

Ketua Penyunting:

Drs. Priyono, M.Si.

Wakil Ketua Penyunting:

M. Amin Sunarhadi, S.Si., M.P.

Dewan Penyunting:

Agus Anggoro Sigit, S.Si.

M. Amin Sunarhadi, S.Si., M.P.

Drs. H. Kuswaji Dwi Priyono, M.Si.

Dr. Ir. Imam Hardjono, M. Si.

Dra. Hj. Umrotun, M.Si.

Drs. H. Yuli Priyana, M.Si.

Distribusi dan Pemasaran:

Drs. H. Yuli Priyana, M.Si.

Kesekretariatan:

Agus Anggoro Sigit, S.Si.

Periode Terbit: Juli dan Desember

Terbit Pertama: Juli 1987

Cetak Sekali Terbit: 400 exp

Alamat Redaksi:

Fakultas Geografi Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A. Yani Pabelan Kartasura Tromol Pos I Surakarta 57102, Telp (0271) 717417 Psw 151-153,
Fax: (0271) 715448, E-mail: forumgeografi_ums2008@yahoo.com atau
drspriyono@yahoo.com

DAFTAR ISI

ANALISIS KESESUAIAN LAHAN WILAYAH PESISIR KOTA BENGKULU MELALUI PERANCANGAN MODEL SPATIAL DAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS (SIG) <i>Yulian Fauzi, dkk</i>	101 - 111
PENAFSIRAN LUAS BIDANG DASAR TEGAKAN PINUS MERKUSII MENGGUNAKAN FOTO UDARA DI KESATUAN PEMANGKUAN HUTAN (KPH) KEDU PERUM PERHUTANI UNIT 1 JAWA TENGAH <i>Sahid</i>	112 - 122
PENGEMBANGAN APLIKASI SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS (SIG) BERBASIS WEB UNTUK MANAJEMEN PEMANFAATAN AIR TANAH MENGGUNAKAN PHP, JAVA DAN MYSQL SPATIAL (Studi Kasus di Kabupaten Banyumas) <i>Jumadi dan Sigit Widiadi</i>	123 - 138
MONITORING DAN EVALUASI DAERAH ALIRAN SUNGAI DENGAN PENGINDERAAN JAUH DAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS <i>Beny Harjadi</i>	139 - 152
APLIKASI SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS PADA PEMANTAUAN STATUS GIZI BALITA DI DINAS KESEHATAN KABUPATEN SUKOHARJO <i>Mutalazimah, dkk</i>	153 - 166
KESENJANGAN DALAM PEMBANGUNAN KEWILAYAHAN <i>Saratri Wilonoyudho</i>	167 - 180
PENGARUH TOPOGRAFI DAN KESARANGAN BATUAN KARBONAT TERHADAP WARNA TANAH PADA JALUR BARON-WONOSARI KABUPATEN GUNUNGKIDUL, DIY <i>Joko Mulyanto dan Surono</i>	181 - 195
Biodata Penulis Mitra Bestari	196 - 198

PENGANTAR DEWAN PENYUNTING

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Pemanfaatan teknologi penginderaan jauh dan Sistem Informasi Geografis banyak diaplikasikan secara luas. Tidak saja untuk mengkaji objek geografi tetapi juga objek-objek lain yang berhubungan dengan kajian keruangan misalnya bidang kehutanan, pertanian, kesehatan, dan lain-lain. Lima dari sekian pada jurnal kali ini menggunakan penginderaan jauh dan Sistem Informasi Geografis untuk mengkaji objek penelitiannya. Karena kedua alat tersebut memberikan informasi keruangan yang mantap dan terintegrasi mulai dari implementasinya untuk kajian kesesuaian lahan untuk wilayah pesisir, bidang kehutanan, manajemen pemanfaatan air tanah, monev Daerah Aliran Sungai, dan bidang kesehatan. Dua artikel terakhir mengkaji tentang kesenjangan dalam pembangunan wilayah dan pengaruh topografi dan kesarangan.

Penulis artikel edisi ini mulai ada perluasan baik kajian yang variatif maupun asal penulis dan tentu yang paling penting adalah kompetensi di bidang geografi. Perluasan ini tentu kita terus kembangkan menyesuaikan dengan kebutuhan mutu yang tertera pada elemen akreditasi. Beberapa penulis dari kalangan luar geografi yang memasukkan artikel pada Forum Geografi pertanda betapa eratnya kajian geografi dengan kajian ilmu lain terutama yang berbasis keruangan. Semoga pada edisi yang akan datang, banyak artikel yang mengisi jurnal ini baik yang berasal dari geografi maupun pakar lain yang objek kajiannya relevan dengan geografi.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Surakarta, Desember 2009

Dewan Penyunting

ANALISIS KESESUAIAN LAHAN WILAYAH PESISIR KOTA BENGKULU MELALUI PERANCANGAN MODEL SPASIAL DAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS (SIG)

Yulian Fauzi *, Boko Susilo ** dan Zulfia Memi Mayasari *

*Dosen Fakultas MIPA Universitas Bengkulu

**Dosen Fakultas Teknik Universitas Bengkulu

E-mail: yulian.fauzi@yahoo.com

ABSTRACT

This research is aimed to allocate land management and use coastal and ocean area Sub-Province base on digital through Geographical Information System (GIS). This research was done in the coastal area Kota Bengkulu, through spatial allocate analysis and land suitability analysis for brackish water fish ponds, maritime tourism and conservation areas. Approach used in this research is spatial analysis to parameter/variable and land suitability criteria consist of element abiotik, biotik, culture, and spatial use (RTRW). Land suitability analysis is done by using SIG through overlay technique. Result of research indicate that from 7 sub district of coastal area of exist in Kota Bengkulu, land suitability (S1) for brackish water fish ponds are found in sub-district Muara Bangkahulu and Kampung Melayu. Land suitability (S 1) for the maritime tourism are found in sub-district Teluk Segara and Ratu Samban, while Land suitability (S 1) for conservation area of are found in sub-district Kampung Melayu.

Keywords: *coastal area, spatial model, land suitability, GIS*

PENDAHULUAN

Pemanfaatan Sistem Informasi Geografis (SIG) menjanjikan pengelolaan sumber daya dan pembuatan model terutama model kuantitatif menjadi lebih mudah dan sederhana. SIG merupakan suatu cara yang efisien dan efektif untuk mengetahui karakteristik lahan suatu wilayah dan potensi pengembangannya. Aplikasi SIG untuk pengelolaan wilayah pesisir dan laut telah banyak digunakan seperti penyusunan basis data wilayah pesisir dan evaluasi kesesuaian lahan pesisir (Fauzi, 2008; Islam, 2006, Tahir, 2002) monitoring dan manajemen *shoreline* (Li, 1998), dan perencanaan zone (Bhardwaj, 2002).

Salah satu kemampuan penting dari SIG adalah kemampuannya dalam melakukan analisis dan pemodelan spasial untuk menghasilkan informasi baru. Burrough dalam Danoedoro (1996) menjelaskan bahwa dalam SIG, entitas atau nilai atribut baru dapat diciptakan dari entitas yang telah ada beserta atributnya, baik yang bersifat eksak maupun tidak. Secara matematis, untuk sembarang lokasi nilai yang diturunkan dari suatu atribut dapat direpresentasikan dengan fungsi matematis sederhana seperti model USLE (*Universal Soil Loss Equation*).

Kota Bengkulu merupakan salah satu wilayah administrasi yang mempunyai wilayah kecamatan pesisir yang cukup luas (Fauzi, 2006). Sumber daya wilayah pesisir di daerah ini pada umumnya belum dikelola dan dimanfaatkan secara optimal dan bahkan belum dilakukan inventarisasi secara sistematis dan berkelanjutan. Bahkan pemanfaatan lahan wilayah pesisir cenderung lebih berorientasi ke aspek ekonominya dan kurang mempertimbangkan aspek kelestarian dan daya dukung lahan (kesesuaian lahan). Menurut Harjadi (2004) agar pemanfaatan lahan dapat optimum perlu dilakukan evaluasi kesesuaian lahan.

Kesesuaian lahan (*land suitability*) merupakan kecocokan (*adaptability*) suatu lahan untuk tujuan penggunaan tertentu, melalui penentuan nilai (kelas) lahan serta pola tata guna lahan yang dihubungkan dengan potensi wilayahnya, sehingga dapat diusahakan penggunaan lahan yang lebih terarah berikut usaha pemeliharaan kelestariannya. Pengembangan daerah yang optimal dan berkelanjutan membutuhkan suatu pengelolaan keruangan wilayah pesisir yang matang. Berkaitan dengan hal tersebut, maks kajian tentang model pengelolaan dan arahan pemanfaatan wilayah pesisir yang berbasis digital dengan menggunakan SIG merupakan suatu hal yang sangat penting dan perlu dikaji lebih lanjut.

METODE PENELITIAN

A. Wilayah Studi

Kota Bengkulu secara geografis berada, antara 102°14'42" - 102°22'45" Bujur Timur dan 3°43'49" - 4°01'00" Lintang Selatan dan terletak antara 3°45"-3°57' dari Garis Equator atau 2048" sebelah Selatan Garis Khatulistiwa, dengan luas daratan 14.452 ha. Berdasarkan kriteria wilayah kecamatan yang memiliki ekosistem pesisir atau

berbatasan langsung dengan perairan laut, maka di Kota Bengkulu. terdapat 7 Kecamatan pesisir dari 8 Kecamatan yang ada yaitu: Muara Bangkahulu, Sungai Serut, Teluk Segara, Ratu Agung, Ratu Samban, Gading Cempaka dan Kampung Melayu. Satu kecamatan yang tidak memiliki wilayah pesisir dan laut adalah Kecamatan Selebar.

B. Pengumpulan Data

Metode penelitian yang digunakan terdiri dari pengumpulan data, analisis spasial dan analisis lahan. Pengumpulan data yang dilakukan meliputi data vektor berupa peta rupa bumi dan peta tematik. Data vektor yang dikumpulkan dari instansi-instansi terkait (Bako-surtanal, Departemen Kehutanan dan Bappeda) meliputi peta lereng, peta jenis tanah, peta penggunaan lahan, peta administrasi, peta hutan lindung, peta ekosistem pesisir, peta pariwisata, peta utilitas dan peta, aksesibilitas. Pengumpulan data primer meliputi data sosial ekonomi dan data penggunaan lahan saat ini. Data yang telah dikumpulkan baik data primer maupun data sekunder sebelum, masuk kedalam tahap analisis akan diolah terlebih dahulu.

C. Analisis Spasial

Analisis spasial ini adalah membuat model prosedur analisis keruangan dengan memanfaatkan fasilitas SIG. Dalam penentuan kriteria dan parameter/variabel tersebut mengacu pada model-model sebelumnya telah dibuat oleh Purwadhi (2000), Widodo, dkk (1996), Bakosurtanal (1996), Kriteria, yang digunakan dalam analisis alokasi ruang ini adalah kriteria umum dan parameternya masih bersifat sementara. Analisis spasial menggunakan formula matematis sebagai berikut:

$$P(x) = f(\text{Abiotik}) + f(\text{Biotik}) + f(\text{Sosek}) + f(\text{RTRW})$$

di mana,

$$P(x) = \text{daerah potensial untuk pengembangan usaha } x.$$

D. Analisis Kesesuaian Lahan

Analisis lahan dimaksudkan untuk mengetahui kesesuaian lahan untuk penggunaan lahan tertentu. Dalam menentukan tingkat kesesuaian lahan ditentukan dengan metode pengharkatan dengan mengambil beberapa parameter serta pembobotan dalam menentukan tingkat kesesuaiannya.

Kesesuaian lahan untuk perikanan tambak yang berhasil dirancang melalui model matematis berikut:

$$PT = S(E) + LR(< 3) + R(< 2000) + P(< 4000) + PL(r, b) + MP(n) + J(< 2000) + RTRW(B)$$

Keterangan:

PT = Wilayah potensial untuk perikanan tambak

S = Jenis tanah Entisol (E)

LR = Kelerengan datar : (0 - 3%)

R = Jarak dari sungai (0 - 2000 meter)

P = Jarak dari pantai (0 - 4000 meter)

PL = Jenis penggunaan lahan : rawa (r) atau belukar (b)

MP = Mata Pencarian Penduduk nelayan (n)

i = Jarak dari jalan (0 - 2000 meter)

$RTRW$ = Rencana penggunaan lahan untuk budidaya (B)

Kesesuaian lahan pariwisata pesisir yang berhasil dirancang melalui model matematis berikut:

$$PP = P(p) + J(c) + B(< 5) + V(k, pp) + PL(It) + MP(n, d) + J(< 500) + S(at, h) + RTRW(P)$$

Keterangan :

PP = Wilayah potensial untuk pariwisata pesisir

P = Jenis pantai : berpasir (p)

i = Kecerahan perairan : cerah

B = Kedalaman perairan (0 - 5 meter)

V = Vegetasi : kelapa (k), pines pantai (pp)

PL = Penggunaan lahan : Lahan Terbuka (It)

MP = Mata Pencarian Penduduk : nelayan (n), pedagang (d)

i = Jarak dari jalan (0 - 500 meter)

S = Sarana : Air tawar (at), Hotel (h)

$RTRW$ = Rencana penggunaan lahan untuk : pariwisata (P)

Kesesuaian lahan kawasan konservasi yang berhasil dirancang melalui model matematis berikut:

$$PK = S(E) + V(p, m) + PL(h) + RTRW(K)$$

Keterangan :

PK = Wilayah potensial untuk kawasan Konservasi

S = Jenis tanah : (E) Entisol

V = Vegetasi : pinus (p), mangrove (m)

PL = Penggunaan Lahan : hutan (h)

$RTRW$ = Rencana penggunaan lahan untuk : (K) konservasi

Analisis kesesuaian lahan pesisir Kota Bengkulu untuk berbagai per-

untukan, budidaya perikanan tambak, pariwisata bahari (renang dan rekreasi pantai) dan konservasi wilayah pesisir dilakukan dengan teknik yang sama. Pertama, penetapan persyaratan (parameter dan kriteria), pembobotan dan scoring. Untuk masing-masing peruntukkan, penetapan persyaratan tidak sama. Parameter yang menentukan diberikan bobot terbesar sedangkan kriteria, (batas-batas) yang sesuai diberikan skor tertinggi. Parameter, bobot dan skor sistem penilaian masing-masing kesesuaian lahan disajikan dalam bentuk matriks kesesuaian lahan (lampiran 1). Kedua perhitungan nilai peruntukkan lain. Penghitungan kesesuaian dilakukan dengan mengalikan bobot dengan skor, untuk sesuai (skor 3), sesuai bersyarat (skor 2) dan tidak sesuai (skor 1). Ketiga, pembagian kelas lahan. Berdasarkan perkalian bobot dan skor tersebut pembagian kelas lahan dan nilainya dalam penelitian ini dibagi dalam tiga kelas yaitu Kelas S1: Sesuai; Kelas S2 : Sesuai Bersyarat dan Kelas N: Tidak Sesuai.

Klasifikasi tingkat kesesuaian lahan berdasarkan jumlah perkalian bobot dan skor, kesesuaian lahan untuk budidaya, perikanan tambak, wisata bahari dan kawasan konservasi ditunjukkan dalam Tabel 1.

Keempat, memadankan (membandingkan) nilai lahan dengan nilai masing-masing kelas lahan. Kelima, penyajian grafis (spasial) hasil analisis berupa peta kesesuaian lahan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kota Bengkulu sebagai ibukota Provinsi Bengkulu dari waktu ke waktu terus mengalami pertumbuhan. Pertumbuhan tersebut dapat dilihat dengan terjadinya perubahan penggunaan lahan baik dari lahan tidur menjadi kawasan terbangun, maupun perubahan fungsi dari kawasan permukiman menjadi kawasan perdagangan. Kota Bengkulu terletak di Pantai Barat Sumatera yang berhadapan langsung dengan Samudera Hindia.

Lahan yang digunakan di Kota Bengkulu adalah lahan perairan dan daratan. Berdasarkan RTRW Kota Bengkulu tahun 2002 konsep pengembangan pemanfaatan ruang di Kecamatan Pesisir Kota Bengkulu terdiri atas: kawasan lindung/konservasi, pariwisata, perdagangan, industri, pergudangan dan permukiman. Berdasarkan observasi lapangan pengembangan pemanfaatan ruang di daerah pesisir Kota Bengkulu telah banyak yang beralih fungsi, seperti yang

Tabel 1. Klasifikasi Tingkat Kesesuaian Lahan Berdasarkan Total Bobot x Skor

Total Skor pada			Tingkat Kesesuaian Lahan
Budidaya Perikanan Tambak	Pariwisata Bahari	Kawasan Konservasi	
120 – 180	100 – 150	68 – 102	Sesuai
60 – 120	50 – 100	34 – 68	Sesuai bersyarat
<60	<50	<34	Tidak sesuai

Sumber: Hasil Analisis

terjadi di Kecamatan Kampung Melayu. Kawasan ini awalnya berupa rawa-rawa, tetapi saat ini telah beralih fungsi menjadi perkebunan kelapa sawit, permukiman dan perkebunan palawija.

Penggunaan lahan di wilayah pesisir Kota Bengkulu yang dimanfaatkan untuk wisata terdapat di pantai Panjang yang meliputi wilayah administrasi Kecamatan Teluk Segara dan Kecamatan Ratu Samban. Di daerah ini juga berkembang kawasan perhotelan dan pusat perbelanjaan Bengkulu Indah Mall. Perkembangan kawasan ini dipacu dengan tingginya kunjungan wisatawan domestik yang sering terjadi pada hari-hari libur. Penggunaan lahan berupa hutan pantai dan hutan konservasi di kawasan ini masih tetap dipertahankan. Hutan pinus tersebar sepanjang pantai panjang ujung (pasir putih) sampai kelurahan Sumur Meleleh, sedangkan kawasan konservasi terdapat mulai dari muara sungai Jenggalu sampai ke alur Pulau Bai.

Penggunaan lahan untuk wisata pada dua tahun ini berkembang dan terkonsentrasi di Pantai Zakat. Wisata yang dikembangkan di daerah ini berupa wisata bahari berupa kegiatan renang. Perkembangan daerah ini terpacu sejak dibangunnya sarana jalan dari Tapak Paderi sampai ke Terminal Sungai Hitam. Rekreasi renang di pantai ini didukung juga oleh bentuk pantai yang berupa teluk, sehingga gelombang laut tidak terlalu tinggi.

A. Kesesuaian Lahan Budidaya Perikanan Tambak

Pada prinsipnya lahan yang akan digunakan untuk budidaya perikanan tambak harus memenuhi persyaratan fisika, kimia, biologis, teknis, sosial ekonomi, higienis dan legal. Guna mendapatkan lahan yang memenuhi persyaratan tersebut, ada 4 aspek utama yang perlu diperhatikan sebagai

kriteria dalam penentuan lokasi tambak yaitu aspek ekologis, aspek tanah, aspek biologis dan aspek sosial. Keempat aspek tersebut menjadi unsur pendukung pengembangan usaha perikanan tambak di pesisir Kota Bengkulu dan hal tersebut dijadikan sebagai dasar penilaian dalam merancang model kesesuaian lahan.

B. Kesesuaian Lahan Pariwisata Bahari

Alokasi spasial untuk kesesuaian lahan pariwisata dilakukan melalui analisa beberapa faktor yang memengaruhi kesesuaian lahan, faktor-faktor yang dapat dianalisa adalah 1) Keterlindungan perairan, faktor ini memperhatikan keberadaan terumbu karang sebagai pelindung dan pemecah ombak di perairan wilayah pesisir, daerah teluk dan perairan yang terlindung pulau yang besar ombak dan arusnya relatif rendah dan tenang. 2) Wilayah konservasi atau Jalur hijau pantai, faktor ini memperhatikan keberadaan hutan mangrove dan sumberdaya alam pesisir lainnya yang perlu dilestarikan. 3) Masalah pencemaran, 4) Aksesibilitas faktor ini memperhatikan sarana/prasarana, jaringan jalan dan bentuk pantai. Berdasarkan faktor-faktor yang harus dianalisis tersebut variabel yang dijadikan dasar dalam merancang model spasial untuk pengembangan usaha pariwisata bahari (renang dan rekreasi pantai) di Kota Bengkulu.

C. Kesesuaian Lahan Kawasan Konservasi

Konservasi wilayah pesisir adalah upaya perlindungan, pelestarian, dan pemanfaatan wilayah pesisir dan pulau-pulau kecil serta ekosistemnya, untuk menjamin keberadaan, keter-

sediaan, dan kesinambungan sumber daya pesisir dengan tetap memelihara dan meningkatkan kualitas nilai dan keanekaragamannya (Permen DKP, 2008).

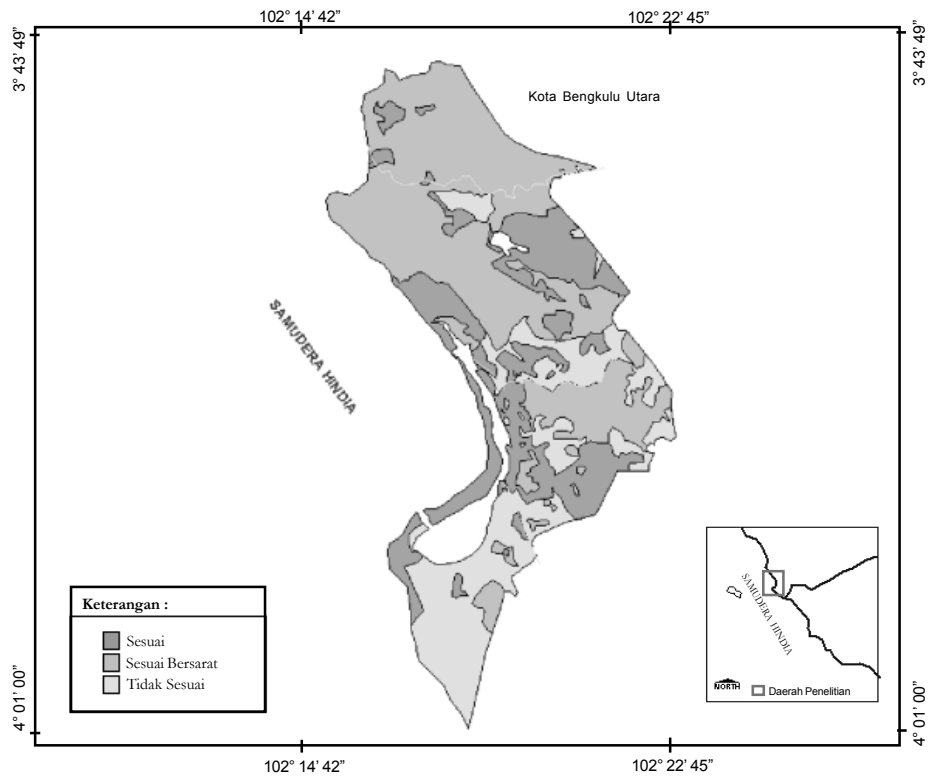
Kawasan konservasi adalah bagian wilayah pesisir yang mempunyai ciri khas tertentu sebagai satu kesatuan ekosistem yang dilindungi, dilestarikan dan/atau dimanfaatkan secara berkelanjutan untuk mewujudkan pengelolaan wilayah pesisir.

