana Kesehatan dan Lingkungan (WAKIL)* for their help in the survey activity and finally to all parties for their help in the research.

RECOMMENDATION

- 1) Necessity to continuously monitor short duration rainfall at the key stations, updating the standard rainfall using those data and propagating the warning to the inhabitants by using transceivers, manual sirens and *kentongans* to the inhabitants and construct mew monitoring post in Lengkesa to inform the rainfall condition.
- 2) Maintaining the established community based warning system in Jeneberang River through maintenance of equipment and periodic evacuation drill to check the preparedness on the system.
- 3) Synergizing the local Government of Gowa and other stakeholders to the

REFERENCES

- Berger P.L., 1974, as in Gutomo, Drs, M. Hum, 2007, *Community Based Development dalam Pengelolaan Daerah Rawan Bencana Alam Sedimen*, Seminar Nasional Pengelolaan Daerah Bencana Alam Sedimen Secarfa Terpadu, Yogyakarta, 5-6 Desember 2007
- CTI Engineering International Co., Ltd in Association with PT Indra Karya, PT Indah Karya, PT Connusa Engineering, PT Puri Fadjar Mandiri, PT Wiranta Bhuana Karya, 2006, *Report on Urgent Survey for Consulting Engineering Services of Bawakaraeng Urgent Sediment Control Project, The Most Urgent Components*, The Government of the Republic of Indonesia, Ministry of Public Works, Directorate General of Water Resources, March, 2006.
- Dallas Childers, Philip J. Carpenter, 1985, A Warning System for Hazards Resulting from Breaches of Lake Blockage, Mount St. Helens, *Washington, Proceedings of the International*

Symposium on Erosion, Debris Flow and Disaster Prevention. Tsukuba, Japan, p. 493-498.

- Hazama - Brantas J.O – Government of the Republic of Indonesia, Ministry of Public Works, Dir. Gen. of Water Resources Development, 2007, *Flood Report on February 2007*, Bawakaraeng Urgent Sediment Control Project, Most Urgent Component Contract Package No. 2-1 (IP-524)
- Rudy D.Hadisantono, and A.D. Sumpena, 1998, *Tragedy of July 23, 1998 at Kelud Volcano, East Java*, Proceedings of Symposium on Japan-Indonesia IDNDR Project, Volcanology, Tectonics, Flood and Sediment Hazards, organized by Disaster Prevention Research Institute, Koto University, Volcanological Survey of Indonesia, Research Institute for Water Resources Development, supported by Ministry of Education, Science, Sport and Culture, Japan, 1998, Bandung, Indonesia.
- Suratman Worosuprojo. 2007. "Analisis Spasial Ekologikal Sumberdaya Lahan di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta". *Forum Geografi*, Vol. 21, No. 2, Desember 2007. Hlm. 95-103.
- Sutikno Hardjosuwarno, Bambang Sukatja, Haryanto, Koji NAKANISHI, 2005, Warning System Against Mudflow Disaster in Gendol River, Mt. Merapi Area, *Proceedings of the International Conference on Integrated Sediment Related Disaster*, August 3-5, 2005.
- Tadahiro Matsushita, 1999, *MESSAGES FOR THE 21ST CENTURY, Sabo Works and its Achievements*, Sabo Publicity Center, No. 3 Hasegawa Building, 13-1 Shinbasi 6-chome, Minato-ku, Tokyo 105-0004.
- Yano, K, Senoo, K, 1985, How to set Standard Rainfalls for Debris Flow Warning and Evacuation, *Proceedings of the International Symposium on Erosion, Debris Flow and Disaster Prevention*. Tsukuba, Japan, p. 451-453.
- Yachiyo Engineering CO. Ltd and Associates , 2008, *Urgent Disaster Reduction Project for Mt.Bawakaraeng*, Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, Balai Besar Wilayah Sungai Pompengan-Jeneberang and, 31 Maret 2008.

THE INFLUENCE OF SPATIAL URBANIZATION TO REGIONAL CONDITION IN PERIURBAN AREAS OF YOGYAKARTA

Andri Kurniawan
Bambang Sriyanto Eko Prakoso

Faculty of Geography, Gadjah Mada University, Bulaksumur, Yogyakarta
Phone (0274) 6492331, Fax (0274) 6492348
E-mail : andrikur05@yahoo.com; ekoprakoso_y2k@yahoo.com

ABSTRACT

It is interesting to study periurban areas because of its transitional characteristic. Periurban areas undergo dynamic changes as a result of spatial urbanization. This study is aimed at: (1) examining the development pattern of spatial urbanization in Yogyakarta and finding out the influential determinant factors; (2) examining the dynamics of land use changes in periurban areas and finding out the resultant impacts; (3) examining the pattern and development of services (infrastructures) and finding out the determinant factors supporting the development of services (infrastructures) in periurban areas; (4) examining the role of the development of periurban services (infrastructures) as magnetic forces for periurban development; and (5) making policies concerning periurban development and management in order to achieve optimal development and to balance the functions of urban and rural areas. The methods used in this research are secondary data analyses and aerial photo interpretation. This study applies secondary data analysis by comparing the data to find out the extent of the changes. Descriptive statistics, scaling, and discriminant analysis are used as the analytical techniques to find out the determinant factors of urban growth in periurban areas. Spatially, urbanization in Yogyakarta periurban areas tends to move toward the western part (Ngestiharjo village), northern part (Catur Tunggal village) and eastern part (Banguntapan village). Besides centrifugal forces, the development of built land and urban characteristics in the western, northern and eastern parts are also influenced by the main roads (corridors) from Yogyakarta to Kaliurang, from Yogyakarta to Wates, and from Yogyakarta to Solo. The existence of the corridors prompts the functions of trade and services which, in turn, trigger the development of the surrounding housing complex. On the contrary, in the southern and south-east part of Yogyakarta the activities of service have not yet well-developed and neither have the new housing complex. The development of number and density population are variables determining urban development in Yogyakarta periurban areas. The dynamics of land use changes in Yogyakarta periurban areas are characterized by the decrease in agricultural land (6.46 % per year) and the increase in built land. The decrease in agricultural land reduces the sustainability of agricultural environment. Agricultural production can no longer satisfy periurban people's needs for food. The different strength in interaction results in the difference in the facilities of service (infrastructure) between periurban areas. The periurban dynamics in Yogyakarta are also characterized by the increase in function and sustainability of services. The development of service (infrastructure) in Yogyakarta periurban areas have a lot of impacts especially those related to the increase in urban characteristics. In some parts of periurban areas, there is a relation between the increase in service provision and the development of urban characteristics.

Keywords : Influence, Spatial Urbanization, Regional Condition, Periurban Areas

INTRODUCTION

Periurban areas are interesting to study in terms of their transitional characteristics. These areas are dynamic and un-

dergo continue development as a result of spatial urbanization. Yogyakarta periurban areas also experience such kind of development triggered by the development of housing complex and infrastructures as a

consequence of urban center centrifugal movement and government policy. The development of housing complex and infrastructures in periurban areas will potentially change the areas into urban (built up areas). In many cases, some areas grow even faster than the prediction. It can be seen from the mega or mini projects conducted by developers in the form of residential resorts, mini estates, agro-estates, and integrated resorts in periurban areas (Lee, 1979). Without the readiness of regional socio-economic basis, this phenomenon has reclassified suburban areas into urban areas, and hence, it does not encourage the functional change of the areas. Also, the spatial physical changes (interchange dynamic) caused by land exploitation and infrastructural development in periurban areas have caused spatial fragmentation.

In fact, periurban areas have no uniform spatial characteristics. Periurban areas appear in diverse physical characteristics (Yunus, 2001). The diversity is influenced by the centrifugal and centripetal movement as well as the magnetic forces (Colby, 1959). The various magnetic forces in periurban areas bring about the different spatial appearance. The development of functional agglomeration and the additional facilities in periurban areas prompt the functional changes of the surrounding land. These phenomena generate the existence of spatial transformation in periurban areas. The development of new functions because of spatial transformation will have an impact on the socio-economic condition of periurban residents (Garland, et. al., 2007). Reorientation of land use and economic activities will be the consequence of the change in land value.

This research is aimed at:

1. Studying the developmental pattern of spatial urbanization in Yogyakarta and finding out the influential determinants.
2. Studying dynamic changes of land use in periurban areas and finding out the impacts
3. Studying the developmental pattern of infrastructure and finding out the determinant factors that support the infrastructural development in periurban areas.
4. Examining the role of infrastructural development as a magnetic force for the periurban development.
5. Making policies concerning periurban development and management in order to achieve optimal development and to balance the functions of urban and rural areas.

With the above objectives, the research results hopefully will be able to provide direction for policy makers (local government) or city planners to formulate realistic spatial policies in managing periurban areas as a part of urban developmental management. In addition, the research results will be able to be employed as guidance in the development of housing complex and infrastructures in periurban areas in order to achieve optimal development and to balance the functions of urban and rural areas.

RESEARCH METHOD

Diagram of Framework Flow

The methods used in this research are secondary data analyses and aerial photo interpretation. The approach employed in this research is the theme of pattern, pro-

cess, and impact. To understand the pattern, physical morphological approach is used in terms of deductive reasoning. The discussion of developmental process and impact employ empirical approach (1996 and 2006). The variables used in this research covering landuse, production, number dan density of population, livelihood, number and types of services. That variables source from Village Potentialities Data. The analytical techniques used namely descriptive statistics, scaling, and discriminant analysis are used to find out the determinant factors of urban growth in periurban areas.

The characteristics of periurban area is used to determine of periurban areas. In this research, the selected periurban areas are located around Yogyakarta city (parts of Sleman dan Bantul Regency). Those areas are indicated by the mixture of urban and rural land uses. This mixture is the main characteristic of a periurban area. The sample areas are selected purposively by considering the aspect of developmental speed, developmental orientation, intensity and form of land changes, and accessibility rate.

The analyses in this research are divided into three main groups : (1) analysis of pattern, (2) analysis of process (development), and (3) analysis of impact. These three analyses are related to each other in explaining the changes in periurban areas. The view of changes include the infrastructural development, spatial transformation, and socio-economic condition of periurban residents. The analysis of pattern has three dimensions : (1) spatial dimension, (2) temporal dimension, (3) spatial policy dimension (Yunus, 2001). Next,

the research on physical spatial aspect and socio-economic condition of periurban residents is conducted to analyze the impact. Air photo interpretation and Geographic Information System are used to examine the spatial transformation. This research employs time series data to examine the development.

RESEARCH RESULT AND DISCUSSION

Spatial Urbanization of Yogyakarta Periurban Areas

Every year, Yogyakarta periurban areas develop significantly. It is shown from the extension of urban physical appearance as a result of spatial urbanization. The pattern of spatial urbanization in periurban areas can be identified by observing the development of built land and the extent urban development in Yogyakarta periurban areas.

The development of built land is one of the elements when observing the urban development. The development of built land will show physical development of buildings. Therefore, urban characteristics can be clearly observed physically. The development of built land in periurban areas is the impact of urban development (McGee, 1987).

Spatially, urbanization in Yogyakarta periurban areas tends to move toward the western part (Ngestiharjo village), northern part (Catur Tunggal village) and eastern part (Banguntapan village) (Table 1 and Figure 1). Besides centrifugal forces, the development of built land and urban characteristics in the western, northern and eastern parts are also influenced by the main

roads (corridors) from Yogyakarta to Kaliurang, from Yogyakarta to Wates, and from Yogyakarta to Solo. The existence of the corridors prompts the functions of trade and services which, in turn, trigger the de-

velopment of the surrounding housing complex. On the contrary, in the southern and south-east part of Yogyakarta the activities of service have not yet well-developed and neither have the new housing complex.

Table 1. The Dynamics of Built Land in Yogyakarta Periurban (1996 and 2006)

Village	Spatial Location	Wide of Areas (Ha)	Wide of Built Land 1996 (Ha)	Wide of Built Land 2006 (Ha)	% Wide of Built Land 1996 (Ha)	% Wide of Built Land 2006 (Ha)	% Increase	Classification
TAMANAN	South	375.00	87.50	111.00	23.33	29.60	6.27	Low
WIROKERTEN	Southeast	386.20	97.50	126.00	25.25	32.63	7.38	Low
POTORONO	Southeast	390.00	89.80	109.00	23.03	27.95	4.92	Low
BATURETNO	East	393.60	96.10	135.00	24.42	34.30	9.88	Medium
BANGUNTAPAN	East	833.30	423.10	551.00	50.77	66.12	15.35	High
BANGUNHARJO	South	679.10	277.80	327.00	40.91	48.15	7.24	Low
PANGGUNG HARJO	South	560.90	254.50	323.00	45.37	57.59	12.21	Medium
TIRTONIRMOLO	Southwest	513.00	244.30	313.00	47.62	61.01	13.39	Medium
NGESTIHARJO	West	510.00	293.00	421.00	57.45	82.55	25.10	High
BANYURADEN	West	400.00	198.40	227.00	49.60	56.75	7.15	Low
NOGOTIRTO	West	349.00	168.60	192.00	48.31	55.01	6.70	Low
TRIHANGGO	Northwest	562.00	156.80	226.00	27.90	40.21	12.31	Medium
SINDUADI	North	737.00	285.80	371.00	38.78	50.34	11.56	Medium
CATUR TUNGGAL	North	1104.00	751.20	968.00	68.04	87.68	19.64	High
TOTAL		7793.10	3424.40	4400.00	43.94	56.46	12.52	

Source: Result of Data Analysis of Village Potentialities in 1996 and 2006

Spatial urbanization in periurban areas can also be identified from the extent of urban development. This development is studied using multivariate statistics. The appropriate method is discriminant analysis. Before applying discriminant analysis, variables characterizing urban development are classified and presented in the form of a table. The table contains the composite scores of the development of each variable characterizing urban development (Table 2.). Total scale scores of the development of each variable describe the final result of overall development. The measurement of the development composite

index will show the development of urban characteristics of every village. The final development score will then be tested to find out the most determinant factor of urban development.

The table shows that the level urban development rates in Yogyakarta periurban areas varied throughout regions. There were four villages with high development rates, namely Sinduadi (northern), Ngestiharjo (western), Banguntapan and Baturetno (eastern). This fact shows the trend of the extension of level urban development. Spatially, it is obvious that urban characteris-

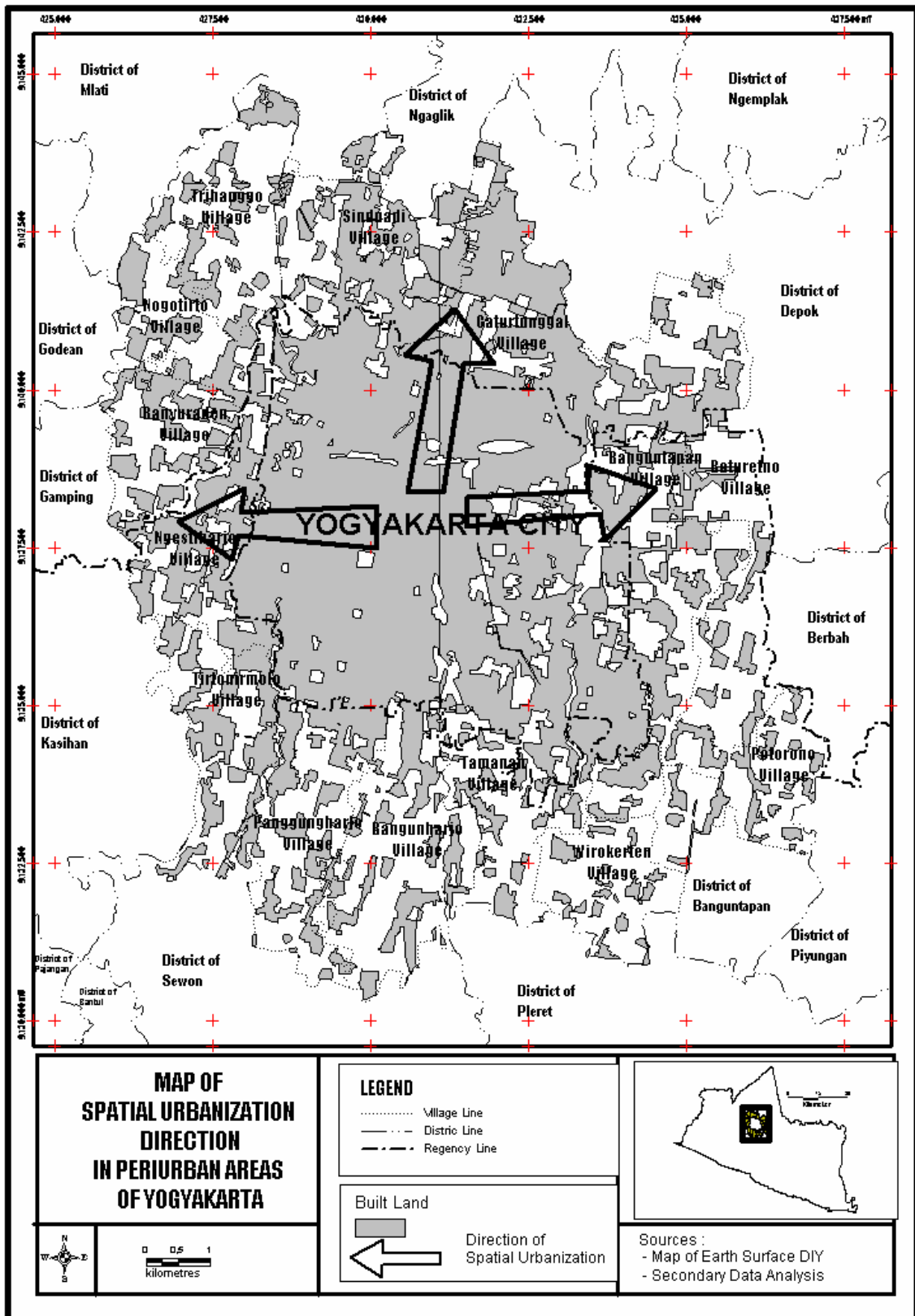


Figure 1. Spatial Urbanization Direction in Periurban Areas of Yogyakarta (1996 – 2006)

tics developed to northern, western and eastern parts of Yogyakarta periurban areas. The northward development reached not only to Catur Tunggal village but spread out to the west of Catur Tunggal, i.e. Sinduadi village.

The eastern rapid development shows the strong influence of the city. Two villages, Banguntapan and Baturetno, showed the categories of high urban development. The western part, represented by Ngestiharjo village, provided a good access from the western areas. In the southern parts of Yogyakarta, urban characteristics were not well developed as a result of the low growth of service functions.

Next, discriminant analysis is applied to find out the determinant factors of urban development. Discriminant analysis is

a multivariate technique as a part of dependence method involving dependent and independent variables. It means that the result of some variable depends on the data of independent variables. The specific features of this analysis are that the data of dependent variable must be in the form of category data and that the independent data must be in the form of non-category data. The variable used here is the urban development measured using scaling technique. The result of discriminant analysis is presented in the following table:

The above table presents the analytical test on the difference of group means of each independent variable toward dependent variable. After finding the difference of group means of each variable, the variable with real difference can be determined. This variable becomes a determinant vari-

Table 2. Classification of Urban Characteristic Development in Yogyakarta Periurban Areas (1996 and 2006)

Village	Spatial Location	Development Scale Score						Total	Classification
		Population Number	Population Density	Non-Agrarian Household	Built Land Size	Service Facility Provision	Function of Service Facilities		
Tamanan	South	25.61	25.61	14.21	6.66	79.41	57.66	209.16	Low
Wirokerten	Southeast	52.55	52.55	61.44	12.18	74.91	40.11	293.73	Medium
Potorono	Southeast	47.85	47.85	100.00	0.00	73.90	42.64	312.25	Medium
Baturetno	East	80.16	80.16	47.90	24.59	77.90	60.76	371.45	High
Banguntapan	East	48.74	48.74	78.80	51.68	100.00	89.45	417.40	High
Bangunharjo	South	0.00	0.00	22.41	11.51	85.94	100.00	219.86	Low
Panggunharjo	South	49.61	49.61	0.00	36.13	80.90	64.69	280.93	Medium
Tirtomirmolo	Southwest	18.31	18.31	63.97	41.98	60.64	0.00	203.21	Low
Ngestiharjo	West	48.56	48.56	82.52	100.00	82.71	51.96	414.31	High
Banyuraden	West	53.78	53.78	38.21	11.04	73.17	37.39	267.36	Medium
Nogotirto	West	51.20	51.20	56.34	8.83	70.79	13.18	251.54	Low
Trihanggo	Northwest	5.15	5.15	57.39	36.63	75.47	22.15	201.95	Low
Sinduadi	North	100.00	100.00	56.47	32.90	78.06	49.29	416.71	High
Catur Tunggal	North	60.68	60.68	57.49	72.93	0.00	8.78	260.57	Medium

Source: Result of Data Analysis of Village Potentialities in 1996 and 2006

Table 3. The Result of Discriminant Analysis

	Wilks' Lambda	F	Df1	Df2	Sig
Scale score of the development of population number	0.386	8.746	2	11	0.005
Scale score of the development of population density	0.386	8.746	2	11	0.005
Scale score of the development of non-agrarian households	0.869	0.830	2	11	0.462
Scale score of the growing size of built land	0.769	1.657	2	11	0.235
Scale score of the development of service facility provision	0.801	1.368	2	11	0.295
Scale score of the development of service facility function	0.845	1.007	2	11	0.397

Source: Result of Data Processing

able since according to the principle of discriminant analysis, a determinant variable determines the difference of each group or is often called a distinguishing variable.

The variable determining the difference can be seen in the probability or the significance score (sig). If the probability or sig. score < 0.05. there is a real difference between groups caused by the variable. If the probability or sig. score > 0.05. there is no real difference between groups. Having found out the distinguishing variable. the variable determining the difference of urban development in survey areas can be identified the development of population number and of the development of population density (sig. score < 0.05) are variables determining the difference of urban development in research areas.

That condition indication that growth of population number in periurban areas disseminate not flatten, while other town variable experience of more growth flatten. Periurban areas is place accommodate migrants and urban workers, growth of population number which tend to concentration at selected regional shares, as in

Sinduadi and Catur Tunggal in upstate and also Baturetno in southeast. But that way, growth of high enough population number in the periurban areas do not followed by the have expanding of service types and amount, so that result downhill of serving capacity him and service function. And so it is with factor growth of opportunity of non agriculture disseminating do not in line with spatial growth in Yogyakarta periurban. That Condition if let will be potency peep out the problem of not serving and the increasing of unemployment in some part of Yogyakarta periurban especially at upstate region and south-east.

Transformation in Yogyakarta periurban areas was also identified by land use changes. especially related to agricultural land (Yunus, 2000). According to the data. from 1996 to 2006 the agricultural land in Yogyakarta periurban areas had reduced to 4658.03 hectare. The decrease of 64.58% in agricultural land is of high significance. It means that during the period the conversion of agricultural land to non-agricultural land in Yogyakarta periurban areas reached 6.46% per year (Table 4).

The high percentage of agricultural land conversion resulted from people's growing needs of residential land. A lot of new residential buildings were built in Yogyakarta periurban areas to accommodate the growing number of population interested to live in periurban areas. These areas were interesting for living because of the comfort and the considerable price of the land. In addition, the conversion of agricultural land also resulted from the development of urban functions as the manifestation of urban development. The development of urban functions generated the growing demand for the establishment of trade centers, offices, and service facilities. This condition converted the agricultural land into non-agricultural land so that the agricultural land decreased.

Spatially, the decrease in agricultural land was primarily observed in the northern and western part. In the northern part, Catur Tunggal village suffered the highest-level land conversion, reaching 9.54 % per year. In the western part, Ngestiharjo village suffered the highest-level land conversion, reaching 8.47 % per year. In the northern part, the high-level land conversion was caused by the growing number of educational functions (universities) and trade centers that converted the agricultural land in Sinduadi village into non-agricultural land. The location of Sinduadi village on the access road between Yogyakarta and other important areas in the northern part induced the high-level land conversion. In Ngestiharjo village, land conversion was primarily instigated by the development of roads that

Table 4. The Dynamics of Agricultural Land Size in Yogyakarta Periurban Areas (1996 and 2006)

No	Village	Periurban Location	Agricultural Land Size in 1996 (Ha)	Agricultural Land Size in 2006 (Ha)	Decrease in Agricultural Land Size (1996-2006) (Ha)	% Decrease in Agricultural Land Size (1996-2006) (Ha)	Annual Decrease in Agricultural Land Size	% Annual Decrease in Agricultural Land Size	Class
1	TAMANAN	South	380.54	231	123.24	39.30	14.95	3.93	Low
2	WIROKERTEN	Southeast	392.43	236	133.13	39.86	15.64	3.99	Low
3	POTORONO	Southeast	396.13	262	116.03	33.86	13.41	3.39	Low
4	BATURETNO	East	400.53	232	142.03	42.08	16.85	4.21	Low
5	BANGUNTAPAN	East	838.86	219	550.26	73.89	61.99	7.39	High
6	BANGUNHARJO	South	686.93	343	328.13	50.07	34.39	5.01	Medium
7	PANGGUNG HARJO	South	582.20	226	344.70	61.18	35.62	6.12	Medium
8	TIRTONIRMOLO	Southwest	541.81	199	330.81	63.27	34.28	6.33	Medium
9	NGESTIHARJO	West	576.79	88	487.79	84.74	48.88	8.47	High
10	BANYURADEN	West	424.29	171	251.69	59.70	25.33	5.97	Medium
11	NOGOTIRTO	West	425.40	155	267.30	63.56	27.04	6.36	Medium
12	TRIHANGGO	Northwest	570.72	334	239.72	41.48	23.67	4.15	Low
13	SINDUADI	North	740.67	112	373.37	84.88	62.87	8.49	High
14	CATUR TUNGGAL	North	1114.32	51	969.82	95.42	106.33	9.54	High
	Jumlah		8071.63	2859	4658.03	64.58	521.26	6.46	

Source: Result of Data Processing of Village Potentialities in 1996 and 2006

opened the access to the periurban housing complex. Relatively preservable agricultural land can be found in the southeastern part of Yogyakarta, including Tamanan, Wirokerten, Potorono, and Baturetno villages. In those 4 villages, the residential development and urban functions had not been progressively developed and brought few impacts on land conversion. Therefore, the southeastern part of Yogyakarta can be used as the center of rice production in periurban areas by implementing policies controlling agricultural land conversion. In the south part of Yogyakarta, however, despite its relatively low level, the agricultural land conversion must be well controlled given that most of technically irrigated agricultural land is found in this area.

Periurban areas are often associated with the development of agricultural sector. The land conversion in periurban areas affects agricultural sector. The changes in agricultural sector can be seen in the dynamic carrying capacity of agricultural environment (Soemarwoto, 1982). From 1996 to 2006, there was a significant decrease in the carrying capacity of agricultural environment in Yogyakarta periurban areas (Table 5.). In 1996, the carrying capacity of agricultural environment in Yogyakarta periurban areas was relatively high (> 1). Agricultural production could satisfy the needs of Yogyakarta periurban and even urban people. In 2006, however, the carrying capacity of agricultural environment declined significantly. Agricultural production could no longer satisfy the needs of periurban people. This condition was represented by the score of carrying capacity of agricultural environment by < 1 in all villages. Even in Ngestiharjo, Nogotirto, Tirtonirmolo, and Catur Tunggal villages, the carrying capacity of agricultural envi-

ronment was very low indicated by the limited scope of agricultural land; hence, agriculture was no longer considered as a reliable sector.

The decrease in the sustainability of residential environment in Yogyakarta periurban areas stemmed largely from the high conversion of agricultural land into non-agricultural land due to people's growing needs for housing. The land conversion also resulted from the building of various facilities and the development of urban functions in periurban areas. The significant decrease of 19.77 in sustainability of agricultural environment was observed in Catur Tunggal village (Table 5.). This significant decrease resulted from the high level of land conversion due to the development of urban functions and the impacts of urban sprawl. The primary cause of the decrease in agricultural land in Catur Tunggal village was the development of residential areas and facilities especially those associated with educational services. As a result, most of agricultural land was converted into non-agricultural land; and this conversion decreased the sustainability of agricultural environment. Such a significant decrease was also observed in Sinduadi village in the northern part of Yogyakarta city. This village was greatly affected by the growth of Yogyakarta having a tendency to move northward. In addition, the agricultural land conversion in Sinduadi also resulted from the increasing operational use of Yogyakarta – Semarang corridor.

The decrease in the sustainability of agricultural environment in Yogyakarta periurban areas also indicated a transformation in economic sector. Agriculture is no longer a primary sector and is replaced by other economic sectors, especially trade

Table 5. The Dynamic Carrying Capacity of Agricultural Environment in Yogyakarta Periurban Villages (1996 and 2006)

No	Village	Periurban Location	Carrying Capacity of Agricultural Environment Year 1996	Carrying Capacity of Agricultural Environment Year 2006	Decrease in Carrying Capacity of Environmental 1996-2006	Ranking
1	TAMANAN	South	4.76	0.15	4.61	5
2	WIROKERTEN	Southeast	2.51	0.14	2.37	8
3	POTORONO	Southeast	1.41	0.14	1.27	12
4	BATURETNO	East	2.51	0.12	2.39	7
5	BANGUNTAPAN	East	3.05	0.13	2.92	6
6	BANGUNHARJO	South	4.95	0.12	4.83	4
7	PANGGUNG HARJO	South	5.35	0.05	5.30	3
8	TIRTONIRMOLO	Southwest	1.77	0.03	1.74	10
9	NGESTIHARJO	West	1.24	0.01	1.23	13
10	BANYURADEN	West	1.91	0.04	1.87	9
11	NOGOTIRTO	West	1.13	0.03	1.10	14
12	TRIHANGGO	Northwest	1.78	0.11	1.67	11
13	SINDUADI	North	6.50	0.08	6.42	2
14	CATUR TUNGGAL	North	19.80	0.03	19.77	1

Source: Result of Data Processing of Village Potentialities in 1996 and 2006

and service. The development of trade and service sectors can be observed by the increasing growth of trade centers built in agricultural land.

The dynamics of land use changes in Yogyakarta periurban areas had an influence on the change in people's living structure (Montgomery, 2008). The number of non-agrarian household increased reaching 10531 households from 1996 to 2006 (Table 6). The increasing number of non-agrarian household resulted from the limited opportunity in agricultural sector and wider opportunity in non-agricultural sector. The decrease in work opportunity

in agricultural sector was in line with the annual decrease of 6.46 % in agricultural land size. The limited agricultural land made it impossible for households in periurban villages to rely only on agricultural sector. They had to earn additional income from non-agricultural sectors, such as trade and service. Some of periurban households even "pulled" themselves away from agricultural sector by selling their agricultural lands and worked totally in non-agricultural sectors. This changing trend of living structure developed from the wider opportunity in non-agricultural sectors (trade and service) as a consequence of the development of urban functions.

Table 6. Dynamics of the Number of Non-Agrarian Households in Yogyakarta Periurban Villages (1996 and 2006)

No	Village	Periurban Location	Number of Households in 1996	Number of Households in 2006	Number of Non-Agrarian Households in 1996	Number of Non-Agrarian Households in 2006	Increase in Number of Non-Agrarian Households from 1996 to 2006	Annual Increase in Number of Non-Agrarian Households
1	TAMANAN	South	1930	2381	1238	1119	-119	-12
2	WIROKERTIEN	Southeast	1775	2609	923	1278	355	36
3	POTORONO	Southeast	1695	2348	567	986	419	42
4	BATURETNO	East	2067	2737	1138	1314	176	18
5	BANGUNTAPAN	East	3849	7708	3033	6243	3210	321
6	BANGUNHARJO	South	4175	5457	3160	3329	169	17
7	PANGGUNG HARJO	South	4596	5809	3925	3718	-207	-21
8	TIRTONIRMOLO	Southwest	3155	5122	2437	3642	1405	140
9	NGESTIHARJO	West	4242	6556	3041	4917	1876	188
10	BANYURADEN	West	2633	5865	1842	3519	1677	168
11	NOGOTIRTO	West	2635	3152	1832	2049	217	22
12	TRIHANGGO	Northwest	2678	2692	1425	1319	-106	-11
13	SINDUADI	North	6170	9876	5213	7901	2688	269
14	CATUR TUNGGAL	North	10831	9998	10526	9298	-1228	-123
	Periurban Areas		52431	72318	40300	50831	10531	1053

Source: Result of Data Processing of Village Potentialities in 1996 and 2006

The increasing number of non-agrarian household is observed in Sinduadi village. reaching 2688 non-agrarian households from 1996 to 2006. This phenomenon stemmed primarily from the high population growth of 2.34% per year and agricultural land conversion. The growing population number made it impossible to absorb all people to work in agricultural sector. Many of them are employed in non-agricultural sector. This condition also applies in other villages but Tamanan, Catur Tunggal, Trihanggo, and Panggungharjo villages. In these three villages, the number of non-agrarian households decreased. The decreasing number of non-agrarian households is not caused by wider opportunity in agricultural sector but rather caused by the increasing number of popu-

lation moving out of the villages to find better living.

The development of services (infrastructure) is analyzed by observing the development from 1996 to 2006 focusing on the development of provision and function of service facilities. The development of provision of service facilities will show agglomeration of urban socioeconomic activities (Sati and Mansoori, 2007). The development of function of service facilities will show the extent to which each kind of facilities can serve the population of each area.

The change in service facility provision rate is described by the change in centrality index in 1996 and 2006. Centrality index is a description of the number of ser-

vice facilities provided in each area. From the table below, it is seen that the change in centrality index varies throughout villages. The positive centrality index indicates the increase in number and/or kind of service facilities while the negative centrality index indicates the decrease in number and/or kind of service facilities.

The highest centrality index of 3.06 is found in Banguntapan village (Table 7). This figure indicates that for 10 years since 1996 the number and kind of service facilities had increased by 3.06 % of total service facilities for all villages. The smallest centrality index of -8.04 is found in Catur Tunggal village. This figure indicates that since 1996 in Catur Tunggal village the number and kind of service facilities had

decreased by 8.04% of total service facilities for all villages. The changing number and kind of service facilities indicates the dynamic development of Yogyakarta periurban areas.

The dynamics of Yogyakarta periurban development is one of the impacts of urban development. The dynamics also indicate the interaction between urban and periurban areas. The dynamic interaction brings about different regional abilities to absorb urban influences and creates a gap of development among Yogyakarta periurban areas. The different strength in interaction among periurban areas also generates different rate of development of service facilities (Douglass, 1988). The strength in interaction capable of develop-

Table 7. Classification of the Change of Centrality Index of Service Facilities in 1996 and 2006 in Yogyakarta Periurban Areas

Village	Centrality Index of Service Facilities		Change	Scaling	Classification
	1996	2006			
TAMANAN	1.80	2.58	0.78	79.41	Medium
WIROKERTEN	2.68	2.96	0.28	74.91	Medium
POTORONO	2.94	3.10	0.17	73.90	Medium
BATURETNO	3.82	4.43	0.61	77.90	Medium
BANGUNTAPAN	9.58	12.65	3.06	100.00	High
BANGUNHARJO	8.15	9.65	1.50	85.94	High
PANGGUNG HARJO	9.51	10.45	0.94	80.90	Medium
TIRTONIRMOLO	4.77	3.47	-1.31	60.64	Low
NGESTIHARJO	7.75	8.89	1.14	82.71	Medium
BANYURADEN	3.67	3.76	0.08	73.17	Medium
NOGOTIRTO	3.05	2.87	-0.18	70.79	Medium
TRIHANGGO	2.02	2.36	0.34	75.47	Medium
SINDUADI	11.67	12.30	0.63	78.06	Medium
CATUR TUNGGAL	28.60	20.56	-8.04	0.00	Low

Source: Result of Data Processing of Village Potentialities in 1996 and 2006

ing service facilities (infrastructure) was possessed by areas along the corridors of Yogyakarta – Solo, Yogyakarta – Semarang, Yogyakarta – Wates, indicated by the emergence of various kinds of service facilities.

In addition to the increase in number and kind of service facilities, a significant development could also be observed in the functions of service facilities. The development of function described the serving capacity of the service facilities provided to satisfy people's needs in the related areas. The analytical result of the function of service facilities is presented in the following table.

The ratio of service function indicates the abilities of each service facilities in serving the people in a certain area. The higher ratio figure means the higher serving capacity of the service facilities. Totally, the change rate of the function ratio in the research areas is 0.85 (Table 8). It means from 1996 to 2006 the change in serving capacity of each service facility had reached 0.85 %. This figure also means that the serving capacity of each kind of service facility in research area increased by 0.85 % of the number of population in the basic year. In other words, each kind of service facility can serve the growing num-

Table 8. Classification of Change in the Ratio of Service Facility Function in 1996 and 2006 in Yogyakarta Periurban Areas

Village	Number of Population		Ratio between Number of Facilities and Number of Population		Change in Function Ratio	Scaling	Classification
	1996	2006	1996	2006			
TAMANAN	7588	8399	0.65	1.69	1.04	57.66	Medium
WIROKERTEN	8431	9746	0.87	1.67	0.81	40.11	Medium
POTORONO	8208	9418	0.97	1.82	0.84	42.64	Medium
BATURETNO	9041	10906	1.15	2.24	1.09	60.76	High
BANGUNTAPAN	23405	26893	1.12	2.59	1.48	89.45	High
BANGUNHARJO	17272	18312	1.29	2.91	1.62	100.00	High
PANGGUNG HARJO	21186	24377	1.22	2.36	1.14	64.69	High
TIRTONIRMOLO	17045	18640	0.76	1.02	0.26	0.00	Low
NGESTIHARJO	22279	25592	0.95	1.91	0.97	51.96	Medium
BANYURADEN	10227	11845	0.98	1.75	0.77	37.39	Medium
NOGOTIRTO	12240	14119	0.68	1.12	0.44	13.18	Low
TRIHANGGO	11824	12647	0.47	1.03	0.56	22.15	Low
SINDUADI	24451	30379	1.30	2.23	0.93	49.29	Medium
CATUR TUNGGAL	49503	57958	1.57	1.95	0.38	8.78	Low
TOTAL	242700	279240	1.12	1.97	0.85		

Source: Result of Data Processing of Village Potentialities in 1996 and 2003

ber of population; and the number of served people is 0.85 % of total population in the basic year.

The change in the ratio of each village shows no big difference. The biggest difference is found in Bangunharjo village (1.62); and the smallest difference is found in Tirtonirmolo village (0.26). From the classification, four villages, namely Baturetno, Banguntapan, Bangunharjo, and Panggungharjo, underwent a high level of change. This indicates that the highest change in serving capacity is found in the northern, western, and eastern areas. The high level of change is possibly influenced by two primary factors, the increase in number and kind of service facilities and the decrease in the number of population. The

bigger possibility, however, is the increase in number and kind of service facilities.

The development of services (infrastructure) in Yogyakarta periurban areas influenced various conditions especially related to the development of urban characteristics. In several periurban areas, there is a relationship between the increase in service provision and the development of urban characteristics. In Sinduadi, Ngestiharjo, Banyuraden, and Banguntapan villages, the increase in service provision brings about the increasing number of non-agrarian households. This indicates that the increase in service provision especially economic services in the fourth villages can widen job opportunities especially in trade and service sectors. The similar condition can also be ob-

Table 9. Classification of the Increase in Service Provision and Urban Characteristics in Yogyakarta Periurban Areas

No.	Village	Periurban Location	Increase in Service Provision	Increase in the Number of Non-Agrarian Households	Increase in the Number of Population	Increase in the Size of Built Land
1	TAMANAN	South	Medium	Low	Low	Low
2	WIROKERTEN	Southeast	Medium	Medium	Medium	Low
3	POTORONO	Southeast	Medium	Medium	Medium	Low
4	BATURETNO	East	Medium	Medium	High	Medium
5	BANGUNTAPAN	East	High	High	Medium	High
6	BANGUNHARJO	South	High	Medium	Low	Low
7	PANGGUNGHARJO	South	Medium	Low	Medium	Medium
8	TIRTONIRMOLO	Southwest	Low	High	Low	Medium
9	NGESTIHARJO	West	Medium	High	High	High
10	BANYURADEN	West	Medium	High	Medium	Low
11	NOGOTIRTO	West	Medium	Medium	High	Low
12	TRIHANGGO	Northwest	Medium	Low	Low	Medium
13	SINDUADI	North	Medium	High	High	Medium
14	CATUR TUNGGAL	North	Low	Medium	High	High

Source: Result of Data Processing of Village Potentialities in 1996 and 2006

served in Tirtonirmolo village although the increase in service provision is not as high as that in Banguntapan villages (Table 9).

The increase in service provision can also increase the number of population. Such a condition can be found in Baturetno, Nogotirto, Ngestiharjo, and Sinduadi villages. The development of socioeconomic services in fourth villages can serve as magnetic force to attract people outside the areas to live there. The similar situation can also be found in Nogotirto and Baturetno villages. Besides demographical aspects, the increase in service provision also had an influence on physical aspect of land. Related to urban characteristics, the physical aspect of land refers to the size of built land. In fact, the development of service facilities can increase the size of built land. This condition can be observed in Banguntapan and Ngestiharjo villages.

From the above explanation, it can be concluded that the increase in service provision can develop urban characteristics in several periurban areas although it has no significant influence on several other periurban areas especially in the southern part.

CONCLUSION AND IMPLICATIONS FOR POLICY

Conclusion

1. Spatially, urbanization in Yogyakarta periurban areas tends to move toward the western part (Ngestiharjo village), northern part (Catur Tunggal village), and eastern part (Banguntapan village). Besides centrifugal forces, the development of built land and urban characteristics in the western, northern and eastern parts are also influenced by the main roads (corridors) from Yogyakarta

to Kaliurang, from Yogyakarta to Wates and from Yogyakarta to Solo. The existence of the corridors prompts the functions of trade and services which, in turn, trigger the development of the surrounding housing complex. On the contrary, in the southern and south-east part of Yogyakarta the activities of service have not yet well-developed and neither have the new housing complex.

2. The development of population number and of the development of population density are variables determining urban development in Yogyakarta periurban areas.
3. The dynamics of land use changes in Yogyakarta periurban areas is designated by the decreasing agricultural land and the increasing built land. The annual rate of land conversion from agricultural to non-agricultural in Yogyakarta periurban areas reached 6.46 %. It resulted from the high pressure on agricultural land especially for residential needs.
4. The reduced agricultural land decreased the carrying capacity of agricultural environment. Agricultural production could no longer satisfy periurban people's needs for food. This condition is represented by the score of carrying capacity of agriculture environment by < 1 in all villages.
5. The different strength in interaction brought about the different development of service facilities among periurban areas. The strength in interaction capable of increasing the development of service facilities (infrastructure) was seen in the interaction between Yogyakarta

and Solo, Yogyakarta and Semarang, and Yogyakarta and Wates. Those three interactions generated various service facilities along the corridors.

6. The dynamics in Yogyakarta periurban areas are also designated by the increase in functions or serving capacity of services. The serving capacity of service facilities in research areas on average increased by 0.85 % of total population in the basic year.
7. The development of services (infrastructure) in Yogyakarta periurban areas influenced various conditions especially related to the development of urban characteristics. In several periurban areas, there is a relationship between the increase in service provision and the development of urban characteristics.

Implications for Policy

1. It is necessary to plan specific space for periurban areas especially in determining the borders of agricultural land and areas for urban development.
2. The urban planning must be shifted from 'urban oriented' to 'rural-urban oriented'. The 'rural-urban oriented' urban planning will incorporate the interests to develop urban functions and to preserve agricultural land. The sprawl of urban appearance will take the form of 'dispersed plan' instead of the round compact form.

3. Agricultural land in Yogyakarta periurban areas should be developed to the southeastern and southern parts.
4. The location of the construction of facilities and infrastructures should consider the subsequent impacts such as the growing number of buildings for housing and business. This is to anticipate the uncontrolled sprawl of built land that will, in turn, increase the pressure on agricultural land.
5. The development of housing complex gives no support to the development of area functions. Therefore, the residential complex must be developed to certain areas in order to optimize the development of space structure pattern.
6. Urban functions must be evenly distributed to reduce the burden of periurban areas in the northern, eastern, and western parts and to increase the development of southern periurban areas.

Acknowledgements

Greatest gratitude we say to Directorate General of Higher Education Republic of Indonesia that had funded the research of Hibah Pekerti within 2 years for 2006 -2007 periods through UGM Research Institution that has facilitated the implementation of this research. Special thank is due to Prof. Dr. Frauke Kraas. Dr. Hamhaber. and Knie for their guides and the constructive review.

REFERENCES

- Beny Haryadi. 2005. "Deteksi Kekritisn Lahan dengan Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografi (Studi Kasus Lahan Kritis Sub DAS Alang, Wonogiri)". *Forum Geografi*, Vol. 19, No. 1, Juli 2005. Hlm. 1-15.
- Colby, C.C. 1959. Centrifugal and Centripetal Forces in Urban Geography. In Mayer and Kohn (eds.) : *Readings in Urban Geography*. University of Chicago. Chicago.
- Douglass, M. 1988. *Landuse and Environment Sustainability of The Extended Metropolis: Jabotabek and Jabopunjur Corridor*. Paper Presented at The Conference on Extended Metropolis In Asia. 19-23 September 1988: EWEAPI.
- Garland, A., Massoumi, M., Ruble, B.A.R, and Tulchin, J.S. 2007. Poverty and the Periphery: Cities in Latin America and the Former Soviet Union. *Georgetown Journal. Summer/Fall 2007*.
- Lee, Linda. 1979. Factors Affecting Land Use Change at the Rural Urban Fringe. In *Growth and Change : A Journal of Regional Development. Vol X*. October 1979.
- McGee, T.G. 1987. *Urbanization or Kotadesasi? The Emergence of New Regions of Economic Interaction in Asia*. EWC-EAPI. WP-87-8. Honolulu.
- McGee, T.G. 1997. The Emergence of Desa-kota Regions in Asia : Expanding a Hypothesis in Norton Ginsburg. Bruse Kopel. T.G. McGee (eds.). *The Extended Metropolis and Settlement Transition in Asia*. The University of Hawaii Press. Honolulu.
- Moh. Gamal Rindarjono. 2007. "Residential Mobility di Pinggiran Kota Semarang Jawa Tengah (Studi Kasus Kaum Miskin Kota di Kota Semarang)". *Forum Geografi*, Vol. 21, No. 2, Desember 2007. Hlm. 135-146.
- Montgomery, M.R. 2008. The Urban Transformation of the Developing World. *Science Journal. Vol. 319 No. 5864*.
- Sati, V.P. and Manssori, I.K. 2007. Trends of Urbanization in Gwalior Metro – City (India) and Its Environs. *Journal of Environmental of Research and Development. Volume 2 No.1. July – September 2007*.
- Soemarwoto, Otto. 1982. *Interrelation Among Population, Resources, Environment and Development in ESCAP Region, with Special Reference to Indonesia*. Institute of Ecology. Padjajaran University. Bandung.
- Yunus, Hadi Sabari. 2000. *Struktur Tata Ruang Kota*. Pustaka Pelajar. Yogyakarta.
- Yunus, Hadi Sabari. 2001. Perubahan Pemanfaatan Lahan di Daerah Pinggiran Kota : Kasus di Pinggiran Kota Yogyakarta. *Disertasi*. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.

ANALISIS PREFERENSI VISUAL LANSKAP PESISIR DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA UNTUK PENGEMBANGAN PARIWISATA PESISIR MENUJU PADA PENGELOLAAN WILAYAH PESISIR BERKELANJUTAN

Nurul Khakhim

Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada
Bulaksumur, Tlp (0274) 589595, Fax. (0274) 589595,
E-mail : nrl_khakhim@yahoo.com

Dedi Soedharma

Ani Mardiasuti

Vincentius P. Siregar

Mennofatria Boer

Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor
Jl. Rasamala, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680
Telp : 0251-622907, 622911, Fax : 0251-622907
E-mail: fikanipb@indo.net.id

ABSTRACT

The aim of this research is to analyze of DIY coastal landscape with visual preference analysis for sustainable coastal tourism development and management. The unit of analysis that used is coastal typology. The guideline in deciding the classification of coastal typology is using the Response-Process System with relief/ slope, main constructing material, genesis process and dominate process happened in the mean time such as tide, wave and river flow. This response-process system divide the coastal typology into seven classes including coastal typology of land erosion coast, sub aerial deposition coast, volcanic coast, structurally shaped coast, wave erosion coast, marine deposition coast and coast built by organism. The method of SBE (Scenic Beauty Estimation) is used for visual preference analysis, and the method used to compose the policy of coastal tourism development is SWOT method. Result shows that all seven coastal typology are found in the coastal area. Land erosion coast and coast built by organism dominate in Gunungkidul coastal area and then in Bantul and Kulon Progo coastal area are dominated by marine deposition coast and sub aerial deposition coast. volcanic coast, structurally shaped coast, wave erosion coast can only be found in a small area of Gunungkidul coast. Each of this coastal typology has a special land characteristic which can be used to develop its potential. Coast built by organism is very suitable for tourism activity proved by the high score of SBE from the respondents. Recommendation for developing coastal area in area of interest is by developing the coastal natural resources suitable to its physical typology, because this will make the management of coastal area for continuous development easier. Recommendations for coastal management in Gunungkidul including mapping and classification of protected karst area and mineable karst area to secure the run of coastal area management, for coastal management in Bantul using Managed realignment which plans for retreat and adopts engineering solutions that recognise natural processes of adjustment, and identifying a new line of defence where to construct new defences and move seaward model by constructing new defenses seaward the original ones. Last, for Kulon Progo coastal area using hold the line model whereby seawalls are constructed around the coastlines.

Keyword : *coastal typology, SBE (Scenic Beauty Estimation)*

PENDAHULUAN

Wilayah pesisir adalah daerah pertemuan antara darat dan laut, dengan batas ke arah darat meliputi bagian daratan,

baik kering maupun terendam air yang masih mendapat pengaruh sifat-sifat laut seperti angin laut, pasang surut, perembesan air laut (intrusi) yang dicirikan oleh vegetasinya yang khas, sedangkan batas

wilayah pesisir ke arah laut mencakup bagian atau batas terluar daripada daerah paparan benua (*continental shelf*), dimana ciri-ciri perairan ini masih dipengaruhi oleh proses alami yang terjadi di darat seperti sedimentasi dan aliran air tawar, maupun proses yang disebabkan oleh kegiatan manusia di darat seperti penggundulan hutan dan pencemaran (Dahuri, 2004)

Proses fisik yang terjadi di laut dan di daratan yang terus-menerus berlangsung tentunya membentuk jenis pesisir tertentu (tipologi pesisir) tergantung pada proses genetik dan material penyusunnya, sehingga tiap tipologi pesisir tertentu akan memberikan ciri-ciri pada bentanglahan (*landscape*) dan berbagai macam sumberdaya yang ada di wilayah pesisir tersebut. Dengan demikian, pengelompokan (zonasi) tipologi pesisir dari aspek fisik lahan akan mempermudah dalam melakukan perencanaan dan pengelolaan pesisir secara tepat sesuai dengan kondisinya.

Pengembangan kawasan pesisir harus mengikuti pola keberlanjutan dan keterpaduan agar pemanfaatan kawasan pesisir tersebut tidak merugikan satu sama lainnya. Keberlanjutan mengandung arti integritas lingkungan, perbaikan kualitas hidup, serta keadilan antar generasi, sedangkan keterpaduan mengandung arti keterpaduan perencanaan antara nasional, provinsi, regional, dan lokal maupun keterpaduan perencanaan antar sektor pada tiap-tiap tingkat pemerintahan, seperti keterpaduan antar sektor pariwisata dan sektor perikanan di tingkat regional, dan lain-lainnya.

Dalam Agenda 21 Daerah Istimewa Yogyakarta (2004), disebutkan bahwa karakter Yogyakarta adalah pariwisata,

pendidikan dan budaya, sehingga kawasan pesisir merupakan kawasan yang sangat potensial untuk dikembangkan. Kenyataan menunjukkan bahwa ada beberapa kawasan pesisir yang memang sudah dikembangkan sebagai kawasan wisata seperti di Pantai Parangtritis, Pantai Kukup, Pantai Baron, dan Pantai Glagah, namun masih sangat banyak kawasan pesisir di wilayah DIY yang sebetulnya sangat berpotensi untuk dikembangkan sebagai kawasan wisata sampai saat ini belum dikembangkan sama sekali karena memang belum ada kebijakan, penilaian dan upaya-upaya yang maksimal untuk mengembangkannya.

Adapun tujuan penelitian ini adalah:

1. Menganalisis tipologi pesisir di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta
2. Menganalisis preferensi visual lanskap pesisir berdasarkan pada tipologi pesisir di wilayah pesisir Daerah Istimewa Yogyakarta
3. Mengkaji pengembangan pariwisata pesisir berkelanjutan

Menyangkut tentang klasifikasi/ tipologi pesisir, sejak tahun 1888, E.Suess (*dalam* Haslett 2000) mengusulkan klasifikasi berdasarkan struktur geologis (batuan) dan orientasinya dianggap sebagai kecenderungan terhadap garis pantai, sedangkan Haslett (2000) mengklasifikasikan sistem pesisir berdasarkan pada 4 sistem yaitu :

1. Sistem Morfologis : Pendekatan pada hubungan dari ekspresi morfologisnya.
2. Sistem Cascade : secara eksplisit merujuk kepada aliran energi dan zat; gerakan sedimen melalui sistem pesisir,
3. Sistem Proses-Respons: kombinasi sistem morfologi dan sistem *cascade*.
4. Ekosistem: interaksi antara flora dan fauna dalam lingkungan fisik pesisir.

European Union for Coastal Conservation/EUCC (1998) menentukan tipologi pesisir (*coastal typology*) mendasarkan pada hubungan antara karakteristik geologi yang penting dan faktor oseanografi. Tipologi pesisir ini selanjutnya digunakan untuk menentukan sistem pesisir (*coastal system*) di Eropa (*The Coastal System of Europe*). Parameter utama dan kriteria yang digunakan untuk menentukan tipologi pesisir ini adalah :

1. Material utama di zona litoral (*Predominant Substrate in the litoral zone*)
 - Batuan keras (*hard rocks*) yaitu batuan yang tahan terhadap erosi dan hampir tidak memasok material sedimen ke zona litoral, kecuali sedimen sungai.
 - Batuan lunak (*soft rocks*) yaitu batuan yang mempunyai resistensi lebih rendah terhadap erosi.
 - Sedimen terkini (*recent sediment*) yaitu tanah lepas terdiri dari partikel kecil dengan resistensi rendah terhadap erosi.
2. Kemiringan lereng di wilayah pesisir (*slope of the coastal zone*).
 - Pantai terjal yaitu pantai dengan karang yang terjal dan tinggi
 - Dataran pesisir, yaitu pantai dengan bentuk dataran
3. Rezim pasang surut (*tidal rezim*). Parameter ini memberikan pengaruh pada formasi dan evolusi dari lanskap pesisir.
 - Pesisir yang didominasi oleh pengaruh pasang surut : julat pasang surut > 2 m.
 - Pesisir yang didominasi oleh gelombang : julat pasang surut < 2 m.
 - Pesisir yang didominasi oleh aliran sungai.

Pethic (1984) mengelompokkan pesisir menjadi 2 kategori, yaitu pesisir primer (*primary coast*) dan pesisir sekunder (*secondary coast*). Morfologi dalam pesisir primer lebih dikontrol oleh proses-proses darat atau terrestrial (*non marine processes*) seperti : erosi, deposisi, vulkanik, dan diatropisme, sedangkan pesisir sekunder merupakan pesisir yang terutama dibentuk oleh aktivitas laut (*marine agents*) seperti gelombang, pasang surut, dan arus laut atau aktifitas organisme laut (*marine organisms*): seperti terumbu karang.

Pesisir primer dikelompokkan lagi menjadi 5 tipe pesisir yaitu pesisir akibat proses erosi darat (*land erosion coasts*), pesisir akibat proses deposisional sub arial (*sub-aerial deposition coasts*), pesisir akibat aktivitas vulkanik (*volcanic coasts*), pesisir akibat pergerakan diastropik atau proses struktural (*shaped by diastrophic movements*), dan pesisir es (*ice coast*)— khusus untuk pesisir es hanya terdapat di Antartika (kutub selatan); sedangkan pesisir sekunder dikelompokkan ke dalam 3 tipe pesisir, yaitu pesisir yang terbentuk oleh erosi gelombang (*wave erosion coasts*), pesisir yang terbentuk oleh proses pengendapan marin (*marine deposition coasts*), dan pesisir yang dibentuk oleh aktivitas organisme (*coast built by organisms*).

Kay and Alder (1999) mengemukakan pengertian lanskap (*landscape*) dalam 3 arti yang berbeda, yaitu lanskap dalam arti pemandangan (*landscape painting*), lanskap dalam arti bentanglahan dengan kenampakan bio-fisik (*landscape ecology*), dan lanskap dalam arti hasil interpretasi dan pengalaman lapang dari seseorang.

Keindahan suatu lanskap dapat dinikmati dengan mengamati peman-

dangannya melalui indera penglihatan. Menurut Steinitz (1990) mengamati suatu lanskap dapat memberikan persepsi dan perasaan psikologis yang berbeda-beda serta menghadirkan nilai simbolik. Menurut Falero dan Alonzo (1995) perhatian terhadap aspek visual lanskap yang berkaitan dengan persepsi manusia merupakan salah satu pendekatan dalam perencanaan lanskap, pendekatan lainnya adalah melalui studi lingkungan dan studi lanskap secara keseluruhan. Fungsi visual dapat memberikan arti mengenai bagaimana suatu lanskap dapat memberikan reaksi bagi yang mengamatinya. Fungsi ini dipengaruhi oleh banyaknya variasi visual yang ada dalam suatu lanskap.

METODE PENELITIAN

Penentuan Tipologi Pesisir

Dasar klasifikasi tipologi pesisir adalah menurut klasifikasi yang dikemukakan oleh Haslett (2000) yaitu sistem Proses – Respon, yang merupakan kombinasi antara sistem morfologi dan sistem *cascade*. Sistem morfologi merujuk pada metode pengelompokan yang dilakukan oleh Pethic (1984) yang mendasarkan pada relief, material penyusun utama, proses genesis, sedangkan sistem *cascade* yang merujuk pada aliran energi mengacu pada penentuan tipologi pesisir yang dilakukan oleh *European Union for Coastal Conservation/EUCC* (1998) terutama pada rezim pasang surut yaitu dominasi proses yang terjadi antara pasang surut, gelombang dan sungai.