D. Analisis Kesesuaian Lahan

Hasil analisis spasial untuk kesesuaian lahan budidaya perikanan tambak dapat dilihat dalam peta kesesuaian lahan Gambar 1. Berdasarkan hasil analisis kesesuaian lahan diperoleh tiga kelas kesesuaian lahan di wilayah Pesisir Kota Bengkulu. Dari hasil teknik overlay didapatkan kecamatan-kecamatan pesisir yang memiliki potensi untuk pemanfaatan lahan budidaya perikanan tambak. Pertama adalah Kelas Sesuai (S1). Kelas memiliki nilai kesesuaian lahan yang berkisar antara 67 - 100 %, lahan ini tersebar di kecamatan Muara Bangkahulu (Kelurahan Rawa Makmur) dekat dengan sungai Air Bengkulu, Kampung Melayu tepatnya di sekitar kelurahan Padang Serai dekat dengan sungai Air Limau dan di Kecamatan Ratu Samban (Kelurahan Lempuing) dekat dengan sungai Air Jenggalu. Kedua adalah kelas Sesuai Bersyarat (S2). Lahan ini memiliki nilai kesesuaian antara 33 – 66 % terdapat di sebagian besar Kecamatan Muara Bangkahulu, Teluk Segara dan Kecamatan Ratu Agung. Ketiga adalah Kelas Tidak Sesuai (N). Kelas ini terdapat di kecamatan Sebagian besar Kecamatan Kampung Melayu, Selebar dan Gading Cempaka.

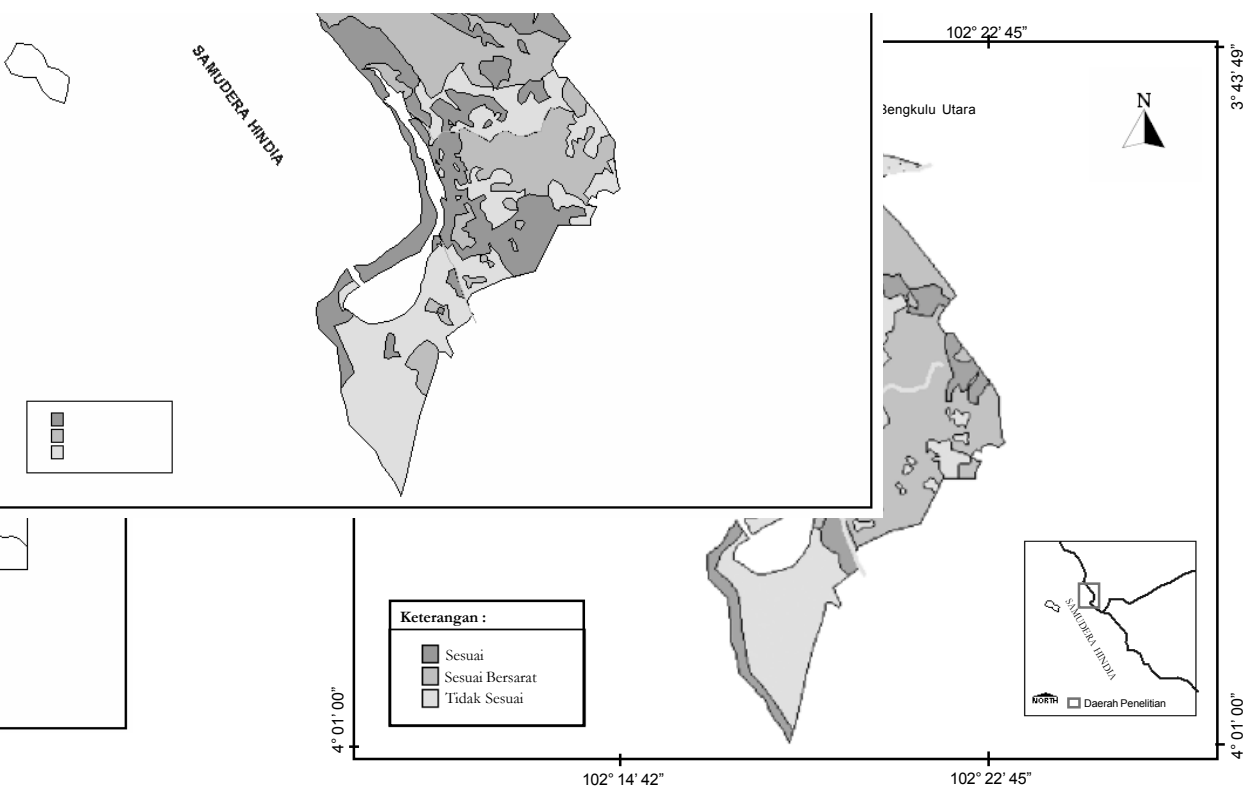
Hasil analisis spasial untuk kesesuaian lahan pariwisata bahari dapat dilihat dalam peta kesesuaian lahan Gambar 2. Berdasarkan hasil analisis kesesuaian lahan diperoleh tiga kelas kesesuaian lahan di wilayah Pesisir Kota Bengkulu. Berdasarkan hasil teknik overlay didapatkan kecamatan-kecamatan pesisir yang memiliki potensi untuk pemanfaatan lahan sebagai pariwisata bahari. Pertama adalah Kelas Sesuai (S1). Kelas memiliki nilai kesesuaian lahan yang berkisar antara 67 - 100 %, lahan ini tersebar di sebagian kecil Kecamatan Muara Bangkahulu tepatnya di daerah Muara Sungai Air Hitam, Kecamatan Teluk Segara, Kecamatan Ratu Agung dan Kecamatan Ratu Samban. Lokasi Pariwisata di kawasan Pantai Panjang memang sangat cocok dijadikan sebagai tempat rekreasi pantai tetapi tidak cocok untuk dijadikan sebagai wisata renang, hal ini dikarenakan kontur kedalaman pantai panjang berkisar antara 5 – 10 meter dengan ombak yang sangat tinggi. Lokasi yang cocok dijadikan sebagai wisata renang adalah di lokasi pantai Zakat, secara fisik daerah ini merupakan daerah teluk, dengan kontur kedalaman pantai antara 0- 5 meter.

Kedua adalah kelas Sesuai Bersyarat (S2). Lahan ini memiliki nilai kesesuaian antara 33 – 66 % terdapat di sebagian besar kecamatan Gading Cempaka dan Selebar. Berdasarkan hasil analisis daerah ini tidak bisa dikategorikan lagi sebagai wisata bahari, karena kedua kecamatan bukan dikategorikan sebagai kecamatan pesisir. Ketiga adalah Kelas Tidak Sesuai (N). Kelas ini terdapat di kecamatan Sebagian besar Kecamatan Kampung Melayu, hal ini dikarenakan



Sumber: Hasil Analisis

Gambar 1. Peta Kesesuaian Lahan untuk Budidaya Perikanan Tambak



Sumber: Hasil Analisis

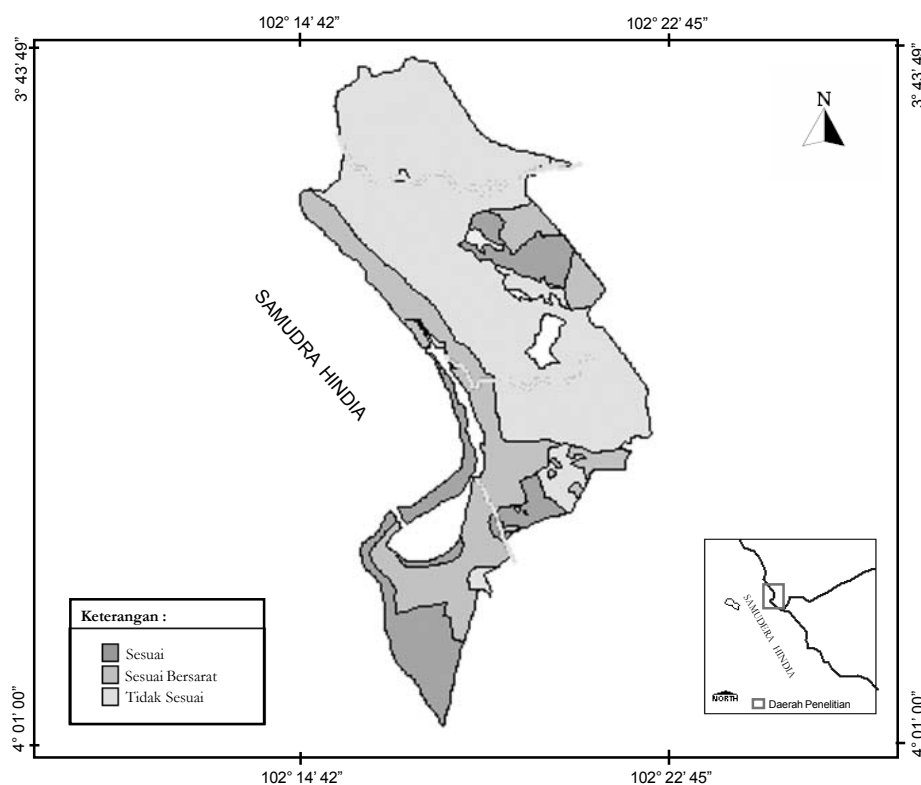
Gambar 2. Peta Kesesuaian Lahan untuk Pariwisata Bahari

kecamatan ini belum memiliki aksesibilitas dan sarana pariwisata bahari, hal ini juga didukung dengan RTRW Kota Bengkulu, bahwa kecamatan ini akan dijadikan sebagai kawasan industri.

Hasil analisis spasial untuk kesesuaian lahan kawasan konservasi dapat dilihat dalam peta kesesuaian lahan Gambar 3.

Berdasarkan hasil analisis kesesuaian lahan diperoleh tiga kelas kesesuaian lahan di wilayah Pesisir Kota Bengkulu. Pertama, adalah Kelas Sesuai (S1). Kelas memiliki nilai kesesuaian lahan yang berkisar antara 67 - 100 %, lahan ini tersebar di sebagian besar pesisir Kecamatan Kampung Melayu. Kecamatan ini

merupakan daerah yang cocok untuk kawasan konservasi khususnya pada sempadan sungai Air Jenggalu sampai ke Alur Pelabuhan Pulau Bai. Hasil survey lapangan menunjukkan vegetasi di kawasan ini masih sangat lebat yang didominasi oleh pinus dan sebagian kecil mangrove. Tingkat kesesuaian lahan ini juga didukung oleh kebijakan pemerintah Kota Bengkulu dalam RTRW untuk menjadikan lokasi ini sebagai kawasan lindung. Kedua adalah kelas Sesuai Bersyarat (S2). Lahan ini memiliki nilai kesesuaian antara 33 – 66 % terdapat di sebagian besar pesisir yang terdapat di Kecamatan Teluk Segara, Ratu Agung dan Ratu Samban. Ketiga adalah Kelas Tidak Sesuai (N). Kelas



Sumber: Hasil Analisis

Gambar 3. Peta Kesesuaian Lahan untuk Kawasan Konservasi

ini terdapat di kecamatan sebagian besar Kecamatan Muara Bangkahulu, Selebar, dan Gading Cempaka.

KESIMPULAN

1. Analisis spasial kesesuaian lahan yang berhasil dirancang dalam penelitian ini terdiri dari alokasi spasial kesesuaian lahan untuk budidaya perikanan tambak, pariwisata bahari (renang dan rekreasi pantai) dan kawasan konservasi di wilayah pesisir Kota Bengkulu, yang selanjutnya di presentasikan dalam bentuk matriks kesesuaian lahan dan peta kesesuaian lahan.
2. Kesesuaian lahan di wilayah pesisir Kota Bengkulu untuk budidaya perikanan tambak terdapat pada Kecamatan Muara Bangkahulu (Kelurahan Rawa Makmur) dan Kecamatan Kampung Melayu

(Kelurahan Padang Serai). Kesesuaian lahan untuk pariwisata pesisir (renang dan rekreasi pantai) terdapat di Kecamatan Teluk Segara dan Kecamatan Ratu Samban yaitu di kawasan wisata pantai Zakat, dan kawasan wisata alam Pantai Panjang. Kesesuaian lahan untuk kawasan konservasi terdapat di Kecamatan Kampung Melayu yaitu di Kelurahan Kandang (Sempadan Sungai Air Jenggalu) dan Alur Pulau Bai.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Dirjen Dikti melalui Direktorat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (DP2M) yang telah mendanai penelitian melalui penelitian Hibah Bersaing tahun 2009.

DAFTAR PUSTAKA

- . 2008, Peraturan Menteri Kelautan Dan Perikanan Republik Indonesia Nomor Per.17/Men/2008 Tentang Kawasan Konservasi Di Wilayah Pesisir Dan Pulau-Pulau Kecil. Jakarta
- Bakosurtanal. 2001. *Laporan Akhir, Penyusunan Basisdata Tematik Sumberdaya Alam*. Kedasama Proyek MV-SNMI, - Bakosurtanal. Bogor.
- Bappeda Kota Bengkulu. 2004. *Renstra Wilayah Pesisir dan Laut Kota Bengkulu*. Bengkulu
- Bhardwaj. 2007. Application of GIS technology for Coastal Zone Management: a hydrografer perspective, diambil dari www.gisdevelopment.net/application_tanggal 3 maret 2007
- Danoedoro. P.. 1996. *Pengolahan Citra Digital. Teori dan Aplikasinya dalam Bidang Penginderaan Jauh*. Fakultas Geografi. UGM. Yogyakarta
- Fauzi, Yulian. 2006. *Perancangan Sistem Basis data Spasial Wilayah Pesisir Kota Bengkulu Menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG)*. Laporan Penelitian Dana DIPA Universitas, Bengkulu tahun 2006. Bengkulu. (tidak dipublikasikan)

- Fauzi, Y., Susilo. B., dan Mayasari. Z.M., 2008, *Model Pengelolaan Wilayah Pesisir Kota Bengkulu Menggunakan SIG*. Makalah seminar nasional Semirata Bidang MIPA tahun 2008, Unsyiah. Banda Aceh.
- Harjadi, B.. 2004. Karakteristik Sumberdaya Lahan Sebagai Dasar Pengelolaan DAS di Sub DAS Merawu, DAS Serayu. *Forum Geografi*. Vol. 18(2) Desember 2004: 98.
- Islam. R.M.. 2006. *Managing Diverse Land Uses in Coastal Bangladesh: Institutional Approachs*. Diambil dari www.iwni.cgiar.org/publication.pdf_tanggal 5 November 2009
- Li, Rongxing. CW, Ramcharan. E, Kjerfve. B, and Willis, D. 1998, A Coastal GIS for Shoreline Monitoring and Management – Case Study in Malaysia, *Surveying and land Information System*, Vol. 58 (3): 157-166.
- Purwadhi. 2000. *Konsep Dasar Inderaja dan SIG untuk Studi Kesesuaian Lahan*, Model Pelatihan Penginderaan Jauh dan SIG, LAPAN, Jakarta
- Tahir, A, Bengen. D, and Susilo. S.B. 2002. Analisis Kesesuaian Lahan Dan Kebijakan Pemanfaatan Ruang Kawasan Pesisir Teluk Balikpapan, *Jurnal Pesisir & Lautan*. Vol. 4 (3): 1-16.

LAMPIRAN 1

Tabel 2. Matriks Kesesuaian Lahan Budidaya Perikanan Tambak

No.	Parameter	Bobot	Tingkat Kesesuaian					
			Sesuai	Skor	Sesuai Bersyarat	Skor	Tidak Sesuai	Skor
1.	Abiotik							
	- Lereng	10	0-2%	3	2-15%	2	<15%	1
	- Tanah	8	Entisol	3	Entisol	2	Non entisol	1
	- Hidrologi (jarak dari sungai)	8	0-500 m	3	500-2000 m	2	>2000 m	1
	- Pantai (jarak dari pantai)	8	0-2000 m	3	2000-4000 m	2	>4000 m	1
2.	Biotik							
3.	Sosok							
	- Penggunaan lahan	6	Hutan, rawa, tegalan, belukar	3	Sawah, perkebunan	2	Konservasi, mangrove, permukiman, industri	1
	- Mata pencaharian penduduk	4	Nelayan	3	Pedagang	2	PNS, swasta	1
	- Aksesibilitas	6	<1000 m	3	1000-2000 m	2	>2000 m	1
4.	Kebijakan Pemerintah							
	- RTRW	10	Budidaya	3	Non budidaya	2	Non budidaya	1

Sumber: Purwadhi (2000), Widodo (1997) dengan modifikasi

Tabel 3. Matriks Kesesuaian Lahan Pariwisata Bahari (Renang dan Rekreasi Pantai)

No.	Parameter	Bobot	Tingkat Kesesuaian					
			Sesuai	Skor	Sesuai Bersyarat	Skor	Tidak Sesuai	Skor
1.	Abiotik							
	- Kontur kedalaman	10	Landai (0-5 m)	3	Landai (5-10 m)	2	Curam (>10 m)	1
	- Kecerahan perairan	6	Cerah	3	Kurang cerah	2	Tidak cerah	1
	- Jenis pantai	6	Berpasir	3	Tidak berpasir	2	Tidak berpasir	1
2.	Biotik							
	- Vegetasi	6	Kelapa, semak		Belukar tinggi		Mangrove	
3.	Sosok							
	- Penggunaan lahan		Lahan terbuka	3	Lahan terbuka	2	Permukiman, pelabuhan	1
	- Mata pencaharian penduduk	4	Nelayan, pedagang	3	Nelayan	2	PNS, swasta	1
	- Aksesibilitas	4		3		2		1
	- Sarana	4	Tersedia air tawar, hotel		Tidak tersedia air tawar, hotel		Tidak tersedia air tawar, hotel	
4.	Kebijakan Pemerintah							
	- RTRW	10	Pariwisata	3	Non pariwisata	2	Non pariwisata	1

Sumber: Bakosurtanal (1996) dengan modifikasi

Tabel 4. Matriks Kesesuaian Lahan Kawasan Konservasi

No.	Parameter	Bobot	Tingkat Kesesuaian					
			Sesuai	Skor	Sesuai Bersyarat	Skor	Tidak Sesuai	Skor
1.	Abiotik							
	- Tanah	6	Entisol	3	Entisol	2	Non Entisol	1
2.	Biotik							
	- Vegetasi	10	Mangrove		Pinus		Kelapa	
3.	Sosok							
	- Penggunaan lahan	8	Cagar alam	3	Hutan pantai, taman wisata alam	2	Permukiman, pelabuhan	1
4.	Kebijakan Pemerintah							
	- RTRW	10	Konservasi	3	Non Konservasi	2	Non Konservasi	1

Sumber: Puspici (1999) dengan modifikasi

PENAFSIRAN LUAS BIDANG DASAR TEGAKAN PINUS MERKUSII MENGUNAKAN FOTO UDARA DI KESATUAN PEMANGKUAN HUTAN (KPH) KEDU PERUM PERHUTANI UNIT 1 JAWA TENGAH

Sahid

Jurusan Manajemen Hutan, Fakultas Kehutanan UGM
E-mail: fkt@ugm.ac.id

ABSTRACT

The research aim to estimate the basal area of Pinus merkusii combined comprises measurement by aerial photograph with scale of 1 : 20.000 field and to measurement field. The stand parameters measured are the number of the trees per hectare (N), the tree height (H) and crown diameter (D). Whereas, estimation of the stand basal area was based on the measurement of the stem diameter in the permanent plots. The result of the regression analysis showed that the based area of the Pinus merkusii stand (lbs) had correlation with the number of the trees per hectare (N), the tree height (H) and crown diameter (D), the regression is as follows: Basal areas or tree densities of compartement 100 and 102 have been optimum . Therefore, resin production compartement 100 and 102 is higher than compartement 101 having lower basal are or tree density. It is for those reasons, the compartement 101 needs action to cut the suppressed trees to make optimum basal area.

Keywords: *stand parameters, regression, basal area, Pinus merkusii, aerial photograph.*

PENDAHULUAN

Hutan adalah suatu masyarakat tumbuhan kompleks yang secara keseluruhan merupakan persekutuan hidup alam hayati dan lingkungannya (Paimin, 2005). Di samping sebagai komponen utama hutan, tumbuhan juga merupakan sumber plasma nutfah yang dapat menjamin kesejahteraan manusia (Sunarhadi dan Kartikawati, 2005). Salah satunya adalah pemanfaatan getah Pinus merkusii dalam berbagai bidang industri. Getah Pinus merkusii termasuk salah satu produksi hutan non kayu yang harus

dikelola dengan bijaksana, berwawasan lingkungan dan berasaskan kelestarian. Hal tersebut dapat terwujud bila penyadapan getah pinus, direncanakan dengan tepat. Salah satu faktor yang mempengaruhi banyaknya getah pada saat penyadapan adalah pengaturan jarak antar pohon atau kerapatan pohon (Siswanto, 1993). Lebih lanjut dia mengatakan bahwa tegakan Pinus merkusii yang akan disadap dianjurkan setiap hektarnya berjumlah 152 pohon saja, atau jarak tanam antar pohon 8m x 8m. Kerapatan pohon tersebut menurut Hardjosoediro (1974) dapat diketahui melalui besarnya luas bidang

dasar (lbds) tegakan. Pengaturan lbds akan berpengaruh terhadap iklim mikro, getah tidak membeku dan saluran getah tidak tertutup pada saat penyadapan, sehingga sadapan lancar.

Data tentang kondisi tegakan yang obyektif dan akurat sangat diperlukan guna menyusun perencanaan, pengelolaan penyadapan *Pinus merkusii* yang optimal (Anggono, 1978). Informasi tentang kondisi tegakan dapat diperoleh dengan cara inventarisasi atau risalah. Untuk areal hutan yang sempit, cara ini merupakan cara mudah dan efektif. Namun untuk areal yang luas dan lokasinya terpencar, cara ini membutuhkan waktu, dana dan tenaga yang tidak sedikit. Oleh karena itu Direktur Jenderal Inventarisasi dan Tata Guna Lahan (Dirjen INTAG, 1989) menganjurkan untuk inventarisasi hutan dengan mempergunakan udara skala 1 : 20.000. Parameter tegakan yang dapat diukur langsung melalui foto udara adalah jumlah pohon per hektar (N), tinggi pohon (H) dan diameter tajuk (D).

Penggunaan foto udara untuk menaksir potensi kayu, khusus pada *Spesies Scotch Pine* di beberapa negara termasuk Amerika dan benua Eropa sudah banyak dilaksanakan. Indonesia sendiri sudah banyak peneliti yang membuat tabel udara hutan tropis luar jawa. Pada penelitian ini, penulis memanfaatkan foto udara untuk menaksir luas bidang dasar (lbds) pada tegakan *Pinus merkusii*. Cara yang digunakan yaitu dengan bantuan statistik, yakni menggunakan analisis regresi dari parameter tegakan yang diukur pada foto udara skala 1:20.000. Parameter tegakan yang dimaksud adalah jumlah pohon per hektar (N), tinggi pohon (H) dan diameter tajuk (D).