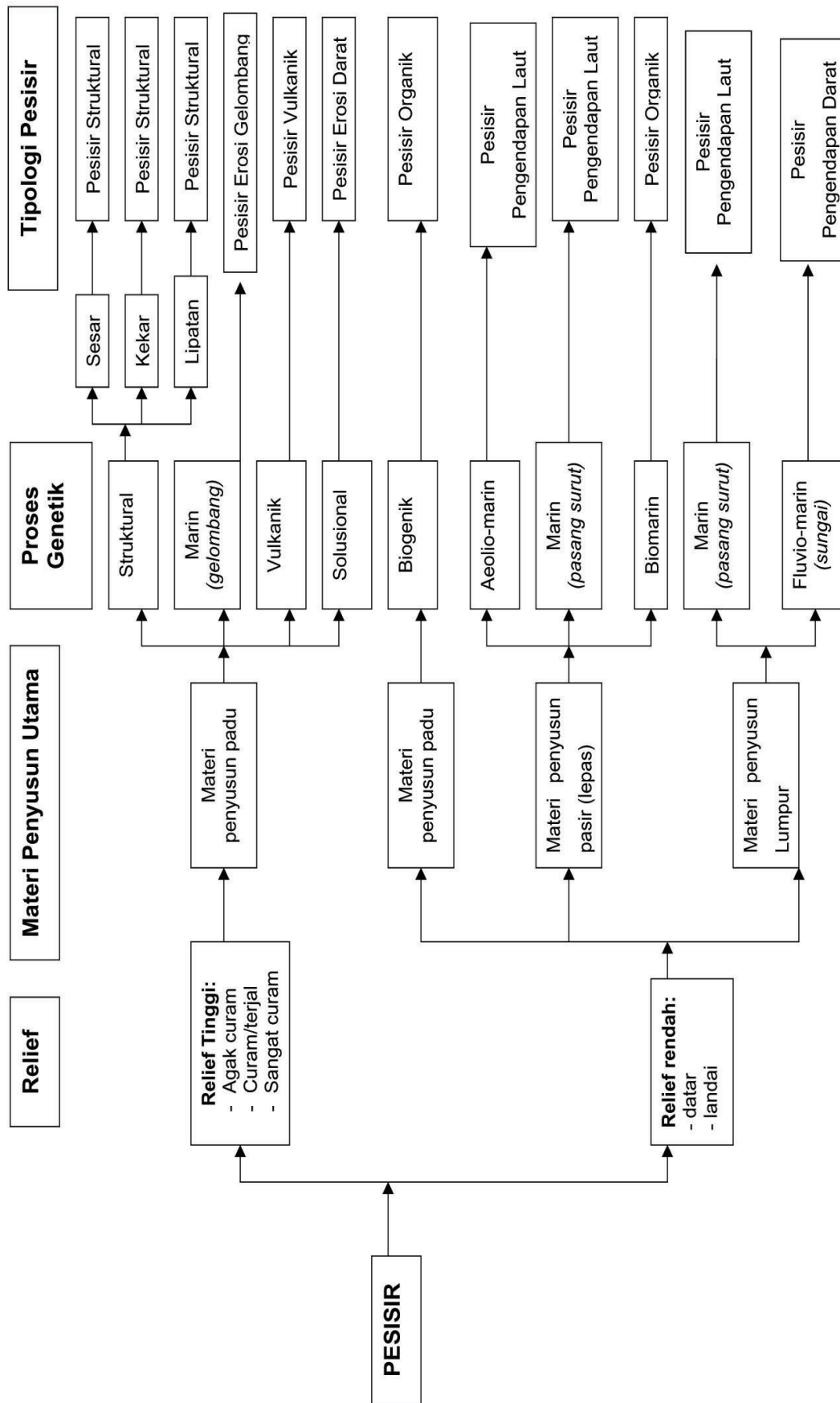
Penentuan tipologi pesisir dilakukan dengan menelusuri tiga komponen (unsur) pembentuknya yaitu materi penyusun utama, relief dan proses genesisnya (termasuk disini adalah proses yang dominan). Dalam teknik identifikasi ini, terlebih dahulu diidentifikasi reliefnya

(berelief kasar atau halus), kemudian materi penyusun utamanya (material padu, material lepas/klastik, material lembek/lumpur, atau materinya organisme), setelah itu proses genesanya (struktural, vulkanik, solusional, marin, fluviomarin, aeoliomarin, biomarin). Proses marin sendiri lebih diperinci pada aktivitas gelombang atau pasang surut yang lebih dominan pengaruhnya, yaitu dengan melihat julat pasang-surutnya (apabila julat pasang-surutnya > 2 m maka aktivitas pasang-surut yang lebih dominan, sedangkan apabila julat pasang-surutnya < 2 m maka aktivitas gelombang yang lebih dominan). Dengan menganalisis ketiga faktor tersebut maka dapat memudahkan dalam menentukan tipe pesisir di daerah penelitian. Sunarto (2003) memberikan cara mengidentifikasi secara geomorfologis tipe pesisir seperti tersaji dalam **Gambar 1.**

Analisis Preferensi Visual

Metode analisis preferensi visual yang dapat digunakan adalah metode *Scenic Beauty Estimation* (SBE) yang dikemukakan oleh Daniel dan Boster (1976). Beberapa pertimbangan mengapa digunakan metode SBE ini adalah:

- Banyak penelitian visual yang menggunakan metode SBE ini dalam perhitungan nilai visualnya, hal ini disebabkan karena prosedur SBE dikenal efektif dan dapat dipercaya (Yu, 1995).
- Awal mula dikembangkannya metode SBE ini adalah untuk menilai secara visual suatu lanskap untuk pengembangan wisata kehutanan. Mendasarkan metode SBE digunakan untuk menilai secara visual lanskap, dimana wilayah pesisir juga mempunyai lanskap yang sangat potensial untuk dikembangkan dan dikelola



Gambar 1. Diagram Alir Identifikasi Geomorfologis Pesisir (Sunarto, 2003) dengan modifikasi

sebagai kawasan wisata pesisir (*coastal tourism*), maka digunakanlah metode SBE ini, dengan menyesuaikan pada kondisi dan jenis lanskap yang ada di wilayah pesisir.

- Penggunaan metode SBE untuk penilaian lanskap pesisir, sepanjang pustaka yang telah dibaca, termasuk juga pada penelusuran data melalui internet, belum pernah dilakukan, sehingga mendorong peneliti untuk menggunakan metode SBE ini dalam melakukan analisis dan pemodelan spasial sumberdaya wilayah pesisir DIY untuk pengembangan pariwisata.

Tahapan yang dilakukan dalam menentukan nilai SBE adalah :

- a. Penentuan titik pengamatan dan pengambilan foto
Titik pengamatan dalam pengambilan foto ditentukan dengan memperhatikan karakteristik lanskap wilayah pesisir pada setiap tipologi pesisir sebagai unit analisis. Titik pengamatan ini merupakan daerah terbuka/tempat yang tinggi.
- b. Seleksi foto
Foto-foto yang akan dipresentasikan kepada responden merupakan hasil seleksi dari keseluruhan foto yang diambil dan dianggap paling mewakili keanekaragaman pemandangan yang dapat dilihat di sepanjang wilayah pesisir DIY
- c. Penilaian oleh responden
Responden yang dipilih dalam penelitian ini adalah pengunjung wisata yang ditemui di lokasi pantai. Setiap foto ditampilkan selama 10 detik dan langsung dinilai oleh responden. Responden menilai setiap foto yang ditampilkan dengan memberikan nilai 1 sampai 10, dimana nilai 1 menunjukkan nilai yang paling tidak disukai dan nilai 10 merupakan nilai yang paling disukai.

- d. Perhitungan nilai SBE

Tahapan perhitungan nilai visual dengan metode SBE diawali dengan tabulasi data, perhitungan frekuensi setiap skor (f), perhitungan frekuensi kumulatif (cf) dan *cumulative probabilities* (cp). Selanjutnya ditentukan nilai z untuk setiap nilai cp. Khusus untuk nilai cp = 1.00 atau cp = (z = ± ¥) digunakan rumus perhitungan cp = 1 - 1/(2n) atau cp = 1/(2n) (Bock dan Jones, 1968 dalam Daniel dan Boster, 1976). Rata-rata nilai z yang diperoleh untuk setiap fotonya kemudian dimasukkan dalam rumus SBE:

$$SBE_x = (Z_x - Z_o) \times 100$$

Dimana,

SBE_x = nilai penduga nilai keindahan pemandangan lanskap ke-x

Z_x = nilai rata-rata z untuk lanskap ke-x

Z_o = nilai rata-rata suatu lanskap tertentu sebagai standar

Analisis Pengembangan Pariwisata dan Pengelolaan Wilayah Pesisir yang Berkelanjutan

Untuk menentukan model pengembangan ini, digunakan analisis matrik yang diilhami dari analisis SWOT. Pemilihan metode ini didasarkan kepada relevansi dari pendekatan yang dilakukan melalui metode tersebut, yang akan menghasilkan Analisis dan Pilihan Strategis (*Strategic Analysis and Choices*) yang merupakan asumsi-asumsi hasil analisis dan kemudian dapat digunakan untuk menentukan faktor penentu keberhasilan dan faktor ancaman kegagalan. Analisis ini didasarkan pada logika yang dapat memaksimalkan kekuatan (*strengths*) dan peluang (*opportunities*) suatu

kegiatan, dan secara bersamaan dapat meminimalkan kelemahan (*weaknesses*) dan ancaman (*threats*).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tipologi Pesisir

Tipologi fisik pesisir yang terdapat di daerah penelitian ternyata bahwa di wilayah pesisir Kabupaten Gunungkidul ditemukan hampir semua tipe pesisir, dimulai dari yang paling dominan yaitu tipe pesisir erosi darat sampai pada tipe pesisir organik. Di beberapa tempat terutama di pantai yang berbentuk teluk termasuk dalam tipe pesisir pengendapan laut dan tipe pesisir organik. Kedua tipe pesisir ini dicirikan oleh relief dengan kemiringan datar sampai landai, materi penyusun utamanya berupa material lepas (pasir), dan proses genesanya marin (aktivitas laut). Perbedaan keduanya terletak pada spesifikasi materi penyusun utamanya. Tipe pesisir pengendapan laut materi utamanya adalah pasir sedimen laut, sedangkan tipe pesisir organik materi utamanya adalah pecahan karang (organisme laut). Tipe pesisir vulkanik, struktural, dan erosi gelombang dijumpai di beberapa tempat yang spesifik, ditandai dengan ditemukannya kenampakan yang menonjol dari proses genesis tersebut di lapangan. Tipe pesisir vulkanik terdapat di sebelah timur Pantai Siung sampai Pantai Wediombo. Diantara ke dua pantai tersebut, terdapat Gunung Batur yang merupakan bagian dari satuan panggunng masif berbatuan sedimen vulkanik klastik berumur tersier. Kenampakan yang cukup menonjol adalah terlihatnya batuan sedimen vulkan di Pantai Wediombo. Tipe pesisir struktural dijumpai di Pantai Ngobaran dengan kenampakan struktural berupa patahan yang terjal, se-

dangkan tipe pesisir erosi gelombang terdapat di Pantai Ngungap, yang juga ditandai dengan kenampakan yang khas berupa proses erosi gelombang.

Tipologi pesisir yang terdapat di wilayah Kabupaten Bantul dan Kulon Progo yang dominan adalah tipe pesisir pengendapan laut dan beberapa tempat seperti di kanan kiri sungai merupakan tipe pesisir pengendapan darat. Tipe pesisir pengendapan laut bercirikan relief yang dataran hingga berombak, mempunyai materi pasir, dan prosesnya terdiri dari proses marin (gelombang) untuk wilayah yang dekat dengan laut dan proses aeolian (angin) pada daerah yang lebih ke arah darat. Kenampakan yang mudah untuk dikenali di lapangan adalah kenampakan gisik pantai (untuk proses marin) dan gumuk pasir (untuk proses aeolian). Tipe pesisir pengendapan darat dicirikan oleh relief dataran hingga berombak, dengan materi berupa lumpur (lembek), dan proses genesisnya berupa proses fluvial (aliran sungai). Sebaran tipologi pesisir yang ada di daerah penelitian disajikan dalam Tabel 1 dan Pada Peta Tipologi Pesisir DIY.

Preferensi Visual Lanskap Wilayah Pesisir

Hasil dari penilaian kualitas visual oleh responden merupakan skor untuk masing-masing foto. Rata-rata nilai yang diperoleh dari hasil penilaian responden kemudian dimasukkan dalam rumus SBE (Tabel 2). Skor tertinggi (nilai SBE tinggi) menunjukkan bahwa lanskap tersebut paling banyak dipilih sebagai lanskap yang indah, sedangkan skor rendah (nilai SBE rendah) menggambarkan lanskap yang jelek (tidak disukai).

Tabel 2. Perhitungan Nilai SBE

Lanskap/Foto 49					Lanskap/Foto 3					Lanskap/foto 69				
Skor	f	cf	cp	Z	Skor	f	cf	cp	z	Skor	f	cf	Cp	z
1	13	50	1	-	1	0	50	1	-	1	0	50	1	-
2	3	37	0,74	0,65	2	0	50	1	2,33	2	0	50	1	2,33
3	6	34	0,68	0,47	3	0	50	1	2,33	3	0	50	1	2,33
4	7	28	0,56	0,16	4	7	50	1	2,33	4	1	50	1	2,33
5	6	21	0,42	- 0,20	5	6	43	0,86	1,09	5	0	49	0,98	2,06
6	7	15	0,3	- 0,52	6	20	37	0,74	0,65	6	0	49	0,98	2,06
7	5	8	0,16	- 0,99	7	8	17	0,34	-0,41	7	2	49	0,98	2,06
8	2	3	0,06	-1,55	8	5	9	0,18	-0,91	8	13	47	0,94	1,56
9	1	1	0,02	- 2,05	9	4	4	0,08	-1,39	9	12	34	0,68	0,47
10	0	0	0	- 2,33	10	0	0	0	-2,33	10	22	22	0,44	- 0,15
$\Sigma Z = - 6,36$					$\Sigma Z = 5,2$					$\Sigma Z = 15,05$				
$Z = - 0,71$					$Z = 0,58$					$Z = 1,67$				
$SBE = (-0,71 - (-0,71)) \times 100 = 0,00$					$SBE = (0,58 - (-0,71)) \times 100 = 129$					$SBE = (1,67 - (- 0,71)) \times 100 = 238,22$				

Perhitungan nilai SBE untuk foto lanskap menunjukkan bahwa nilai tertinggi SBE yang diperoleh adalah 238,22 dan nilai terendah adalah 0,00. Dari sebaran nilai SBE untuk semua foto yang dinilai, apabila

Nilai SBE	Kategori
0,00 - 79,41	Rendah
79,42 - 158,83	Sedang
158,84 - 238,22	Tinggi

$$I = \frac{\text{Nilai tertinggi} - \text{nilai terendah}}{\text{Jumlah kelas}}$$

Sehingga kelas interval untuk foto yang diambil dari darat adalah

$$I = \frac{238,22 - 0,00}{3} = 79,41$$

Dari hasil pengklasifikasian menggunakan jenjang sederhana tersebut, maka masing-masing foto lanskap dengan nilai SBE-nya yang menunjukkan tipologi fisik pesisir dan lokasinya dapat dibuat tabel seperti yang tersaji pada **Tabel 3**. Jika dibuat grafik (**Gambar 4**) yang menunjukkan hubungan antara nilai SBE dengan tipologi fisik pesisirnya, ternyata bahwa tipologi fisik pesisir organik mempunyai nilai SBE rata-rata lebih tinggi jika tinggi dibandingkan dengan tipologi fisik pesisir yang lain. Aspek yang menonjol dari tipologi fisik pesisir organik yang menjadikan nilai SBE-nya tinggi adalah pada kenampakan visual pasir putih yang sangat sesuai untuk kegiatan wisata. Dilihat dari penyebaran lokasi foto lanskap, ternyata bahwa lanskap pesisir organik di wilayah pesisir Kab. Gunungkidul sangat mendominasi nilai SBE yang tinggi dibandingkan dengan Kab. Bantul dan Kulon Progo.

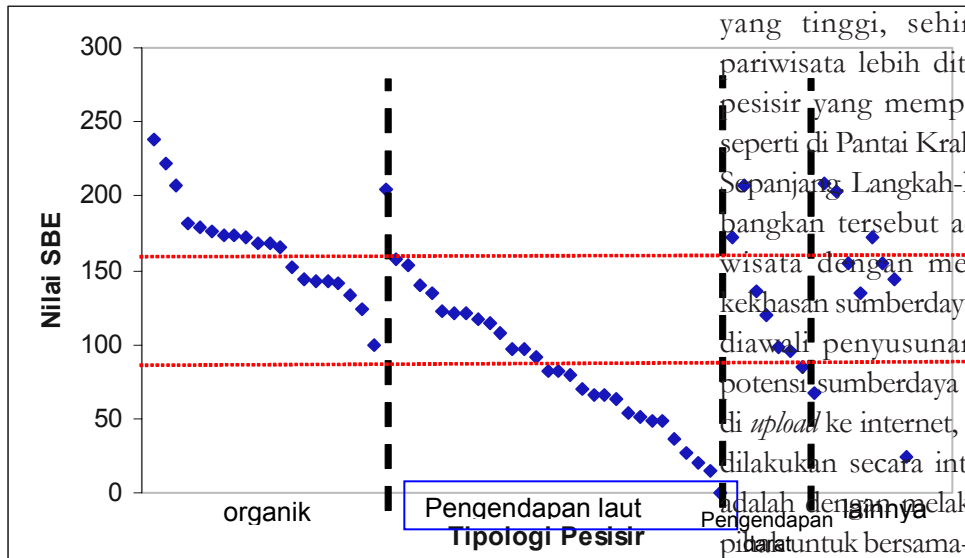
Tabel 1. Tipologi Pesisir Daerah Penelitian

No	Nama Pantai	Wilayah Administrasi (kabupaten)	Relief	Materi Penyusun Utama	Proses Genesa	Tipologi Fisik Pesisir	Kenampakan Khusus di Lapangan	Penggunaan Lahan	Keterangan
1.	Sadeng	Gunungkidul	datar	lumpur dan pasir	fluvial dan marin (fluvio-marin)	Pesisir pengendapan darat	Lembah sungai purba (Bengawan Solo Purba)	Tegalan, sawah (musim penghujan), pelabuhan	
2	Ngungap	Gunungkidul	Sangat terjal	Batuan keras (padu)	Marin (gelombang)	Pesisir erosi gelombang	Tebing cliff terjal dan terdapat bekas erosi gelombang (<i>marine notch</i>)	Wisata pantai	Proses marin dimasukkan dalam gelombang (pasang-surut < 2m)
3	Wedombo	Gunungkidul	Datar - landai	Pasir dan batuan vulkan	Volkamik dan marin	Pesisir volkanik	Bongkahan batuan volkanik di pantai dan pasir laut	Wisata pantai (jalan-jalan pantai, berjemur)	Proses genesisnya merupakan aktivitas vulkan G. Batur.
4.	Stung	Gunungkidul	Datar-landai (teluk) dan agak curam (bagian timur)	Batuan volkanik dan pasir marin	Volkamik dan marin	Pesisir volkanik	Batuan volkanik di sebelah timur pantai	Wisata pantai (panjat tebing)	
5	Turen	Gunungkidul	Sangat curam	Batuan keras (padu)	Solusional (karst)	Pesisir erosi darat	Fenomena karst	Tegalan	
6	Krakal dan Sundak	Gunungkidul	Landai	Pasir putih	Organisme laut dan marin (bio-marin)	Pesisir organik	Hamparan pasir putih	Wisata pantai (jalan-jalan pantai, berjemur)	
7	Kukup	Gunungkidul	Datar	Pasir putih	Organisme laut dan marin (bio-marin)	Pesisir organik	Hamparan pasir putih dan hamparan padang lamun	Wisata pantai, ikan hias	
8	Baron	Gunungkidul	Datar	Pasir	Marin (gelombang)	Pesisir pengendapan laut	Hamparan pasir sedimen laut	Wisata, TPI, pendataran kapal nelayan	Tempat keluarnya aliran sungai bawah tanah
9	Ngobaran	Gunungkidul	Curam – sangat curam	Batuan keras (padu)	struktural	Pesisir struktural	jalur patahan	Wisata pantai	
10	Gumuk pasir aktif Parangtritis	Bantul	Datar - landai	Pasir (lepas)	Acolian (angin dan marin (gelombang)	Pesisir pengendapan laut	Fenomena gumuk pasir barchan, longitudinal, transversal	Wisata dan laboratorium alam	
11	Parangtritis	Bantul	Datar – landai	Pasir (lepas)	- Marin (gelombang)	Pesisir pengendapan laut	Gisik pantai (aktivitas marin) dan gumuk pasir	Wisata, peremukman, tegalan	
12	Dataran Banjir S. Opak	Bantul	Datar	Lumpur	Fluvial (sungai) dan marin (intrusi)	Pesisir pengendapan darat	Hamparan sawah yang ditanami padi	Sawah	
13	Pandansimo	Bantul	Datar – landai	Pasir (lepas)	Marin (gelombang), Acolian (angin)	Pesisir pengendapan laut	Kenampakan gisik pantai (marin), kenampakan gumuk pasir	Wisata, TPI, pendataran kapal nelayan, tegalan	Muara Sungai Progo bagian timur
14	Gumuk pasir pasif Trisik	Kulon Progo	landai	Pasir (lepas)	Acolian (angin) dan marin (gelombang)	Pesisir pengendapan laut	Kenampakan gumuk pasir pasif	Tegalan (ditanami semangka) dan tanah terbuka	
15	Karangwuni 2	Kulon Progo	datar	Lumpur	Fluvial (sungai) dan marin (intrusi)	Pesisir pengendapan darat	Kenampakan dataran aluvial sungai	Peremukman	
16	Glajah	Kulon Progo	Datar - landai	Pasir (lepas)	Marin (gelombang), Acolian (angin), dan fluvial (sungai)	Pesisir pengendapan laut (dekat laut) dan Pesisir pengendapan darat (sekitar sungai)	Kenampakan gisik pantai (marin), kenampakan gumuk pasir (acolo-marin) dan dataran aluvial sungai (fluvial)	Wisata, pendataran kapal nelayan, dan tegalan.	Muara Sungai Serang sebelah barat
17	Congot	Kulon Progo	Datar - landai	Pasir (lepas)	Marin (gelombang), Acolian (angin), dan fluvial (sungai)	Pesisir pengendapan laut (dekat laut) dan Pesisir pengendapan darat (sekitar sungai)	Kenampakan gisik pantai (marin), kenampakan gumuk pasir (acolo-marin) dan dataran aluvial sungai (fluvial)	Wisata, tegalan, sawah, dan tambak air tawar	Muara Sungai Bogowonto
18	Dataran Bujur S. Bogowonto	Kulon Progo	Datar	Lumpur	Fluvial (sungai) dan marin (intrusi)	Pesisir pengendapan darat	Kenampakan dataran untuk sawah dan tambak udang	Sawah dan tambak	Muara S. Bogowonto

Gambar 4. Grafik Hubungan antara Tipologi Pesisir dengan Nilai SBE

Pengembangan Pariwisata dan Pengelolaan Wilayah Pesisir

Dalam melakukan analisis rekomendasi ini, metode yang digunakan adalah



Analisis wilayah Pesisir Kabupaten Gunungkidul

Mendasarkan analisis SWOT pada Tabel 4, rekomendasi pengembangan wilayah pesisir Kabupaten Gunungkidul adalah untuk kegiatan pariwisata pada semua tipologi pesisir dengan memanfaatkan keindahan pan-

orama yang khas di wilayah pesisir. Dari hasil penilaian menggunakan metode SBE, ternyata bahwa tipologi pesisir organic di Kabupaten Gunungkidul mempunyai nilai yang tinggi, sehingga pengembangan pariwisata lebih ditekankan pada wilayah pesisir yang mempunyai tipologi organic seperti di Pantai Krakal, Kukup, Sundak, dan Sopanjan. Langkah-langkah untuk mengembangkan tersebut adalah melalui promosi wisata dengan menjual keindahan dan kekhasan sumberdaya pesisir, dengan diawali penyusunan basis data (*database*) potensi sumberdaya pesisir untuk kemudian di *upload* ke internet, sehingga promosi dapat dilakukan secara internasional. Selanjutnya adalah dengan melakukan koordinasi semua pihak untuk bersama-sama memajukan sektor pariwisata di wilayah pesisir Kabupaten Gunungkidul. Pemerintah daerah berperan dalam mengoptimalkan kegiatan promosi wisata, pembangunan sarana prasarana penunjang pariwisata, sedangkan masyarakat dan swasta berperan dalam menambah nilai kualitas kunjungan wisata .

Tabel 3. Nilai SBE pada setiap Tipologi Fisik Pesisir

KELAS SBE	NILAI SBE	TIPOLOGI PESISIR (nama pantai)	WILAYAH ADMINISTRASI
TINGGI	238,22	Organik (<i>Sepanjang</i>)	Kabupaten Gunungkidul
	221,78	Organik (<i>Krakal</i>)	Kabupaten Gunungkidul
	207,9	Erosi gelombang (<i>Ngungap</i>)	Kabupaten Gunungkidul
	207,11	Organik (<i>Kukup</i>)	Kabupaten Gunungkidul
	206,78	Pengendapan darat (<i>Glagah</i>)	Kabupaten Kulon Progo
	204,3	Pengendapan darat (<i>Glagah</i>)	Kabupaten Kulon Progo
	202,67	Erosi darat (<i>Ngobaran</i>)	Kabupaten Gunungkidul
	181,4	Organik (<i>Ngrenehan</i>)	Kabupaten Gunungkidul
	180,4	Erosi gelombang (<i>Ngungap</i>)	Kabupaten Gunungkidul
	179,33	Organik (<i>Sadranan</i>)	Kabupaten Gunungkidul
	176	Organik (<i>Krakal</i>)	Kabupaten Gunungkidul
	173,6	Organik (<i>Nguyaban</i>)	Kabupaten Gunungkidul
	172,89	Organik (<i>Ngrenehan</i>)	Kabupaten Gunungkidul
	172,7	Volkanik (<i>Wediombo</i>)	Kabupaten Gunungkidul
	172,4	Pengendapan laut (<i>Parangtritis</i>)	Kabupaten Bantul
	171,67	Organik (<i>Krakal</i>)	Kabupaten Gunungkidul
	168,8	Organik (<i>Kukup</i>)	Kabupaten Gunungkidul
168,56	Organik (<i>Krakal</i>)	Kabupaten Gunungkidul	
165,2	Organik (<i>Siung</i>)	Kabupaten Gunungkidul	
SEDANG	157,1	Pengendapan laut (<i>Baron</i>)	Kabupaten Gunungkidul
	155	Erosi darat (<i>Sili</i>)	Kabupaten Gunungkidul
	154,1	Volkanik (<i>Wediombo</i>)	Kabupaten Gunungkidul
	154	Pengendapan laut (<i>Parangtritis</i>)	Kabupaten Bantul
	152,6	Erosi darat (<i>Sili</i>)	Kabupaten Gunungkidul
	152,44	Organik (<i>Kukup</i>)	Kabupaten Gunungkidul
	144,33	Volkanik (<i>Wediombo</i>)	Kabupaten Gunungkidul
	144,2	Organik (<i>Krakal</i>)	Kabupaten Gunungkidul
	143,11	Organik (<i>Kukup</i>)	Kabupaten Gunungkidul
	143,1	Organik (<i>Kukup</i>)	Kabupaten Gunungkidul
	142,7	Pengendapan darat (<i>Sadeng</i>)	Kabupaten Gunungkidul
	140,67	Organik (<i>Kukup</i>)	Kabupaten Gunungkidul
	139,9	Pengendapan laut (<i>Parangtritis</i>)	Kabupaten Bantul
	136,2	Pengendapan darat (<i>Trisik</i>)	Kabupaten Kulon Progo
	134,7	Erosi darat (<i>Ngobaran</i>)	Kabupaten Gunungkidul
	134	Pengendapan laut (<i>Glagah</i>)	Kabupaten Kulon Progo
	133,6	Organik (<i>Kukup</i>)	Kabupaten Gunungkidul
	129	Pengendapan darat (<i>Congot</i>)	Kabupaten Kulon Progo
	124,3	Organik (<i>Kukup</i>)	Kabupaten Gunungkidul
	123	Pengendapan laut (<i>Depok</i>)	Kabupaten Bantul
	123	Pengendapan laut (<i>Baron</i>)	Kabupaten Gunungkidul
	121,22	Pengendapan laut (<i>Glagah</i>)	Kabupaten Kulon Progo
	121,22	Pengendapan laut (<i>Sadeng</i>)	Kabupaten Gunungkidul
	120,11	Pengendapan darat (<i>Congot</i>)	Kabupaten Kulon Progo
	117	Pengendapan laut (<i>Congot</i>)	Kabupaten Kulon Progo
	116,6	Pengendapan darat (<i>Karangwuni</i>)	Kabupaten Kulon Progo
	113,9	Pengendapan laut (<i>Depok</i>)	Kabupaten Bantul
107,1	Pengendapan laut (<i>Karangwuni</i>)	Kabupaten Kulon Progo	
99,11	Organik (<i>Krakal</i>)	Kabupaten Gunungkidul	
RENDAH	80	Pengendapan laut (<i>Parangtritis</i>)	Kabupaten Bantul
	69,33	Pengendapan laut (<i>Parangtritis</i>)	Kabupaten Bantul
	66,78	Pengendapan darat (<i>Depok</i>)	Kabupaten Bantul
	66,22	Pengendapan laut (<i>Depok</i>)	Kabupaten Bantul
	66,11	Pengendapan laut (<i>Depok</i>)	Kabupaten Bantul
	63,89	Pengendapan laut (<i>Parangtritis</i>)	Kabupaten Bantul
	53,22	Pengendapan laut (<i>Trisik</i>)	Kabupaten Kulon Progo
	51	Pengendapan laut (<i>Trisik</i>)	Kabupaten Kulon Progo
	48,11	Pengendapan laut (<i>Parangtritis</i>)	Kabupaten Bantul
	47,89	Pengendapan laut (<i>Congot</i>)	Kabupaten Kulon Progo
	35,78	Pengendapan laut (<i>Parangtritis</i>)	Kabupaten Bantul
	26,33	Pengendapan laut (<i>Bygel</i>)	Kabupaten Kulon Progo
	24,33	Volkanik (<i>Parangwedang</i>)	Kabupaten Bantul
	20,33	Pengendapan laut (<i>Parangtritis</i>)	Kabupaten Bantul
	14,22	Pengendapan laut (<i>Parangtritis</i>)	Kabupaten Bantul
	0,00	Pengendapan laut (<i>Parangtritis</i>)	Kabupaten Bantul

Sumber : Hasil Analisis Data Lapangan, 2008

Tabel 4. Matriks SWOT Analisis Rekomendasi Pengembangan dan Pengelolaan Wilayah Pesisir Kabupaten Gunungkidul

<i>Analisis Lingkungan Internal</i>	KEKUATAN (strength)	KELEMAHAN (weaknesses)
<i>Analisis Lingkungan Eksternal</i>	1. Memiliki sumberdaya alam yang sangat potensial untuk pariwisata	1. Iklim yang panas dan kurang nyaman untuk wisata 2. Kondisi medan yang gersang dan berbatu-batu 3. Sumberdaya air terbatas 4. Lokasi pantai terpencil jauh dari permukiman penduduk
PELUANG (opportunities)	STRATEGI KEKUATAN + PELUANG (SO)	STRATEGI KELEMAHAN + PELUANG (WO)
1. Komitmen pemerintah daerah Kabupaten Gunungkidul dalam Rencana Tata Ruang Wilayah Kab. Gunungkidul tahun 2005 – 2010 berupa pengembangan daerah pantai untuk wisata organik (dugan) konsep wilayah pariwisata yang tinggi untuk pariwisata. Pengelolaan wilayah pesisir organik mencakup juga pariwisata karst berbatuan dan sekitarnya. Perlindungan terhadap perbukitan karst yang ada di sekitar wilayah pesisir akan membantu dalam mempertahankan proses yang terjadi pada tipologi pesisir karst yang perlu dilindungi adalah perbukitan karst yang	1. Mengembangkan potensi alam yang sangat potensial untuk pariwisata melalui promosi wisata dan penyusunan basis data 2. Memanfaatkan kondisi wilayah yang aman dan kondusif untuk pariwisata 3. Memanfaatkan bantuan dan lain untuk mengembangkan potensi alam yang ada bagi kepentingan masyarakat	Memanfaatkan komitmen pemerintah daerah dalam rangka mengembangkan wilayah pesisir dengan wilayah laut, yang mempunyai bentang alam khas dan langka di bagian perikanan di bawahnya, mempunyai fungsi sebagai penyimpan air dalam bentuk bukit-bukit karst di sekitarnya dengan tujuan menambah keindahan dan nyaman berwisata, serta untuk kepentingan konservasi lahan • Pembangunan dan pemeliharaan jalan yang sudah ada • Penghijauan wilayah pesisir dan bukit-bukit karst di sekitarnya dengan tujuan menambah keindahan dan nyaman berwisata, serta untuk kepentingan konservasi lahan • Pembangunan dan pemeliharaan objek wisata pantai dengan memperhatikan kemampuan lahan setempat
ANCAMAN (threats)	STRATEGI KEKUATAN - ANCAMAN (SO)	STRATEGI KELEMAHAN - ANCAMAN (WO)
1. Penambangan batu gamping oleh penduduk sekitar 2. Pengambilan pasir dan sedimentsasi 3. Erosi dan sedimentasi 4. Arus balik (rip current) laut yang	1. Membuat kebijakan pemerintah daerah tentang pelarangan terutama yang berada dekat wilayah pesisir 2. Menetapkan kawasan aman berwisata untuk kegiatan berjemur, jalan-jalan pantai, berburu ikan hias, berenang, dan memancing.	1. Mengembangkan hutan rakyat dengan jenis tanaman tahunan dan seperti jati dan akasia 2. Memanfaatkan hasil penelitian tentang pantai dan kawasan karst dalam rangka pengembangan dan pengelolaan wilayah pesisir dan lautan.

Analisis Preferensi Visual Lanskap Pesisir Daerah ... (Anurudh Khakim, dkk.)

dan Kulon Progo
Pengembangan Pariwisata dan Pengelolaan Wilayah Pesisir Kabupaten Bantul
dan Kulon Progo
Mendiskusikan analisis SWOT pada Tabel 9.7, rekomendasi pengembangan

wilayah pesisir Kabupaten Bantul dan Kabupaten Kulon Progo adalah menyesuaikan pada tipologi pesisirnya. Kegiatan pariwisata dapat dikembangkan pada semua tipologi pesisir yang ada, terutama pada tipologi pesisir pengendapan laut termasuk bentulahan gumuk pasir yang dibentuk oleh proses angin. Kegiatan perikanan model biocrete dan pertanian lahan pasir dapat dikembangkan pada

tipologi pesisir pengendapan laut. Pembangunan pelabuhan dapat dikembangkan pada tipologi pesisir pengendapan laut dan tipologi pesisir pengendapan darat dengan memanfaatkan aliran sungai untuk menunjang kegiatan pelabuhan. Desain pembangunan pelabuhan dibuat dengan memperhatikan laju sedimentasi dari darat, perilaku arus dan gelombang.

Tabel 5. Matriks SWOT Analisis Kebijakan Pengembangan dan Pengelolaan Wilayah Pesisir Kabupaten Bantul dan Kulon Progo

Pengelolaan wilayah pesisir di Kabupaten Bantul mengikuti pada strategi pengelolaan *Managed realignment* dan *move seaword*. Strategi *Managed realignment* terutama diterapkan di pantai Parangtritis dan sekitarnya dimana ditemukan bangunan-bangunan permukiman penduduk yang dekat dengan laut dan sering terkena gelombang pasang. Cara ini sudah mulai dilakukan oleh Pemerintah Daerah Kabupaten Bantul yang melakukan relokasi permukiman penduduk yang letaknya < 150 m dari garis pantai, dan pemerintah daerah Kabupaten Bantul sudah membuat aturan yang melarang pendirian bangunan permukiman pada jarak < 200 m dari garis pantai.

Strategi pengelolaan *move seaword* dipilih terutama berkaitan dengan keberadaan dan kelangsungan proses pembentukan gumuk pasir (*sand dunes*) aktif di Pantai Parangtritis. Fungsi gumuk pasir disamping bentuk panoramanya yang khas sehingga sangat cocok untuk pariwisata, juga mampu untuk meredam energi gelombang yang sampai ke arah darat. Ini artinya bahwa dengan membiarkan dan membebaskan gumuk pasir terbentuk secara alami maka akan mampu untuk melindungi wilayah pesisir secara keseluruhan beserta dengan sumberdaya yang ada di atasnya.

Strategi pengelolaan wilayah pesisir Kabupaten Kulon Progo adalah strategi pengelolaan *hold the line* pada tipologi pesisir pengendapan laut yaitu upaya pengelolaan wilayah pesisir dengan cara membuat bangunan (talut) sepanjang garis pantai untuk menahan gelombang laut. Talut ini dapat dalam bentuk bangunan fisik ataupun dalam bentuk penanaman vegetasi yang

mampu menahan gelombang laut dan cocok untuk ditanam pada substrat pasir seperti cemara udang.

KESIMPULAN

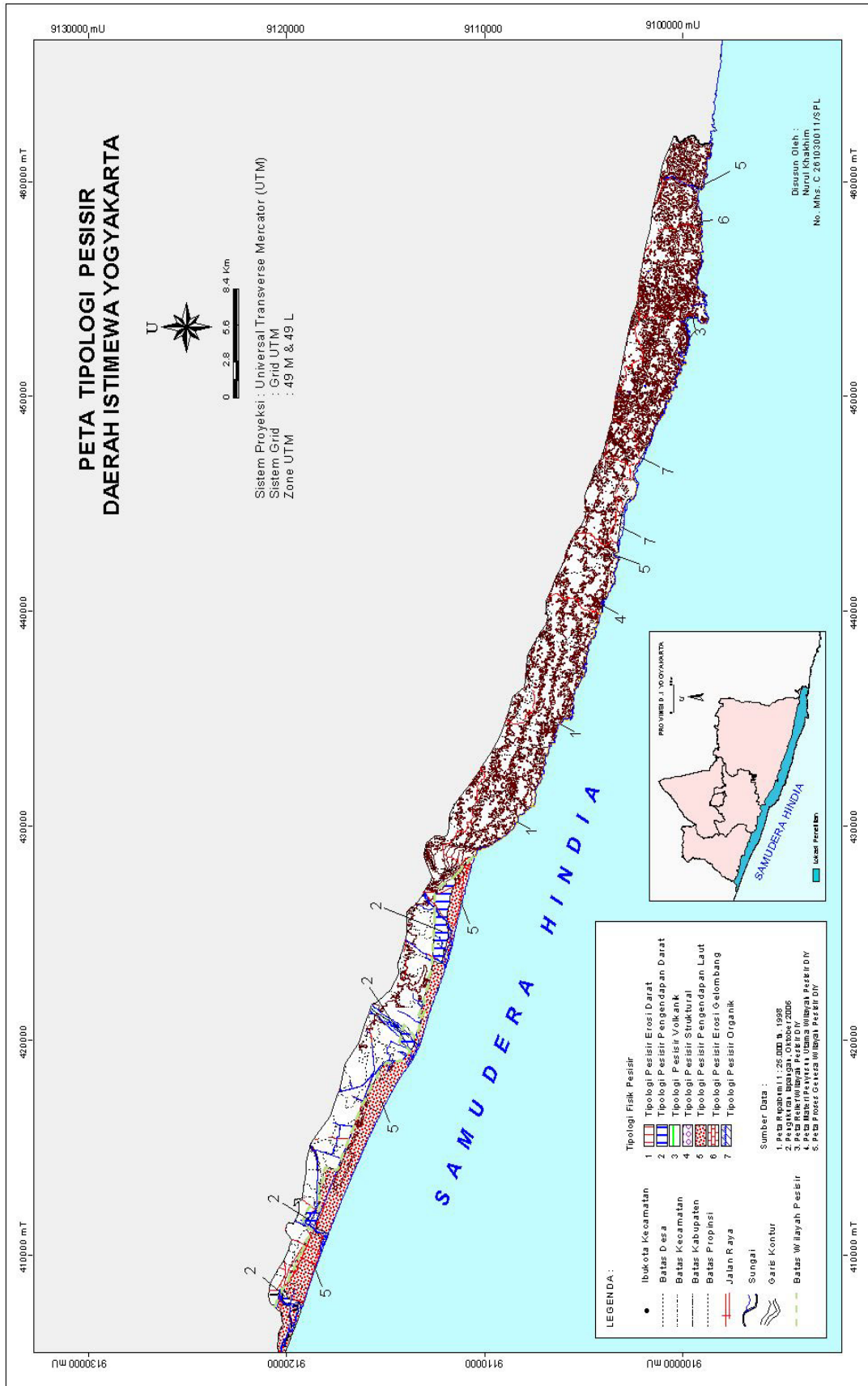
Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan :

1. Tipologi pesisir di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta dikelompokkan menjadi tujuh yaitu tipologi pesisir erosi darat (mendominasi dan hanya terdapat di wilayah pesisir Kabupaten Gunungkidul), pesisir pengendapan darat (hanya terdapat di wilayah pesisir Kabupaten Bantul dan Kulon Progo), pesisir vulkanik, pesisir struktural, dan pesisir erosi gelombang (hanya terdapat di sebagian kecil wilayah pesisir Kabupaten Gunungkidul), pesisir pengendapan laut, dan pesisir organik.
2. Hasil analisis preferensi visual menunjukkan bahwa pesisir organik sangat sesuai untuk pariwisata dibuktikan dengan nilai SBE (*Scenic Beauty Estimation*) yang relatif tinggi untuk semua foto lanskap yang dinilai oleh responden pengunjung wisata pantai.
3. Pengembangan pariwisata lebih ditekankan pada tipologi pesisir organik dan tipologi pengendapan laut, sedangkan pada tipologi pesisir erosi gelombang, vulkanik dan struktural lebih ditekankan pada pengembangan pariwisata minat khusus seperti panjat tebing sesuai dengan karakteristik lahannya berupa tebing yang sangat curam dan berbatuan keras.

DAFTAR PUSTAKA

- Dahuri, R, Jacob Rais, Sapta P.G., dan Sitepu. 2004. Pengelolaan Sumberdaya Wilayah Pesisir dan Lautan Secara Terpadu. Edisi Revisi. PT. Pradnya Paramita. Jakarta.
- Daniel, T.C., and R.S. Boster., 1976. *Measuring Landscape Aesthetics : The Scenic Beauty Estimation Method*. USDA Forest Service Research Paper RM-167.66p.
- Eitner, M.J., and T.C. Daniel. 1997. Vista Scenic Beauty Estimation Modelling : AGIS Approach. <http://gis.esri.com/library/userconf/proc97/proc97/to250/pap202/p202.htm>
- European Union for Coastal Conservation/EUCC. 1998. Coastal Typology. <http://www.coastalguide.org/typology/>
- Falero, E.M., and S.G. Alonzo. 1995. *Quantitative Techniques in Landscape Planning*. CRC Press Inc. USA. 273 p.
- Haslett, S.K. 2000. *Coastal System*. Routledge, New York
- Higuchi, T. 1989. *The Visual and Spatial Structure of Landscapes*. Gibodo Publishing Co.Ltd., Tokyo. 2-5 p.
- Jumadi dan Kuswaji Dwi Priyono. 2005. Analisis Kerentanan Kerusakan Terumbu Karang di Perairan Kepulauan Karimunjawa dengan Bantuan Sistem Informasi Geografis (SIG). *Forum Geografi*. Vol. 19 No.1 Juli 2005. Hlm 67-80.
- Kay, R., and J. Alder, 1999. *Coastal Planning and Management*. An Imprint of Routledge. London and New York.
- Nurul Khakhim, Dulbahri, Valentina Arminah, dan Andri Kurniawan. 2005. Pendekatan Sel Sedimen menggunakan Citra Penginderaan Jauh sebagai Dasar Penataan Ruang Wilayah Pesisir (Studi Kasus di wilayah Pesisir Utara Propinsi Jawa Tengah). *Geografi Indonesia* . ISSN 0852-2682. September 2005
- Santoso, Langgeng Wahyu. 2005. Identifikasi Kerusakan Lahan dan Cara Penanganannya di Zona Perbukitan Baturagung Kabupaten Gunungkidul. *Forum Geografi*. Vol. 19 No.1 Juli 2005. Hlm 30-54.
- Steinitz, C. 1990. Toward a Sustainable Landscape With High Visual Preference and High Ecological Integrity. *Landscape Urban Planning*. 19:213-250 p.
- Sunarto, 1999. *Sumberdaya Lanskap dalam Pengembangan Kepariwisata di Indonesia*. Fakultas Geografi UGM. Yogyakarta
- Yu, 1994. Cultural Variation in Landscape Preference : Comparisons Among Chinese Sub-Group and Western Design Expert. *Landscape n Urban Planning* 32. 107 – 126 p.

Lampiran 1. Peta Tipologi Pesisir Daerah Istimewa Yogyakarta



ANALISIS MORFOMETRI DAN MORFOSTRUKTUR LERENG KEJADIAN LONGSOR DI KECAMATAN BANJARMANGU KABUPATEN BANJARNEGARA

Kuswaji Dwi Priyono dan Priyono

Fakultas Geografi Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A. Yani Pabelan Kartasura Tromol Pos I Surakarta 57102, Telp. (0271) 717417
Psw. 151-153, Fax. (0271) 7155448
E-mail: kuswaji@yahoo.com, drspriyono@yahoo.com

ABSTRACT

The aims of this research are: (a) to study and classify the landslide hazard level, and (b) to analysis morphometry and morphostructure slope at occurrence slides in the research area. The sampling method applied in this research was stratified sampling, landform units were applied as strata. The sample within strata was determined according the landslide hazard based factor that caused landslides. Analysed of morphometry and morphostructure conducted in described of landform units. The landslide location was mapped by determining landslide point with Global Position System (GPS), and morphometry slope analysis in three images with Digital Elevation Model (DEM) analysis. The results showed that the degree of landslide hazard in the research area could be classified into 9 units landform with 5 landslide hazard level, from very low until very high. At very high landslide hazard existed occurrence landslides at most, whereas at very low landslide hazard existed occurrence at least. From slope morphometry aspect, the point of the most landslide case is in mountain middle slope (11), lower slope (9), and upper slope (5). Flows type, soil fall, and rockfall all happen in lower slope. Landslide types almost (80%) happen in lower slope, whereas slump type happen in upper, middle, and lower slope. From slope form aspect, 70% landslide cases happen in concave slope position and slope classes 3-5 (>9%). From morphostructure aspect, the research area hasn't difference because of weathering level and litology structure condition which is relatively similar. Concave and aslant slope condition become the concentration point of surface flow water and under surface which are predicted be the most influence factor that cause landslide.

Keyword: *landslide hazard, morphometry, morphostructure*

PENDAHULUAN

Bencana longsor tanah merupakan salah satu jenis bencana alam yang banyak menimbulkan korban jiwa dan kerugian material yang sangat besar, seperti: rusaknya lahan pertanian, kawasan permukiman, jalan, jembatan, irigasi, dan prasarana fisik lainnya. Bencana longsor tanah yang terjadi pada 4 Januari 2006 di Dusun Gunungraja, Desa Sijeruk, Kecamatan Banjarmangu, Kabupaten Banjarnegara telah menelan korban lebih 100 jiwa dan kerusakan lahan

pertanian seluas lebih 4 ha, serta kerusakan sekitar 55% dari 185 rumah yang dihuni 665 jiwa. Lokasi longsor tersebut terletak di daerah pegunungan vulkanik, yaitu Gunung Pawinihan dengan ketinggian 1.240 m dpl yang termasuk wilayah Pegunungan Serayu Utara. Gunung Pawinihan merupakan batuan gunungapi Kuartar dengan batuan andesit hiperten-augit yang mengandung hornblende dan basal olivine serta aliran lava dan breksi piroklastik dengan tingkat pelapukan yang tinggi. Lapisan batuan ini mengandung batulem-

pung, konglomerat, serta tuff dasit yang menjadi pemicu longsor di samping curah hujan tahunan yang tinggi (3.191 mm/th) dan kemiringan lereng 30°-45°.

Potensi kejadian longsor di kawasan pegunungan di Kabupaten Banjarnegara sangat besar yang memungkinkan terjadi dari tahun ke tahun. Potensi kejadian tersebut telah banyak dilakukan penelitian dan dipublikasikan bahwa Kecamatan Banjarnegara termasuk dalam 14 kecamatan di Kabupaten Banjarnegara yang potensial terjadinya bencana longsor. Penelitian terdahulu menunjukkan analisis yang sama terhadap faktor-faktor penyebab dan pemicu pada berbagai tipe longsor yang berbeda, belum menjawab pada titik/lokasi dimana kejadian longsor pada suatu satuan pemetaan yang ada akan terjadi.

Mengacu pada berbagai konsep dan hasil kajian penelitian terdahulu, maka pertanyaan yang muncul adalah: “Bagaimanakah sebaran kejadian longsor di daerah penelitian?; dan bagaimanakah morfometri dan morfostruktur lereng berpengaruh pada sebaran kejadian longsor yang ada?”. Mempertimbangkan hal-hal tersebut di atas, analisis morfometri dan morfostruktur lereng pada kejadian longsor dapat digunakan untuk usaha pencegahan dan penanggulangan bencana. Potensi terjadinya longsor ini dapat diminimalkan dengan memberdayakan masyarakat untuk mengenali tipologi lereng yang rawan longsor tanah, gejala awal lereng akan bergerak, serta upaya antisipasi dini yang harus dilakukan. Sistem peringatan dini yang efektif sebaiknya dibuat berdasarkan prediksi, bilamana dan dimana longsor akan terjadi juga tindakan-tindakan yang harus dilakukan pada saat bencana datang.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini diawali dengan pemetaan bentuklahan berdasarkan analisis morfologi/relief, litologi/struktur batuan, dan proses geomorfologi melalui interpretasi citra landsat dibantu peta rupabumi dan peta geologi. Dilanjutkan pengambilan dan pengamatan sampel di lapangan untuk memperoleh data karakteristik lahan. Penilaian tingkat kerawanan longsor dengan skoring seperti yang telah dilakukan oleh Sunarto Goenadi, dkk (2003) dengan perubahan yang telah dilakukan peneliti pada penelitian sebelumnya (2006). Lokasi pengamatan ditentukan berdasarkan peta bentuklahan, kualitas dan karakteristik lahan yang dikaji dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 1. Dalam pemberian harkat untuk masing-masing parameter diklasifikasikan ke dalam lima klas. Harkat yang paling tinggi (5) adalah yang paling besar pengaruhnya terhadap terjadinya longsor. Harkat yang paling rendah (1) adalah yang paling kecil pengaruhnya terhadap terjadinya longsor

Pembobotan disusun atas dasar pemahaman faktor penyebab dan faktor pemicu terjadinya longsor. Faktor yang menyebabkan terjadinya longsor adalah gaya gravitasi yang bekerja pada suatu massa tanah dan atau batuan. Di lapangan besarnya pengaruh gaya gravitasi terhadap massa tanah dan atau batuan ditentukan oleh besarnya sudut lereng. Oleh karena itu dalam penilaian tingkat kerawanan longsor, faktor lereng diberikan bobot yang paling tinggi (bobot 10) dibandingkan faktor-faktor lain.

Pemberian bobot pada faktor pemicu, yang dalam hal ini dikelompokkan

Tabel 1. Pengharkatan dan Pembobotan Parameter yang Mempengaruhi Longsoran

No	Jenis Faktor	Parameter	Bobot (B)	Konstanta (K)	B * K	Harkat		Harkat x Bobot x Konstanta	
						Min	Maks	Min	Maks
1	Faktor Penyebab	Kemiringan Lereng	10	1	10	1	5	10	50
2	Faktor Pemicu (Dinamik)	Hujan	8	0,7	5,6	1	5	5,6	28
3		Penggunaan Lahan	8	0,3	2,4	1	5	2,4	12
4	Faktor Pemicu (Statis)	Pelapukan Batuan	6	0,7	4,2	1	5	4,2	21
5		Kedalaman Tanah	6	0,15	0,9	1	5	0,9	4,5
6		Struktur Perlapisan	6	0,09	0,54	1	5	0,54	2,7
7		Tekstur	6	0,06	0,36	1	5	0,36	1,8
								24	120

Sumber : Sunarto Goenadi, dkk. (2003) dengan perubahan Kuswaji (2006)

menjadi 2 yaitu faktor yang bersifat statik dan faktor yang bersifat dinamik. Faktor yang dinamik diberi bobot yang lebih tinggi dikarenakan kejadian longsoran selalu dipicu oleh adanya perubahan gaya/energi akibat perubahan faktor yang bersifat dinamik. Termasuk di dalam kategori faktor yang dinamik ini adalah hujan dan penggunaan lahan. Faktor hujan mempunyai bobot yang lebih tinggi (5,6) dibandingkan dengan penggunaan lahan dikarenakan hujan (2,4) dapat mempengaruhi perubahan besar beban massa batuan dan atau tanah secara relatif lebih cepat/dramatik dibandingkan dengan penggunaan lahan.

Dalam penelitian ini, kemiringan lereng datar/landai (harkat 1) hingga terjal/sangat terjal (harkat 5); penggunaan lahan di dasar lembah (1) hingga sawah (5); tingkat pelapukan dari ringan (1) hingga sempurna (5); kedalaman tanah dari sangat tipis (1) hingga sangat tebal (5); kelas struktur tanah dari horisontal (1) hingga miring pada perlapisan lunak (5); dan kelas tekstur tanah dari geluh (1) hingga lempung

(5). Akhirnya tingkat bahaya longsor tanah selanjutnya diklasifikasikan berdasarkan total harkat dari parameter penyebab dan pemicu longsor tanah. Adapun total klasifikasi Kelas Bahaya Longsor Tanah disajikan pada Tabel 2.

Langkah selanjutnya adalah menganalisis kejadian longsor secara deskriptif pada bagian-bagian lereng dengan bantuan analisis DEM (*digital elevation modelling*) untuk memperoleh gambaran tiga dimensi sehingga secara jelas kita dapat mengkaji mekanisme proses longsor pada suatu penggal lereng. Posisi lereng dan bentuk lereng seperti apa kejadian longsor itu terjadi, demikian pula analisis terhadap morfostruktur lerengnya. Dengan mengetahui pola kejadian yang ada, diharapkan dapat memprediksi adanya pengulangan kejadian longsor dengan tipe dan kondisi lereng yang sama mendatang. Sasaran penelitian dasar ini adalah pengembangan konsepsi dasar geomorfologi analitik untuk kajian terjadinya longsor.

Tabel 2. Tingkat Bahaya Longsor Tanah

No	Tingkat Bahaya Longsor	Skor Total
1	Sangat Rendah	24 – 43,2
2	Rendah	>43,2 – 62,4
3	Sedang	>62,4 – 81,6
4	Tinggi	>81,6 – 100,8
5	Sangat Tinggi	>100,8 – 120

Sumber : hasil analisis

HASIL DAN PEMBAHASAN

Secara geografis letak daerah penelitian ini adalah $109^{\circ}38'10''$ BT – $109^{\circ}43'30''$ BT dan $07^{\circ}17'00''$ LS dan $07^{\circ}23'50''$ LS. Berdasarkan data curah hujan daerah penelitian memiliki hujan tahunan sebesar 3631,9 mm/th dengan curah hujan bulanan rerata minimum sebesar 58,7 mm yang terjadi pada bulan Agustus dan curah hujan bulanan rerata maksimum sebesar 514,9 mm terjadi pada bulan Nopember, mempunyai 9 bulan basah, 2 bulan lembab, dan 1 bulan kering. Daerah penelitian mempunyai nilai Q sebesar 0,111 atau bertipe A (sangat basah). Hal tersebut juga ditunjukkan bahwa di daerah penelitian rerata terjadi 16,42 hari hujan dalam satu bulan dengan curah hujan maksimum rerata sebesar 74,51 mm. Kejadian hari hujan tertinggi terjadi pada bulan Nopember hingga Januari (20,2 hari) dengan curah hujan maksimum setiap kali kejadian hujan tertinggi pula (94,1 mm), sehingga pada bulan Januari kemungkinan terjadi longsor tanah sangat besar setelah 2 bulan sebelumnya terjadi curah hujan dengan intensitas yang tinggi dengan kejadian hujan yang hampir tiap hari terjadi. Adapun temperatur di daerah penelitian dengan ketinggian 271 – 1244 m dpal mempunyai suhu rerata 23°C.

Daerah penelitian didominasi oleh lereng miring hingga sangat curam dengan kemiringan lereng >15% dengan luas 40.309 ha atau sebesar 77,52% dari keseluruhan luas daerah penelitian. Daerah dengan morfologi datar hingga landai dengan kemiringan lereng lebih besar 0-3% dan >3 – 8% hanya terdapat seluas 11.687 ha atau sebesar 22,48% dari keseluruhan luas daerah penelitian. Titik tertinggi sebesar 1.244 m dpal terdapat pada bagian tengah daerah penelitian yang merupakan puncak Gunung Pawinihan, dan titik terendah sebesar 271 m dpal yang terdapat di sisi selatan yang berbatasan dengan Sungai Serayu.

Mengacu pendapat Bemmelen (1949 dalam Imam Hardjono, 1997), daerah penelitian secara keseluruhan terletak pada zone pegunungan Serayu Utara bagian tengah, dicirikan struktur lipatan, patahan, dan volkanisme disertai proses penurunan pada zaman Miosen. Akibatnya, terbentuk beberapa Formasi batuan berlapis seperti Formasi Merawu, Bodas, Ligung, dan Jembangan. Lebih lanjut Bemmelen menyatakan bahwa pembentukan Formasi Bodas diawali diendapkannya lapisan batugamping basal pada cekungan sedimentasi yang menurun secara cepat “selaras” dengan terjadinya pengangkatan Pegunungan

Serayu Selatan. Setelah pengendapan bagian atas berakhir, diperkirakan akibat adanya tenaga endogen terjadi lagi fase tektonik Plio-Pleistosen yang ditandai dengan pengangkatan, perlipatan, dan persesaran disertai aktifitas volkanisme yang berulang-ulang. Sejarah geologi tersebut diperlukan dalam menganalisis pentingnya pengetahuan morfostruktur batuan pada suatu lereng terhadap kejadian bencana longsor di daerah penelitian.

Selanjutnya karakteristik litologi daerah penelitian akan berdampak terhadap proses pelapukan yang ada. Perbedaan kondisi litologi merupakan salah satu faktor yang menyebabkan perbedaan tingkat perkembangan lembah, baik pola lembah maupun kerapatan lembah. Daerah yang memiliki batuan resisten akan memiliki kecenderungan proses denudasional yang rendah, sehingga perkembangan lembah dan proses longoran juga rendah. Litologi daerah penelitian didominasi lava andesit, batuan klastika gunungapi, dan breksi volkanik. Batuan tersebut mempunyai tingkat pelapukan yang tinggi dengan struktur perlapisan yang sejajar arah kemiringan lereng sehingga memungkinkan sekali lereng daerah penelitian rawan terjadi longsor tanah.