Luas bidang dasar hutan (lbds) per hektar merupakan penampang melintang

dari diameter batang setinggi dada (1,3 m dari permukaan tanah). Besarnya luas bidang dasar individu (lbd) pohon dihitung dengan rumus :

$$lbd = 0,25 \times p \times d^2 \text{ ----- (1)}$$

Dalam hal ini :

- lbd = luas bidang dasar individu pohon (m²)
- p = konstanta (3,14)
- d = diameter batang (1,3 m dari permukaan tanah)

Hardjosoediro (1974) menjelaskan lbds per hektar merupakan hasil penjumlahan dari lbd individu pohon yang terdapat dalam kawasan 1 hektar. Penggunaan lbds ini sebagai petunjuk kerapatan suatu hutan. Dengan demikian rumusnya menjadi :

$$lbds = \sum_{n=1}^{n=0} \frac{\pi}{4} d^2 N \text{ ----- (2)}$$

Keterangan :

- $lbds$ = luas bidang dasar tegakan *Pinus merkusii* (m²/ha)
- d = diameter batang (1,3 meter dari dasar pohon)
- N = banyak pohon per ha

Bertitik tolak dari penjelasan di atas, maka tujuan penelitian ini mengawinkan antara interpretasi foto udara di laboratorium, yakni pengukuran parameter tegakan dan pengukuran lbds lewat analisis diameter pohon, dengan bantuan statistik yakni dengan cara menyusun model regresi untuk menaksir luas bidang dasar (lbds) *Pinus merkusii* dengan mempergunakan parameter tegakan hasil pengukuran pada foto udara.

METODE PENELITIAN

Daerah Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Resort Pemangkuan Hutan (RPH) Katerban, Bagian Kesatuan Pemangkuan Hutan (BKPH) Purworejo, Kesatuan Pemangkuan Hutan (KPH) Kedu Selatan, Perum Perhutani Unit I Jawa Tengah (Gambar 1).

Kawasan RPH Katerban ini seluas 534 ha, yang rincian penggunaannya disajikan di dalam Tabel 1.

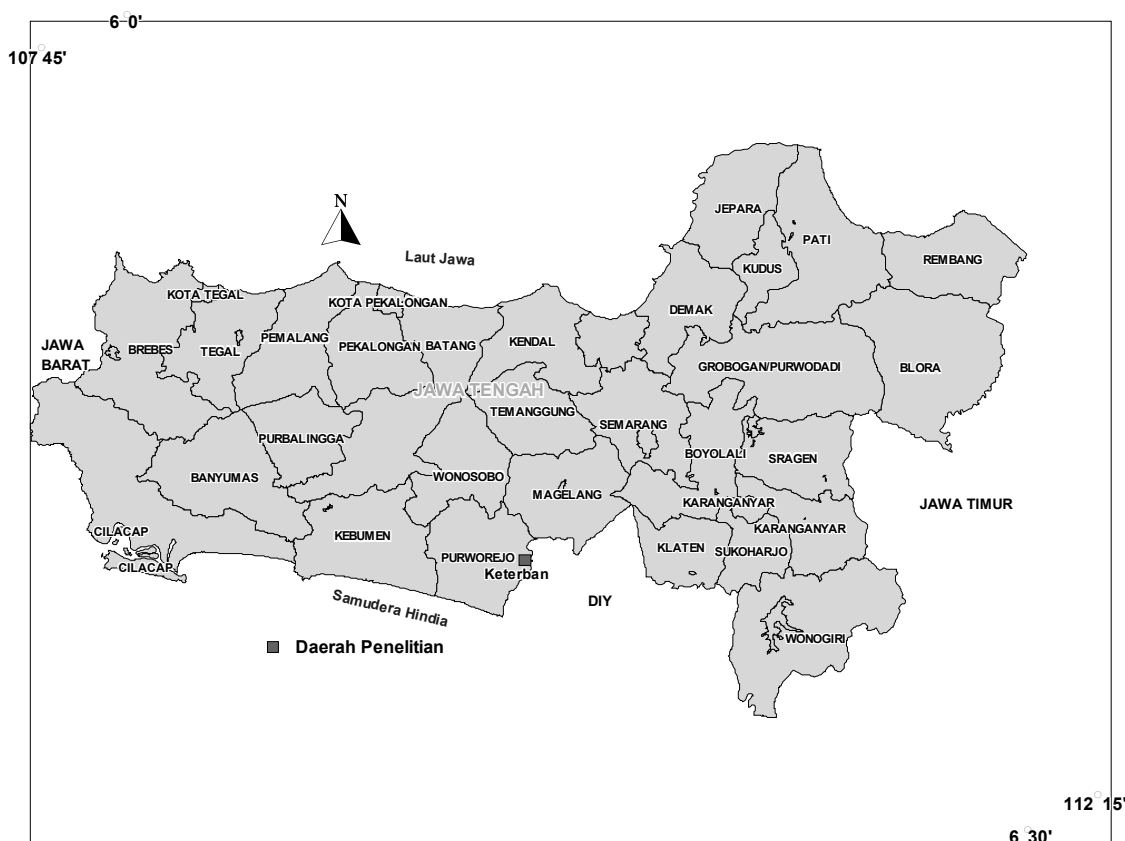
Dari tegakan *Pinus merkusii* seluas 509 ha itu dirinci ke dalam 3 petak, yang disajikan pada Tabel 2.

Bahan Penelitian

Bahan utama penelitian ini adalah foto udara Daerah Aliran Sungai (DAS), milik Das Progo – Bogowanto. Foto udara hasil pemotretan Agustus 2005, pankromatik hitam putih, dengan format 23 cm x 23 cm. Saat pemotretan tinggi pesawat 3.075 m, panjang fokus kamera 15,015 mm, skala 1 : 20.000. Foto udara yang dipergunakan di dalam penelitian ini disajikan di dalam Tabel 3.

Cara Penelitian

Spurr (1980) Paine (1981), Hardjo Prayitno (1992) menyatakan bahwa menaksir parameter tegakan melalui foto udara, dapat dilaksanakan 2 tahap, yaitu



Sumber: RPH Katerban, 2009

Gambar 1. Lokasi Daerah Penelitian

Tabel 1. Penggunaan Hutan RPH Katerban

No.	Pemanfaatan	Luas (ha)	Prosen (%)
1.	Tegakan Pinus	509,0	95,32
2.	Tegakan Kayu Lain	20,1	3,76
3.	Penggunaan Lain	3,2	0,60
4.	Bukit Batu	1,7	0,32
Jumlah		534,0	100,00

Sumber: RPH Katerban, 2009

Tabel 2. Petak tegakan Pinus merkusii di kawasan RPH Katerban

No	Petak	Luas (ha)	Umur (Tahun)	Kelas Umur
1.	100	138	18	IV
2.	101	152	21	V
3.	102	219	16	IV
Jumlah		509		

Sumber: RPH Katerban, 2009

Tabel 3. Foto Udara yang Digunakan di Dalam Penelitian

No Jalur Terbang	No. Foto Udara	Jumlah
IV	6 dan 7	2
V	9 dan 10	2
Jumlah		4

Sumber: Foto udara milik DAS Progo (Bogowanto, 2005)

di laboratorium dan pengecekan di lapangan (*field check*). Pekerjaan dimulai dengan menentukan areal efektif (efektif area) di bawah stereoskopis. Pada areal efektif ini dibuat petak ukur berbentuk bujur sangkar dengan sisi-sisi 0,5 cm, yang luasnya di lapangan 100 m x 100 m atau 1 ha. Lokasi petak ukur pada daerah yang

mempunyai *displacement* (kesalahan pergeseran) paling kecil, yaitu pada areal efektif dari foto udara.

Pengumpulan Data

Agar data yang diperoleh dapat mewakili seluruh tegakan, sampel petak ukur harus ditempatkan merata pada

seluruh petak pilihan dan dekat jalan, serta mempunyai tanda-tanda yang dapat dipergunakan sebagai titik ikat untuk memudahkan pengecekan di lapangan. Rumus yang digunakan untuk pengukuran elevasi petak ukur pada foto udara adalah:

$$h = \frac{H_t \cdot dp}{P + dp} \text{-----} (3)$$

Keterangan :

- b = beda tinggi antar bidang rujukan dengan lokasi petak ukur
- H_t = tinggi terbang pesawat di atas bidang rujukan
- dp = selisih paralaks antara bidang rujukan dengan petak
- p = paralaks absolut rata-rata

Rumus pengukur tinggi pohon ini, untuk digunakan pada medan datar atau selisih elevasi antara pangkal pohon dengan elevasi bidang rujukan kurang dari 5%. Jika medan bergunung atau selisih pangkal pohon dengan elevasi bidang rujukan lebih dari 5% rumus pengukur tinggi pohon sebagai berikut :

$$h = \frac{H_t \cdot dp}{p + \left\{ p \frac{\pm dE}{H_t} \right\} + dp} \text{-----} (4)$$

- dE = Selisih elevasi antara pangkal pohon dengan bidang rujukan (+) jika lebih tinggi dan (-) bila lebih rendah.

Analisis Data

Karena ukuran diameter tajuk pada foto udara itu terlalu kecil, sulit mendapatkan ukuran yang benar, maka pengukurannya dengan mempergunakan alat *crown diameter scale*, yaitu serangkaian noktah-noktah dengan ukuran bertingkat. Skala yang digunakan harus sesuai dengan skala

foto udara. Caranya alat diletakkan di atas diameter tajuk yang diukur. Noktah dipilih yang paling mirip dengan diameter tajuk. Bila bentuk tajuk tidak beraturan, diameter tajuk merupakan hasil rata-rata pengukuran sumbu terpanjang dan terpendek.

Berdasarkan petak-petak ukur yang dibuat pada foto udara, maka dibuat petak ukur lapangan sesuai dengan letak yang ada pada foto tersebut. Dengan mengukur jarak dan arah dari titik ikat yang telah ditentukan dari foto udara yang dicocokkan di lapangan, selanjutnya pada petak ukur tersebut diberi tanda atau patok batas. Kemudian mulai dilakukan pengukuran-pengukuran tegakan pada petak ukur tersebut. Pengukuran yang dilakukan meliputi tinggi pohon dengan menggunakan Haga meter. Diameter tajuk diukur dengan memproyeksikan bagian tajuk terluar ke tanah kemudian diukur dengan pita ukur. Untuk pengukuran tinggi pohon dan diameter tajuk tersebut selanjutnya dihitung rata-rata pengukuran pada setiap petak ukur. Perhitungan jumlah pohon pada setiap petak ukur tersebut selanjutnya dikonversi ke jumlah pohon per hektar.

Pohon yang diukur di dalam foto itu apakah sama dengan pohon yang diukur di lapangan, maka diperbandingkan dengan menggunakan uji :

$$t = \frac{D}{SD} \text{-----} (5)$$

Keterangan :

- D = diameter tajuk
- SD = standar deviasi

Nilai ini untuk membandingkan antar hasil pengukuran tinggi pohon dan diameter tajuk serta jumlah pohon per hektar di lapangan. Apabila signifikan pada taraf uji adalah 0,05 berarti hasil pengukuran pada

foto udara dan di lapangan tidak berbeda. Adapun model regresi untuk menaksir luas bidang dasar (lbds) dengan menggunakan parameter tegakan, hasil pengukuran dari foto udara, adalah :

$$lbds = b_0 + b_1N + b_2H + b_3D \text{ ----- (6)}$$

Keterangan :

$lbds$ = luas bidang dasar per hektar (m^2 /hektar)

N = jumlah tajuk per hektar

H = tinggi pohon rata-rata (m)

D = diameter tajuk rata-rata (m)

b_0, b_1, b_2 dan b_3 = adalah konstanta

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Interpretasi Foto Udara

Pada penelitian ini, banyaknya petak ukur dibuat sebanyak 20 unit pada masing-masing petak. Hasil pengukuran elevasi tiap-tiap petak ukur disajikan di dalam Tabel 4.

Berdasarkan Tabel 4, beda elevasi pu dengan bidang rujukan terbesar untuk petak 100, 101 dan 102 adalah :

1. Elevasi tertinggi di petak ukur 9, sebesar 345 m di atas permukaan air laut. Perbedaan elevasi tertinggi dengan bidang rujukan 60 m atau atau $\frac{60}{3000} \times 100\% = 2,0\%$.
2. Elevasi tertinggi di petak ukur 10, sebesar 375 m di atas permukaan air laut. Perbedaan elevasi tertinggi dengan bidang rujukan 90 m atau $\frac{90}{3000} \times 100\% = 3\%$.
3. Elevasi tertinggi di petak ukur 12, sebesar 380 m di atas permukaan air laut. Perbedaan elevasi tertinggi dengan bidang rujukan sebesar 95 m

$$\text{atau } \frac{95}{3000} \times 100\% = 3,17\% .$$

Karena beda elevasi pada masing-masing pu, dengan bidang rujukan dibawah 5%, maka pengukuran tinggi pohon mempergunakan rumus medan datar, sebagai berikut:

$$h = \frac{H_t \cdot dp}{P + dp}$$

Keterangan :

h = tinggi pohon (m)

H_t = tinggi terbang pesawat

dp = selisih paralaks antara pangkal dan ujung pohon

P = jarak rata-rata antara pusat foto dan pusat foto pindahan dari sepasang foto

Hasil Pengukuran di Lapangan

Perbandingan hasil pengukuran parameter tegakan melalui foto udara, yakni tinggi pohon, diameter tajuk dan jumlah pohon per hektar dari RPH Katerban dan pengukuran lapangan disajikan di dalam Tabel 5.

Hasil t signifikan pada taraf uji 0,05. Dari tabel tersebut tampak nyata bahwa dari lokasi penelitian untuk pengukuran tinggi pohon dan jumlah pohon per hektar hasil pengukuran di dalam foto dan di lapangan tidak berbeda nyata. Namun untuk pengukuran diameter tajuk di dalam *foto* dan di lapangan berbeda nyata. Grafik pengukuran parameter tegakan baik melalui foto dan di lapangan disajikan pada Gambar 2.

Uji t -nilai tengah berpasangan memperlihatkan bahwa hubungan antara tinggi pohon hasil pengukuran di lapangan tidak berbeda nyata dengan tinggi pohon yang diperoleh dari pengukuran pada foto udara (Gambar 3).

Tabel 4. Elevasi Petak Ukur

Petak PU	Elevasi tiap-tiap Petak (m dal)			Beda Elevasi tiap-tiap Petak		
	100	101	102	(m)	(m)	(m)
1.	290	300	310	5	15	25
2.	315	355	290	30	75	5
3.	330	295	360	45	10	75
4.	335	295	345	50	10	65
5.	330	290	375	45	5	90
6.	340	285	350	55	0	65
7.	325	285	350	40	0	65
8.	300	310	365	15	25	80
9.	345	300	360	60	15	75
10.	285	375	320	0	90	35
11.	305	295	375	20	10	90
12.	310	295	380	25	10	95
13.	285	300	290	0	15	5
14.	285	310	365	0	25	80
15.	285	320	300	0	35	15
16.	295	330	365	5	45	80
17.	295	360	290	10	75	5
18.	285	335	375	0	50	90
19.	290	345	360	5	60	75
20.	285	350	355	0	65	70

Keterangan :

- Elevasi bidang rujukan 285 m, tinggi terbang pesawat dari bidang rujukan 3.075 m (dianalisis dari peta topografi kawasan Purworejo skala 1 : 25.000).
- m dal : meter di atas permukaan air laut

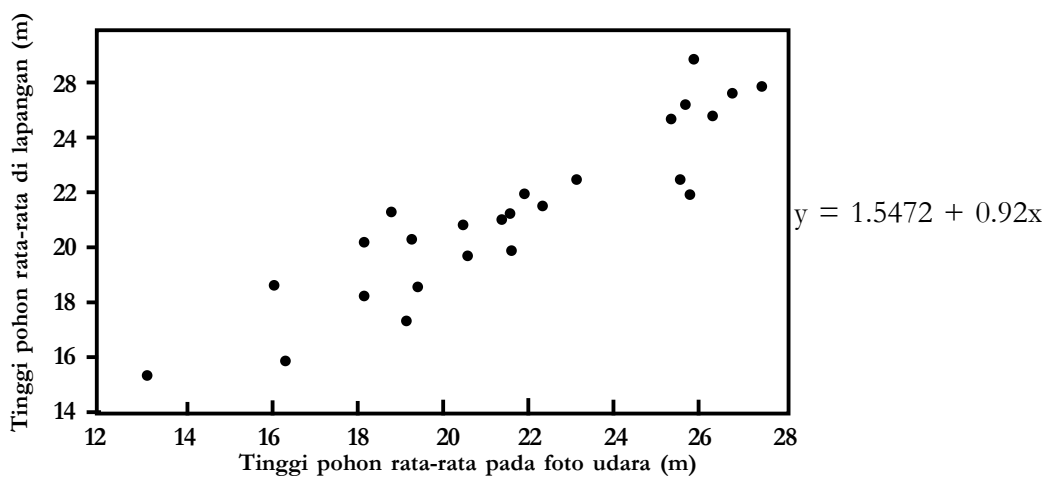
Sumber: Data Pengukuran Tahun 2009

Tabel 5. Petak Tegakan *Pinus Merkusii* di Kawasan RPH Katerban

Uji T	Lokasi	Mean	Std. Dev	Std. Error	Thit.	T Tabel 0,05 (df19)	Keterangan
Tinggi Pohon	Penelitian	-0,4864	1,4246	0,3533	-0,9126	2,861	Group 1 : T foto Group 2 : T Lap
Diameter Tajuk	Penelitian	0,4686	0,5896	0,1102	4,2510*	2,861	Group 1 : D foto Group 2 : D Lap
Prosentase Penutupan Tajuk	Penelitian	6,0378	109,1953	24,4168	0,2472	2,861	Group 1 : N foto Group 2 : N Lap

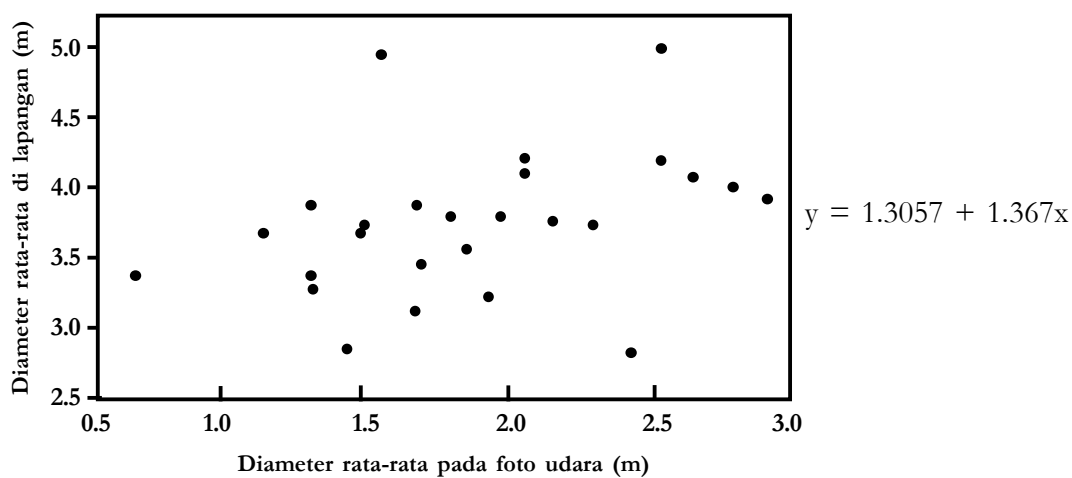
*berbeda nyata dengan angka kepercayaan 0,05

Sumber: Hasil Analisis



Sumber: Hasil Analisis

Gambar 2. Hubungan Tinggi Pohon Melalui Foto Udara dan Hasil Pengukuran di Lapangan



Sumber: Hasil Analisis

Gambar 3. Hubungan Diameter Tajuk Melalui Foto Udara dan Hasil Pengukuran di Lapangan

Uji t-untuk nilai tengah berpasangan memperlihatkan bahwa hubungan antara diameter tajuk hasil pengukuran di lapangan berbeda nyata dengan diameter tajuk yang diperoleh dari pengukuran pada foto udara, probabilitas 0,04 pada taraf uji 95% (Gambar 4).

Uji t-untuk nilai tengah berpasangan memperlihatkan bahwa hubungan antara jumlah pohon per ha hasil pengukuran di lapangan tidak berbeda nyata dengan jumlah pohon per ha yang diperoleh dari pengukuran foto udara.

Persamaan regresi yang dihasilkan dari hubungan luas bidang dasar (lbsd) per hektar (sebagai variabel bergantung) dengan jumlah batang per hektar (N), tinggi pohon (H) dan diameter tajuk (D) hasil pengukuran pada foto udara (sebagai variabel bebas) dari lokasi penelitian, berdasarkan ketepatan model yang dipilih, adalah sebagai berikut:

1. Petak 100

$$\text{lbsd} = -9,1270 + 0,0023N + 0,8618H + 0,2180D$$

N, H dan D signifikan pada taraf uji

0,05, besarnya koefisien determinasi $R^2 = 0,7970$.

2. Petak 101

$$\text{lbsd} = 36,4425 + 0,4796N + 5,4351H + 20,2183D - 3,1458H^2$$

N, H dan D signifikan pada taraf uji 0,05, besarnya koefisien determinasi $R^2 = 0,8138$.

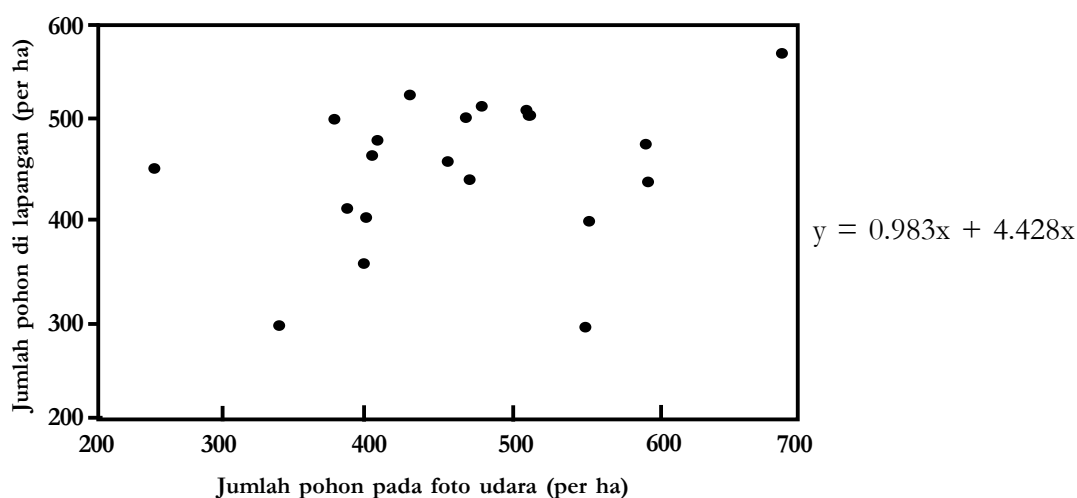
3. Petak 102

$$\text{lbsd} = -6,1243 + 0,2832N + 11,4341H + 6,5173D - 2,8434D^2$$

N, H dan D signifikan pada taraf uji 0,05, besarnya koefisien determinasi $R^2 = 0,8425$.

Hasil uji t (uji nilai tengah berpasangan) dari pengukuran jumlah pohon dan tinggi pohon hasil pengukuran pada foto udara dan pengukuran lapangan tidak berbeda nyata. Hal ini disebabkan beberapa alasan:

1. Umur foto yang baru berumur 4 tahun, pertumbuhan tinggi belum nampak ada perbedaan. Pendapat ini mengacu dari penelitian Priwanto (1999) bahwa pengukuran tinggi pada tegakan *Pinus merkusii* umur 20 tahun atau lebih, tidak



Sumber: Hasil Analisis

Gambar 4. Hubungan Jumlah Pohon Per Hektar Melalui Foto Udara dan Perhitungan di Lapangan

ada perbedaan yang berarti, walaupun umur foto udara sudah 5 tahun.

2. Foto udara pankromatik hitam putih dan filter kuning sedang minus filter biru, mampu menyajikan gambar yang tajam tanpa efek bayangan yang mengganggu serta memperlihatkan kontras zona yang cukup baik, dengan *resolving power* yang cukup dan perbutiran yang rendah (Avery, 1990).

Pengukuran diameter tajuk hasil pengukuran foto udara dan di lapangan, berdasarkan uji t (uji nilai tengah berpasangan) berbeda nyata. Perbedaan ini ada beberapa penyebabnya, antara lain :

1. Pengukuran diameter tajuk melalui foto udara hanya bagian tajuk yang kelihatan. Lebih-lebih dengan skala 1 : 20.000, maka cabang-cabang tipis tidak nampak, dan tidak diperhitungkan dalam pengukuran. Sedangkan pengukuran diameter tajuk di lapangan dilakukan dengan jalan memproyeksikan lingkaran tajuk ke tanah. Kendala metode ini bila menghadapi topografi yang miring, sehingga diperlukan penghitungan goniometri untuk dikonversi menjadi jarak datar.
2. Perbedaan selisih umur dari pengambilan foto udara. Pelaksanaan pemotretan di daerah ini pada tahun 2005, sedangkan pengukuran di lapangan (saat penelitian pada tahun 2009). Dengan demikian selisih waktu 5 tahun ini tajuk-tajuk di lapangan sudah bertambah diameternya sehingga pengukuran diameter tajuk dari foto udara akan lebih kecil bila dibandingkan dengan pengukuran tajuk di lapangan.
3. Kebanyakan dari peneliti pendahulu, pengukuran diameter tajuk hasil pengukuran pada foto udara selalu

lebih kecil bila dibandingkan dengan hasil pengukuran di lapangan.

Hasil persamaan regresi lbd tegakan *Pinus merkusii* dari masing-masing petak didasarkan pada pertimbangan ketepatan dan kecocokan model, signifikan pada taraf uji 0,05 dengan nilai koefisien determinasi (R^2) yang mendekati 1, petak 100, 101 dan 102, masing-masing sebesar 0,7970, 0,8138 dan 0,8425 dengan demikian 79,70%, 81,38% dan 84,25% variasi lbd per hektar dipengaruhi oleh jumlah pohon per hektar, tinggi pohon dan diameter tajuk secara bersama-sama. Sedangkan 20,30%, 18,62% dan 15,75% lainnya disebabkan oleh variabel lain yang belum diketahui. Hasil perhitungan lbd ini lebih rendah 0,0042% bila dibandingkan hasil pengukuran di lapangan.

KESIMPULAN

Penelitian menentukan besarnya lbd dari tegakan *Pinus merkusii* di RPH Katerban, dengan menggunakan foto udara ini, merupakan penggabungan metode pengukuran parameter tegakan pada foto udara dengan hasil pengamatan lapangan untuk menghasilkan model persamaan regresi. Dari beberapa model regresi yang diajukan, akhirnya dipilih model yang dapat memprediksi besarnya lbd per hektar dari tegakan *Pinus merkusii* yang diteliti. Pada petak 100 dan 102, luas bidang dasar atau kerapatan antar pohon sudah optimal, maka produksi getahnya juga lebih banyak bila dibandingkan dengan petak 101 yang luas bidang dasarnya atau kerapatan antar pohon masih terlalu sempit. Oleh karena itu untuk petak 101 perlu tindakan menebangi pohon-pohon yang tertekan untuk membuat luas bidang dasar menjadi optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggono, A. 1978. *Studi tentang Variasi Lokasi terhadap Penaksiran Hasil Getah Pinus merkusii*, Skripsi, Fakultas Kehutanan UGM, Yogyakarta.
- Avery, TE. 1990. *Interpretation of Aerial Photographs*, Second Edition. Burgess Publishing Company, Minneapolis, Terjemahan Imam Abdul Rochman, 1990. *Penafsiran Potret Udara*, Cetakan Pertama, Akademika Pressindo, Jakarta.
- Das Progo-Bogowanto. 2005. *Foto Udara Pankromatik Hitam Putih, Skala 1 : 20.000*.
- Dirjen INTAG. 1989. Surat Keputusan Dirjen Intag No. 102/Kpts/VII-2/1989 tentang Ketentuan Teknis dan Tata Cara Pelaksanaan Pemotretan Udara, Pemetaan Vegetasi dan Pemetaan Garis Bentuk.
- Hardjosoediro, S.. 1974. *Kelas Hutan*, Bagian Penerbitan Yayasan Pembina Fakultas Kehutanan, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.
- Hardjo Prayitno, S.. 1993, *Penafsiran Potret Udara*, Fakultas Kehutanan IPB, Bogor.
- Paimin. 2005. Efektifitas Hutan Tanaman Mahoni (*Swietenia macrophylla*) dalam Mengendalikan Erosi dan Limpasan. *Forum Geografi*. Vol. 19 (1) Juli 2005: 88-102.
- Paine, D.P.. 1981, *Fotografi Udara dan Penafsiran Citra untuk Pengelolaan Sumber Daya*, Terjemahan Bahasa Indonesia oleh Imam Abdul Rochman, Gadjah Mada University Press.
- Priwanto. 1999. Penafsiran Produksi Getah Pinus merkusii melalui Foto Udara di RPH Ngrayun KPH Lawa Ds. *Skripsi*, Fakultas Kehutanan UGM Yogyakarta.
- Sahid. 2006. *Menaksir Produksi Getah Pinus Merkusii Menggunakan Foto Udara*, *Majalah Geografi Indonesia*, Vol. 20 (1), Maret 2006.
- _____. 2007. *Menaksir Luas Bidang Dasar Hutan Rakyat Menggunakan Foto Udara*, *Majalah Geografi Indonesia*, Vol. 21 (1), Maret 2007.
- Siswantoro, J.. 1993. Studi Pengaruh Umur, Bonita, dan Kerapatan Bidang Dasar pada Produksi Getah Pinus merkusii per Satuan Luas di RPH Loano BKPH Purworejo KPH Kedu Selatan. *Skripsi*, Fakultas Kehutanan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Spurr, HS.. 1980. *Photogrametri and Photo Interpretation with a Section on Application to Forestry, Aerial Photograph in Forestry*, The Roland Press Company, New York.
- Sunarhadi, M.A., Kartikawati S.M.. 2005. Studi Pemanfaatan Hasil Hutan Suku Dayak Meratus di Kawasan Hutan Pegunungan Meratus, Kabupaten Hulu Sungai Tengah. *Forum Geografi*. Vol. 19 (2) Desember 2005: 150.

PENGEMBANGAN APLIKASI SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS (SIG) BERBASIS WEB UNTUK MANAJEMEN PEMANFAATAN AIR TANAH MENGGUNAKAN PHP, JAVA DAN MYSQL SPATIAL (Studi Kasus di Kabupaten Banyumas)

Jumadi * dan Sigit Widiadi **

* Fakultas Geografi Universitas Muhammadiyah Surakarta

E-mail: joemnoor@gmail.com

** Dinas Energi dan Sumber Daya Mineral Kabupaten Banyumas

E-mail: swiadi@yahoo.com

ABSTRACT

In the existing world of geographic information systems (GIS), desktop mapping has taken a critical role for managing and using spatial information for business. But desktop-based GIS application having any limitation for users. The research was conducted to develop the web-based GIS in order to manage groundwater exploration and production, preventing from uncontrolled exploration, using Java Applet, MySQL Spatial and PHP. The system development was designed by using waterfall model of system life cycle with following steps: 1) system requirements, 2) software requirements, 3) analysis, 4) program design, 5) coding, 6) testing, dan 7) operation, supported by reference study, observation, and peer discussion. The result shows that by using Java Applet, MySQL Spatial and PHP, web-based GIS for groundwater management is customizable to create spatial modeling and well log modeling, user friendly, interactive, interoperable, informative, and easy to access with LAN/WAN connected PC. The application is very helpful in order to balance between groundwater supply and production, groundwater level monitoring, water quality monitoring, and groundwater user monitoring. Hopefully, the implementation of the system will help the groundwater supply conservation for sustainable development.

Keywords: *web GIS, spatial modeling, well log modeling, Java, MySQL Spatial*

PENDAHULUAN

Air merupakan salah satu komponen vital dalam kehidupan. Sering dengan pertumbuhan penduduk, kebutuhan akan air bersih pun terus mengalami peningkatan. Padahal jumlah air secara kuantitas tidak bertambah, bahkan secara kualitas banyak yang mengalami penurunan akibat pencemaran yang disebabkan oleh meningkatnya variasi dan intensitas aktivitas penduduk itu sendiri.

Menurut Santosa dan Adji (2007) kebutuhan pasokan air tanah terus

meningkat seiring dengan perkembangan daerah serta meningkatnya kebutuhan hidup manusia (Sudarmadji, 2006). Kabupaten Banyumas merupakan salah satu daerah yang dengan pertumbuhan kebutuhan air tinggi. Berdasarkan data Kabupaten Banyumas dalam Angka tahun 2007 (BPS, 2007), pada tahun 2005 jumlah pasokan air bersih yang disalurkan oleh PDAM kepada masyarakat sebesar 11.383.923 m³, terjadi peningkatan 6,16% dibandingkan dengan tahun 2004. Dari jumlah tersebut sebanyak 8.631.101 m³ (75,81%) disalurkan ke rumah tangga

untuk kebutuhan domestik. Secara faktual, diperkirakan kebutuhan air rata-rata untuk keperluan domestik sampai tahun 2007 adalah sebesar 76.447.020 m³/tahun, sehingga untuk memenuhi kebutuhan air tersebut masyarakat lebih banyak menggunakan air tanah dengan membuat sumur gali, sumur pompa, atau sumur bor.

Upaya untuk menjaga kelestarian (*sustainability*) air tanah adalah dengan melakukan pengelolaan secara seksama mempertimbangkan berbagai komponen wilayah termasuk komponen fisik maupun komponen masyarakat. Komponen fisik terkait dengan daya dukung lingkungan terhadap keberadaan air tanah (*eksistensi*), sedangkan komponen masyarakat terkait dengan pola, intensitas, metode, dan jumlah pengambilan air tanah serta upaya konservasi maupun tindakan yang merugikan terhadap upaya konservasinya.

Komponen fisik yang terkait dengan keberadaan air tanah antara lain: curah hujan, kondisi geologi, kondisi geomorfologi, kondisi geohidrologi, keberadaan cekungan air tanah dan penggunaan lahan di suatu wilayah. Secara umum komponen-komponen tersebut relatif tetap kondisinya dalam mempengaruhi eksistensi air tanah. Adapun faktor masyarakat adalah faktor yang banyak mempengaruhi berkurangnya daya dukung lingkungan terhadap keberadaan air tanah. Misalnya eksplorasi yang berlebihan, pengrusakan lingkungan di wilayah imbuhan (*recharge area*), pencemaran lingkungan maupun pengambilan air tanah yang tidak sesuai prosedur. Dengan demikian perlu adanya kontrol yang memadai terhadap perilaku masyarakat dalam melakukan eksplorasi air tanah.

Upaya kontrol yang dapat dilakukan adalah dengan melakukan pengadministrasian secara konsisten terhadap usaha-

usaha eksplorasi air tanah dari waktu ke waktu, sehingga tersusun basis data yang memadai untuk pengambilan kebijakan taktis dalam upaya pelestarian air tanah. Basis data tersebut terkait dengan kondisi kewilayahan yang mencakup komponen fisik tersebut di atas sebagai data dasar dalam setiap pengambilan keputusan. Oleh karena itu dibutuhkan adanya sistem informasi yang berbasis kewilayahan (*spatial*) atau umum dikenal dengan Sistem Informasi Geografis (SIG) agar dapat menampung komponen-komponen penting dari basis data yang akan disusun.

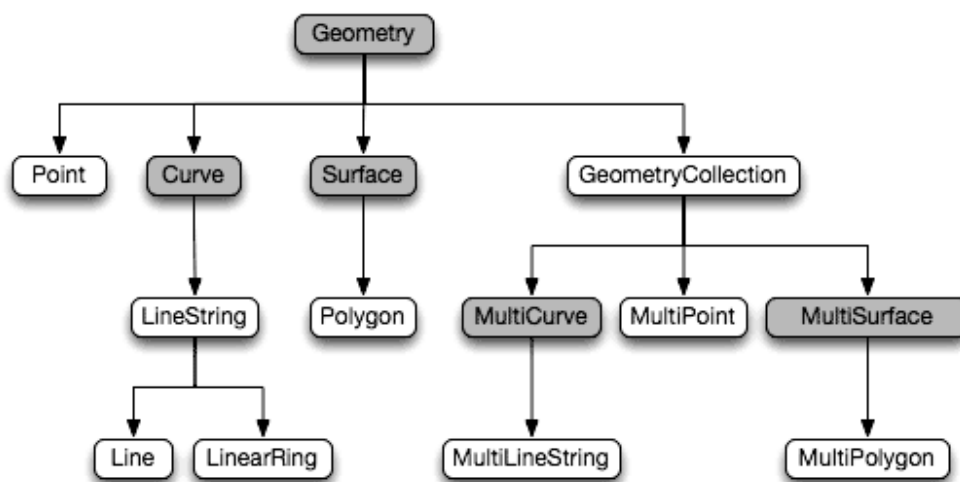
Keberadaan teknologi SIG telah memberikan kemudahan bagi banyak kalangan dalam mengelola dan memanfaatkan data spasial (*geographic referenced data*). Namun demikian, software SIG berbasis desktop yang banyak dipakai selama ini memiliki keterbatasan terutama masalah aksesibilitas dan interoperabilitasnya (Peng dan Zhang, 2004). Sebagai upaya untuk mengatasi keterbatasan tersebut, pengembangan aplikasi SIG dapat beralih menggunakan teknologi web. Di samping lebih aksesible dan interoperable, saat ini juga sudah banyak pilihan teknologi yang dapat dipakai dalam membangun SIG web, misalnya Peng dan Zhang (2004) juga Xi dan Wu (2008) menggunakan *geography markup language (GML)*, *scalable vector graphics (SVG)*, dan *web feature service (WFS)*, Kamadjeu dan Tolentino (2006) menggunakan SVG dan MySQL, sedangkan Babu (2003) menggunakan Java dan MySQL untuk membangun aplikasi SIG berbasis web.

Salah satu teknologi yang dapat dijadikan alternatif adalah pemanfaatan sistem basis data MySQL. MySQL merupakan sistem basis data RDBMS (*Relational Database Management System*) yang mulai versi 4.1 menambahkan ekstensi *spatial* pada sistem basis datanya (Haryanto,

2005). Ekstensi spasial memungkinkan untuk menyimpan objek-objek geografis yang dapat dipakai dalam aplikasi SIG. Kaitannya dengan hal ini, berdasarkan spesifikasi dari OGC, setiap objek MySQL Spasial (*layer*) disimpan pada tabel yang terpisah dalam database, dengan satu record pada tabel dari setiap elemen spasial (*spatial feature*). Di dalam tabel spasial, kolom *geometry* menyimpan informasi geometris pada masing – masing record. Kolom *geometry* mendukung untuk menyimpan *point*, *line*, *polygon*, *multipoint*, *multiline*, dan *multipolygon* (Anonymous, 2006; Anonymous, 2007).

Tipe data *geometry* secara hirarkis dapat dibagi lagi menjadi beberapa tipe data yang lebih spesifik (Gambar 1), antara lain: *point*, *line*, *polygon*, *multipoint*, *multiline*, dan *multipolygon*. Diantaranya berupa tipe abstrak (berwarna kelabu) yang berarti tipe data tersebut hanya dapat diisi dengan tipe data spasial yang lain, termasuk *geometry*. Dari beberapa tipe data abstrak tersebut hanya *geometry* yang dapat digunakan sebagai tipe kolom (Karlsson).

Teknologi yang digunakan untuk mengembangkan web SIG untuk mendukung pengelolaan air tanah di Kabupaten Banyumas dipilih dengan mempertimbangkan dua hal. Pertama, persyaratan khusus aplikasi SIG, antara lain kaya akan tampilan grafis, mendukung konten raster dan vektor serta mampu menangani data dalam jumlah yang besar (Lilley, Chair, dan Jackson, 2004). Kedua, fungsi SIG yang disampaikan oleh Abdul-Rahman (2008), di mana sistem harus mampu menyimpan, menstruktur, memanipulasi, menganalisis dan merepresentasikan data spasial. Berdasarkan kedua pertimbangan tersebut teknologi yang digunakan adalah MySQL Spasial, Java Applet dan PHP. MySQL Spasial berfungsi untuk menyimpan, menstruktur, memanipulasi, dan menganalisis data spasial sedangkan untuk merepresentasi-kannya digunakan Java Applet. Adapun PHP berfungsi sebagai penghubung antara Java Applet dan MySQL. Agar menghasilkan tampilan spasial yang dinamis. PHP akan membaca data spasial dari MySQL kemudian menuliskannya sebagai data berbasis teks yang dikirimkan ke browser.



Sumber: Karlsson

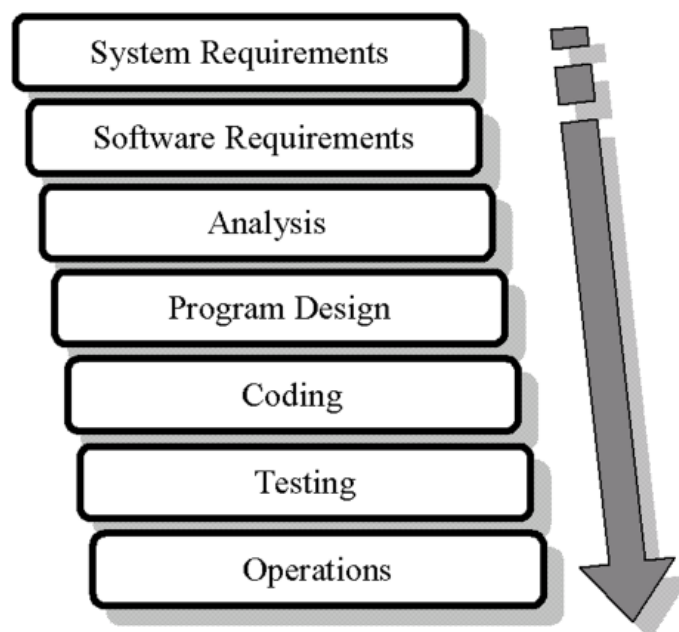
Gambar 1. Hirarki Tipe Data MySQL Spasial

Demikian pula sebaliknya, ketika user melakukan perubahan/penambahan secara interaktif pada Java Applet, PHP berfungsi untuk meng-eksekusi perubahan tersebut kedalam database MySQL.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mendeskripsikan bagaimana pengembangan SIG berbasis web yang diimplementasikan untuk pengelolaan air tanah di Kabupaten Banyumas menggunakan Java, MySQL Spatial dan PHP. Mencakup pemanfaatannya dalam tujuan praktis pengelolaan air tanah. Sehingga diharapkan dapat memberikan wawasan teoritis dan aplikatif mengenai peranan Sistem Informasi Geografis.

METODE PENELITIAN

Tahapan pengembangan sistem yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada model *waterfall* (Demers, 1997), antara lain: 1) *system requirements*, 2) *software requirements*, 3) *analysis*, 4) *program design*, 5) *coding*, 6) *testing*, dan 7) *operations* (Gambar 2).



Sumber: Demers, 1997

Gambar 2. Tahapan Pengembangan Sistem Menggunakan Model *Waterfall*

Model ini disebut *waterfall* karena satu tahapan tidak dapat dilaksanakan sebelum tahapan sebelumnya selesai, sehingga harus dilaksanakan secara berurutan.

Guna mendukung pelaksanaan tahapan tersebut dilakukan studi literatur, observasi, diskusi ahli:

- a. Studi literatur: merupakan upaya untuk menjelajahi berbagai data dan informasi yang tertuang dalam buku, jurnal, laporan penelitian maupun informasi dari internet.
- b. Observasi: merupakan upaya untuk penggalian data dan informasi mengenai pengelolaan air tanah yang selama ini dilakukan di Dinas Energi dan Sumber Daya Mineral Kabupaten Banyumas.
- c. Diskusi ahli: merupakan upaya membahas berbagai data dan informasi yang dikemukakan oleh para ahli dengan latar belakang pengetahuan dan pengalaman dalam bidang geologi, geografi, teknologi informasi dan pengelolaan wilayah.

Proses penyusunan program (*coding*) meliputi penyusunan *script* PHP dan pembuatan Java Applet untuk membuat pemodelan spasial dan non spasial menggunakan NetBeans IDE 6.5 melibatkan beberapa program penting, antara lain:

1. Perangkat lunak yang berjalan di server (*server-side*), antara lain:
 - a. MySQL, berfungsi sebagai sistem basis data yang menyimpan baik data spasial maupun data non-spasial.
 - b. Apache, merupakan software yang berfungsi sebagai server web.
 - c. PHP, berfungsi pengerjaan *script* akan dilakukan di *server*, baru kemudian hasilnya akan dikirimkan ke *browser*.
2. Perangkat lunak yang berjalan di client (*client-side*), antara lain:
 - a. Internet Browser (Microsoft Internet Explorer, Mozilla Firefox, Opera, dll), digunakan untuk browsing aplikasi.
 - b. Java Applet yang ditempelkan dalam aplikasi (*embedded*) untuk

merepresentasikan data spasial secara dinamis dan interaktif.

- c. *Java Runtime Environment* (JRE), JRE berfungsi sebagai *Java Virtual Machine* (JVM) agar aplikasi java dapat berjalan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penyusunan Basis Data

Basis data yang digunakan dalam aplikasi ini antara lain: pertama, basis data spasial yang terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer dengan melakukan survai ke lokasi sumur maupun area industri/pengguna air tanah, sedangkan data sekunder diperoleh dari hasil dokumentasi proyek dan penelitian serta peta Rupa Bumi Indonesia dalam format digital (Tabel 1).