Kondisi geomorfologi daerah penelitian dipengaruhi aktivitas volkanik sehingga secara geomorfologis termasuk bentuk asal vulkan. Pada beberapa tempat terdapat struktur sesar yang telah terdenudasi. Proses denudasi yang terjadi di daerah penelitian terutama disebabkan oleh kondisi iklim setempat baik input hujan maupun fluktuasi temperatur, kerja air dan gaya gravitasi. Beberapa proses eksogen yang terjadi di daerah penelitian antara lain adalah proses pelapukan, erosi dan long-

soran. Proses pelapukan yang terjadi cukup intensif terutama pelapukan mekanis yang menghasilkan bahan induk tanah. Proses pelapukan yang terjadi banyak ditemukan pada batuan lava andesit dan breksi gunungapi yang tersingkap. Pelapukan tersebut mengakibatkan pengelupasan mengulit bawah yang disebut sebagai *sphereoidal weathering*. Keberadaan kekar-kekar minor yang banyak terdapat pada batuan andesit dengan arah tidak beraturan mengakibatkan batuan mudah lapuk dan fragmen batuan mudah lepas dari semen pengikatnya. Dari hasil aktivitas proses tersebut, bentuklah secara rinci disajikan pada Tabel 3.

Ada tiga macam tanah yang ada di daerah penelitian, yaitu Tropudalf (Latosol Coklat), Eutrocept (Latosol Coklat Kekelabuan), dan Troporthent (Litosol). Jenis tanah tersebut berkembang dari batuan induk tuf dan breksi andesitis, sifat tanah umumnya mempunyai tekstur geluh lempungan, struktur remah-gumpal, konsistensi gembur hingga sangat gembur, pH 5,5- 6,0, permeabilitas bervariasi dari sangat lambat hingga cepat, kepekaan erosi tinggi, kandungan bahan organik relatif tinggi, dan kedalaman efektif tipis hingga relatif tebal (24-120 cm). Berdasarkan sebaran penggunaan lahan didominasi oleh tegalan seluas 2.323,69 (56,34%) sehingga berisiko terhadap keberadaan longoran yang terjadi. Kondisi kependudukan di daerah penelitian bahwa penduduk Kecamatan Banjarmasin 54,6% bekerja pada sektor pertanian. Keadaan tersebut menghendaki pentingnya pendampingan oleh pemerintah daerah kepada penduduk dalam usaha pertanian yang konservatif.

Hasil pengharkatan dari 7 parameter yang mempengaruhi longoran sebagaimana telah terdeskripsikan di atas dan

Tabel 3. Bentuklahan Daerah Penelitian

No.	Simbol Bentuklahan	Nama Bentuklahan	Luas (ha)	Prosentase Luas
1.	V8.SR	Dataran fluvial gunungapi tertoreh sangat ringan	686,71	16,65
2.	V13.R	Dataran gunungapi tertoreh ringan	314,69	7,63
3.	V19.B	Lereng pegunungan gunungapi tertoreh berat	894,17	21,68
4.	V19.S	Lereng pegunungan gunungapi tertoreh sedang	1.355,28	32,86
5.	V19.R	Lereng pegunungan gunungapi tertoreh ringan	163,74	3,97
6.	V21.B	Pegunungan sumbat gunungapi tertoreh berat	153,84	3,73
7.	V24.SB	Pegunungan intrusi dike tertoreh sangat berat	317,99	7,71
8.	V24.B	Pegunungan intrusi dike tertoreh berat	207,05	5,02
9.	V24.S	Pegunungan intrusi dike tertoreh sedang	30,93	0,75
Total Luas			4.124,40	100 %

Sumber : hasil analisis peta bentuklahan, 2007

sesuai metode penelitian yang digunakan disajikan pada Tabel 4. berikut. Selanjutnya tingkat bahaya longsor tanah daerah penelitian disajikan dalam Tabel 5. dan disajikan dalam Peta tingkat bahaya longsor tanah berikut. Sementara deskripsi lokasi kejadian longsor disajikan dalam Lampiran penelitian ini.

Dari analisis Tabel 4 dan Tabel 5 berikut menunjukkan bahwa semakin besar harkat kemiringan lereng, pelapukan batuan, struktur perlapisan batuan, dan tekstur tanah menunjukkan tingkat bahaya longsor tanah yang semakin tinggi pula. Penggunaan lahan dengan harkat lebih besar belum tentu menyebabkan tingkat bahaya longsor tanah yang tinggi, hal itu tampak pada satuan bentuklahan V24.B dan V24.SB dengan harkat penggunaan lahan 3 justru tingkat bahaya longsornya lebih tinggi dibandingkan pada V21.B dengan harkat penggunaan lahan 4. Demikian pula pada kedalaman tanah dengan harkat 5 menghasilkan tingkat bahaya longsor tanah yang tinggi dan sangat tinggi,

sementara kedalaman tanah dengan harkat 3 juga menunjukkan tingkat bahaya longsor yang tinggi.

Dari 9 satuan bentuklahan di atas ternyata ada 26 kejadian longsor yang bisa teridentifikasi dari hasil wawancara penduduk dan survei lapangan. Hasil pengamatan lapangan pada setiap lokasi longsor, ternyata faktor-faktor yang menyebabkan suatu longsor di setiap bentuklahan adalah bersifat khas dan tidak sama faktor pemicunya walaupun tipe longsornya sama. Generalisasi atas faktor penyebab, pengaruh, dan pemicu suatu longsor tidak sepenuhnya dapat tepat menggambarkan persebaran longsor yang senyatanya. Analisis longsor di daerah penelitian didasarkan atas pemahaman proses longsor yang disebabkan oleh bekerjanya gaya gravitasi pada material batuan dan atau tanah yang terletak pada posisi ketinggian tertentu. Di lapangan, material yang cenderung mengalami proses pelongsoran adalah material yang terletak pada sudut lereng tertentu. Pengamatan di lapangan

Tabel 4. Pengharkatan dan Pembobotan Parameter yang Mempengaruhi Longsor Tanah

Bentuk-lahan	Kem. Lereng (10X)	Hujan (5,6X)	Pengg. Lahan (2,4X)	Pel. Batuan (4,2X)	Struktur Perl.batuan (0,54X)	Tekstur Tanah (0,36X)	Kedalaman Tanah (0,9X)	Total HarkatX Konstanta
V8.SR	1	4	2	1	1	1	1	43,2
V13.R	2	4	2	2	1	2	2	58,66
V19.B	3	4	3	5	3	3	3	86
V19.S	3	4	3	3	3	3	3	77,60
V19.R	4	4	2	2	3	3	3	81,0
V21.B	4	4	4	4	4	4	5	96,9
V24.SB	5	4	3	5	5	4	5	108,24
V24.B	5	4	3	4	5	4	5	104,04
V24.S	4	4	3	2	2	2	2	81,6

Sumber: Analisis data parameter longsor tanah

Tabel 5. Sebaran Kelas-Kelas Bahaya Longsoran di Daerah Penelitian

No	Bentuklahan	Tingkat Bahaya	Luas (ha)	% Luas
1.	V8.SR	Sangat Rendah	686,71	16,65
2.	V13.R	Rendah	314,69	7,63
3.	V19.B	Tinggi	894,17	21,68
4.	V19.S	Sedang	1.355,28	32,86
5.	V19.R	Sedang	163,74	3,97
6.	V21.B	Tinggi	153,84	3,73
7.	V24.SB	Sangat Tinggi	317,99	7,71
8.	V24.B	Sangat Tinggi	207,04	5,02
9.	V24.S	Sedang	30,93	0,75
Total Luas :			4.124,40	100.00

Sumber : hasil analisis peta bahaya longsoran tanah

menunjukkan bahwa faktor morfometri lereng dan morfostruktur batuan dan tanah sangat mempengaruhi apakah suatu daerah itu rawan longsor atau tidak.

Faktor batuan yang mempengaruhi tingkat kerawanan longsor tidak hanya mencakup jenis dan kekerasan batuan saja, tetapi yang lebih penting adalah struktur

batuannya. Batuan yang berlapis miring searah dengan arah sudut lereng akan mempunyai tingkat kerawanan yang tinggi. Batuan yang keras dan masih relatif segar dapat juga menjadi rawan longsor apabila dia mempunyai banyak retakan/joint yang searah dengan arah sudut lereng. Batuan yang keras dan banyak joint tersebut akan menjadi lebih rawan lagi apabila menum-

pang di atas batuan lunak yang mempunyai sifat kembang kerut. Daerah dengan tanah yang tebal dan terletak pada topografi tinggi juga relatif rawan terhadap longsoran karena daerah ini sangat potensial untuk mengalami penambahan beban massa karena tanah umumnya mempunyai kemampuan menyerap air hujan yang relatif tinggi dibandingkan dengan batuan. Atas dasar pengertian tersebut, maka penilaian kerawanan longsor didasarkan pada penilaian atas parameter morfometri lereng dan morfostruktur lereng.

Kondisi lapisan tanah/batuan pada lereng-lereng di daerah penelitian umumnya berupa tanah residual yang berpermeabilitas relatif tinggi dengan tebal kira-kira 3 - 6 m di permukaan dan didasari oleh lapisan keras batuan breksi. Bentuk bidang gelincir setelah longsor termasuk tipe bidang gelincir datar, dan terjadi pada lokasi di sekitar pertemuan antara lapisan tanah di bagian atas dan lapisan tanah keras atau batuan di bagian bawah.

Secara morfometri lereng, titik kejadian longsor terbanyak pada lereng tengah pegunungan (11), lereng bawah (9), dan pada lereng atas (5). Tipe aliran, jatuhnya tanah, dan jatuhnya batu semuanya terjadi pada lereng atas, tipe longsor dominan (80%) terjadi pada lereng bawah, sedangkan tipe pendatan terdapat pada lereng atas, tengah dan bawah. Dari aspek bentuk lereng 70% kejadian longsor terdapat pada posisi lereng yang cekung dan kelas lereng 3 - 5 (>9%). Dari aspek morfostruktur daerah penelitian mempunyai batuan yang hampir sama karakteristiknya yakni dicerminkan oleh tingkat pelapukan dan kondisi struktur batuan yang relatif sama yang rawan terjadi bencana longsor. Kondisi lereng yang cekung dan miring menjadi titik

konsentrasi aliran air permukaan dan bawah permukaan yang besar yang diperkirakan menjadi faktor paling menentukan terjadinya longsor.

Dari analisis tabel hasil pengharkatan terhadap parameter pemicu terjadinya longsor tanah, menunjukkan bahwa semakin besar harkat kemiringan lereng, solum tanah, tingkat pelapukan batuan, struktur perlapisan batuan, adanya kekar, rembesan air, dan pemotongan lereng menunjukkan tingkat bahaya longsor tanah yang semakin tinggi. Kondisi tekstur tanah, permeabilitas, drainase, dan penggunaan lahan dengan harkat lebih besar belum tentu tingkat bahaya longsor tanahnya lebih tinggi. Dari hasil pengamatan lapangan pada setiap lokasi longsor, faktor-faktor yang menyebabkan suatu longsor dapat terjadi ternyata bersifat khas dan tidak sama faktor pemicunya walaupun tipe longsorannya sama, namun frekuensi kejadian longsor bertambah dengan bertambahnya kemiringan lereng, solum tanah, tingkat pelapukan, struktur perlapisan, adanya kekar dan rembesan, dan pemotongan lereng sehingga model konservasi harus mengacu pada parameter.

KESIMPULAN DAN SARAN

Daerah penelitian terdapat 9 satuan bentuklahan dengan 5 tingkat bahaya longsor tanah. Tingkat bahaya longsor tanah sangat rendah terdapat pada satuan bentuklahan Dataran fluvial gunungapi tertoreh sangat ringan (V8.SR) seluas 686,71 ha (16,65% luas seluruh daerah penelitian). Tingkat bahaya longsor tanah rendah terdapat pada satuan bentuklahan Dataran gunungapi tertoreh ringan (V13.R) seluas 314,69 ha (7,63%). Tingkat bahaya longsor tanah sedang terdapat pada 3 satuan

bentuklahan Lereng pegunungan gunungapi tertoreh sedang (V19.S), Lereng gunungapi tertoreh ringan (V19.R), dan Pegunungan intrusi dike tertoreh sedang (V24.S) dengan luas total 1.549,95 ha (37,58%). Tingkat bahaya longsor tinggi terdapat pada Lereng pegunungan gunungapi tertoreh berat dan Pegunungan sumbat gunungapi tertoreh berat dengan total 1.048,01 ha (25,41%). Tingkat bahaya longsor sangat tinggi pada Pegunungan intrusi dike tertoreh sangat berat dan Pegunungan intrusi dike tertoreh berat seluas 525,04 (12,73%).

Kejadian longsor tertinggi terjadi pada bentuklahan dengan Tingkat bahaya sangat tinggi yakni sebanyak 13 kejadian, selanjutnya pada tingkat bahaya tinggi sebanyak 8, tingkat bahaya sedang ada 4 kejadian, dan tingkat bahaya longsor rendah ada 3 kejadian. Ada 2 satuan bentuklahan yang sama sekali tidak dijumpai kejadian longsor (V13.R dan V8.SR). Kejadian longsor terbanyak bertipe longsor (10), nendatan (8), aliran (5), jatuhnya batu (2), dan jatuhnya tanah (1).

Rekomendasi penanganan daerah longsor perlu memperhatikan proses-proses penyebab proses-proses penyebab longsor. Beberapa kasus longsor yang terjadi di daerah penelitian terjadi di daerah yang telah dikonservasi secara baik atas dasar pandangan pengendalian erosi tanah. Pemicu pada longsor pada lahan yang telah dikonservasi dengan baik salah satunya adalah erosi parit pada saluran pembuang. Hal lain adalah penambahan beban massa karena teras dapat juga berfungsi sebagai penampung air sehingga tanah dalam keadaan jenuh. Tanah dan material tanah yang dalam kondisi jenuh air mempunyai berat yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan tanah kering, oleh

karena itu risiko longsor menjadi meningkat.

Penguatan sisi-sisi parit erosi agar tidak longsor disarankan untuk daerah-daerah yang telah teridentifikasi mempunyai tingkat erosi tanah lanjut. Hal ini ditujukan agar tidak terjadi tebing ambrol yang dapat menyumbat parit dan membendung aliran yang ada padanya. Penguatan dasar parit erosi juga perlu dilakukan agar parit tidak berkembang menjadi parit yang dalam. Pendalaman parit dapat dipandang sebagai mempertajam lereng di sisi kanan kiri parit yang berarti menambah risiko terjadi longsor. Pemberian material kasar berupa batu-batu juga disarankan agar aliran air di dalam parit dapat tetap mengalir tetapi tidak dengan kecepatan aliran yang erosif. Metode ini sering dikenal dengan *gully plug*.

UCAPAN TERIMAKASIH

Tulisan ini merupakan hasil penelitian dasar yang dilaksanakan atas biaya Dirjen Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan Nasional No. 156/SP2H/PP/DP2M/2007, tanggal 29 Maret 2007. Terima kasih disampaikan kepada Rektor UMS cq. Kepada Prof. Dr. Markhamah, M.Hum selaku Kepala Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk melakukan penelitian ini. Terima kasih disampaikan kepada Drs.Yuli Priyana, M.Si selaku Dekan Fakultas Geografi UMS yang telah memberi ijin melakukan penelitian ini, kepada Mas Rozak atas bantuan analisis citra Landsat dan sistem informasi geografisnya. Terima kasih juga saya ucapkan kepada Imam Mustofa atas bantuan survei lapangannya, semoga segera memperoleh pekerjaan untuk menerapkan ilmu Geografi ini.

DAFTAR PUSTAKA

- American Planning Association, Landslides Research, <http://www.planning.org/landslides/docs/main.html>, 1/26/2006.
- Burhanudin, 2006, Longsor Banjarnegara, Faktor Alam atau Kesalahan Manusia?, *Harian Kompas*, 11 Januari 2006, Jakarta: Penerbit Gramadia Group.
- David, J.Rogers, Recent Developments in Landslide Mitigation Techniques, <http://anabeim-landslide.com/developments.htm>, 1/27/2006
- Dwikorita Karnawati, 2002, Pengenalan Daerah Rentan Gerakan Tanah dan Upaya Mitigasinya, *Makalah Seminar Nasional Mitigasi Bencana Alam Tanah Longsor, Semarang 11 April 2002*, Semarang: Pusat Studi Kebumihan Lembaga Penelitian Universitas Diponegoro.
- Goudie, Andrew,S., 1981, *Geomorphological Techniques*, London: George Allen & Unwin.
- Imam Hardjono, 1997, Penggunaan Foto Udara Pankromatik Hitam Putih Untuk Kajian Gerakan Massa di Daerah Karangobar dan Sekitarnya, Banjarnegara, Jawa Tengah, *Tesis- S2*, Yogyakarta: Program Pasca Sarjana UGM.
- Junun Sartohadi dan Rina Purwaningsih, 2004, Korelasi Spasial Antara Tingkat Perkembangan Tanah dengan Tingkat Kerawanan Gerakan Massa di DAS Kayangan Kabupaten Kulon Progo Daerah Istimewa Yogyakarta, *Forum Geografi*, Vol.18, No.1, 2004. Hlm.14-31.
- Kabul Basah Suryolelono, 2002, Bencana Alam Tanah Longsor Perspektif Ilmu Geoteknik, *Pidato Pengukuhan Jabatan Guru Besar*, Yogyakarta: Fakultas Teknik UGM.
- Kuswaji Dwi Priyono, Yuli Priyana, dan Priyono. 2006. "Analisis Tingkat Bahaya Longsor Lahan di Kecamatan Banjarmangu Kabupaten Banjarnegara". *Forum Geografi*, Vol. 20, No. 2, Desember 2006. Hlm. 175-189.
- Ritter, Dale F., ad.el., 1995. *Geomorphology Process and Landforms*. Dubuque IA: Brown Communication Inc.
- Sunarto Goenadi, dkk., 2003, Konservasi Lahan Terpadu Daerah Rawan Bencana Longsoran di Kabupaten Kulonprogo Daerah Istimewa Yogyakarta, *Laporan Penelitian*, Yogyakarta: Lembaga Penelitian UGM.
- Sutikno, dkk., 2001, Pengelolaan Data Spasial Untuk Penyusunan Sistem Informasi Penanggulangan Tanah Longsor di kabupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta, *Makalah Seminar Dies Fakultas Geografi UGM ke-38 Tanggal 29 Agustus 2001*, Yogyakarta: Fakultas Geografi UGM
- Zuidam, R.A. & Zuidam Cancelado, F.I.,1979, *Terrain Analysis and Classification Using Areal Photographs, A Geomorphological Approach*, Netherland, Enschede: ITC

Lampiran 1. Deskripsi Morfometri dan Morfostruktur Lereng Lokasi Longsor Daerah Penelitian

No.	Kode Peta	Letak Desa	Bentuklahan	Tingkat Bahaya Longsor	Tipe Longsor			Morfometri Lereng			Morfostruktur Lereng			
					Longsor	Nendatan	Aliran	Jatuhan Tanah	Jatuhan Batu	Klas Lereng	Bentuk	Posisi	Litologi	Tingkat Pelapukan
1	C.1	Sijeruk	V24.SB	ST	√				5	Lurus	LT'	Qjo	SL	SJ
2	C.3	Kaliunjar	V24.SB	ST	√				5	Cekung	LT'	Qjo	S	SJ
3	C.4	Sijeruk	V21.B	T		√			4	Lurus	LB	Q'Ilb	SL	SJ
4	C.5	Prendangan	V.24SB	ST	√				5	Cekung	LB	Qjo	S	J
5	B.1	Kaliunjar	V21.B	T		√			5	Cekung	LT'	Q'Ilb	SL	SJ
6	B.2	Sijeruk	V24.B	T	√				5	Cekung	LT'	Tpd	L	J
7	B.3	Sijeruk	V24.SB	ST	√				5	Lurus	LB	Qjo	SL	SJ
8	B.6	Sijeruk	V24.SB	ST	√				5	Lurus	LT'	Qjo	S	SJ
9	B.7	Prendangan	V24.SB	ST	√				5	Cekung	LT'	Qjo	S	J
10	B.8	Rejosari	V19.S	S	√				3	Cekung	LB	Q'Ilb	SL	J
11	B.9	Paseh	V21.B	S				√	3	Cekung	LA	Q'Ilb	L	SD
12	B.10	Rejosari	V19.R	S				√	3	Cekung	LT'	Q'Ilb	L	SD
13	B.11	Sigeblog	V19.B	T	√				4	Lurus	LA	Tptd	SD	SD
14	B.12	Sigeblog	V19.B	T	√				4	Cekung	LA	Tptd	SD	SD
15	B.13	Sigeblog	V19.B	T	√				4	Cekung	LT'	Q'Ilb	L	J
16	B.14	Sigeblog	V19.B	T	√				4	Cekung	LB	Q'Ilb	L	J
17	B.15	Sigeblog	V19.B	T	√				4	Cekung	LB	Q'Ilb	SL	SJ
18	B.16	Pekandangan	V24.SB	ST		√			5	Lurus	LT'	Qjo	S	J
19	B.17	Sigeblog	V24.SB	ST	√				3	Cekung	LT'	Qjo	S	J
20	B.18	Beji	V19.S	S			√		5	Cekung	LA	Q'Ilb	SL	J
21	B.19	Kendaga	V24.B	S	√				5	Cekung	LB	Tpd	SD	SJ
22	B.20	Kendaga	V24.B	S			√		4	Cekung	LA	Qjo	SL	J
23	B.21	Kendaga	V24.S	T		√			5	Cekung	LT'	Qjo	SL	J
24	B.22	Kendaga	V24.B	S	√				5	Lurus	LB	Qjo	S	SJ
25	B.23	Kesenet	V21.B	T	√				5	Lurus	LB	Q'Ilb	SL	J
26	B.23	Karangkobbar	V24.B	S		√			5	Cekung	LA	Qjo	SL	SJ

Keterangan:

Sumber: Hasil Survei Lapangan, Juli 2007

Tingkat Bahaya

Longsor:
 SR: Sangat Ringan
 R : Ringan
 S : Sedang
 T : Tinggi
 ST: Sangat Tinggi

Klas Lereng:

1: 0-3%
 2: 4-8%
 3: 9-15%
 4: 16-30%
 5: >30%

Posisi Lereng:

LA: Lereng Atas
 LT: Lereng Tengah
 LB: Lereng Bawah

Litologi:

Qjo: Lava andesit, breksi
 Q'Ilb: Breksi Volkanik
 Tpd: Diorit
 Tptd: Batupasir tufan

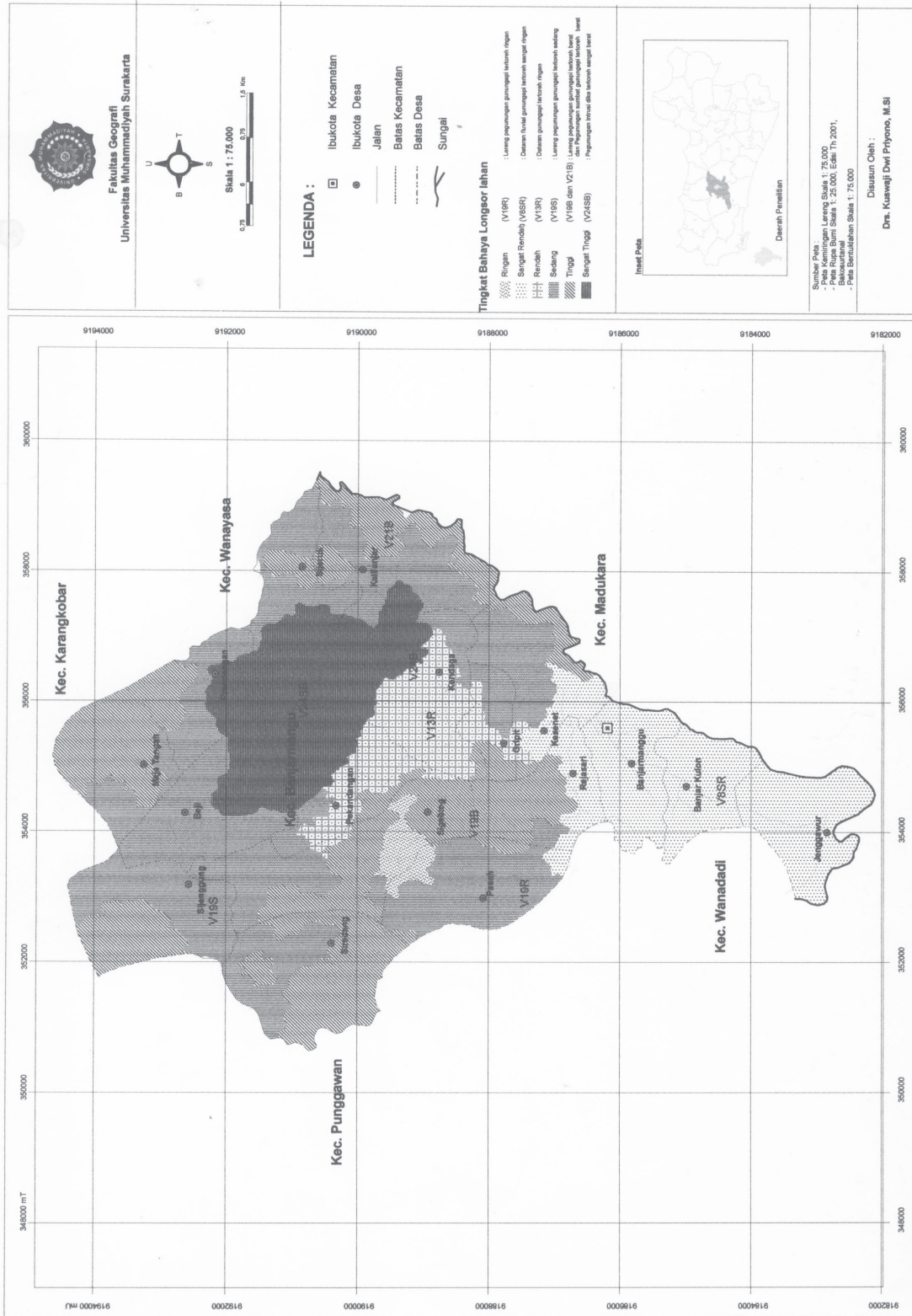
Tingkat Pelapukan:

S: Sempurna
 SL: Sangat Lanjut
 L: Lanjut
 SD: Sedang

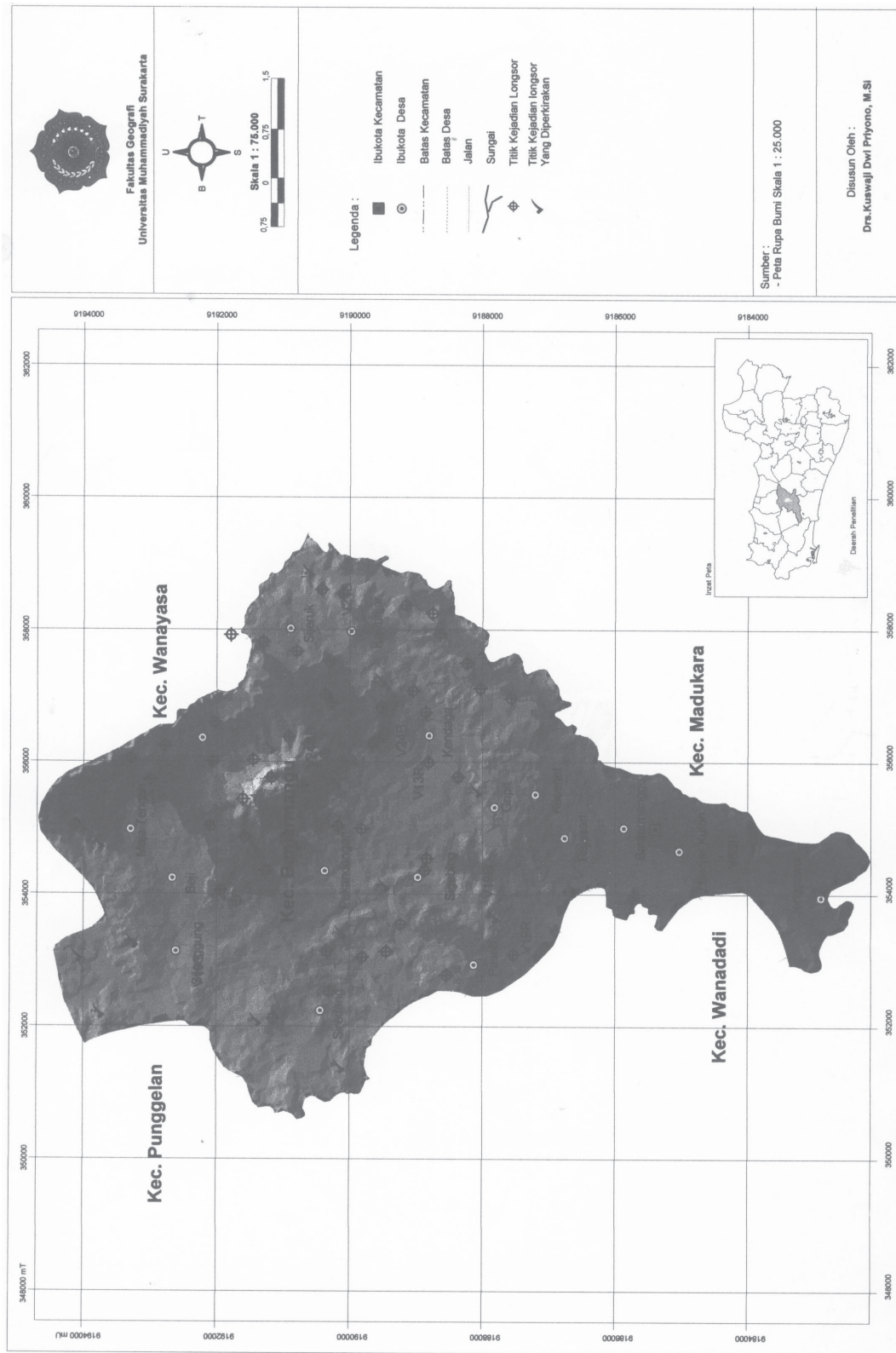
Struktur Batuan:

SJ: Sangat Jelek
 J: Jelek
 SD: Sedang

Lampiran 2. Peta Tingkat Bahaya Longsor Lahan di Kecamatan Banjarnangu Kabupaten Banjarnegara



Lampiran 3. Peta Kejadian Longsor dan Titik Kejadian yang Diperkirakan di Kecamatan Banjarnegara Kabupaten Banjarnegara



ANALISIS KERUANGAN TERHADAP PERUBAHAN DAN PERSEBARAN PERMUKIMAN KUMUH DI KECAMATAN BANJARSARI KOTA SURAKARTA TAHUN 2001 – 2005

Dahroni

Fakultas Geografi Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A. Yani Pabelan Kartasura Tromol Pos I Surakarta 57102, Telp. (0271) 717417
Psw. 151-153, Fax. (0271) 7155448
E-mail: dahroni@ums.ac.id

ABSTRACT

Since the year 1998 up to the mid of 2005, in the district of Banjarsari, there happened an increasing amount of slum areas which might endanger the environmental balance. This research aims at (1) identifying the shift of distribution pattern from the settlement diffusion in the district of Banjarsari Surakarta in the year 2001-2005. (2) Identifying the alteration form of the unoccupied land into slum areas in the district of Banjarsari Surakarta. (3) Identifying the characteristics of slum area dwellers in the district of Banjarsari Surakarta. This research uses the survey method, secondary data analysis and map analysis. The data analysis used is the closest neighbor analysis, table of frequency, crossed tables and descriptive analysis. The result shows that (1) the distribution pattern of the slum areas appeared in the district of Banjarsari in the year 2001 is the random distribution pattern while the one in 2005 is the dissemination pattern. Such pattern indicates the growing amount and interaction with the means of transportation and economic condition in those slum areas. (2) The lands which are altered into slum areas in the district of Banjarsari during 2001-2005 take place in the unoccupied areas owned by the state. (3) The distribution of age among the slum area inhabitants is around 41-61 years of age (49%) while the biggest amount is the new arrivals (57%). The region of Sub province Sragen has the biggest percentage in the distribution of the city inhabitants origin in the district of Banjarsari. Regionally, the inhabitants who come from the hinterland of Surakarta or ex Surakarta residency took the amount of 73.68%. The highest percentage of educational level of the slum area inhabitants in the district of Banjarsari is the uneducated residents or those from low education level (55%). Most of the respondents occupations of the slum area dwellers in Banjarsari are in the informal sectors (82%) The number of family member in the district of Banjarsari is around 1-5 (52%). The total family income of the slum area inhabitants which has the highest percentage are about Rp. 150.000-, Rp. 716.666 (60%). The orientation toward living in the slum areas which has the biggest percentage is a matter of distance to the workplace (72%). The reaction toward condemnation which has the biggest percentage is taken for granted (73%).