Kedua, basis data non spasial yang juga terdiri atas data primer dan data sekunder (Tabel 2). Data primer diperoleh melalui survey dan pendataan, dan registrasi sedangkan data sekunder

Tabel 1. Data Spasial SIG untuk Pengelolaan Air Tanah

Data	Cara Memperoleh	Sumber
Peta Geologi/Litologi skala 1:25.000	Sekunder	Peta Digital
Peta Cekungan Air Tanah skala 1:25.000	Sekunder	Peta Digital
Peta Kontur skala 1:25.000	Sekunder	Peta Digital
Peta Produktivitas Akuifer skala 1:25.000	Primer	Survai
Peta Wilayah Potensi skala 1:25.000	Primer	Survai dan Analisis
Peta Konservasi skala 1:25.000	Sekunder	Analisis dan Kebijakan
Peta Administrasi skala 1:25.000	Sekunder	Peta Digital
Peta Lokasi dan Area Industri skala 1:10.000	Primer	Survai
Peta Titik Minatan Sumur dan Mata Air skala 1:10.000	Primer	Survai
Peta Pelengkap (jalan, jembatan, sungai) skala 1:25.000	Sekunder	Peta Digital

Sumber: Anonymous (2004) dengan Modifikasi

Tabel 2. Data Non - Spatial SIG untuk Pengelolaan Air Tanah

Data	Cara Memperoleh	Sumber
Data Pengguna/Pemilik Sumur/Mata Air	Primer	Registrasi
Data Administrasi Sumur/Mata Air	Primer	Registrasi dan Survey
Data Hasil Analisis Lab. Air Tanah	Primer	Survey dan Analisis Lab.
Data Hasil Pemompaan (pumping test)	Primer	Survey
Data Hasil Observasi Tinggi Muka Air Tanah	Primer	Survey
Data Perijinan	Primer	Registrasi
Data Perusahaan Pelaksana Pengeboran	Primer	Registrasi
Data Perusahaan Pelaksana Studi Hidrogeomorfologi	Primer	Registrasi
Foto – foto	Primer	Survey
Data pendukung lain	Sekunder	Dokumen

Sumber: Anonymous (2004) dengan Modifikasi

bersumber dari arsip dan dokumentasi kegiatan pengelolaan air tanah.

Data tersebut disimpan dalam sistem basis data, di mana setiap data disimpan dalam satu tabel MySQL. Tabel yang mengandung data spasial, seperti titik, garis, atau polygon, di dalamnya mengandung kolom bertipe data *geometry* yang digunakan untuk menyimpan data-data bereferensi geografis tersebut. Sekaligus tabel ini berfungsi sebagai layer-layer peta.

Prosedur Sistem

Sistem ini menggunakan beberapa peta dasar yang disimpan dalam basisdata (RDBMS) sebagai dasar untuk melaksanakan prosedur pengelolaan potensi air tanah, antara lain: peta geologi, peta geohidrologi, peta curah hujan, peta geomorfologi, peta lokasi sumur, peta konservasi air tanah, peta cekungan air tanah, dan peta potensi air

tanah (Gambar 3). Data tersebut bersama dengan data lokasi calon pengguna dan lokasi rencana sumur digunakan untuk memberikan keputusan diterbitkan atau tidaknya surat ijin untuk melakukan eksplorasi air tanah di lokasi yang dikehendaki. Pada saat calon pengguna air tanah (masyarakat) mengajukan permohonan untuk melakukan eksplorasi air tanah (pengeboran), sistem akan meminta koordinat area sumur (persil) dan koordinat rencana pengeboran yang dapat diperoleh menggunakan GPS (*Global Positioning System*). Secara prosedural, pengukuran koordinat ini dilakukan oleh petugas yang bertindak sebagai surveyor dalam hirarki pengelola sistem.

Koordinat akan digunakan oleh sistem untuk melakukan *query* secara spasial (*spatial query*) mengacu pada analisis *intersection* pada MySQL spasial untuk

memperoleh informasi mengenai kondisi fisik lingkungan di mana sumur akan dibuat. Kondisi fisik ini mereferensi pada data dasar di atas, yakni informasi geologi, geohidrologi, curah hujan, geomorfologi, cekungan air tanah, dan potensi air tanah. Berdasarkan pada informasi tersebut, apabila menurut data konservasi air tanah lokasi diijinkan, pengguna akan melakukan analisis untuk membuat rekomendasi teknis pengeboran air tanah dan menerbitkan surat ijin pengeboran air tanah. Apabila berdasarkan data konservasi air tanah, lokasi tersebut tidak memungkinkan untuk dilakukan pengeboran (misalnya: merupakan daerah imbuhan (*recharge area*) atau daerah konservasi air tanah) maka sistem akan membatalkan permohonan untuk melakukan pengeboran air tanah.

Apabila pengeboran telah dilakukan, sistem akan meminta informasi mengenai perlapisan batuan yang ada pada lokasi pengeboran. Informasi ini selanjutnya akan digunakan untuk menerbitkan rekomendasi konstruksi, termasuk gambar konstruksi yang dibuat secara otomatis oleh aplikasi. Agar dapat diterbitkan rekomendasi pemanfaatan sumur yang berkaitan dengan jenis pemanfaatan dan debit pengambilan yang aman bagi lingkungan dan pelestarian air tanah maka perlu dilakukan uji pompa (*pumping test*) untuk menentukan kuantitas air tanah dan uji laboratorium untuk menentukan kualitas air tanah.

Setelah data tersebut diperoleh, prosedur selanjutnya adalah pengecekan lapangan untuk melakukan verifikasi data dan pengambilan dokumentasi untuk penerbitan Surat Ijin Pemanfaatan Air (SIPA). SIPA diterbitkan dengan jangka waktu tertentu, oleh karena itu selama masa waktu pemanfaatan sumur perlu dilakukan pemantauan secara periodik, termasuk penertiban apabila ditemui

ketidak sesuaian antara SIPA dengan pemanfaatan yang dilakukan. Data hasil pemantauan ini selanjutnya digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan mengenai keberlangsungan pemanfaatan sumur. Semua keputusan diorientasikan pada optimalisasi pemanfaatan dan pelestarian air tanah (Gambar 4).

Desain Program (*Program Design*)

a. Arsitektur Sistem

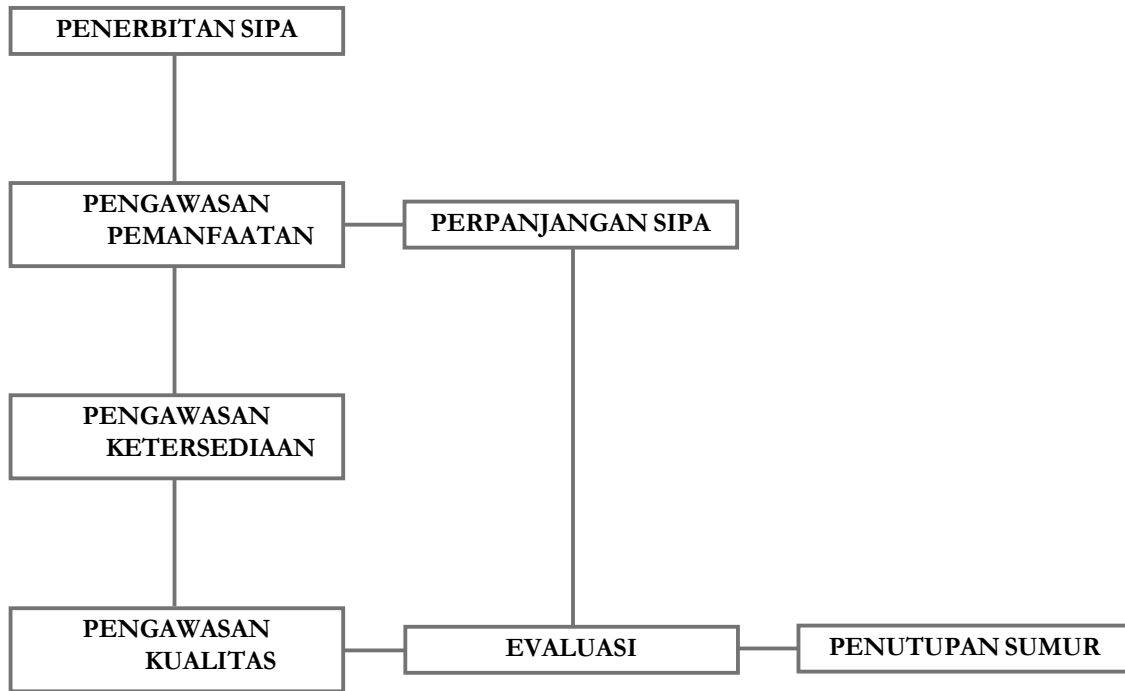
Sistem dirancang berbasis web menggunakan konsep arsitektur *three-tier*, terdiri atas *client-tier* yang berjalan di browser, *application-tier* dibangun pada apache web sever dengan *scripting* menggunakan PHP dan Java Applet dan *database-tier* menggunakan MySQL yang berekstensi spasial (Gambar 5).

b. Desain Antar Muka

Desain antar muka halaman utama (*interface*) mencakup representasi spasial dan non spasial, menu, dan alat navigasi dan analisis geografis. Secara umum dibagi menjadi 9 bagian, antara lain (Gambar 6): 1) Header dan Title aplikasi; 2) Menu Utama; 3) Sub Menu; 4) Menu Navigasi Peta (map tools); 5) Tab layer control, legenda, dan penelusuran data; 6) Layer Control; 7) Ruang Peta (map space); 8) Inset Peta; 9) Panel penunjuk koordinat posisi pointer.

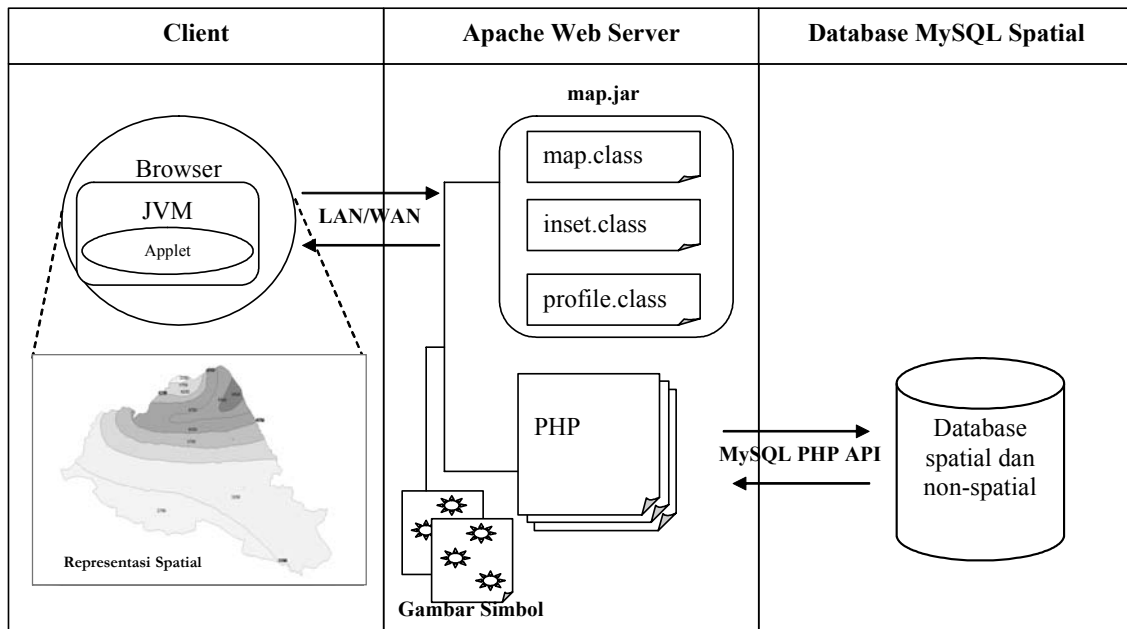
Selain alat analisis dan informasi, aplikasi juga dilengkapi dengan peralatan navigasi yang lengkap sehingga memudahkan pengguna untuk menyusuri data dan informasi. Termasuk juga peralatan untuk manajemen layer sehingga memungkinkan untuk membuat tampilan tematik (Gambar 7).

Form input data maupun output berupa pelaporan maupun pemodelan



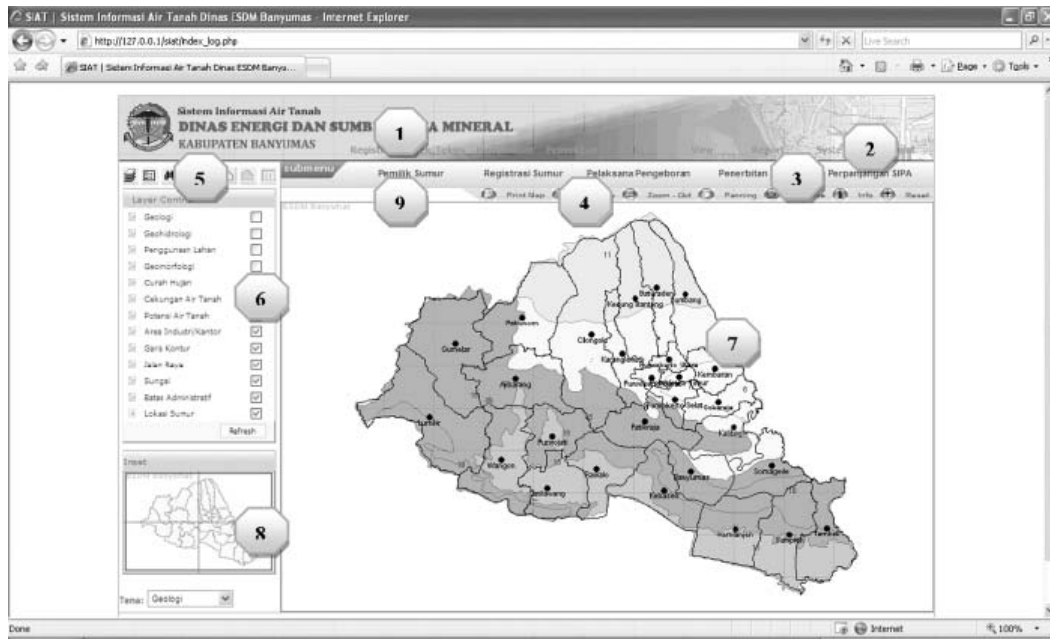
Sumber: Hasil Analisis

Gambar 4. Daur Hidup Sumur (Pemanfaatan Air Tanah)



Sumber: Hasil Analisis

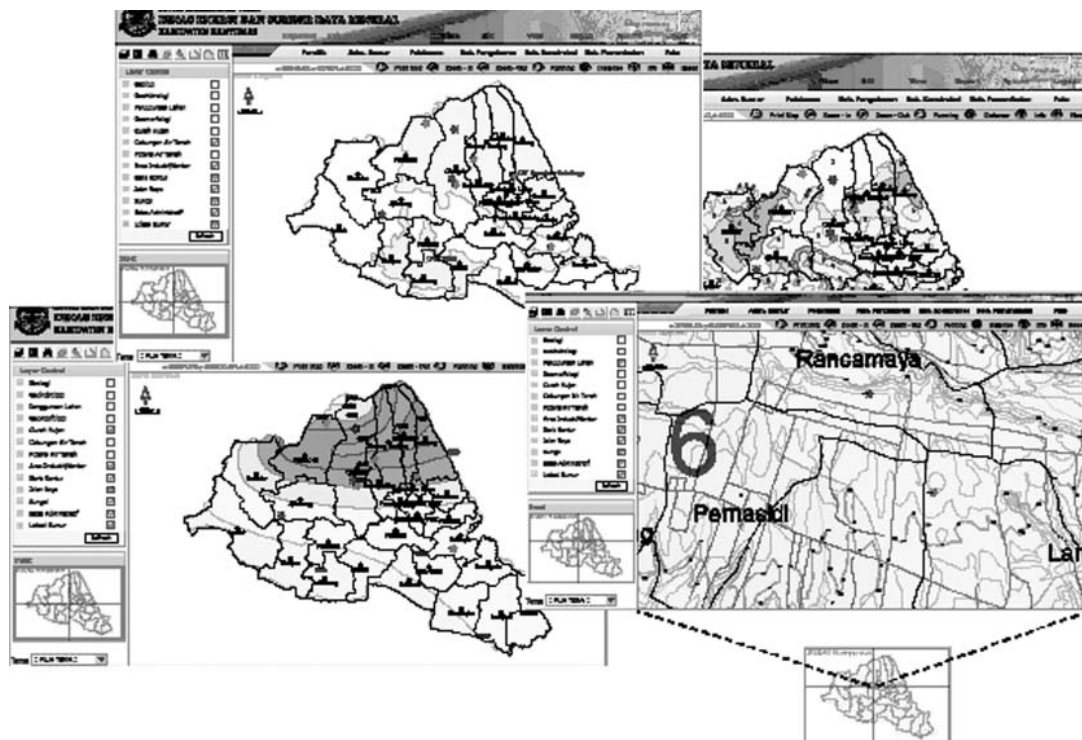
Gambar 5. Arsitektur SIG untuk Pengelolaan Air Tanah Berbasis Web



Keterangan:1) Header dan Title aplikasi; 2) Menu Utama; 3) Sub Menu; 4) Menu Navigasi Peta (map tools);5) Tab layer control, legenda, dan penelusuran data; 6) Layer Control; 7) Ruang Peta (map space); 8) Inset Peta; 9) Panel penunjuk koordinat posisi pointer

Sumber:Hasil Analisis

Gambar 6. Desain Antarmuka Halaman Utama



Sumber:Hasil Analisis

Gambar 7. Tampilan Tematik dan Navigasi Peta

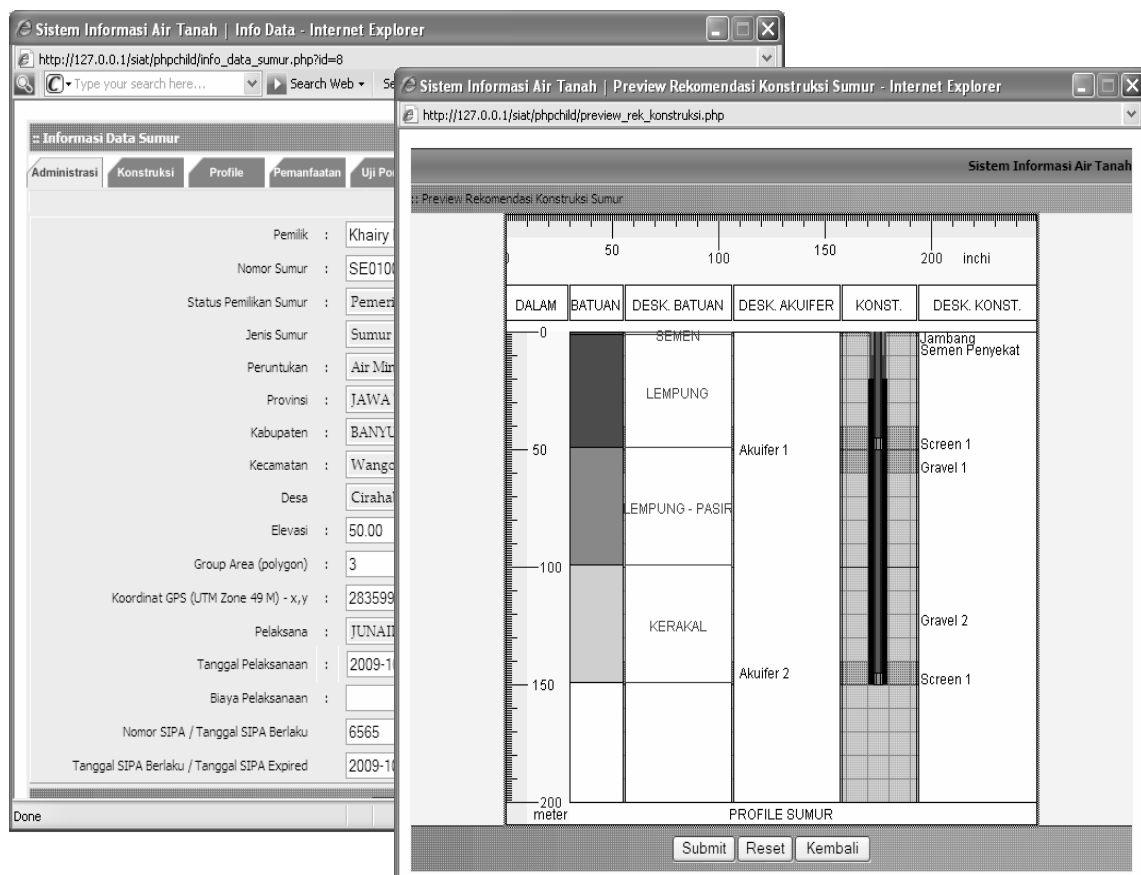
dibut sedemikian rupa agar mempermudah pengguna dalam mengoperasikan aplikasi. Optimalisasi *kombobox* dan pemanfaatan teknologi AJAX untuk menampilkan data-data isian standart pada form menghasilkan form yang interaktif serta mengurangi kesalahan dalam input data (*human error*) (Gambar 8).

c. Penulisan Program (*coding*) dan Representasi Data Spatial

Penulisan program (*coding*) dalam pengembangan aplikasi ini terdiri atas 3 bagian, antara lain: 1) penulisan script PHP, 2) pembuatan Java Applet menggunakan bahasa java, dan 3) penulisan bahasa SQL untuk memanggil, menganalisis, menambah,

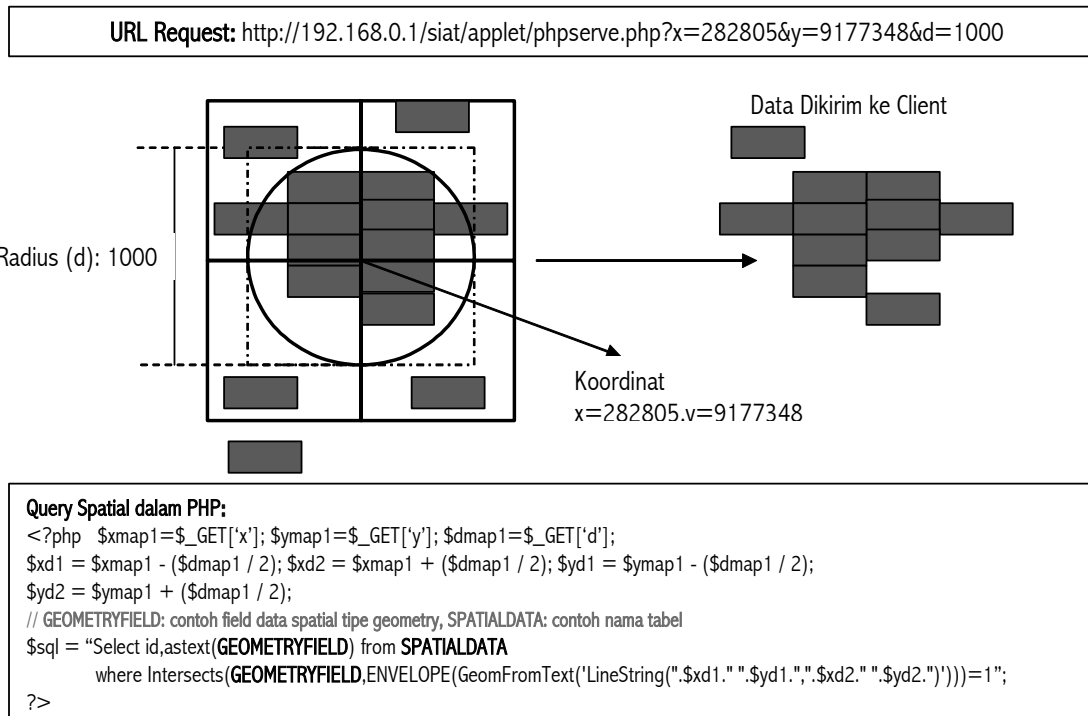
mengedit, menghapus atau melakukan perintah eksekusi lain terhadap basis data MySQL. Perintah-perintah SQL ini masuk dan dieksekus didalam PHP.

PHP memiliki peranan penting tidak hanya dalam menghasilkan tampilan HTML yang dinamis tetapi juga berfungsi dalam komunikasi data antara server dengan *applet*. Berdasarkan konsep *radius search*, *applet* yang berfungsi untuk merepresentasikan data spatial mengirimkan request ke dokumen PHP yang ada diserver dengan memberikan parameter koordinat pusat yang diinginkan (X,Y), radius (*distance*) dan parameter status layer yang dikehendaki (Gambar 9).



Sumber: Hasil Analisis

Gambar 8. Beberapa Contoh Tampilan Form dan Pemodelan Sumur



Sumber: Hasil Analisis

Gambar 9. Konsep Radius Search untuk *Query* Data Spasial Menggunakan *Intersection*

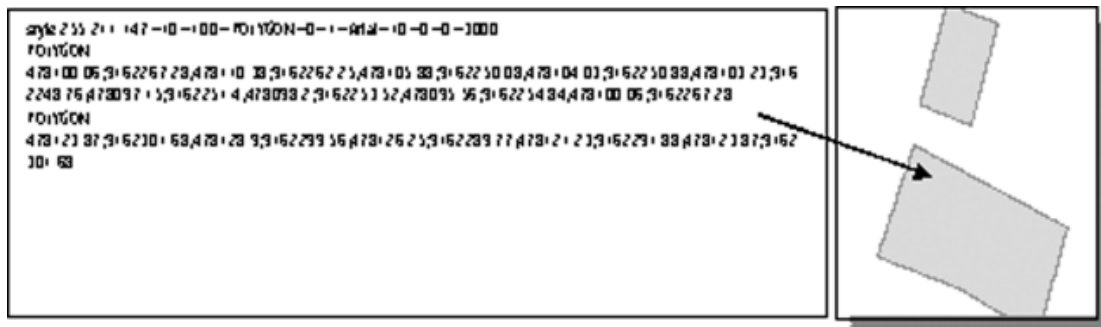
Pada saat melakukan query data dalam tipe *geometry* dikonversi menjadi teks, selanjutnya PHP mengirimkan ke applet di client. Applet akan mengkonversi data yang berupa kumpulan koordinat – kordinat dengan delimiter (Gambar 10). Dari data tersebut applet, dengan memanfaatkan **java.awt.Graphics2D** ditampilkan dalam format vektor dengan tampilan grafis berkualitas tinggi.

Implementasi Sistem dalam Manajemen Air Tanah

Sistem ini diimplementasikan dalam proses pengelolaan pemanfaatan air tanah, antara lain: 1) pemantauan lokasi sumur; 2) informasi awal tentang kondasi lokasi rencana sumur berkaitan dengan kondisi geologi, geohidrologi, curah hujan, geomorfologi, cekungan air tanah, potensi

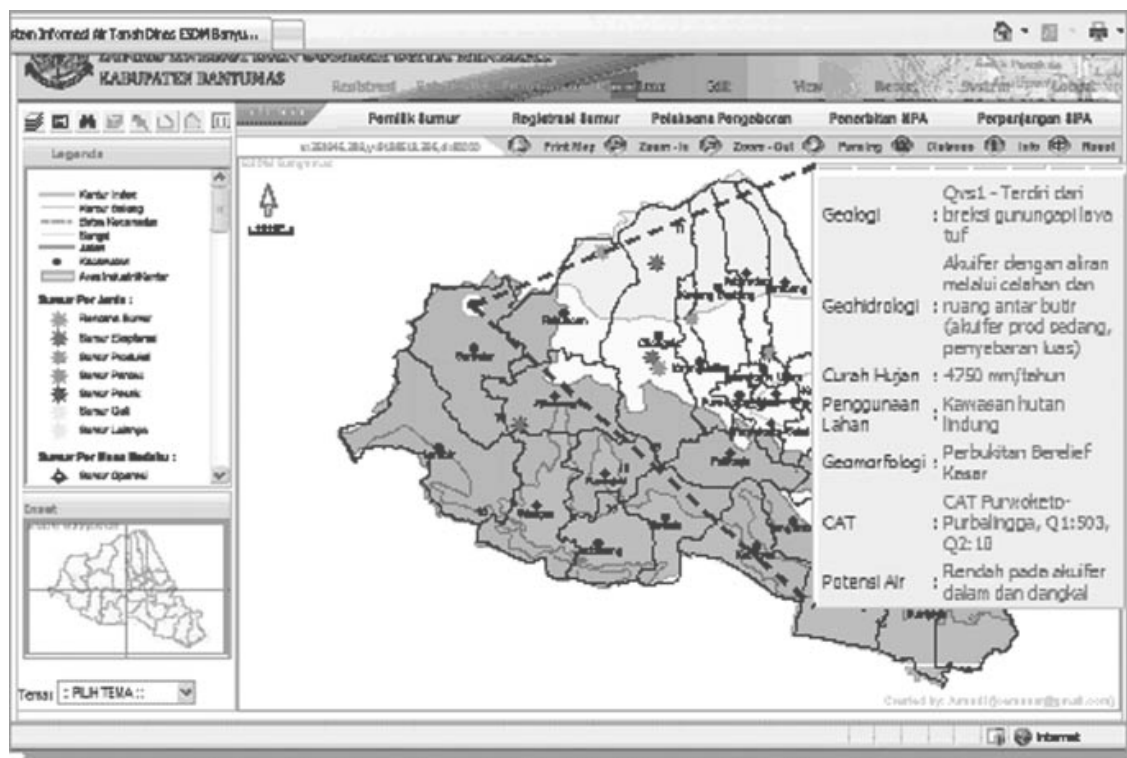
air tanah dan wilayah konservasi air tanah; 3) inventarisasi data perlapisan batuan; 4) penerbitan rekomendasi dan perijinan; 5) pemantauan kuantitas dan kualitas air tanah; 6) pemantauan dan penertiban pemanfaatan air tanah; 7) pelaporan administratif dan pemanfaatan air tanah; dan 8) pemodelan spasial lokasi sumur; dan 9) pemodelan perlapisan batuan dan konstruksi sumur.

Informasi pemanfaatan air tanah yang ditampilkan secara spasial serta informasi kondisi fisik wilayah (Gambar 11) menggunakan aplikasi ini dapat dimanfaatkan sebagai landasan dalam pengambilan keputusan. Dikaitkan dengan basis data yang sudah dihimpun pengguna dapat memutuskan apakah permohonan pengeboran sumur air tanah disuatu lokasi diijinkan atau tidak diijinkan baik terkait



Sumber: Hasil Analisis

Gambar 10. Contoh Data Hasil Konversi dari *geometry* yang Dikirim ke Applet dan Representasi Grafisnya



Sumber: Hasil Analisis

Gambar 11. Tampilan Informasi Kondisi Fisik Wilayah

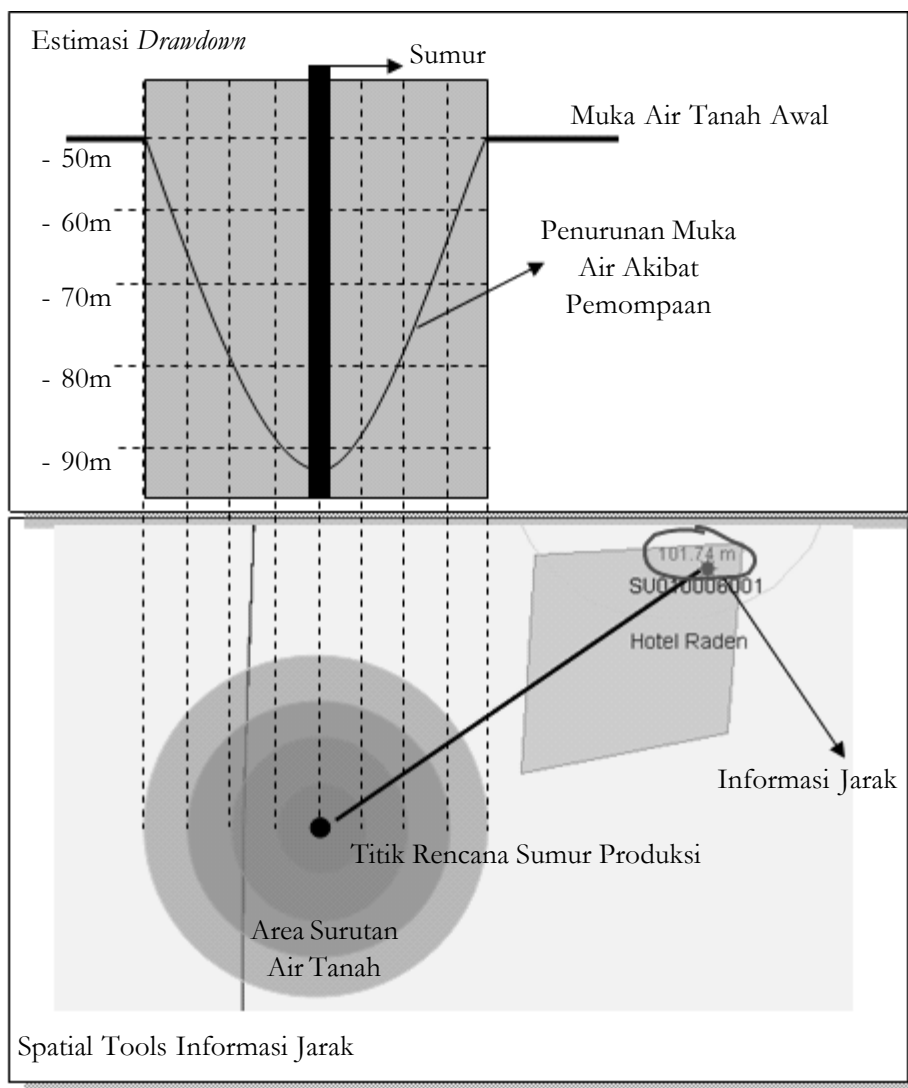
dengan daya dukung lingkungan fisiknya, potensi air tanah menurut observasi yang sudah ada maupun kaitannya dengan kebijakan wilayah konservasi air tanah. Apabila diijinkan, informasi tersebut

berguna dalam pembuatan rekomendasi rencana rancang bangun konstruksi sumur serta kedalaman pengeboran air tanah. Dengan demikian diharapkan diperoleh keputusan yang tepat dalam rangka

menjaga keberlanjutan pemanfaatan air tanah.

Kaitannya dengan perencanaan lokasi pengeboran pemanfaatan air tanah pada sumur-sumur produksi dengan kapasitas pengambilan debit yang besar, aplikasi ini dapat secara cepat dipakai untuk mengetahui jarak (Gambar 12) antara

rencana sumur yang akan dibangun dan sumur yang sudah ada di sekitarnya. Dengan demikian diharapkan dapat secara tepat mengatur posisi-posisi sumur tersebut agar *drawdown* yang terjadi pada saat pengambilan air tidak mempengaruhi kapasitas produksi sumur-sumur di sekitarnya (sumur masyarakat).



Sumber: Hasil Analisis

Gambar 12. Informasi Jarak Secara Spatial dikaitkan dengan Optimalisasi Posisi Pengambilan Air Tanah Menurut Perkiraan *Drawdown*

KESIMPULAN

Sistem Informasi Geografis sangat bermanfaat untuk melaksanakan manajemen air tanah. Banyak fungsi manajerial dan pengambilan keputusan yang dapat dibantu menggunakan sistem ini, misalnya penerbitan rekomendasi maupun perijinan yang memungkinkan tersedianya informasi kewilayahan secara cepat menyangkut variable-variabel penting yang digunakan dalam upaya menjaga kelestarian air tanah. Bahkan dengan teknologi Java Applet, MySQL Spatial dan PHP memudahkan

bagi pengembang untuk membuat pemodelan spatial maupun non spatial.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dinas Energi dan Sumber Daya Mineral Kabupaten Banyumas, secara khusus kepada Kepala Dinas dan Bp. Junaidi atas sumbang saran yang Bapak berikan serta beberapa data yang menjadi rujukan dalam tulisan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous. 2004. *Kumpulan Teknis Pengelolaan Air Tanah*. Jakarta: Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Abdul-Rahman, A., & Morakot, P. 2008. *Spatial Data Modelling for 3D GIS* (5th ed.). Berlin: Springer.
- Anonymous. 2006. *Linking to MySQL Spatial Layers*. Nebraska: MicroImages, Inc.
- Anonymous. 2007. *MySQL 5.1 Reference Manual*. Boston: Free Software Foundation, Inc.
- Anonymous. 2009. Sun Expands Identity Management Suite With New MySQL Database Interoperability for Dramatically Lower TCO. *Information Technology Business*. Atlanta: Mei 2009: 133.
- Babu, M. N.. 2003. *Implementing Internet GIS with Java Based Client-Server Environment*. Map Asia Conference 2003.
- Bouchard, Dany. 2005. *Using GIS data intelligence on the web with Scalable Vector Graphics (SVG)*. The Netherlands: SVG Open 2005 conference Enschede.
- Demers, Michael N. 1997. *Fundamentals of Geographic Information System*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Di Glacomo, Mariella. 2005. MySQL: Lessons Learned on a Digital Library. *IEEE Software*; Vol. 22 (3) Mei/ Juni 2005: 10-13, 4p. ISSN: 07407459. Diakses 14 November 2009, dari Academic Source Premier. (Document ID: 16978944).
- Dunfeya, R. I., Gittings, B. M., & Batchellera, J. K.. 2006. Towards an open architecture for vector GIS. *Computers & Geosciences*, Vol. 32 (10), Desember 2006: 1720-1732.

- eSpatial. 2009. eSpatial Announces Full Function Web GIS Geographic Information Systems as Software as a Service SaaS. *Information Technology Business*, 106. Diakses 12 September 2009, dari Academic Research Library. (Document ID: 1675433601).
- Haryanto, S. 2005. *SQL: Kumpulan Resep Query Menggunakan MySQL*. Jakarta: Dian Rakyat.
- Kamadjeu, R., & Tolentino, H. 2006. *Open Source Scalable Vector Graphics Components for Enabling GIS in Webbased Public Health Surveillance Systems*. AMIA 2006 Symposium Proceedings, 973.
- Kang, J. S., You, Y., Sung, M. Y., Jeong, T. T., & Park, J. 2008. *Mobile Mapping Service using Scalable Vector Graphics on the Human Geographic*. Seventh IEEE/ACIS International Conference on Computer and Information Science.
- Karlsson, Anders. GIS and Spatial Extensions with MySQL. dari <http://dev.mysql.com/tech-resources/articles/4.1/gis-with-mysql.html>, diakses tanggal 14 November 2009.
- Lilley, C., Chair, and Jackson, D..2004. *2d Graphics in XML*. dari <http://www.w3.org/Graphics/SVG/>. Diakses 12 September 2009.
- Mikhaleenko, Peter V.. 2006. *Explore W3C standards: Make SVG more active with sXBL*. CNET Networks, Inc.
- Neumann, A., & Andréas M, W. 2000. *Vector-based Web Cartography: Enabler SVG*. Diakses tanggal 5 Agustus 2008, dari www.carto.net.
- Oxley, Alan. 2009. Web 2.0 Applications of Geographic and Geospatial. *Bulletin of the American Society for Information Science and Technology*. April/May 2009 – Vol. 35 (4).
- Peterson, Michael P.. 2003. *Maps and the Internet*. ELSEVIER – INTERNATIONAL CARTOGRAPHIC ASSOCIATION, UK: Elsevier Scient, ltd. ISBN: 0-08-044201-3.
- Seff, George. 2002. *Scalable Vector Graphics and Geographic Information Systems*. Limbic Systems, Inc.
- Santosa, W. S & Adji, N. A.. 2007. The Investigation of Ground Water Potential by Vertical Electrical Sounding (VES) Approach in Arguni Bay Region, Kaimana Regency, West Papua. *Forum Geografi*. Vol. 21(1) Juli 2007.
- Sudarmadji. 2006. Perubahan Kualitas Air tanah di Sekitar Sumber Pencemar Akibat Bencana Gempa Bumi. *Forum Geografi*. Vol 20 (2) Desember 2006: 91-119.
- Xi, Yan-tao & Wu, Jiang-guo. 2008. Application of GML and SVG in the development of WebGIS. *Journal of China University of Mining and Technology*. Vol. 18 (1), Maret 2008: 140-143.
- Peng, Z. & Zhang, C.. 2004. The roles of geography markup language (GML), scalable vector graphics (SVG), and Web feature service (WFS) specifications in the development of Internet geographic information systems (GIS). *Journal of Geographical Systems*, 6(2), 95-116. Diakses 11 September 2009, dari Academic Research Library. (Document ID: 848873401).

MONITORING DAN EVALUASI DAERAH ALIRAN SUNGAI DENGAN PENGINDERAAN JAUH DAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS

Beny Harjadi

Peneliti Madya Bidang Pedologi dan Penginderaan Jauh
Pada Balai Penelitian Kehutanan (BPK) Solo
Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan, Departemen Kehutanan
E-mail:adbsolo@yahoo.com

ABSTRACT

The characteristics of the landcover of a territory were really influenced by the condition biophysical and social his community's economics. To the territory with the high rainfall had a rare population, the pattern of the landcover was more dominant to the annual crop, conversely to the high rainfall territory had a solid population the pattern of the land cover was more dominant in crops. Whereas to the dry territory (low rain) with the rare inhabitants, the pattern of the his land cover was dominated the meadow and the crop kept dry. The requirement would the latest data, the high accuracy, to the area that was wide to monitor the change in one unity of the management of watershed. This research aimed at studying the application of remote sensing (RS) and the geographical information system (GIS) to monitoring and the evaluation of watershed. Physical conditions for the land that was dominated by the land form of the mountainous land and hills with the slope that was steep until precipitous, caused the territory around Grindulu Sub Watershed the potential would the occurrence of the landslide. This landslide incident was also supported by the rock situation that has begun to go mouldy resulting from the disintegration by the hot influence and rain as well as decomposition. Although having some areas of the land that was dominated the bare-rock and the rock-outcrop, but because the land cover was relatively dense in the area of mountains and hills then year round the Grindulu river had not been dry.

Keywords: *landslide, land use change, monitoring and evaluation, remote sensing (RS)*

PENDAHULUAN

Pengelolaan DAS dengan permasalahan yang kompleks, diperlukan penanganan secara holistik, integral dan koordinatif. Sumber daya alam yang berupa hutan (vegetasi), tanah, dan air mempunyai peranan yang penting dalam kelangsungan hidup manusia sehingga dalam pemanfaatannya perlu dilakukan secara optimal dan lestari. Kerusakan sumber daya alam hutan (SDH) yang terjadi saat ini telah

menyebabkan terganggunya keseimbangan lingkungan hidup daerah aliran sungai (DAS) seperti tercermin pada sering terjadinya erosi, banjir, kekeringan, pendangkalan sungai dan waduk serta saluran irigasi. Tekanan yang besar terhadap sumber daya alam oleh aktivitas manusia, salah satunya dapat ditunjukkan adanya perubahan penutupan lahan yang begitu cepat, dan tekanan terhadap luas lahan perlu adanya analisis Analisis Kemampuan Penggunaan Lahan (KPL) (Harjadi, 2007).

Kebutuhan akan data terkini dengan akurasi tinggi, pada areal yang luas sangat diperlukan untuk memantau perubahan satu kesatuan pengelolaan DAS. Data yang diperoleh dari teknologi Penginderaan Jauh (PJ) yang telah di cek di lapangan digunakan sebagai masukan (*input*) bagi Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk selanjutnya diproses dan dianalisa sehingga diperoleh peta penutupan lahan yang akurat. Melalui proses SIG data dari PJ dapat digunakan untuk mendeteksi perubahan penutupan lahan (*Land cover change detection*) pada suatu DAS. Dalam hal ini bantuan PJ dan SIG sangat diperlukan untuk membantu keterbatasan dana, waktu dan tenaga kerja dengan hasil yang diperoleh memiliki akurasi tinggi, mudah, cepat dan murah, dapat dilakukan pada setiap waktu.

Kondisi penutupan lahan dan variasi jenis tanah dalam pengelolaan DAS akan sangat berpengaruh pada jenis dan tingkat erosi yang terjadi. Daerah yang kritis oleh akibat erosi tersebut dapat dianalisis secara visual maupun digital dengan PJ. (Harjadi, 2005). Sehingga diharapkan PJ dan SIG dapat membantu perhitungan untuk analisis erosi baik secara kualitatif untuk perencanaan jangka panjang maupun secara kuantitatif untuk perencanaan jangka pendek. Adapun tujuan penelitian ini untuk mengkaji aplikasi PJ dan SIG untuk monitoring dan evaluasi DAS.

METODE PENELITIAN

1. Monitoring Kondisi Biofisik DAS

a. Kedalaman Solum Tanah

Analisis kedalaman tanah dapat didekati dengan kelas kemiringan lahan yang dihitung dari hasil analisis citra satelit SRTM (*Shuttle Radar Thematic Mapper*) atau dari hasil interpolasi garis kontur.