Keywords: *distribution, Dwellers/inhabitants, slum areas*

PENDAHULUAN

Salah satu objek studi kependudukan yang cukup menarik untuk dipelajari saat ini adalah menyangkut keadaan permukiman penduduk. Permukiman tidak akan berhenti sebagai sumber masalah dalam sejarah kehidupan manusia. Krisis ekonomi

yang melanda Indonesia semenjak tahun 1998 telah menjadikan perekonomian negara menjadi terpuruk dan berimbas pada penurunan kesejahteraan rakyat. Hampir seluruh wilayah di Indonesia merasakan dampak dari terjadinya krisis ekonomi tersebut, tidak terkecuali di wilayah Kecamatan Banjarsari Kota Surakarta. Keca-

matan Banjarsari memiliki luas area 1.481,1 ha atau sekitar 14,811 km². Sampai tahun 2005 jumlah penduduk yang tercatat sebanyak 162.256 jiwa (sumber : Monografi Kecamatan, 2005). Hampir keseluruhan wilayah Kecamatan Banjarsari memiliki topografi datar dengan kemiringan lereng < 2% dengan kedalaman air tanah yang relatif dangkal. Keadaan tersebut menyebabkan Kecamatan Banjarsari merupakan lokasi yang ideal untuk permukiman.

Selama tahun 1998 – pertengahan 2005 berdasarkan pengamatan penulis telah terjadi peningkatan jumlah keluarga miskin atau keluarga pra sejahtera. Keadaan tersebut salah satunya diindikasikan dengan semakin meningkatnya jumlah permukiman – permukiman kumuh yang tersebar di beberapa titik dalam wilayah Kecamatan Banjarsari seperti kedua sisi wilayah sempadan Sungai Pepe dan Sungai Anyar yang memanjang dari Kelurahan Sumber sampai batas dengan Kecamatan Jebres, wilayah pinggir jaringan rel kereta api serta lokasi – lokasi pondok boro yang ada di Kelurahan Sumber dan Nusukan.

Penambahan jumlah permukiman kumuh di wilayah tersebut jelas akan menimbulkan situasi yang membahayakan bagi lingkungan. Pada lokasi di sempadan sungai misalnya, tekanan penduduk yang terlalu berlebihan berupa munculnya bangunan permukiman dapat menimbulkan bahaya longsor pada tanggul sungai yang ada sehingga dikhawatirkan akan dapat menimbulkan bahaya banjir yang dapat menimbulkan korban manusia. Namun pada sisi yang lain kebutuhan permukiman yang semakin mendesak bagi penduduk yang ada serta peraturan pemerintah yang tidak tegas menyebabkan tindakan pengusuran dari pihak pemerintah dapat me-

nimbulkan gejolak sosial yang juga sangat berbahaya. Salah satu cara yang dilakukan Pemerintah Daerah pada saat ini adalah melakukan pengawasan terhadap peningkatan jumlah dan persebaran lingkungan kumuh di wilayah Kecamatan Banjarsari.

Tujuan Penelitian ini adalah: (1) Mengetahui perubahan pola distribusi dari penjararan (diffusi) permukiman di Kecamatan Banjarsari Kota Surakarta tahun 2001 – 2005. (2) Mengetahui bentuk perubahan penggunaan lahan yang tergantikan untuk kawasan permukiman kumuh di Kecamatan Banjarsari Kota Surakarta. (3) Mengetahui karakteristik dari penghuni permukiman kumuh di Kecamatan Banjarsari Kota Surakarta.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode survai, analisis data sekunder dan analisis peta. Metode survai artinya informasi diperoleh langsung dari responden penghuni kawasan kumuh dengan menggunakan kuisisioner serta pengecekan daerah – daerah yang berubah menjadi permukiman kumuh. Unit analisis data sekunder yang digunakan adalah data yang mencakup tentang kependudukan yaitu kawasan kumuh yang ada selama tahun 2001 – 2005 di Kecamatan Banjarsari Kota Surakarta.

Data yang dibutuhkan: (1) data statistik kependudukan di Kecamatan Banjarsari Kota Surakarta tahun 2001 - 2005. (2) data jumlah dan persebaran permukiman kumuh di Kecamatan Banjarsari Tahun 2001 – 2005. (3) Peta Administratif Kecamatan Banjarsari. (4) Peta persebaran permukiman kumuh di Kecamatan Banjarsari Kota Surakarta.

Analisis data untuk menjawab tujuan I dilakukan melalui pemetaan dengan menggunakan bantuan SIG. Dalam Sistem Informasi Geografi data tersimpan dalam format digital, jumlah data yang besar dapat disimpan dan dipanggil kembali secara cepat dengan basis data spasial. Basis data spasial terbagi menjadi atas dua bagian, yaitu sub himpunan data grafis (peta digital) dan sub himpunan data atribut.

Komponen Sistem Informasi Geografi terdiri dari perangkat keras dan lunak. Perangkat keras yang digunakan terdiri atas seperangkat komputer yang berfungsi untuk menyimpan, menampilkan teks dan interaksi dengan penggunaan, serta meja digitizer yang berfungsi untuk mengubah data analog menjadi data dalam format digital. Plotter dan printer digunakan untuk menayangkan hasil pemrosesan data yang berupa peta. Perangkat lunak Arc info dapat dikelompokkan ke dalam beberapa modul antara lain Arcedit, Arcplot, Arc View, Overlay, data Conversion, Network, dan Tables/info. Perangkat Arc info termasuk perangkat lunak yang berbasis Vektor. Perangkat lunak berbasis vector adalah perangkat lunak yang data grafisnya disimpan dan dimanipulasi serta dianalisis dalam bentuk format vector. Data vector adalah data yang tersusun atas segmen-segmen yang disimpan melalui persamaan matematik tertentu.

Adapun langkah-langkah dalam pengolahan data dengan SIG ada beberapa tahap yaitu :

1. Pemasukan data
2. Manipulasi dan analisis data
3. Keluaran /hasil

Data masukan yang digunakan untuk pengolahan dan pemrosesan dengan SIG

terdiri atas dua macam yaitu data grafis (spasial) dan data atribut (tabular), kumpulan data grafis dan data atribut ini disebut sebagai basis data (database) yang meliputi posisinya dipermukaan bumi dan atribut dari kenampakan tersebut yang tersimpan dalam bentuk titik, garis, area, piksel, ataupun grid.

Setelah dilakukan langkah pemetaan data maka langkah selanjutnya yang dilakukan adalah menganalisis aspek geografis dari peta yang dihasilkan, meliputi :

1. Menganalisis peta persebaran jumlah permukiman kumuh untuk mengetahui jumlah, luas dan persebaran permukiman kumuh yang ada.
2. Menganalisis pola persebaran permukiman kumuh dengan menggunakan analisis tetangga terdekat.

Analisis seperti ini memerlukan data tentang jarak antara satu objek yang paling dekat yaitu objek tetangganya yang terdekat. Sehubungan dengan hal ini tiap objek dianggap sebagai sebuah titik dalam ruang.

Dalam menggunakan analisis tetangga terdekat harus diperhatikan beberapa langkah sebagai berikut : (a) menentukan batas wilayah yang akan diselidiki ; (b) mengubah pola persebaran objek seperti yang terdapat dalam peta topografi menjadi pola persebaran acak ; (c) memberikan nomor urut bagi tiap titik untuk mempermudah cara menganalisisnya; (d) mengukur jarak terdekat yaitu jarak pada garis lurus antara satu titik dengan titik yang lain yang merupakan tetangga terdekatnya dan catatlah ukuran jarak tersebut ; (e) menghitung besar parameter tetangga terdekat (T) dengan menggunakan formula:

$$T = \frac{\bar{ju}}{\bar{jh}}$$

T = Indeks penyebaran tetangga terdekat

\bar{ju} = Jarak rata-rata yang diukur antara satu titik dengan titik tetangganya yang terdekat

\bar{jh} = Jarak rata-rata yang diperoleh andaikata semua titik mempunyai pola random

$$= \frac{1}{2\sqrt{P}}$$

P = Kepadatan titik dalam tiap kilometer persegi yaitu jumlah titik (N) dibagi dengan luas wilayah dalam kilometer persegi

(A) sehingga menjadi $\frac{N}{A}$.

Untuk memperoleh \bar{ju} digunakan cara dengan menjumlahkan semua jarak tetangga terdekat dan kemudian dibagi dengan jumlah titik yang ada. Adapun variabel untuk menentukan suatu lokasi permukiman dapat dikategorikan permukiman kumuh atau bukan dapat dilakukan melalui survei terrestrial

Untuk menjawab tujuan penelitian II dan III digunakan analisis tabel frekuensi. Menurut Masri Singarimbun dan Sofian Efendi (1981), tabel frekuensi digunakan untuk mengetahui karakteristik dan distribusi satu variabel. Di samping itu teknik analisis ini walaupun sederhana tetapi memiliki kemampuan besar untuk mengungkapkan yang hendak diteliti.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan : (1) Melalui perhitungan dengan mendasarkan pada teori yang dikemukakan Bintarto dan Surastopo Hadisumarno (1979) maka nilai yang diperoleh dari pola persebaran permukiman kumuh di Kecamatan Banjarsari tahun 2001 menunjukkan pola persebaran acak, sebab nilai 0,738 lebih mendekati nilai $T = 1$ yang merupakan nilai syarat apabila suatu pola persebaran dianggap sebagai acak. Nilai yang diperoleh dari pola persebaran permukiman kumuh di Kecamatan Banjarsari tahun 2005 menunjukkan pola persebaran mengelompok, sebab nilai 0,448 lebih mendekati nilai $T = 0$ yang merupakan nilai syarat apabila suatu pola persebaran dianggap sebagai mengelompok.

(2) lahan yang peruntukannya tergantikan untuk kawasan permukiman kumuh di Kecamatan Banjarsari Kota Surakarta selama tahun 2001 – 2005 terjadi pada lahan – lahan kosong milik negara terutama pada Bantaran Sungai Pepe dan Sungai Anyar, depan Terminal Induk Bus Tirtonadi, sepanjang Rel Kereta Api Stasiun Balapan yang menuju ke arah timur maupun di kawasan Monumen Banjarsari yang menjadi kawasan perdagangan sekaligus permukiman. Berdasarkan perhitungan luas lahan yang tergantikan untuk kawasan permukiman kumuh selama tahun 2001 – 2005 dengan menggunakan bantuan Sistem Informasi Geografis (SIG) dapat diperoleh luas sebesar 25,639 hektar. Dalam kurun waktu selama 5 tahun, perubahan lahan tersebut dapat dikatakan cukup luas terutama mengingat luas keseluruhan wilayah Kota Surakarta yang hanya mencapai 1.481 hektar.

(3) Distribusi umur penghuni permukiman kumuh di Kecamatan Banjarsari dengan persentase terbesar adalah berusia 41 – 61 tahun sebesar 49% diikuti responden berusia < 41 tahun sebesar 41%. Dengan mengacu pada ketentuan usia produktif adalah 15 – 64 tahun, maka hampir 91% responden termasuk dalam usia produktif; Status kependudukan penghuni permukiman kumuh di Kecamatan Banjarsari dengan persentase terbesar adalah penduduk pendatang sebesar 57%; Daerah asal penghuni permukiman kumuh di Kecamatan Banjarsari dengan persentase terbesar (22,81%) berasal dari wilayah Kabupaten Sragen. Secara kewilayahan, daerah asal penghuni permukiman kumuh di Kecamatan Banjarsari didominasi mereka yang berasal dari *hinterland* (daerah penyangga) Kota Surakarta atau eks wilayah Karesidenan Surakarta yaitu sebesar 73,68%; Tingkat pendidikan penghuni permukiman kumuh di Kecamatan Banjarsari dengan persentase terbesar adalah tidak sekolah – tidak tamat SLTP (kategori tingkat pendidikan rendah) sebesar 55%; Pekerjaan yang dimiliki responden penghuni permukiman kumuh di Kecamatan Banjarsari dengan persentase terbesar adalah pada sektor informal, yaitu sebesar 82%. Pekerjaan yang disebutkan oleh responden (seperti : pedagang, pemulung, tukang becak, buruh bangunan, buruh angkut, penjual makanan maupun jasa penitipan) merupakan pekerjaan yang tidak memerlukan pendidikan ataupun keterampilan khusus; Jumlah anggota keluarga penghuni permukiman kumuh di Kecamatan Banjarsari dengan persentase terbesar adalah 1 - < 5 orang, yaitu sebesar 52%; Pendapatan total keluarga penghuni permukiman kumuh di Kecamatan Banjarsari dengan persentase terbesar adalah Rp. 150.000 - < Rp.716.666, yaitu

sebesar 60%. Tingkat pendapatan ini dikategorikan pendapatan yang rendah; Orientasi bermukim penghuni permukiman kumuh di Kecamatan Banjarsari dengan persentase terbesar adalah dekat dengan tempat kerja, yaitu sebesar 72%. Alasan – alasan yang dikemukakan oleh responden umumnya mengacu pada dua hal, yaitu alasan yang bersifat ekonomis dan aksesibilitas; Reaksi apabila terjadi penggusuran yang dikemukakan responden penghuni permukiman kumuh di Kecamatan Banjarsari dengan persentase terbesar adalah menerima dengan pasrah, yaitu sebesar 73%.

Peningkatan kebutuhan akan lahan, khususnya di daerah perkotaan semakin nampak terutama lahan sebagai wadah untuk menampung kegiatan manusia maupun sebagai wadah untuk bermukim. Peningkatan jumlah penduduk di perkotaan tidak hanya dipengaruhi oleh pertumbuhan penduduk alami semata, tetapi juga dipengaruhi oleh banyaknya pendatang baru baik dari daerah pedesaan maupun dari daerah perkotaan di sekitarnya (Yunus:2001).

Pesatnya perkembangan kota menjadi salah satu daya tarik bagi penduduk di daerah *hinterland*, untuk berbondong-bondong bermigrasi masuk ke daerah perkotaan, hal ini akan berakibat terkonsentrasinya penduduk di sekitar zona inti kota (*core zone*) atau di zone selaput inti kota, seiring dengan pertumbuhan penduduk yang disebabkan oleh faktor alamiah maupun adanya migrasi penduduk ke daerah perkotaan, permintaan akan lahan untuk permukiman juga semakin meningkat, sementara luas lahan kota secara administratif tetap, konsekuensi ekonomis yang harus disandang adalah harga akan lahan semakin meningkat, akibat yang muncul

terutama bagi migran dan juga penduduk kota yang status ekonominya lemah, adalah rendahnya kemampuan untuk memiliki rumah.

Dampak yang terjadi selanjutnya adalah terjadinya pemadatan bangunan (densifikasi) permukiman, yang berakibat menurunnya kualitas permukiman, dengan demikian di daerah perkotaan akan timbul daerah-daerah permukiman yang kurang layak huni yang sangat padat, dan hal ini akan membawa suatu akibat pada kondisi lingkungan permukiman yang buruk, yang selanjutnya disebut sebagai daerah kumuh (*slum area*).

Di Indonesia permukiman kumuh hingga tahun 2000 mencapai 47 ribu hektar. Di kota-kota besar pada tahun 2002 meliputi: Jakarta dengan luasan 4.481,6 hektar dan dihuni oleh 2,4 juta jiwa atau sekitar 20 % dari seluruh penduduknya 4,296 dari luas permukiman keseluruhan, Bandung meliputi 402 hektar dihuni oleh 205.465 jiwa atau 20 %, Surabaya meliputi luasan 2.196 hektar dihuni oleh 900.870 jiwa (25%). (<http://www.Kimpraswil.go.id/humas/infoterkini/ppw091002.htm>).

Beberapa penelitian tentang studi kualitas permukiman kota atau tentang daerah kumuh antara lain: Clinord (1978), mengadakan penelitian di kota-kota besar di India khususnya di kota-kota Calcuta, Bombay, New Delhi, Madras, Madurai dan Ahmebadad, mengindikasikan bahwa kekumuhan di kota-kota besar di India tidak terlepas dari pengaruh pertumbuhan penduduk terutama kepadatannya, sebagai akibat urbanisasi, kemiskinan kebudayaan dan kemauan politik.

Laquian (1971) mengadakan pene-

litian di Manila dan memberikan bobot perhatian yang lebih besar pada aspek-aspek politik di dalam menangani permasalahan permukiman kumuh di Manila. Gilber dan Gugler (1996) didasarkan atas penelitian di Amerika latin dan Afrika dengan memberikan konsentrasi pada aspek urbanisasi dan kemiskinan.

Sutanto (1985), mengemukakan bahwa permukiman kumuh dapat diidentifikasi dari foto udara berdasarkan faktor fisiknya, antara lain: ukuran rumah kecil, kepadatan rumah tinggi, atap dengan rona tidak seragam. Atas dasar morfologinya pada foto udara, permukiman kumuh dapat dibedakan menjadi enam kategori:(1) Daerah permukiman kumuh di daerah lama;(2) Daerah permukiman kumuh di sekitar daerah industri;(3) Daerah permukiman kumuh di sepanjang sungai, rel kereta api dan jalan;(4) Daerah permukiman kumuh di sepanjang kotam/waduk;(5) Daerah permukiman kumuh di daerah pertanian;(6) Daerah permukiman kumuh di proyek perumahan. Muhtadi (1992), mengadakan penelitian untuk disertasi, yakni tentang peran serta warga Kota Jakarta dalam permasalahan Permukiman kumuh. Penelitian ini menghasilkan identifikasi kumuh tidak hanya secara fisik saja tetapi juga meliputi kumuh sosial ekonomi, kumuh budaya dan juga kumuh politik. Dengan demikian penanganan daerah kumuh haruslah melibatkan peran serta masyarakat di dalamnya, bukan berdasarkan ukuran normatif orang yang berada.

Arap (1996), penelitian di daerah kumuh yang berlokasi di Keturahan Sangkrah, Kecamatan Pasar Kliwon Kota Surakarta, mengadakan penelitian pada permukiman kumuh dengan menggunakan pendekatan ekologi. Pendekatan ekologis

dengan menggunakan beberapa parameter, yaitu komponen abiotik dengan parameter kualitas air dan tanah; komponen biotik dengan parameter burung, tumbuhan dan binatang; dan komponen social ekonomi dengan parameter tingkat pendapatan penduduk, tenaga kerja, tingkat pendidikan demografi, kesehatan dan fasilitas sosial.

Djaka (2001) mengadakan penelitian tentang perkembangan permukiman kumuh di kota Yogyakarta tahun 1970-2000. Penelitian ini menggunakan foto udara multi temporal dengan jenis foto udara pankromatik hitam putih serta overlay dengan data terestrial. Hasil dari penelitian ini adalah terdeteksinya perkembangan permukiman kumuh selama tahun 1970 hingga tahun 2000.

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Pemerintah Daerah Kota Surakarta harus berusaha untuk mengatasi permasalahan permukiman kumuh yang ada di Kecamatan Banjarsari sebagai bagian

integral dari wilayahnya secara komprehensif. Penanganan masalah tidak hanya menyangkut penghentian atau penghilangan kawasan permukiman kumuh yang ada tetapi juga harus dikemanakan para penghuninya. Seperti halnya saran dari beberapa ahli permukiman, pendirian rumah – rumah susun bagi warga kurang mampu dengan kondisi layak pakai serta harga yang tidak mahal bisa ditempuh. Sudah saatnya wilayah Kecamatan Banjarsari mengalami pertumbuhan wilayah secara vertikal dan tidak harus selalu secara horizontal yang terus menerus menghabiskan lahan produktif yang masih tersisa.

2. Dalam hubungannya dengan penataan ruang kota, pembangunan permukiman – permukiman sehat yang dilakukan juga harus diimbangi dengan penyediaan lahan – lahan penyeimbang lingkungan seperti taman, jalur hijau ataupun hutan kota. Hal ini cukup penting terutama dalam mengurangi tingginya polusi lingkungan yang terjadi.

DAFTAR PUSTAKA

Arap, Matinguny Adris. 1996. Application of The Ecological Approach to Urban Problems and Solutions: Urban Ecosystems-Focusing on Slum Settlement Environment; Sangkrah Sub-County.Solo Municipality.Pasar Kliwon County.Central JavaProvince, Indonesia. *Tesis*; Post Graduate Studies Program Dept. Of Inter-Disciplinary Studies Gadjah Mada University Yogyakarta Indonesia.

Bintarto dan Surastopo Hadisumarno. 1979. *Metode Analisa Geografi*. Jakarta : LP3ES

Bintarto. 1977. *Geografi Kota*. Yogyakarta: Up Spring

Bintarto. 1983. *Geografi Kota Dan Desa*. Yogyakarta : Up Spring

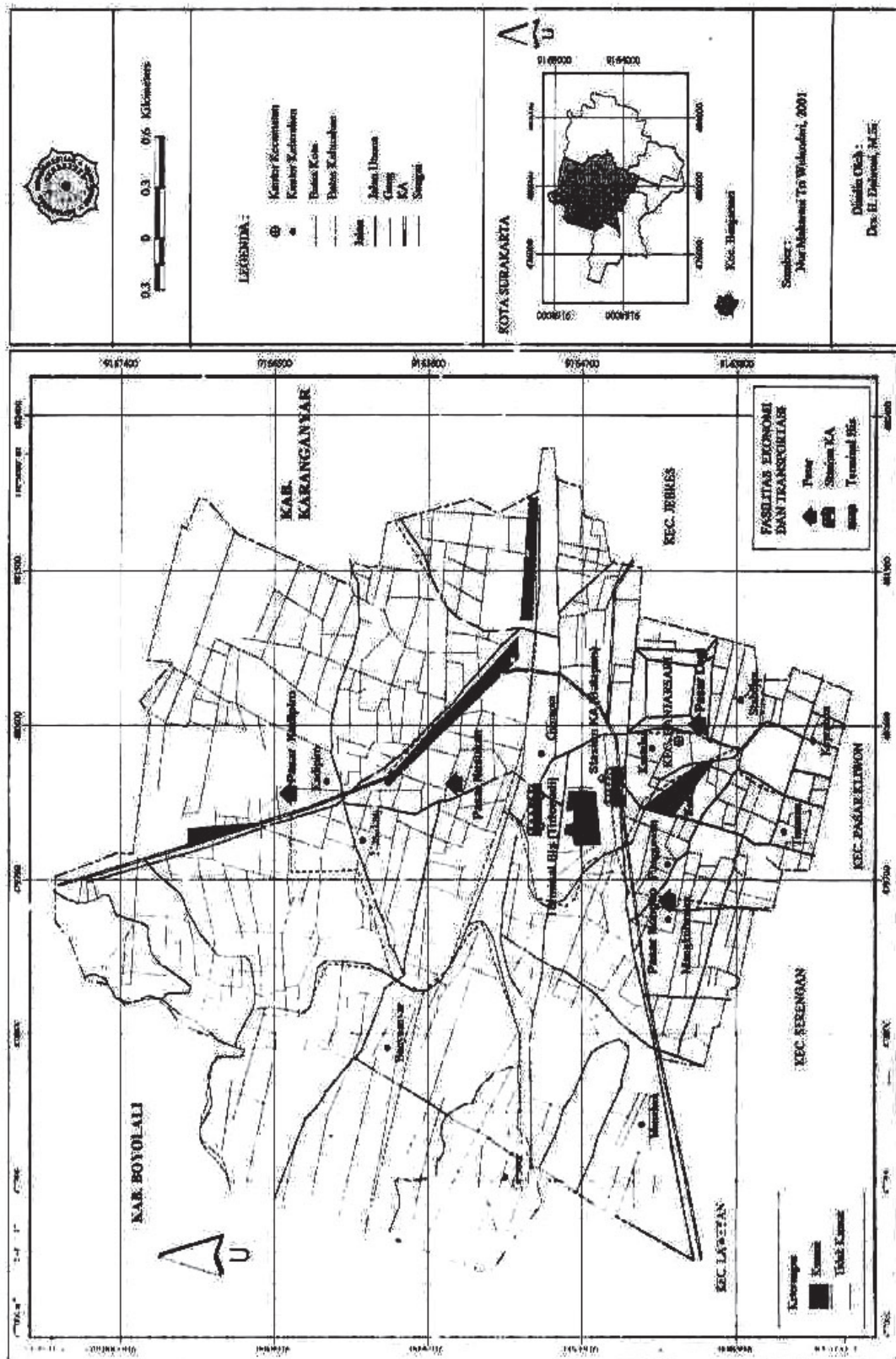
Bintarto. 1984. *Interaksi Desa Kota Dan Permasalahannya*. Yogyakarta : Fakultas Geografi UGM