Semakin miring kelas lereng maka kedalaman tanah akan semakin dangkal karena lahan mengalami degradasi yang menyebabkan berkurangnya ketebalan solum tanah. Rumus *slope* (kemiringan lereng) dan *aspek* (orientasi/arah lereng) sebagai berikut (Singh, 1994):

Formula Slope (Persen)——

$$\text{SlopePCT} = 100 \times \text{HYP}(D_x, D_y) / \text{PIXEL SIZE DEM}$$

Degree (Derajat)——

$$\text{Slope DEG} = \text{RadDeg}(\text{ATAN}(\text{slope PCT}/100))$$

$$\text{Formula AspectTR} = \text{ATAN2}(D_x, D_y) + \text{PI}$$

$$\text{TD} = \text{Raddeg}(\text{AspectTR})$$

b. Curah Hujan Tahunan

Analisis curah hujan dengan citra satelit dapat dihitung dengan rumus rasterisasi informasi digital citra satelit dengan membandingkan ketinggian tempat yang berbeda. Semakin tinggi letak daerah di pegunungan maka intensitas hujan akan meningkat pula, dengan rumus perhitungan sebagai berikut (Uboldi dan Chuvieco, 1997):

$$\begin{aligned} E &= R * (11.9 + 8.7 * \log(10.I)) \\ &= R * (11.9 + 8.7 * \log(25)) \end{aligned}$$

dimana :

E = energi kinetik curah hujan

R = curah hujan tahunan (mm)

I = intensitas hujan

c. Evapotranspirasi

Analisis perhitungan evapotranspirasi (ET) dapat dihitung dengan rumus ET Loss dengan menggunakan faktor penutupan tanaman (Kc), (Proveda, German dan Salazar, 2004) :

$$ET\ Loss = 8 * Kc * 10 = \text{ mm}$$

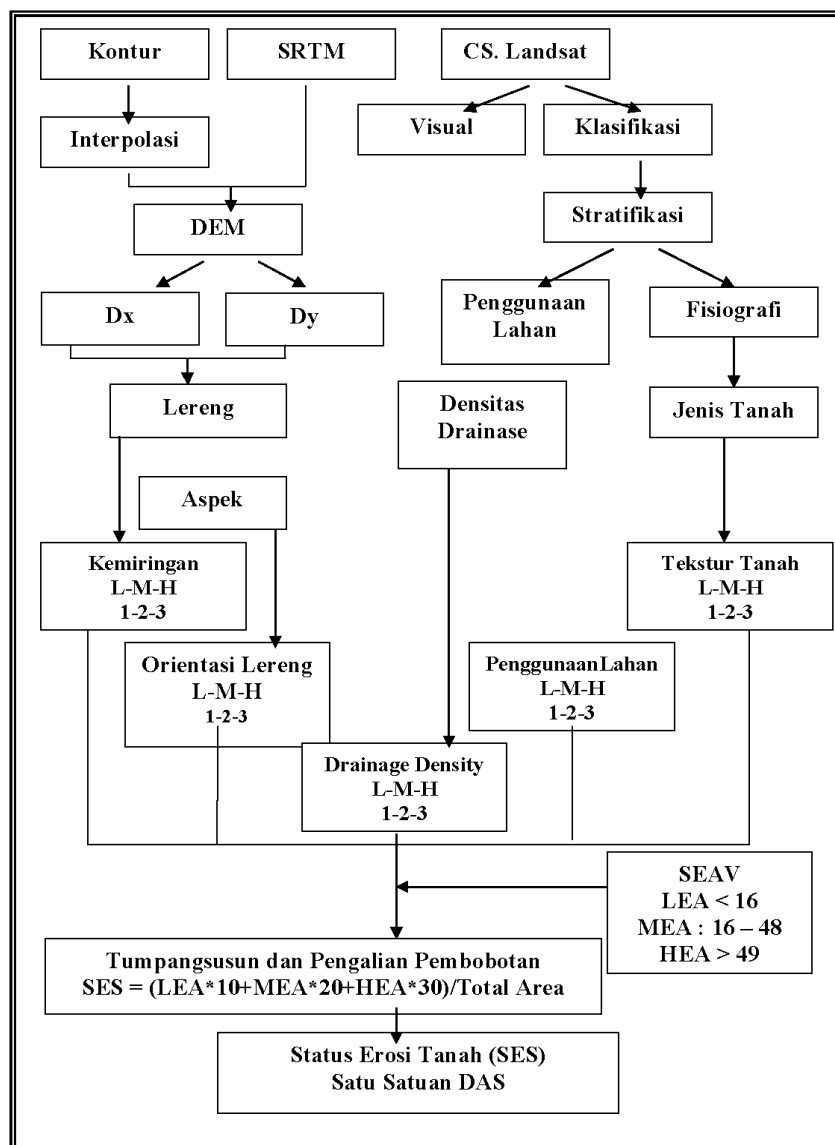
$$ET\ Loss1 = (ET\ Loss + Area) / 100$$

$$= \text{ m}^3$$

2. Evaluasi DAS Grindulu

a. SES (Soil Erosion Status)

Perhitungan erosi kualitatif dengan SES setelah mengklasifikasi 5 faktor yaitu kemiringan lereng, aspek lereng, kerapatan drainase, penggunaan lahan dan tekstur tanah (Shresta, Honda dan Murai, 1997) (Gambar 1).



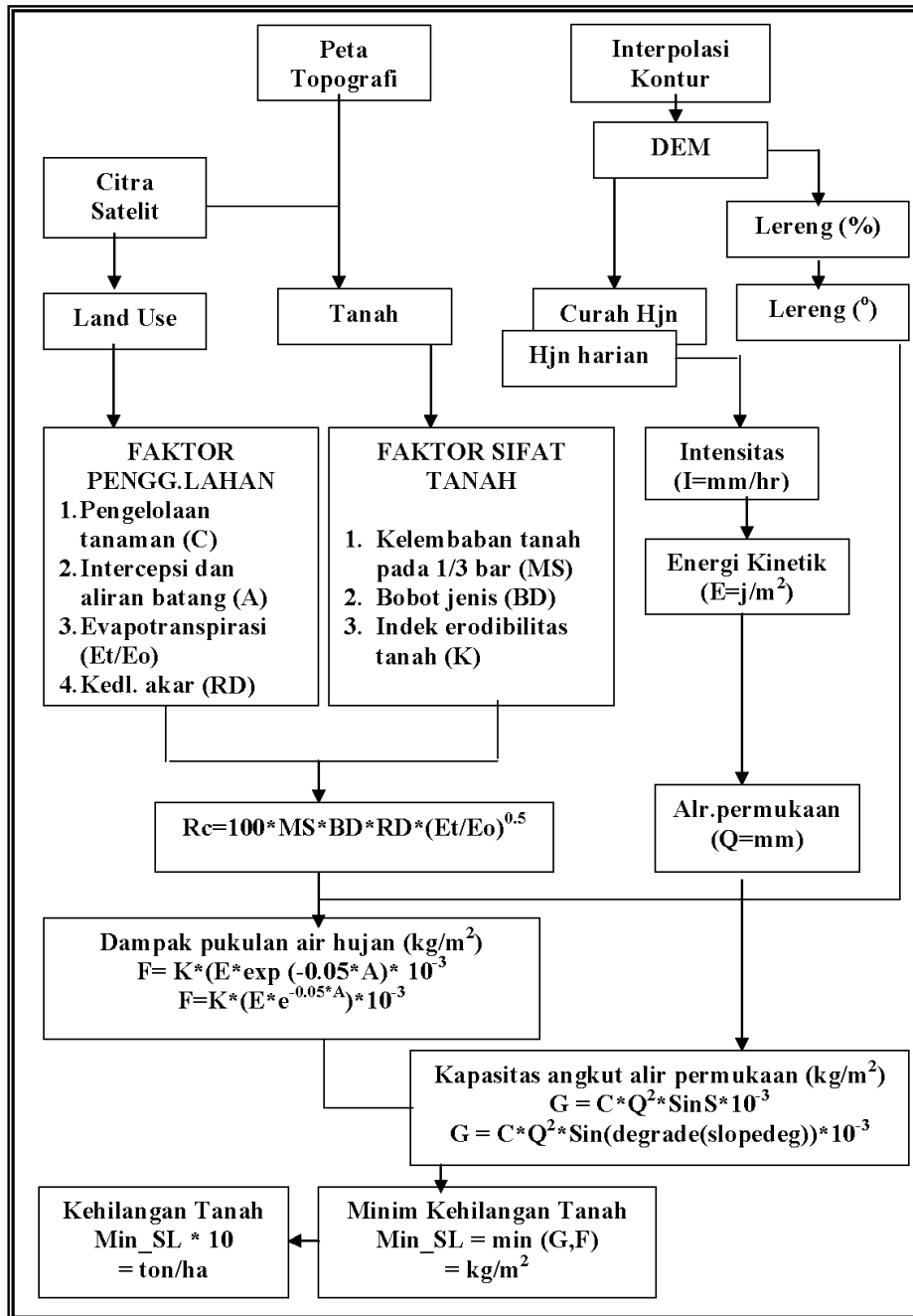
Sumber: Shresta, Honda dan Murai, 1997

Gambar 1. Diagram Alur Analisis Erosi Kualitatif dengan SES

b. MMF (*Morgan Morgan dan Fenney*)

Perhitungan erosi secara kuantitatif dengan MMF setelah menganalisis faktor penggunaan

lahan (C, A, Et/Eo, dan RD) dan faktor sifat tanah (MS, BD, dan K) serta air permukaan (Morga, Morgan dan Finney, 1984) (Gambar 2).



Sumber: Morga, Morgan dan Finney, 1984

Gambar 2. Diagram Proses Analisis Perhitungan Erosi Kuantitatif dengan MMF

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Monitoring Kondisi Biofisik DAS

Monitoring merupakan kegiatan rutin dan berkelanjutan dengan tujuan untuk mengetahui sedini mungkin perubahan kerentanan atau kesehatan suatu DAS perlu dilakukan secara reguler. Pemantauan di DAS Grindulu yang masuk di tiga kabupaten dengan daerah dominan di kabupaten Pacitan, yang tercover oleh 12 peta RBI (*Rupa Bumi Indonesia*) skala 1 : 25.000, meliputi nomer baris dan kolom 1508-121 : Kismantoro, 1508-122 : Balong, 1407-644 : Giriwoyo, 1507-433 : Bungur, 1507-434 : Arjosari, 1507-443: Tegal Ombo, 1507-444 : Bungal, 1407-642 : Kalak, 1507-431 : Pacitan, 1507-432 : Kebon Agung, 1507-441: Losak, 1507-442 : Sukorejo, 1507-413: P.Bakung, 1507-414 : Wawaran, dan 1507-441 : Loron.

DAS Grindulu sebelah utara dibatasi oleh Kab. Ponorogo, sebelah timur dibatasi Kab. Trenggalek, sebelah barat dibatasi Kab. Wonogiri dan sebelah selatan dibatasi lautan Indonesia (lihat Tabel 1).

1. Kedalaman Solum Tanah

Kedalaman solum tanah dikelaskan berdasarkan kedalaman tanah, semakin tebal tanah maka skornya semakin kecil, sebaliknya semakin tipis tanah maka skor semakin tinggi. Kisaran kelas kedalaman tanah antara lain: kelas 5 (< 15 cm), 4 (15-30 cm), 3 (30-60 cm), 2 (60-90 cm), dan 1 (> 90 cm).

Gambar 3 menunjukkan skor tingkat bahaya terhadap degradasi lahan pada kategori tingkat rendah dan sedang, karena kedalaman tanah di DAS Grindulu kebanyakan pada kelas sedang (30-60 cm) dan dalam (> 90 cm).

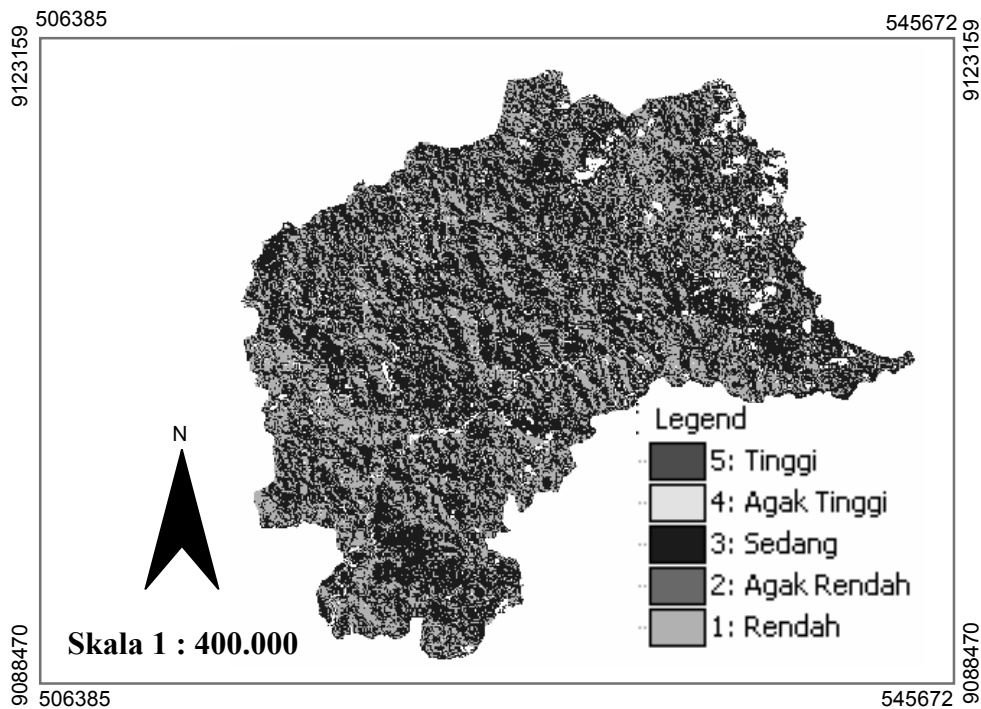
Tabel 2 menyajikan data kedalaman tanah yang masuk kategori sedang yaitu seluas 40.650 ha (62%) dan masuk kategori kelas dalam seluas 24.890 ha (38 %). Walaupun solum tanah cukup dalam namun jika erosi yang terjadi pada tingkat berat seperti erosi jurang dan longsor, maka ini akan membahayakan pada daerah dibawahnya, karena akan terjadi sedimentasi secara

Tabel 1. Distribusi Penyebaran Kota-Kota di DAS Grindulu

Nama Kota	Piksel	Prosentase (%)	Luas	
			(Ha)	(Km ²)
PACITAN	73.306	90,6	59.377,7	593,8
PONOROGO	3.117	3,9	2.524,4	25,2
WONOGIRI	4.488	5,5	3.635,0	36,4
JUMLAH	80.910	100,0	65.537,1	655,4

Sumber: Hasil Analisis

Keterangan : Piksel = ukuran bagian terkecil elemen ukuran 30 x 30 m di lapangan untuk citra Landsat



Sumber: Hasil Analisis

Gambar 3. Peta Kelas Kedalaman Tanah (Solum) DAS Grindulu, Pacitan

Tabel 2. Sebaran Luas untuk Kelas Solum Tanah di DAS Grindulu

Skor	Besaran Solum Tanah		Kategori	Luas	
	Solum (cm)	Deskripsi	Nilai	Area	Prosentase (%)
1	< 15	Sangat Dangkal	Tinggi	0,0	0,0
2	15 -30	Dangkal	Agak Tinggi	0,0	0,0
3	30 -60	Sedang	Sedang	406,5	62,0
4	60 -90	Dalam	Agak Rendah	0,0	0,0
5	>90	Sangat Dalam	Rendah	248,9	38,0
Jumlah				655,4	100,0

Sumber: Hasil Analisis

besar-besaran, dan akan mengakibatkan pendangkalan sungai dan waduk, yang berdampak semakin menurunnya umur waduk.

Kelas solum tanah dengan resiko rendah dan sedang terhadap erosi yang mengakibatkan degradasi lahan, maka ini sesuatu yang merupakan upaya untuk menjaga penutupan lahan dan jangan sampai dibiarkan dalam keadaan terbuka yang akan berakibat terjadi erosi besar-besaran, karena secara fisik faktor lahan di DAS Grindulu berpotensi terjadi erosi ringan sampai tinggi

2. Curah Hujan Tahunan

Kategori kelas hujan tahunan di DAS Grindulu merata dari hulu sampai hilir sama yaitu pada kategori kelas sedang (3) yaitu berkisar antara 1001 sampai 1500 mm/th. Sehingga hujan yang terjadi baik diatas maupun dibawah menyumbangkan ke tanaman dalam jumlah yang sama dan pada kelas sedang, yaitu tanaman tidak berlebih untuk persediaan air hujan dan juga tidak

terlalu kekurangan. Kondisi tersebut menyebabkan sepanjang tahun di DAS Grindulu selalu ditumbuhi dengan hijaunya tanaman, dan berdampak pada sumber mata air yang tidak pernah habis meskipun pada waktu musim kemarau sekalipun.

Tabel 3 menunjukkan bahwa sebagian besar hujan tahunan pada kelas kategori sedang, dan hanya sedikit pada kelas kategori agak tinggi dengan hujan tahunan antara 501 sampai 1000 mm/th, yaitu seluas 20 ha. Sisanya semua masuk pada kategori kelas hujan tahunan sedang.

Kelas hujan tahunan hampir semua di DAS Grindulu dari hulu sampai hilir masuk kelas kategori sedang ($\pm 100\%$). Gambaran seperti itu menunjukkan bahwa air bukan suatu masalah di DAS Grindulu, sehingga sepanjang tahun hampir tidak ada bedanya penutupan lahan pada musim kemarau dengan musim penghujan.

Tabel 3. Sebaran Luas untuk Kelas Hujan Tahunan di DAS Grindulu, Pacitan

Skor	Besaran Hujan Tahunan		Kategori Nilai	Luas	
	Hujan (mm)	Deskripsi		Area (Km ²)	Prosentase (%)
1	< 2000	Sangat Tinggi	Rendah	0,0	0,0
2	1501-2000	Agak Tinggi	Agak Rendah	0,2	0,0
3	1001-1500	Tinggi	Sedang	655,2	100,0
4	501-1001	Agak Rendah	Agak Tinggi	0,0	0,0
5	< 500	Rendah	Tinggi	0,0	0,0
				655,4	100

Sumber: Hasil Analisis

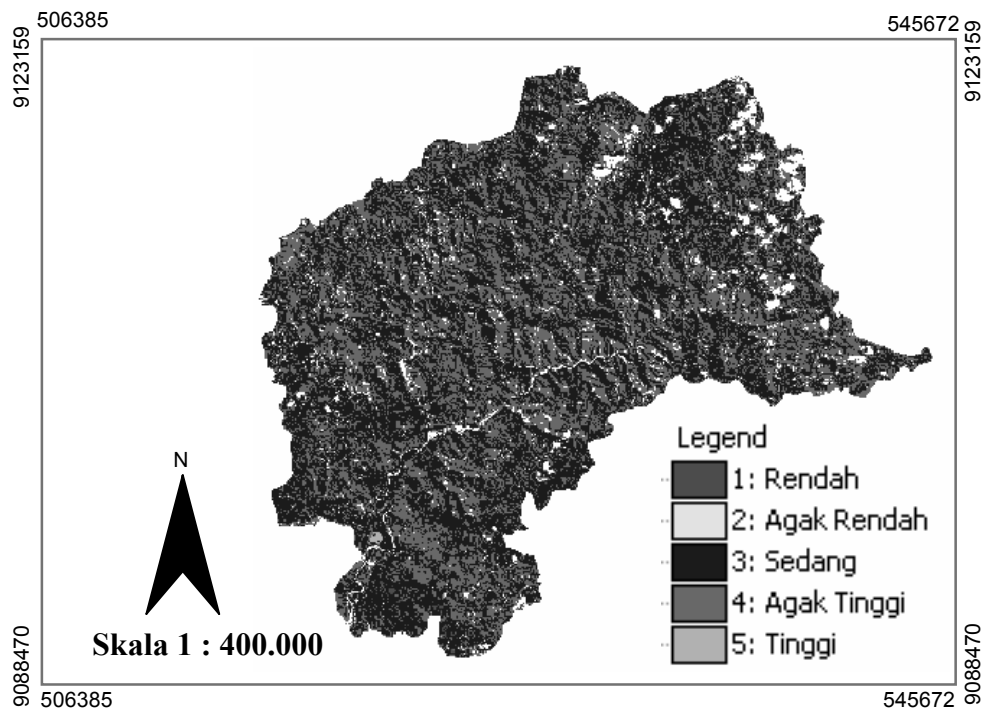
3. Evapotranspirasi

Evapotranspirasi yang terjadi di DAS Grindulu pada skor kategori kelas sedang (1001-1500 mm/th) dan agak tinggi (1505-2000 mm/th) dan tersebar berselang-seling dari hulu sampai hilir (Gambar 4). Skor sedang dan agak tinggi terkait dengan resiko erosi yang akan terjadi, sehingga dengan demikian erosi di DAS Grindulu sebagian besar pada tingkat sedang dan agak tinggi untuk parameter evapotranspirasi.

Tabel 4 menunjukkan bahwa evapotranspirasi tertinggi pada skor kelas sedang seluas 35.770 ha (54,6 %) dan agak tinggi seluas

28.850 ha (44 %). Sehingga faktor evapotranspirasi actual di DAS Grindulu perlu menjadi perhatian agar dapat diturunkan pada skor kategori nilai rendah atau agak rendah, agar tidak terjadi erosi tingkat sedang sampai berat.

Evapotranspirasi yang masuk pada kelas sedang dan agak tinggi yang mendominasi di DAS Grindulu. Upaya yang dapat dilakukan untuk menekan agar evapotranspirasi menurun yaitu dengan reboisasi dan penghijauan sehingga tercipta iklim mikro sejuk dan tidak menimbulkan banyak evaporasi dari tanah dan transpirasi dari tanaman.



Sumber: Hasil Analisis

Gambar 4. Peta Kelas Evapotrasnpirasi Aktual DAS Grindulu, Pacitan

Tabel 4. Sebaran Luas untuk Kelas Evapotranspirasi Aktual di DAS Grindulu

Skor	Besaran Evapotranspirasi Aktual		Kategori Nilai	Luas	
	Tahunan (mm)	Deskripsi		Area (Km ²)	Prosentase (%)
1	< 750	Sangat Rendah	Rendah	6,5	1,0
2	751 - 1000	Rendah	Agak Rendah	0,0	0,0
3	1001-1500	Sedang	Sedang	357,7	54,6
4	1501-2000	Tinggi	Agak Tinggi	288,5	44,0
5	> 2000	Sangat Tinggi	Tinggi	2,8	0,4
				655,4	100,0

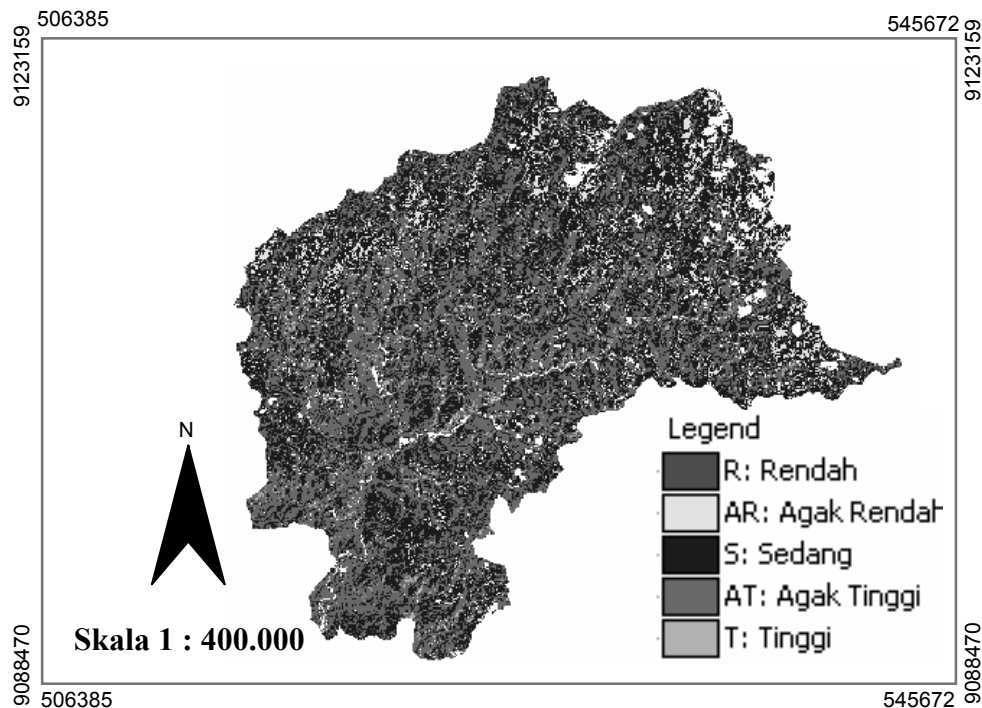
Sumber: Hasil Analisis

B. Evaluasi DAS Grindulu

1. SES (*Soil Erosion Status*)

Perhitungan erosi kualitatif SES (*Soil Erosion Status*) dengan 5 faktor yang berpengaruh yaitu : arah lereng, kemiringan lereng, drainase,

tekstur tanah, dan penutupan lahan (Gambar 5). Skor kelas criteria untuk SES dari rendah (1) sampai tinggi (5). Erosi rendah untuk kondisi lahan yang mengalami erosi kurang dari 5 ton/ha/th.