Budiharjo, Eko. 1984. *Sejumlah Masalah Permukiman Kota*. Bandung: Alumni

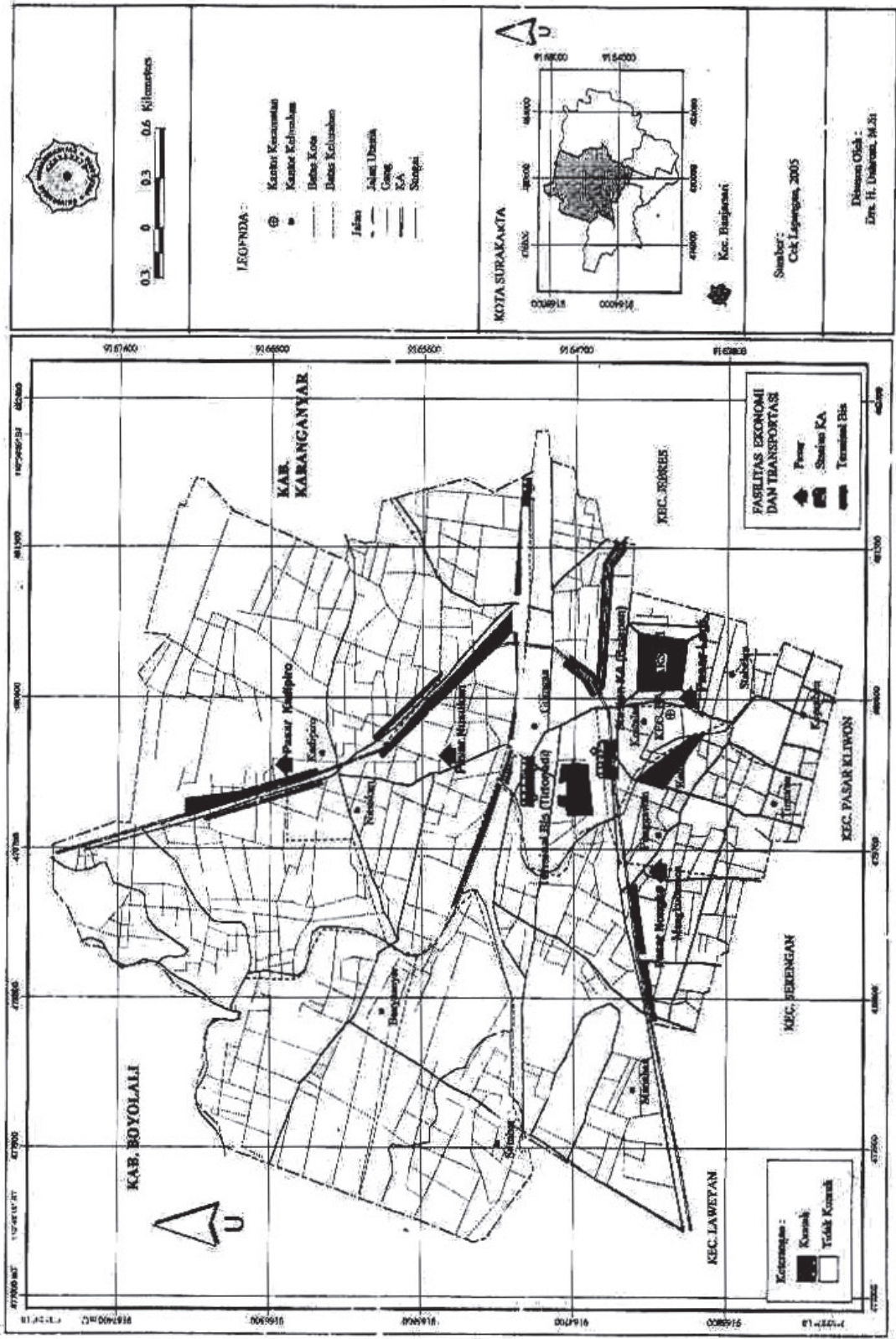
- Budisantoso, Sugiharto. 1996. Penginderaan Jauh. *Diklat Kuliah*. Surakarta: Fakultas Geografi UMS.
- Clinord, Marshal, B. 1978. *Slum and community development*. Toronto - Ontario: CollierMacmillan Canada Ltd.
- Dahroni dan Sugiharto Budisantoso. 1998. Geografi Permukiman I dan II. *Diklat Kuliah*. Surakarta : Fakultas Geografi UMS
- Gilbert, Alan., dan Gugler, Josef. 1996. *Urbanisasi dan Kemiskinan di Dunia Ketiga*. Yogyakarta: Tiara Wacana.
- Ida Bagoes Mantra. 1981. *Pengantar Studi Demografi*. Yogyakarta : Nurcahya
- Kasto.1984. *Geografi Pendudukan dan Permasalahan Kependudukan*. Yogyakarta : Pusat Penelitian Kependudukan UGM
- Laquian, Aprodicio, A. 1971. *Slum are for People*. Honolulu: East-west Centre Press.
- Marwasta, Djaka 2001. Perkembangan Permukiman Kumuh di Kota Yogyakarta Tahun 1970-2000. *Tesis*. Program Pasca Sarjana Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.
- Marwasta, Djaka dan Kuswaji Dwi Priyono. Analisis karakteristik Permukiman Desa-desa Pesisir Di Kabupaten Kulonprogo. *Forum Geografi*, Vol. 21, No. 1 Juli 2007. Hlm 57-68.
- Muhtadi.W., Muhammad. 1992. “Peran Serta Warga Kota Jakarta dalam Permasalahan Permukiman Kumuh”, *Disertasi*, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Schmidt dan Ferguson. 1951. *Rainfall Types Based On Wet And Dry Periode Ration For Indonesia With Western New Guinea No. 42*. Jakarta : Jawatan Meteorologi Dan Geofisika.
- Sinaga, Maruli. 1995. *Pemetaan Data Statistik*. Yogyakarta: Fakultas geografi. Universitas Gadjah Mada
- Singarimbun, Masri dan Soffian Effendi. 1981. *Metode Penelitian Survai*. Jakarta: LP3ES
- Su Ritohardoyo dan Priyono. 2005. Perkembangan Permukiman dan Perubahan Daya Dukung Lingkungan Perdesaan Daerah aliran Sungai Progo. *Jurnal Forum Geografi UMS*, Vol. 19, No. 2 Desember 2005.
- Su Ritohardoyo. 2007. Perubahan Permukiman Perdesaan Pesisir Kabupaten Gunung Kidul DIY Tahun 1996-2003. *Forum Geografi*. Vol.21, No.1, Desember 2007. Hlm 78-92.
- Sudiharjo, Basuki. 1977. *Prinsip Dasar Pembuatan Peta Tematik*. Yogyakarta: Fakultas Geografi UGM
- Sulistiyono, Budi. 1983. Pemetaan Distribusi Dan Kepadatan Penduduk Di Daerah Kotamadya Surakarta Tahun 1982. *Skripsi Sarjana*. Yogyakarta: Fakultas Geografi. Universitas Gadjah Mada
- Sumaatmadja, Nursid. 1981. *Studi Geografi, Suatu Pendekatan Dan Analisa Kernungan*. Bandung: Alumni.
- Sumarwoto, Otto. 1983. *Ekologi Lingkungan Hidup Dan Pembangunan*. Jakarta: Penerbit Djambatan.

- Sutanto. 1985. *Deteksi Kemiskinan di Kota Berdasarkan Foto Udara*. Yogyakarta: Fakultas Geografi UGM - PUSPICS.
- Wulandari, Nur M.T. 2003. Interpretasi Foto Udara dan Aplikasi SIG Untuk Kajian Agihan Daerah Permukiman Kumuh Di Kecamatan Banjarsari Kota Surakarta Tahun 2001. *Skripsi Sarjana*. Surakarta: Fakultas Geografi Universitas Muhammadiyah Surakarta
- Yunus, Hadi Sabari. 2000. *Struktur Tata Ruang Kota*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar Offset

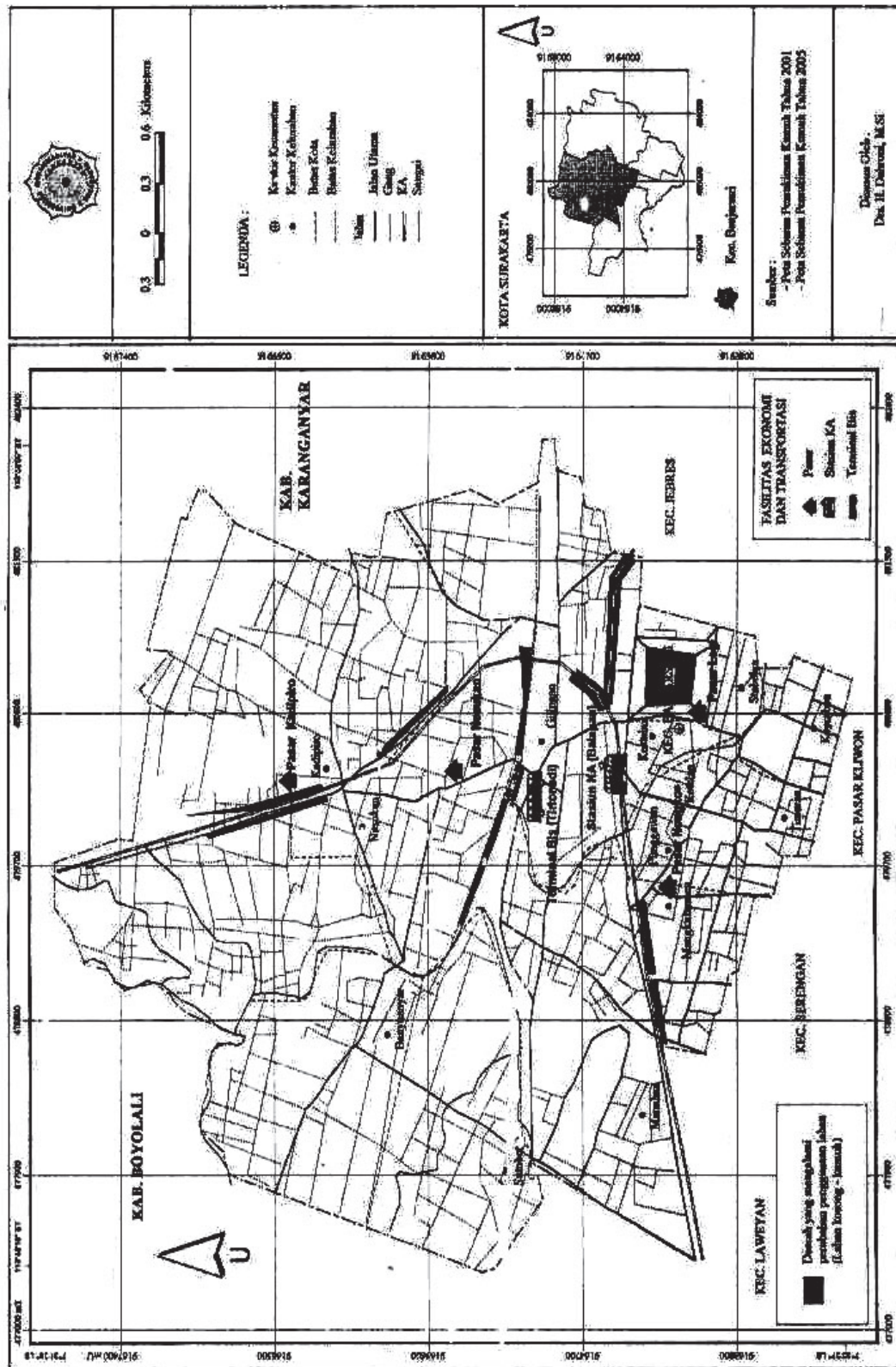
Lampiran 1. Peta Sebaran Permukiman Kumuh di Kecamatan Banjarsari Kota Surakarta Tahun 2005



Lampiran 2. Peta Sebaran Permukiman Kumuh di Kecamatan Banjarsari Kota Surakarta Tahun 2005



Lampiran 3. Peta Perubahan Permukiman Kumuh di Kecamatan Banjarsari Kota Surakarta Tahun 2001 - 2005



AKURASI METODE IDW DAN KRIGING UNTUK INTERPOLASI SEBARAN SEDIMEN TERSUSPENSI

Gatot H. Pramono

Peneliti SIG di Bakosurtanal

Telpon: 021-875-9481, E-mail: gatot@bakosurtanal.go.id

ABSTRAK

Physical conditions of seawater in coastal area can be studied by sampling at several locations. To perform spatial analysis, the data should be interpolated to get the values between sample points. Several approaches for interpolation may result in different outcomes. The purpose of this research is to compare Inverse Distance Weighted (IDW) and Kriging methods. Their parameters are studied using the total suspended sediments in Maros area, South Sulawesi. The results show that the more accurate interpolation is obtained by using IDW method than using Kriging method.

Keywords:

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Data di wilayah pesisir perlu dipelajari untuk berbagai kebutuhan seperti perencanaan pembangunan pelabuhan, pengembangan pariwisata dan budidaya pesisir seperti ikan kerapu, rumput laut dan terumbu karang buatan. Survei lapangan perlu dilakukan untuk mengumpulkan data. Dikarenakan kondisi alam yang terkadang buruk, wilayah cakupan yang luas dan keterbatasan waktu serta dana, maka survei dilakukan dengan mengambil beberapa titik sampel pengamatan. Untuk mengolah dan menganalisa data secara spasial, Sistem Informasi Geografis (SIG) biasanya digunakan. Didalam analisa spasial baik dalam format vektor maupun raster, diperlukan data yang meliputi seluruh studi area. Oleh sebab itu, proses interpolasi perlu dilaksanakan untuk mendapatkan nilai diantara titik sampel.

Ada beberapa metode yang bisa digu-

nakan untuk melakukan interpolasi seperti *Trend, Spline, Inverse Distance Weighted (IDW)* dan *Kriging*. Setiap metode ini akan memberikan hasil interpolasi yang berbeda. Akan menjadi mudah dan bermanfaat bagi pengguna berikutnya apabila ada kajian tentang perbandingan hasil interpolasi dengan metode yang berbeda sehingga metode yang tepat bisa dipilih. Penggunaan metode trend dan spline telah dijelaskan dalam Pramono (2005). Penelitian ini memfokuskan pada penggunaan metode IDW dan *Kriging*.

Maksud dan Tujuan

Maksud dari penelitian ini adalah untuk mempelajari perbedaan akurasi hasil interpolasi dengan menggunakan metode IDW dan *Kriging* pada data sedimen tersuspensi di lepas pantai Kabupaten Maros, Sulawesi Selatan. Studi ini merupakan kelanjutan dari pekerjaan analisis tingkat kesesuaian marine culture yang

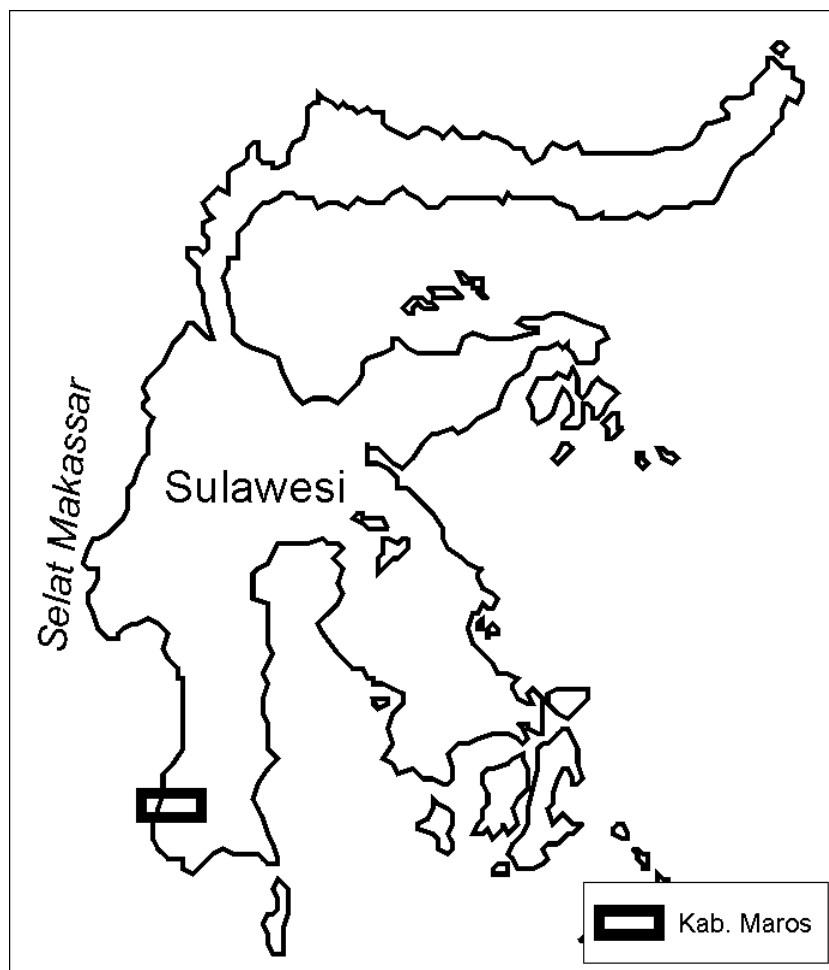
disusun oleh Lembaga Penelitian dan Pemberdayaan Masyarakat IPB (Wiradisastra, dkk, 2004a).

Sedang tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mempelajari keuntungan dan kerugian dari interpolasi dengan menggunakan metode IDW dan *Kriging*,
2. Menjelaskan perbedaan hasil yang diberikan oleh kedua metode tersebut,
3. Menentukan metode yang terbaik yang dapat digunakan untuk interpolasi khususnya pada sebaran sedimen tersuspensi.

Wilayah Studi

Studi ini menggunakan data yang diukur di Selat Makassar di kabupaten Maros, provinsi Sulawesi Selatan (Gambar 1). Kabupaten ini terletak pada posisi geografis antara $119^{\circ}20'17''$ BT sampai $119^{\circ}31'34''$ BT dan $4^{\circ}45'2''$ LU sampai $4^{\circ}59'16''$ LU. Batas-batas dari kabupaten Maros adalah dengan kabupaten Pangkep di bagian utara, kabupaten Bone di bagian timur, selat Makassar di bagian barat dan kota Makassar di bagian selatan. Kabupaten Maros letaknya sekitar 30 km utara dari ibukota Sulawesi Selatan yaitu Makassar. Oleh sebab itu, kabupaten Maros dikenal sebagai kabupaten penyangga kota Makassar.



Gambar 1: Studi area di kabupaten Maros

Luas wilayah kabupaten Maros sekitar 1.613 km² yang meliputi 14 kecamatan dan 103 desa atau kelurahan. Jumlah penduduk di kabupaten Maros pada akhir 2001 sebanyak 279.259 jiwa. Tingkat kepadatan penduduk adalah 168 orang/km². Beberapa suku menghuni di kabupaten ini dengan mayoritas suku Bugis dan Makassar. Curah hujan di kabupaten Maros sangat cukup sehingga memiliki kondisi pertanian yang relatif subur. Curah hujan tertinggi didapatkan pada bulan Februari dengan nilai sekitar 839 mm, sedang curah hujan terendah ditemukan pada sekitar bulan Juni dan Agustus.

Metode Interpolasi

Interpolasi adalah metode untuk mendapatkan data berdasarkan beberapa data yang telah diketahui (Wikipedia, 2008). Dalam pemetaan, interpolasi adalah proses estimasi nilai pada wilayah yang tidak disampel atau diukur, sehingga ter-buatlah peta atau sebaran nilai pada selu-ruh wilayah (Gamma Design Software, 2005). Didalam melakukan interpolasi, sudah pasti dihasilkan. *Error* yang dihasilkan sebelum melakukan interpolasi bisa dikarenakan kesalahan menentukan metode sampling data, kesalahan dalam pengukuran dan kesalahan dalam analisa di laboratorium.

Pada tulisan ini, akan dijelaskan penggunaan metode IDW dan *Kriging* untuk interpolasi. Metode IDW dapat dikelompokkan dalam estimasi *deterministic* dimana interpolasi dilakukan berdasarkan perhitungan matematik. Sedang metode *Kriging* dapat digolongkan kedalam estimasi *stochastic* dimana perhitungan secara statistik dilakukan untuk menghasilkan interpolasi.

Metode IDW

Metode *Inverse Distance Weighted* (IDW) merupakan metode deterministik

yang sederhana dengan mempertimbangkan titik disekitarnya (NCGIA, 1997). Asumsi dari metode ini adalah nilai interpolasi akan lebih mirip pada data sampel yang dekat daripada yang lebih jauh. Bobot (*weight*) akan berubah secara linear sesuai dengan jaraknya dengan data sampel. Bobot ini tidak akan dipengaruhi oleh letak dari data sampel.

Metode ini biasanya digunakan dalam industri pertambangan karena mudah untuk digunakan. Pemilihan nilai pada *power* sangat mempengaruhi hasil interpolasi. Nilai *power* yang tinggi akan memberikan hasil seperti menggunakan interpolasi *nearest neighbor* dimana nilai yang didapatkan merupakan nilai dari data point terdekat.

Kerugian dari metode IDW adalah nilai hasil interpolasi terbatas pada nilai yang ada pada data sampel. Pengaruh dari data sampel terhadap hasil interpolasi disebut sebagai *isotropic*. Dengan kata lain, karena metode ini menggunakan rata-rata dari data sampel sehingga nilainya tidak bisa lebih kecil dari minimum atau lebih besar dari data sampel. Jadi, puncak bukit atau lembah terdalam tidak dapat ditampilkan dari hasil interpolasi model ini (Watson & Philip, 1985). Untuk mendapatkan hasil yang baik, sampel data yang digunakan harus rapat yang berhubungan dengan variasi lokal. Jika sampelnya agak jarang dan tidak merata, hasilnya kemungkinan besar tidak sesuai dengan yang diinginkan.

Metode Kriging

Metode *Kriging* adalah estimasi *stochastic* yang mirip dengan *Inverse Distance Weighted* (IDW) dimana menggunakan kombinasi linear dari *weight* untuk memperkirakan nilai diantara sampel data (Ctech Development Corporation, 2004).

Metode ini ditemukan oleh D.L. Krige untuk memperkirakan nilai dari bahan tambang. Asumsi dari metode ini adalah jarak dan orientasi antara sampel data menunjukkan korelasi spasial yang penting dalam hasil interpolasi ESRI, 1996). Metode *Kriging* sangat banyak menggunakan sistem komputer dalam perhitungan. Kecepatan perhitungan tergantung dari banyaknya sampel data yang digunakan dan cakupan dari wilayah yang diperhitungkan.

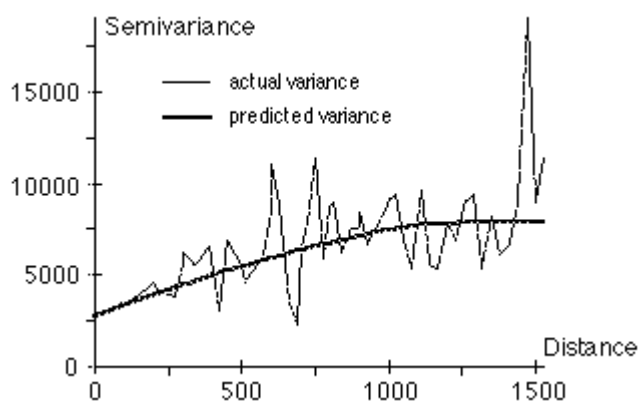
Tidak seperti metode IDW, *Kriging* memberikan ukuran *error* dan *confidence*. Metode ini menggunakan *semivariogram* yang merepresentasikan perbedaan spasial dan nilai diantara semua pasangan sampel data. *Semivariogram* juga menunjukkan bobot (*weight*) yang digunakan dalam interpolasi. *Semivariogram* dihitung berdasarkan sampel *semivariogram* dengan jarak h , beda nilai z dan jumlah sampel data n diperlihatkan pada persamaan di Gambar 2. Pada gambar ini juga ditunjukkan grafik dari sebuah *semivariogram*. Pada jarak yang dekat (sumbu horisontal), *semivariance* bernilai kecil. Tetapi pada jarak yang lebih besar, *semi-variance* bernilai tinggi yang menunjukkan bahwa variasi dari nilai z tidak lagi berhubungan dengan jarak sampel point. Jenis

Kriging yang bisa dilakukan adalah dengan cara *spherical, circular, exponential, gaussian* dan *linear* (ESRI, 1999). Penjelasan yang lebih lengkap tentang kelima jenis *Kriging* ini bisa dilihat pada McBratney & Webster (1986).

Tahapan dalam menggunakan metode ini adalah: analisa statistik dari sampel data, pemodelan variogram, membuat hasil interpolasi dan menganalisa nilai variance. Metode ini sangat tepat digunakan bila kita mengetahui korelasi spasial jarak dan orientasi dari data. Oleh sebab itu, metode ini sering digunakan dalam bidang ketanahan dan geologi. Kelemahan dari metode ini adalah tidak dapat menampilkan puncak, lembah atau nilai yang berubah drastis dalam jarak yang dekat. Untuk keterangan lebih lanjut tentang penelitian metode *Kriging* bisa dilihat dalam tulisan Bancroft & Hobbs (1986) atau Siska & Hung (2001).

METODE PENELITIAN

Pada bagian ini akan dibahas tahapan dalam penelitian. Proses pengumpulan data atau survei lapangan dijelaskan beserta tahapan persiapan data untuk diinterpolasi. Perangkat lunak yang digunakan dan pa-



$$\gamma(\mathbf{h}) = \frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n \{Z(\mathbf{x}_i) - Z(\mathbf{x}_i + \mathbf{h})\}^2$$

Gambar 2: Grafik dan persamaan semi-variogram (ESRI, 1999)

parameter yang dipelajari untuk interpolasi juga dijelaskan.

Pengumpulan dan Persiapan Data

Pengumpulan data parameter bio-fisik dilaksanakan oleh Lembaga Penelitian dan Pemberdayaan Masyarakat IPB (Wiradisastra, dkk, 2004b). Data yang diukur langsung adalah salinitas, oksigen terlarut, kadar keasaman (pH), suhu permukaan dan pengambilan sampel air untuk analisis chlorofil dan sedimen tersuspensi. Total ada 45 titik yang disampel pada wilayah kabupaten Maros. Sampel air yang didapatkan kemudian dianalisa di laboratorium Limnologi, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor.

Dari beberapa jenis data yang dikumpulkan pada survei lapangan, data sedimen tersuspensi atau *Total Suspended Sediment* (TSS) dipilih untuk analisa perbandingan metode interpolasi. Data tersebut dipilih karena memiliki nilai dengan standar deviasi yang cukup tinggi yaitu sekitar 17 mg/l. Nilai minimum dan maksimum TSS adalah

2 mg/l dan 78 mg/l. Dengan kisaran data yang cukup tinggi, diharapkan dapat memberikan hasil interpolasi yang bervariasi. Dari 45 data yang disurvei, hanya ada 23 data yang memiliki nilai TSS. Tabel 1 menunjukkan posisi survei dan nilai TSS yang didapatkan.

Interpolasi Data

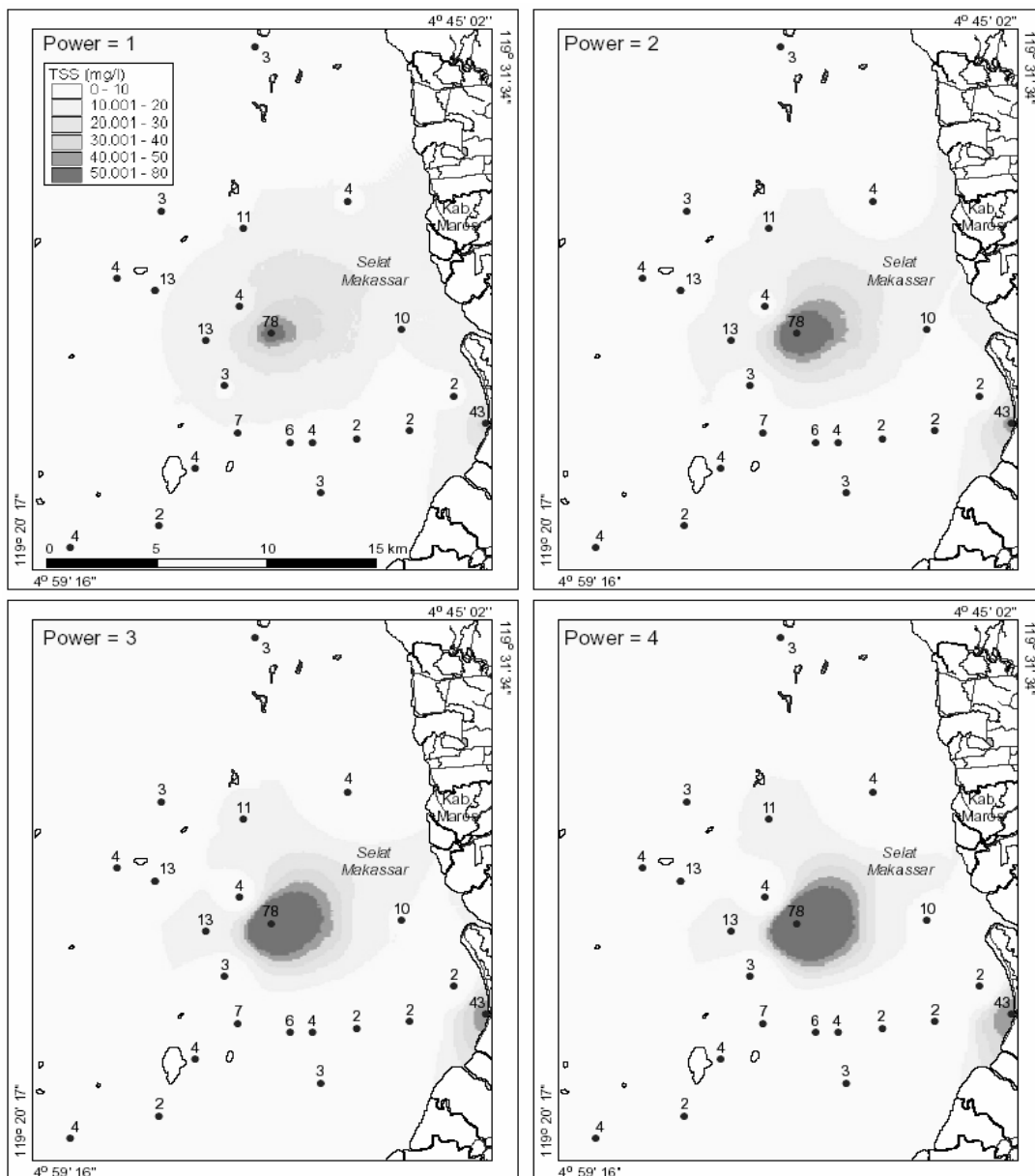
Dalam penelitian ini, perangkat lunak Sistem Informasi Geografis (SIG) yang digunakan adalah ArcView versi 3.2 dari Environmental Systems Research Institute (ESRI). Untuk melakukan proses interpolasi dengan beberapa metode, digunakan ekstensi Spatial Analyst versi 1.1. Sistem operasi yang digunakan adalah Windows XP pada komputer berbasis prosesor Intel Pentium IV dengan kecepatan 2.26 GHz dan kapasitas memori sebesar 256 Megabyte.

Salah satu kelebihan dari perangkat lunak ArcView adalah penyediaan sarana untuk kustomisasi aplikasi dengan bahasa Avenue. Interpolasi digunakan dengan

Tabel 1. Nomer stasiun, lokasi dan nilai sedimen tersuspensi (TSS)

Stasiun	X (m)	Y (m)	TSS (mg/l)	Stasiun	X (m)	Y (m)	TSS (mg/l)
1	779892	9455266	43	17	763098	9462352	3
2	777940	9455100	11	19	767123	9459304	4
3	776421	9454924	7	20	770120	9459668	4
4	775376	9454760	13	21	773103	9459756	13
5	774000	9454570	6	22	776063	9459858	78
6	771986	9454374	3	24	776798	9452038	10
9	768683	9460956	2	25	772353	9451936	5
11	765140	9465610	2	26	764999	9450336	3
13	769396	9473570	2	27	760969	9449240	2
14	772274	9473296	4	28	766670	9453094	4
15	773610	9466084	4	29	768612	9454812	4
16	768855	9464726	3				

Tabel 2. Parameter dan nilai yang diubah dalam interpolasi



Gambar 3: Interpolasi dengan metode IDW dengan perubahan nilai *power*

menjalankan skrip Avenue dan nilainya di-
rubah untuk setiap model interpolasi yang
dibuat. Tabel 2 menunjukkan daftar meto-
de, parameter dan nilai yang dirubah. Untuk
metode IDW, dilakukan sebanyak 8 kali
simulasi dengan mengubah parameter *power*
dan jumlah sampel. Sedang untuk metode
Kriging dilakukan sebanyak 13 kali simulasi
dengan mengubah parameter interval, tipe
dan jumlah sampel. Grid data yang dihasil-
kan memiliki resolusi 100 m dan besar file
hasil interpolasi sekitar 277 kilo byte.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini akan dijelaskan hasil
dari proses interpolasi dengan metode IDW
dan *Kriging*. Pada setiap metode akan
dijelaskan parameter yang bisa dirubah,
perhitungan statistik dan peta dari hasil
interpolasi.

Metode IDW

Dalam interpolasi dengan mengguna-
kan metode IDW, terdapat dua parameter
yang bisa dipelajari yaitu *power* dan jumlah
sampel. Hasil analisa statistik beserta peta
sebarannya dibahas dalam bagian ini.

1. Parameter Power

Power dapat digunakan untuk menen-
tukan pentingnya nilai sampel data pada
perhitungan interpolasi. Interpolasi lokal
bisa dirubah menjadi interpolasi global

dengan merubah *power*. *Power* yang lebih
tinggi akan menjadikan kurangnya
pengaruh dari sampel data sekitarnya dan
hasil interpolasi menjadi lebih detail.

Gambar 3 menunjukkan peta sebaran
TSS dengan metode IDW pada nilai *power*
yang berbeda. Terlihat bahwa semakin
tinggi *power*, wilayah disekitar sampel
dengan nilai tertinggi semakin membesar.

Hasil perhitungan statistik dari
metode IDW dengan nilai *power* yang
berbeda diperlihatkan pada Tabel 3.
Terlihat bahwa nilai minimum dan mak-
simum dari interpolasi mendekati atau
sama dengan nilai dari sampel data. Tidak
ada nilai interpolasi yang negatif atau terlalu
besar. Nilai rata-rata juga menunjukkan
nilai yang serupa, sedang standard deviasi
naik dengan kenaikan *power*. Dengan dem-
ikian dapat disimpulkan bahwa merubah
power tidak merubah secara drastis hasil
interpolasi. Nilai hasil interpolasi juga
dalam kisaran sampel data yang terkumpul
dalam survei.

2. Parameter Jumlah Sampel

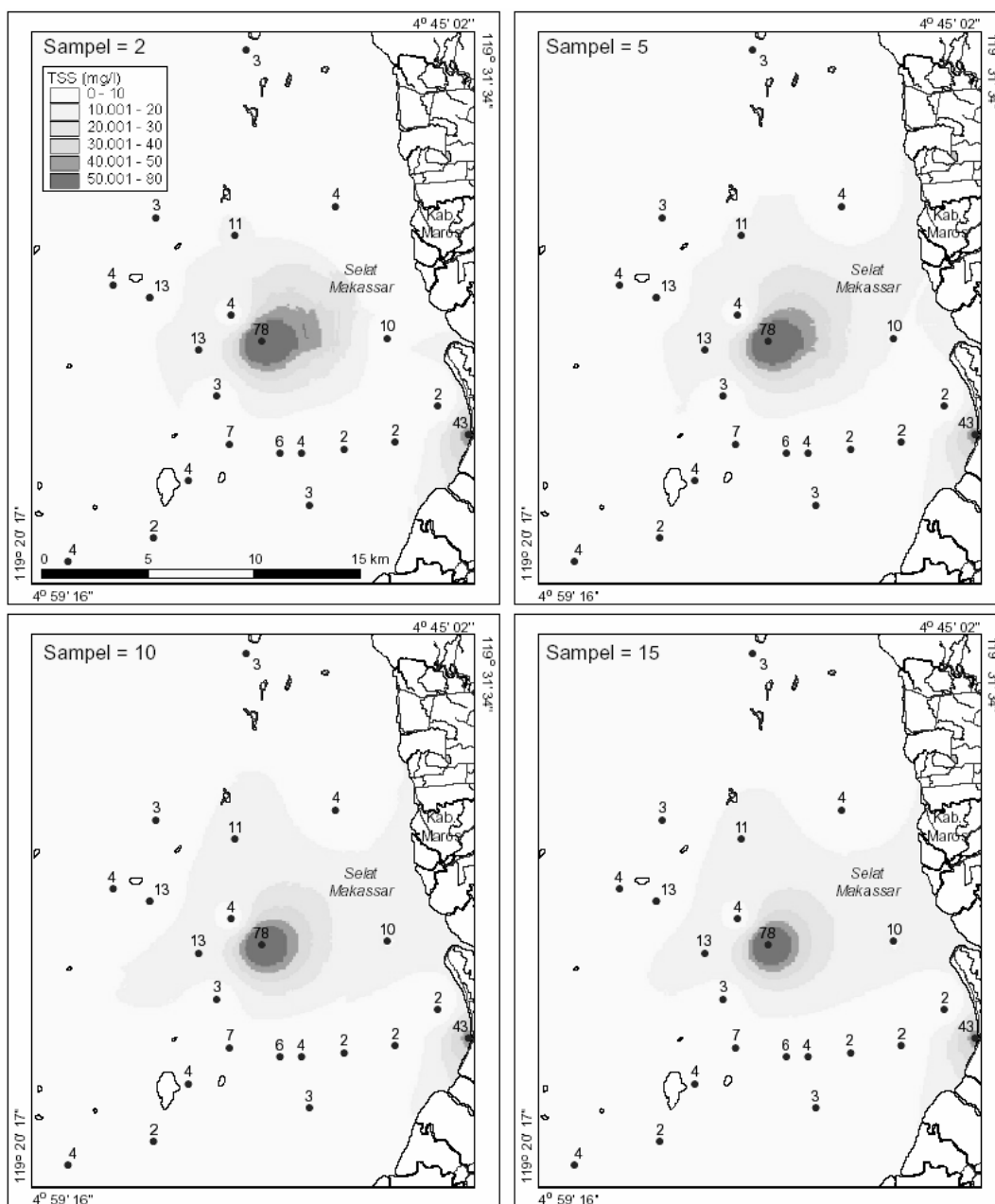
Sampel data yang digunakan adalah
2, 5 10 dan 15. Gambar 4 menunjukkan
sebaran TSS dengan menggunakan metode
IDW dengan sampel data yang berbeda.
Terlihat bahwa tidak ada perubahan bentuk
yang penting dengan perubahan jumlah

Tabel 3. Stastistik dari metode IDW dengan perubahan nilai *power*

<i>Power</i>	Min	Max	Rata ²	Std dev
1	2.08	75.91	8.53	6.39
2	2.00	77.98	8.13	7.96
3	2.00	78.00	7.89	9.34
4	2.00	78.00	7.77	10.37

Tabel 4. Stastistik dari metode IDW dengan perubahan jumlah sampel

Sampel	Min	Max	Rata ²	Std dev
2	2.00	77.99	7.52	8.54
5	2.00	77.98	8.13	7.96
10	2.00	77.98	9.41	6.81
15	2.00	77.98	9.37	6.25



Gambar 4: Interpolasi dengan metode IDW dengan perubahan jumlah sampel

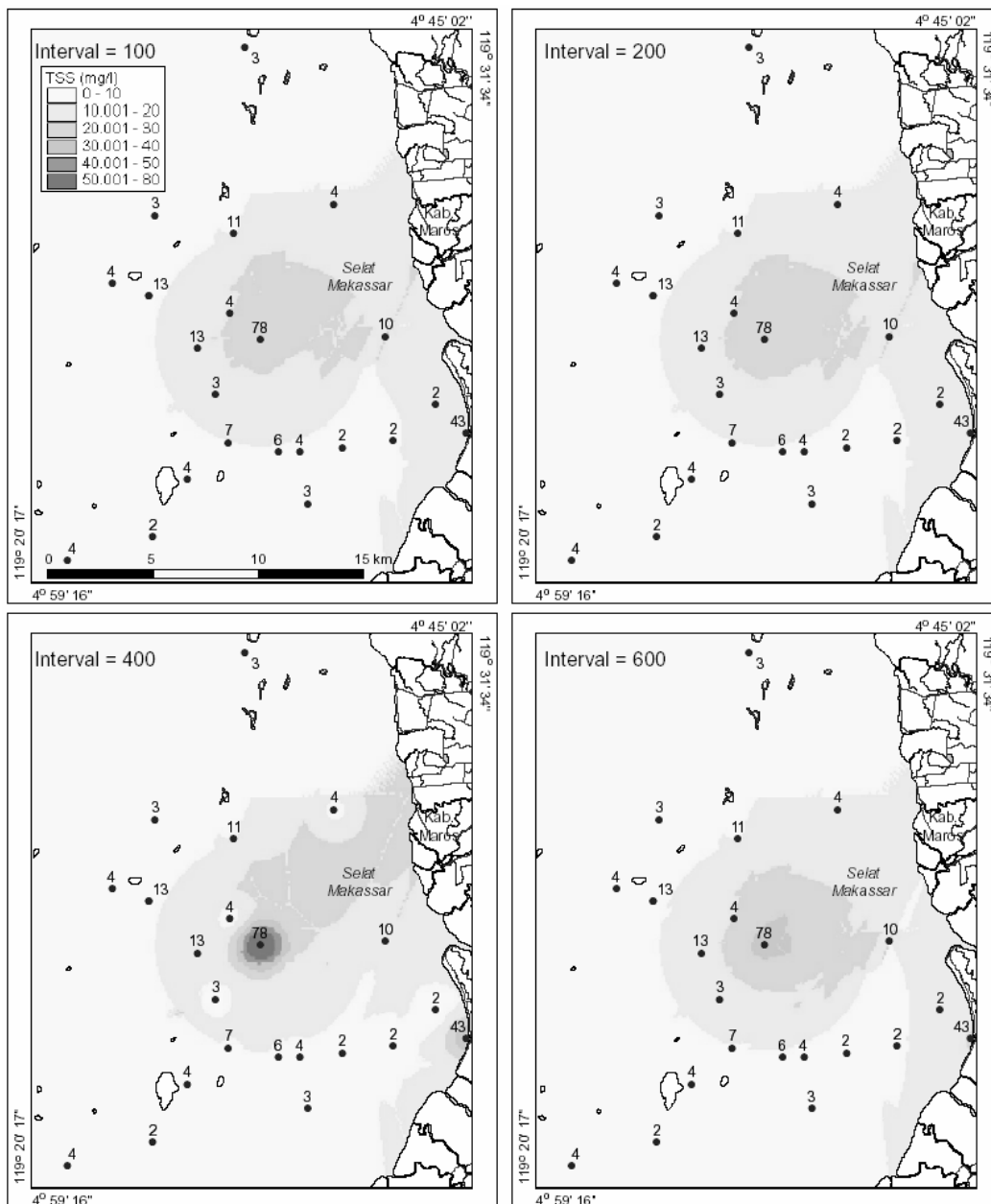
sampel data.

Perhitungan statistik dari penggunaan metode IDW dengan jumlah sampel yang berbeda terlihat pada Tabel 4. Terlihat bahwa nilai minimum dan maksimum tidak mengalami perubahan. Sementara itu, nilai rata-rata dan standard deviasi tidak mengalami perubahan yang berarti. Dengan

demikian dapat disimpulkan penggunaan sampel data tidak memiliki efek yang berarti dalam proses interpolasi.

Metode Kriging

Seperti yang disebutkan sebelumnya, interpolasi dengan metode *Kriging* memerlukan hitungan statistik dari setiap sampel data. Perhitungan statistik ini dilakukan



Gambar 5: Interpolasi dengan metode *Kriging* dengan perubahan interval

Tabel 5. Stastistik dari metode *Kriging* dengan perubahan interval

Interval	Min	Max	Rata ²	Std dev
100	2.55	27.94	8.73	5.74
200	2.54	30.08	8.81	5.89
400	2.03	76.94	8.94	6.69
600	2.50	34.99	8.38	5.93

dengan membuat *semivariogram*. Dalam penelitian ini, pengaruh dari parameter interval, tipe dan jumlah sampel data dipelajari.

1. Parameter Interval

Interval yang digunakan untuk menghitung *semivariogram* adalah 100 m, 200 m, 400 m dan 600 m. Gambar 5 menunjukkan sebaran TSS dari metode *Kriging* dengan interval yang berbeda. Terlihat bahwa bentuk dari sebaran TSS kurang lebih sama meskipun diproses dengan interval yang berbeda.

Tabel 5 menunjukkan stastistik dari penggunaan metode *Kriging* dengan jarak interval yang berbeda. Nilai minimum tidak terlalu berubah pada 100, 200 dan 600 m interval. Nilai maksimum yang sebanding dengan nilai maksimum dari sampel data terlihat dengan menggunakan interval sebesar 400 m. Sedang dengan interval lain, nilai maksimum terlalu rendah dibandingkan dengan nilai maksimum data yang terkumpul. Nilai rata-rata dan standard deviasi tidak mengalami perubahan yang berarti. Dapat disimpulkan bahwa perhitungan dengan interval 400 m telah menunjukkan nilai minimum dan maksimum mendekati dengan nilai dari sampel data.

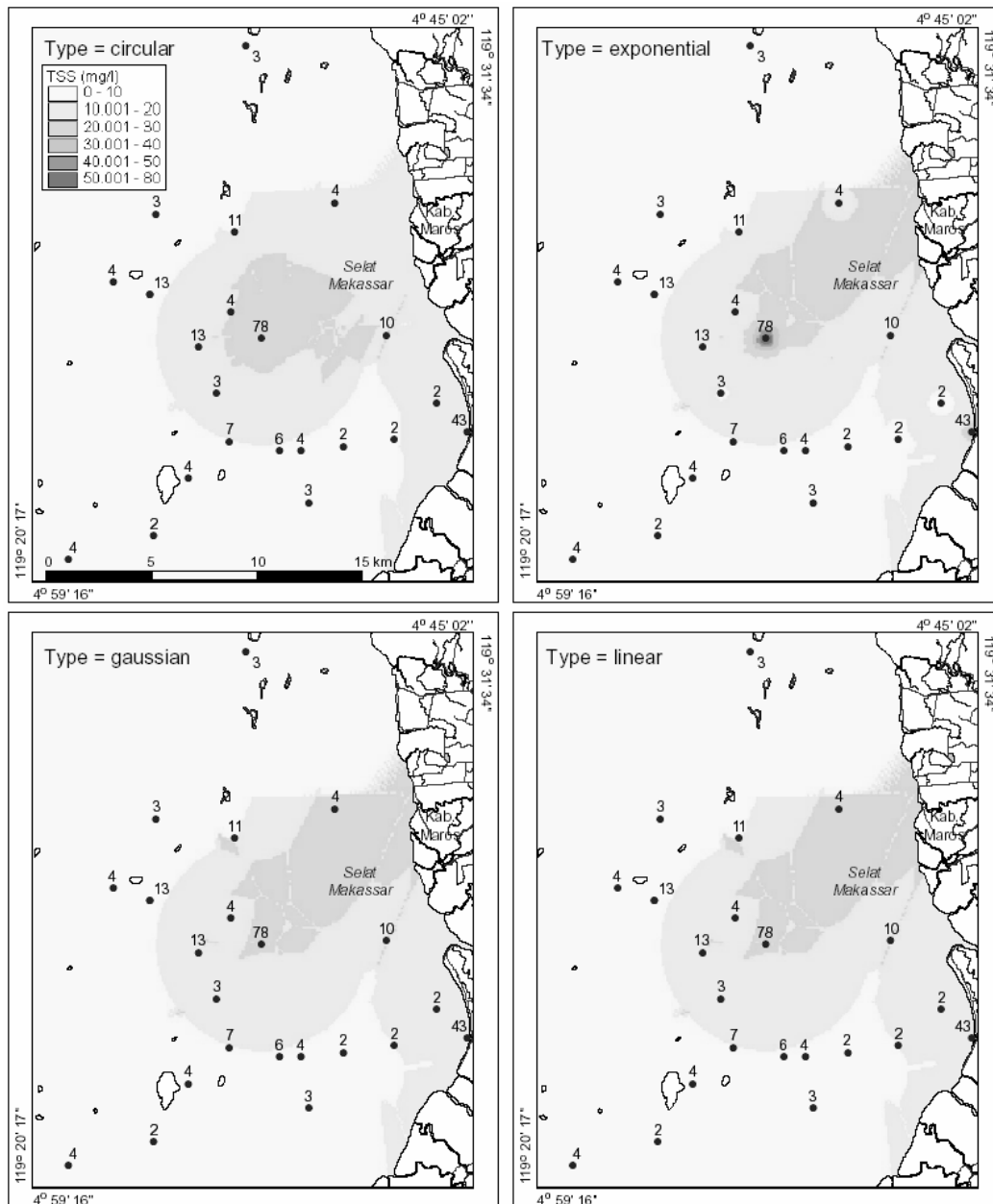
2. Parameter Tipe

Metode *Kriging* dapat dilakukan dengan 5 jenis pendekatan yaitu: *spherical*, *circular*, *exponential*, *gaussian* dan *linear*. Gambar 6 menunjukkan grid hasil interpolasi *Kriging* dengan tipe yang berbeda. Untuk tipe *spherical* bisa dilihat pada hasil *Kriging* dengan interval 400 m pada Gambar 5. Tidak terlihat perubahan pada sebaran TSS dengan penggunaan tipe yang berbeda.

Tabel 6 menunjukkan perhitungan statistik dari setiap tipe dari metode *Kriging*. Nilai minimum secara umum tidak begitu berubah. Sedang nilai maksimum interpolasi yang mendekati nilai maksimum sampel data terdapat pada tipe *spherical* dan *exponential*. Untuk tipe *circular*, *gaussian* dan *linear*, nilai maksimumnya lebih rendah yaitu kurang dari 30. Sementara itu, nilai rata-rata dan standar deviasi tidak begitu berubah dengan tipe *Kriging* yang berbeda. Dari sini dapat disimpulkan bahwa tipe *spherical* atau *exponential* lebih layak digunakan karena kisaran hasil interpolasi sangat mirip dengan kisaran sampel data.

3. Parameter Jumlah Sampel

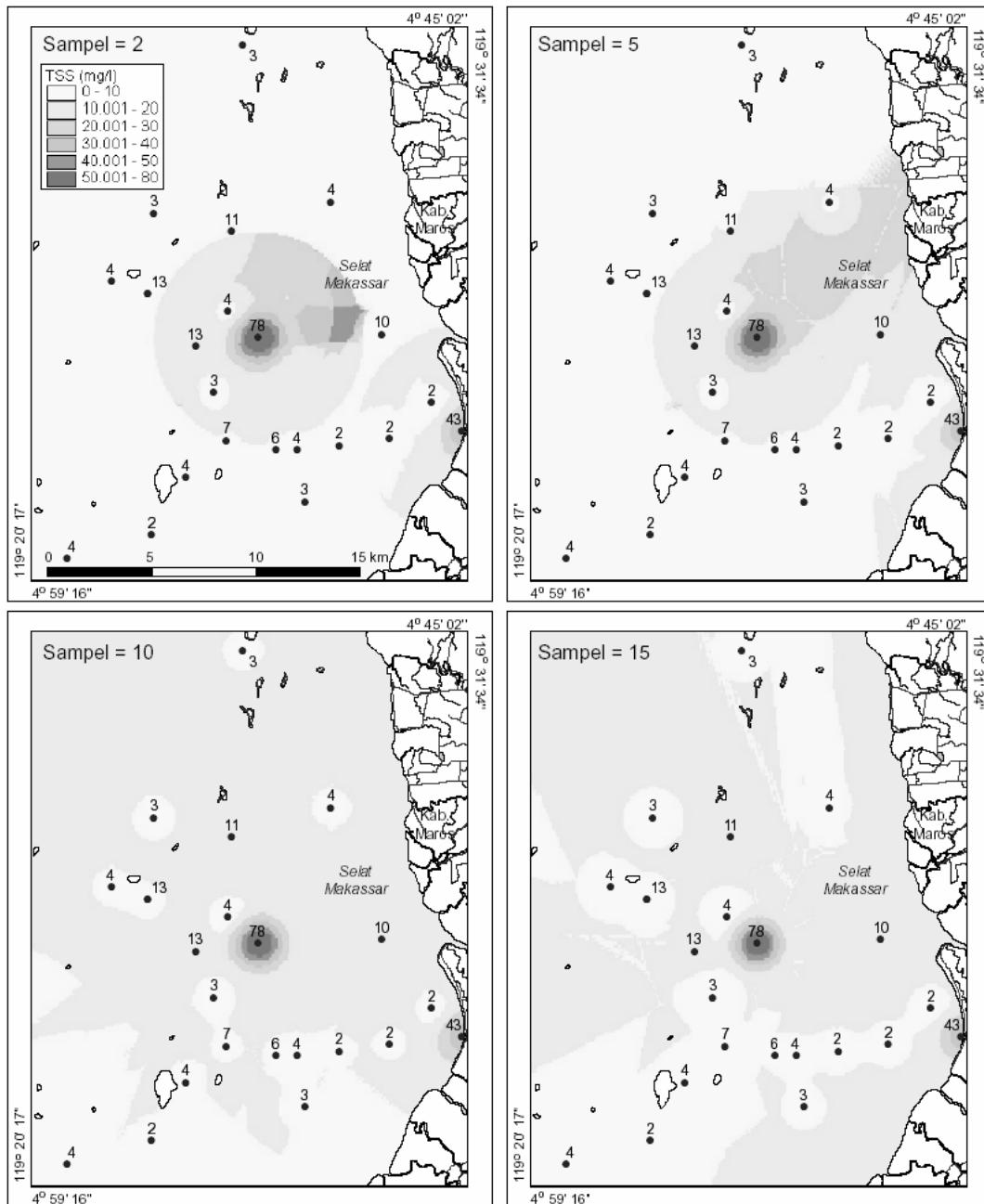
Pada penelitian ini, jumlah sampel data yang digunakan untuk interpolasi adalah 2, 5, 10 dan 15 sampel. Gambar 7 menunjukkan sebaran TSS dari metode



Gambar 6: Interpolasi dengan metode *Kriging* dengan perubahan tipe

Tabel 6. Statistik dari metode *Kriging* dengan perubahan tipe

Tipe	Min	Max	Rata²	Std dev
<i>Spherical</i>	2.03	76.94	8.94	6.69
<i>Circular</i>	2.55	28.00	8.57	5.64
<i>Exponential</i>	2.10	75.03	8.98	6.03
<i>Gaussian</i>	2.60	27.40	8.99	5.86
<i>Linear</i>	2.60	27.40	8.99	5.86



Gambar 7: Interpolasi dengan metode *Kriging* dengan perubahan jumlah sampel

Tabel 7. Statistik dari metode *Kriging* dengan perubahan jumlah sampel

Sampel	Min	Max	Rata ²	Std dev
2	2.00	77.03	7.65	7.20
5	2.03	76.94	8.94	6.69
10	2.13	76.85	11.94	4.80
15	2.30	76.78	10.99	3.63

Kriging dengan menggunakan jumlah sampel data yang berbeda. Terlihat bahwa ketika hanya diperlukan 2 sampel data saja untuk interpolasi, bentuk mirip lingkaran terlihat mengitari pada sampel data dengan nilai maksimum. Hal ini dikarenakan sedikit sampel data yang digunakan. Sedang pada 10 dan 15 sampel terlihat beberapa lingkaran terbentuk pada sampel data kurang dari 10.

Perhitungan statistik dari metode *Kriging* dengan sampel data yang berbeda ditampilkan pada Tabel 7. Disini terlihat bahwa nilai minimum dan maksimum hasil interpolasi tidak berubah banyak dengan jumlah sampel data. Sedang nilai rata-rata yang tinggi dan standar deviasi yang rendah ditemukan pada 10-15 sampel data. Dengan ini dapat disimpulkan bahwa jumlah sampel data tidak memiliki pengaruh yang besar dalam menentukan bentuk sebaran data dan beberapa parameter statistik.

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Beberapa hal dapat disimpulkan dari penelitian perbandingan metode interpolasi *Inverse Distance Weighted* (IDW) dan *Kriging* dengan menggunakan data *total suspended sediment* (TSS) yaitu sebagai berikut:

1. Metode IDW memberikan hasil interpolasi yang lebih akurat dari metode *Kriging*. Hal ini dikarenakan semua hasil dengan metode IDW memberikan nilai mendekati nilai minimum dan maksimum dari sampel data. Sedang metode *Kriging* terkadang memberikan hasil interpolasi dengan

kisaran yang rendah. Opsi power dan jumlah sampel tidak memberikan perubahan yang signifikan pada hasil interpolasi.

2. Jika ingin menggunakan metode *Kriging*, opsi interval 400 m dan tipe *spherical* atau *exponential* perlu dipilih untuk proses interpolasi karena menghasilkan data yang mendekati kisaran dari sampel data. Hal ini tentu disesuaikan dengan skala dan resolusi grid yang dibuat.

Sedang rekomendasi yang bisa disampaikan adalah sebagai berikut:

1. Untuk penelitian kedepan, metode interpolasi sebaiknya diujikan juga dengan data yang telah disurvei pada lokasi yang sama seperti suhu permukaan, pH, chlorophyl dan lain-lain. Hal ini akan memastikan apakah metode yang sama bisa digunakan untuk data dengan kisaran dan nilai yang berbeda.
2. Penelitian yang juga masih terbuka adalah perbandingan metode interpolasi pada sebaran data TSS yang berbeda. Ada kemungkinan bahwa metode interpolasi yang lain bisa lebih unggul dengan input sampel data yang lengkap pada jarak yang teratur.
3. Didalam hal survei lapangan, akan lebih baik untuk mengumpulkan sampel yang mencakup wilayah studi secara tersebar dan merata. Hal ini akan berpengaruh pada kualitas interpolasi. Selain itu sampel yang tersebar secara merata juga memungkinkan digunakan untuk mengecek keberhasilan hasil interpolasi secara lebih baik.

REFERENSI

- Bancroft, B.A. & Hobbs, G.R. 1986. Distribution of Kriging Error and Stationarity of the Variogram in a Coal Property. *Mathematical Geology* 8(7): 635-651.
- ESRI. 1996. *Using the ArcView Spatial Analyst*. Redlands, Environmental Systems Research Institute, Inc.
- ESRI. 1999. *ArcView Help*. Redlands, Environmental Systems Research Institute, Inc.
- Gamma Design Software. 2005. *Interpolation in GS+*. <http://www.geostatistics.com/OverviewInterpolation.html> (23 Juni 2008).
- McBratney, A.B. & Webster, R. 1986. Choosing Functions for Semivariograms of Soil Properties and Fitting Them to Sampling Estimates. *Journal of Soil Science* 37:617-639.
- NCGIA. 2007. *Interpolation: Inverse Distance Weighting*. <http://www.ncgia.ucsb.edu/pubs/spherekit/inverse.html> (23 Juni 2008).
- Pramono, G. 2005. Perbandingan Metode Trend dan Spline untuk Interpolasi Sebaran Sedimen Tersuspensi Di Kabupaten Maros, Sulawesi Selatan. *Jurnal Ilmiah Geomatika* 11(1): 20-32.
- Siska, P.P. & Hung, I.K. 2001. *Assesment of Kriging Accuracy in the GIS Environment*. <http://gis.esri.com/library/userconf/proc01/professional/papers/pap280/p280.htm> (23 Juni 2008).
- Watson, D.F. & Philip G.M. 1985. *A Refinement of Inverse Distance Weighted Interpolation*. *Geo-Processing* 2: 315-327.
- Wikipedia. 2008. *Interpolasi*. <http://en.wikipedia.org/wiki/Interpolation> (23 Juni 2008)
- Wiradisastra, U.S. dkk. (2004a). *Laporan Akhir – Analisis Tingkat Kesesuaian Marine Culture Wilayah ALKI II, Buku II (Kajian ilmiah)*. Bogor, Lembaga Penelitian dan Pemberdayaan Masyarakat, IPB.
- Wiradisastra, U.S. dkk. (2004b). *Laporan Akhir – Analisis Tingkat Kesesuaian Marine Culture Wilayah ALKI II, Buku I (Teknis – analisis)*. Bogor, Lembaga Penelitian dan Pemberdayaan Masyarakat, IPB.