Sumber: Hasil Analisis

Gambar 5. Peta Kelas Erosi Kualitatif SES di DAS Grindulu, Pacitan

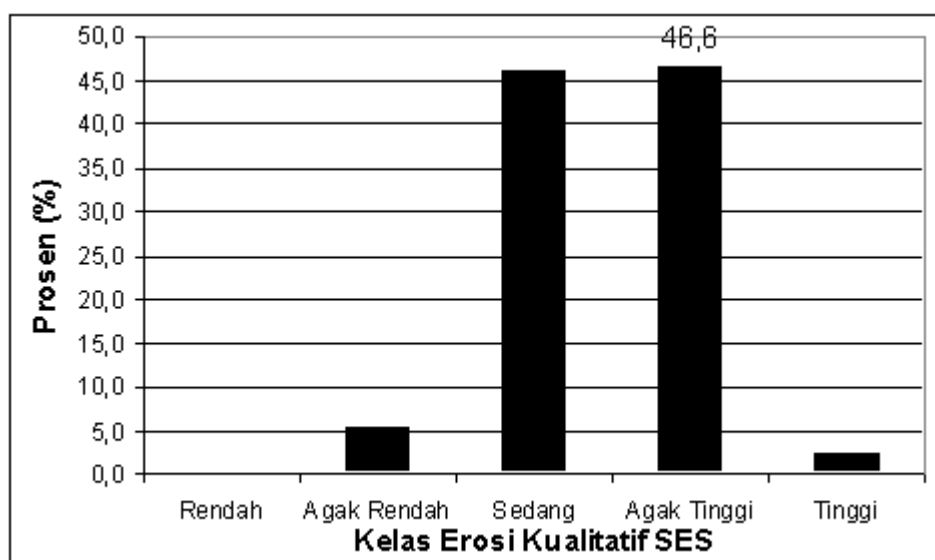
Dari perhitungan erosi kualitatif diperoleh skor kelas erosi tertinggi pada kelas agak tinggi (46,6%) seluas 30.250 ha dan terendah untuk kelas tinggi (2,3%) seluas 150 ha (Tabel 5). Kondisi erosi kualitatif yang mayoritas pada tingkat sedang dan agak tinggi menyebabkan lahan di DAS Grindulu relatif mudah tererosi pada tingkat sedang dan agak tinggi, seperti terjadinya erosi alur, jurang dan longsor.

Gambar 6 grafik besarnya erosi kualitatif memperjelas gambaran bahwa erosi di DAS Grindulu sebagian besar pada tingkat sedang dan agak tinggi. Keadaan seperti tersebut sesuai dengan kondisi lahan disana yang memiliki kemiringan lereng yang curam dan tanahnya berpotensi longsor karena didominasi tekstur halus.

Tabel 5. Sebaran Luas untuk Kelas Erosi Kualitatif SES di DAS Grindulu

Skor	Besaran Erosi Kualitatif		Kategori	Luas	
	SES (t/ha/th)	Deskripsi	Nilai	Area (Km ²)	Prosentase (%)
1	< 5	Sangat Rendah	Rendah	0,0	0,0
2	5 - 10	Rendah	Agak Rendah	34,7	5,3
3	10 -25	Sedang	Sedang	300,5	45,9
4	25 - 50	Tinggi	Agak Tinggi	305,2	46,6
5	> 50	Sangat Tinggi	Tinggi	15,0	2,3
				655,4	100,0

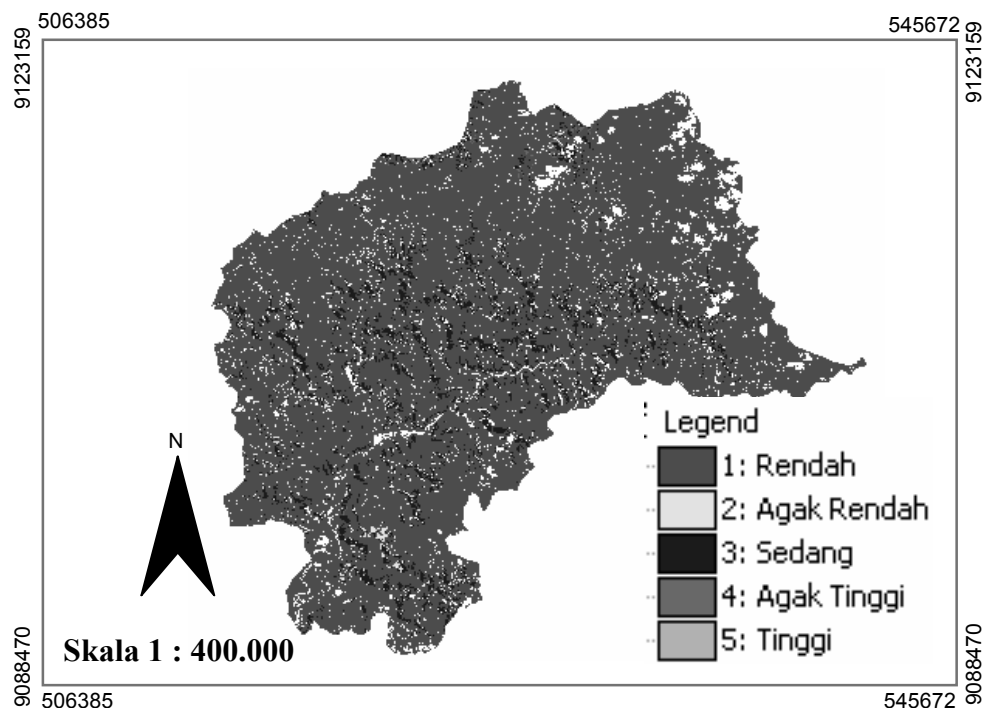
Sumber: Hasil Analisis



Sumber: Hasil Analisis

Gambar 6. Luasan Kategori Nilai Kelas Erosi Kualitatif SES di DAS Grindulu

2. MMF (*Morgan Morgan dan Fenney*)



Sumber: Hasil Analisis

Gambar 7. Peta Kelas Erosi Kuantitatif MMF di DAS Grindulu, Pacitan

Erosi kuantitatif MMF (Morgan, Morgan dan Finney) dengan rumus perhitungan erosi partikel tanah dan besarnya aliran permukaan, ditetapkan dengan 5 pengkelasan dari rendah (skor 1) sampai tinggi (skor 5). Gambar 7 menunjukkan distribusi erosi kuantitatif yang didominasi warna merah atau pada tingkat erosi rendah. Hal tersebut nampaknya bertolak belakang dengan hasil perhitungan erosi kualitatif SES, tetapi karena perbedaannya untuk erosi SES lebih banyak melihat

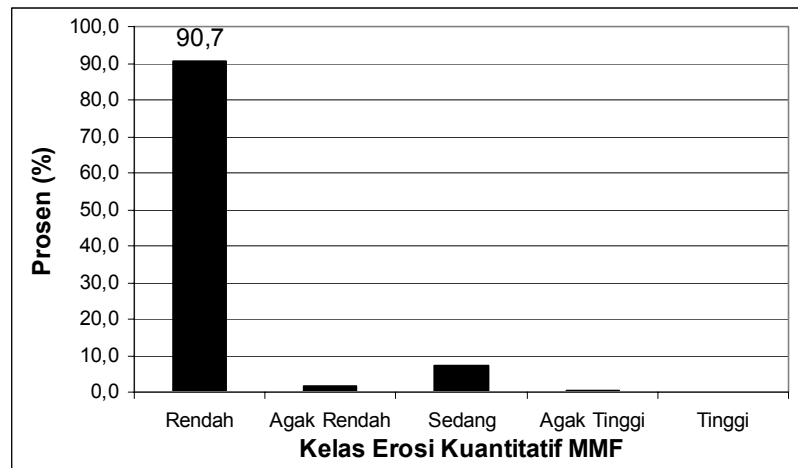
erosi secara menyeluruh sedangkan erosi MMF lebih banyak melihat besarnya erosi permukaan atau sheet erosion.

Mengingat di DAS Grindulu penutupan lahan cukup rapat maka besarnya erosi permukaan relative pada tingkat ringan sehingga dikelaskan pada kategori rendah (90,7%) atau seluas 59.440 ha. Sehingga sebagian besar erosi yang terjadi di DAS Grindulu dari hasil perhitungan MMF dimasukkan pada skor 1 atau tingkat kategori rendah (Tabel 6).

Tabel 6. Sebaran Luas untuk Kelas Erosi Kualitatif MMF di DAS Grindulu

Skor	Besaran Erosi Kuantitatif		Kategori	Luas	
	MMF (t/ha/th)	Deskripsi	Nilai	Area (Km ²)	Prosentase (%)
1	< 5	Sangat Rendah	Rendah	594,4	90,7
2	5 - 10	Rendah	Agak Rendah	10,7	1,6
3	10 -25	Sedang	Sedang	48,2	7,4
4	25 - 50	Tinggi	Agak Tinggi	2,0	0,3
5	> 50	Sangat Tinggi	Tinggi	0,0	0,0
				655,4	100,0

Sumber: Hasil Analisis



Sumber: Hasil Analisis

Gambar 8. Peta Kelas Erosi Kualitatif MMF di DAS Grindulu, Pacitan

Gambar 8 lebih memperjelas bahwa erosi permukaan dari hasil perhitungan MMF sebagian besar masuk pada kategori rendah, sebaliknya untuk perhitungan erosi SES yang melihat erosi secara menyeluruh dimasukkan pada

kelas sedang sampai tinggi. Selanjutnya dari perhitungan erosi MMF untuk erosi pada tingkat kategori tinggi tidak ada.

KESIMPULAN

Survei ISDL (*Inventarisasi Sumber Daya Lahan*) dengan menggunakan citra satelit Landsat 7 ETM+ (Thematic Mapper) yang diambil pada bulan 11 Juli tahun 2007 dengan nomer scene Path-Row 119-066. DAS Grindulu masuk di tiga kabupaten dengan daerah dominan di kabupaten Pacitan, tercover oleh 12 peta Rupa Bumi Indonesia skala 1 : 25.000, yaitu meliputi nomer baris dan kolom 1508-121 : Kismantoro, 1508-122 : Balong, 1407-644 : Giriwoyo, 1507-433 : Bungur, 1507-434 : Arjosari, 1507-443 : Tegal Ombo, 1507-444 : Bungal, 1407-642 : Kalak, 1507-431 : Pacitan, 1507-432 : Kebon Agung, 1507-441 : Losak, 1507-442 : Sukorejo, 1507-413 : P.Bakung, 1507-414 : Wawaran, dan 1507-441 : Loron.

Karakteristik dari suatu DAS (Daerah Aliran Sungai) ditentukan oleh morfometrik suatu DAS, yaitu antara lain oleh

kondisi sungai, pola drainase, panjang sungai dan lain-lain. Bentuk lahan di daerah hulu didominasi Pegunungan dan Perbukitan, sedang di daerah tengah didominasi bentuk lahan Aluvial dan piedmont plan, sedang di daerah hilir kebanyakan dataran dan deposit Alluvial-Colluvial. Tipe batuan di daerah atas lebih banyak batuan beku yang sebagian besar sudah mulai melapuk sehingga mudah terjadi longsor, sedangkan disebelah timur selain batuan beku ada yang sedimen kapur, dan batuan metamorf. Kondisi Watershedun konservasi tanah sampai kemiringan lebih dari 45% masih di Watershedun teras Watershedku dan gulud dengan tingkat kualitas sedang, sehingga bidang olah sangat sempit. Jenis tanah yang dapat ditemui di DAS grindulu antara lain Entisols, Inceptisols, Ultisols dengan warna tanah didominasi warna coklat sampai kemerah-merahan, dengan kemasaman tanah antara 6 (agak masam) sampai mendekati 7 (netral).

DAFTAR PUSTAKA

- Harjadi, B., 2005. Deteksi Kekritisn Lahan dengan Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis (Studi Kasus Lahan Kritis di Sub DAS Alang, Wonogiri). *Forum Geografi*, Vol.19 (1) Juli 2005: 1-15.
- Harjadi, B., 2007. Aplikasi Penginderaan Jauh dan SIG untuk Penetapan Tingkat Kemampuan Penggunaan Lahan (KPL) (Studi Kasus di DAS Nawagaon-Maskara, Saharanpur-India). *Forum Geografi*, Vol. 21 (1) Juli 2007: 69-77.
- Morgan, R.P.C., D.D.V. Morgan dan H.J. Finney, 1984. A Predictive Model for The Assessment of Soil Erosion Risk. *J.Agric. Engng. Res.*, 30, 245-253.
- Poveda, German dan Salazar F.Luis. 2004. *Annual and Interannual (ENSO) Variability of Spatial Scaling Properties of a Vegetation Index (NDVI) in Amazonia*. *Journal of Remote Sensing of Environment* 93 (2004) 391 – 401.
- Singh, S., 1994. *Remote Sensing in The Evaluation of Morpho-hydrological Characteristics of The Drainage Basin of Jojri Catchment*. *J.,of Arid Zone* 33(4) : 273-278.

Shrestha, S.S., Honda K. dan Murai S., 1997. *Watershed Prioritization For Soil Conservation Planning With Mos-I Messr Data*. GIS Application and Socio-economic Information A Case Study of Tinau Watershed, Nepal. Space Technology Application and Research Program Asian Institute of Technology.

Uboldi J.A.dan E. Chuvieco, 1997. *Using Remote Sensing and GIS to Asses Curent Land Management in the Valley of Colorado River, Argentina*, ITC Journal 1997:2.

APLIKASI SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS PADA PEMANTAUAN STATUS GIZI BALITA DI DINAS KESEHATAN KABUPATEN SUKOHARJO

Mutalazimah *, Bana Handaga ** dan Agus Anggoro Sigit ***

* Program Studi Gizi Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Muhammadiyah Surakarta

E-mail : mutalazimah@ums.ac.id

** Jurusan Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta

E-mail : bana.handaga@yahoo.com

*** Fakultas Geografi Universitas Muhammadiyah Surakarta

E-mail : anggoro.sigit@yahoo.com

ABSTRACT

The research was conducted to develop the information system model on nutrition status of child monitoring based on geographical information system (GIS) to support the plan of increasing the nutrition improvement at the District Health Office, Sukoharjo Regency. This descriptive research was carried out by implementing interview to subjects who were involved in the activity of the monitoring. Observation was also performed to two objects, namely the structure and the procedure of information. The collected data were analyzed descriptively by applying result of structure and the procedure analysis. The system development was designed by using the approach of EAST (Framework for the Application of System Techniques). The observation to the problem, scope, and property had been conducted by the interview with the subjects indicate that the research subjects at all levels from top managers to persons in the transactional level as well as those who are at cross section department support the development of monitoring system to the improvement of nutrition status program, and this system is reliable to mapping perform of nutrition status of child based on the category as severe malnutrition, under nutrition, normal and overweigt. In the future nutrition information based on GIS have the benefits of the new system in supporting the monitoring activity toward the nutrition improvement program and it also supports the plan. Suggestions from this research might go to the government health institution to develop spatial or terrestrial data on the health programs have to be designed GIS for the each other program. Moreover, the other model should be developed GIS in the other spatial data and information can be accessed by informative map.

Keywords: *GIS, monitoring, nutrition status of child*

PENDAHULUAN

Program perbaikan gizi makro diarahkan untuk menurunkan masalah gizi makro yang utamanya mengatasi masalah kurang energi protein terutama di daerah miskin baik di pedesaan maupun di perkotaan dengan meningkatkan keadaan gizi keluarga, meningkatkan partisipasi masyarakat, meningkatkan kualitas pelayanan gizi baik di puskesmas maupun di posyandu, dan meningkatkan konsumsi energi dan protein pada balita gizi buruk. Evaluasi juga dilaksanakan dalam pelaksanaan program perbaikan gizi makro, yaitu dimulai dari evaluasi input, proses, output dan dampak dengan tujuan untuk menilai persiapan, pelaksanaan, pencapaian target dan prevalensi status gizi pada sasaran (Depkes RI, 2002).

Gizi buruk merupakan salah satu bentuk manifestasi dari adanya gangguan pada proses pertumbuhan. Pertumbuhan balita dapat diartikan sebagai perubahan dalam jumlah, ukuran dan fungsi sel atau organ tubuh yang terjadi pada balita. Pertumbuhan diukur dengan ukuran berat (gram, kilogram), ukuran panjang (cm, meter), umur tulang dan keseimbangan metabolik (Supariasa dkk, 2002).

Indikator paling sederhana untuk menentukan normal atau tidaknya pertumbuhan balita yakni dengan melihat kondisi fisik atau yang disebut sebagai status gizi dengan metode antropometri. Parameter yang paling mudah dan sesuai untuk mengukur status gizi balita adalah berat badan, tinggi badan atau panjang badan dan umur, dengan indeks yang digunakan adalah BB/U, BB/TB dan TB/U. Metode perhitungan menggunakan rumus z-skor dengan standar median berat badan atau tinggi badan dibagi dengan simpangan bakunya (Supariasa dkk, 2002),

sehingga secara manual perhitungan z-skor cukup rumit untuk dilakukan apalagi bila jumlah balita yang diukur status gizinya tergolong besar.

Fokus dari pengembangan sistem informasi kesehatan di kabupaten diarahkan untuk mendukung pengambilan keputusan manajemen yang diperlukan dalam rangka perbaikan pelayanan dan program kesehatan secara langsung. Sering terjadi pengumpulan data cukup memadai yang dilakukan melalui informasi rutin oleh pemegang program atau melalui survei khusus namun data atau informasi tersebut mungkin tidak dianalisis secara memadai atau tidak dapat diakses secara tepat waktu dan untuk unit pemakai yang benar (Depkes RI, 2001).

Peningkatan *performance* dan kinerja dari sistem informasi PSG tersebut diperlukan pengembangan sistem informasi berbasis komputer dengan pendekatan spasial yakni dengan membuat *software* yang secara spesifik dapat digunakan untuk memudahkan input data, proses pengolahan dan analisis data, pembuatan pelaporan hasil kegiatan PSG secara lebih lengkap dan cepat serta penyajian data berupa pemetaan wilayah berdasarkan indikator distribusi cakupan gizi baik, gizi kurang dan gizi buruk. Agar informasi yang terkait kewilayahan dapat dikelola dengan baik maka dapat dilakukan dengan Sistem informasi geografis (SIG) (Hartono, et al., 2005). Kelebihan dikembangkannya sistem informasi berbasis komputer dengan pendekatan geografis ini ialah dapat disajikan data-data status gizi balita berupa peta yang lebih mudah dipahami dan lebih informatif sehingga lebih memudahkan pelaksanaan evaluasi kegiatan dan perencanaan intervensi gizi disesuaikan dengan kondisi wilayah.

SIG merupakan suatu sistem berbasis komputer yang digunakan untuk mengumpulkan, menyimpan, menggabungkan, mengatur, mentransformasi, memanipulasi dan menganalisis data-data geografis. Data geografis yang dimaksud adalah data spasial yang terdiri atas lokasi eksplisit suatu geografi yang diset ke dalam bentuk koordinat berupa raster dan image (Ridwan, 2008).

SIG bisa digunakan untuk memutuskan kebijakan berdasarkan atas data-data kependudukan pada aplikasi enanganan gizi dan kesehatan. Selanjutnya, berdasarkan sistem informasi tersebut kita dapat menarik informasi dari peta yang tersedia dalam aplikasi SIG tersebut, atau sebaliknya, memperoleh informasi mengenai peta kawasan tertentu manakah yang akan muncul, jika kita menggunakan informasi tertentu sebagai kriteria pencariannya, sehingga pengambilan keputusan akan lebih mudah dan tepat sasaran.

Dinas Kabupaten Sukoharjo khususnya di Seksi Gizi, kegiatan pemantauan pertumbuhan balita dilakukan pada 12 kecamatan dengan jumlah desa keseluruhan sebanyak 167 desa, dari hasil PSG tahun 2007 ditemukan ada 177 anak balita menderita gizi buruk. Dari kegiatan tersebut pengolahan dan analisis data hasil masih dilakukan secara manual, mulai dari proses input data, proses penghitungan status gizi, sampai pada interpretasi pengkategorian status gizi yang tentu saja ini membutuhkan waktu yang relatif lebih lama dan memberikan peluang kesalahan input data serta kesalahan penghitungan yang akan dapat mempengaruhi hasil analisis dan pengambilan keputusan.

Hasil pengembangan sistem berbasis teknologi informasi yang dilakukan oleh

Mutalazimah dan Handaga (2005) di Kabupaten Sleman menunjukkan adanya perbedaan kinerja sebelum dan sesudah dikembangkan sistem informasi berbasis komputer pada kegiatan pemantauan garam beryodium. Masih dari hasil penelitian Mutalazimah dan Handaga (2006) mengenai pengembangan sistem informasi pemantauan status gizi juga menunjukkan hasil adanya perbaikan kinerja sistem. Dengan demikian penelitian ini ingin dikembangkan pada kegiatan lain yakni pemantauan pertumbuhan balita yang berbasis sistem informasi geografis.

Sistem informasi berbasis SIG ini sangat mendukung kegiatan PSG menjadi lebih baik terutama dari sisi proses pengolahan, analisis data, penyajian data dan pelaporan agar lebih mudah, cepat, lengkap dan tepat waktu serta sesuai dengan kondisi setiap wilayah. Dengan demikian segala pengambilan keputusan yang terkait dengan kebijakan penanganan gizi buruk dan perbaikan gizi menjadi lebih cepat dan tepat.

Tujuan penelitian ini adalah mengembangkan aplikasi SIG untuk mendukung kegiatan pemetaan status gizi balita, sedangkan manfaatnya adalah dengan diterapkannya SIG pada kegiatan pemetaan status gizi balita ini diharapkan dapat meminimalisir kesalahan-kesalahan pengolahan data dan keterlambatan pelaporan, sehingga permasalahan yang berkaitan dengan masalah gizi dapat ditekan sekecil-kecilnya, intervensi yang dilakukan sesuai dengan kondisi dan sasaran yang tepat sehingga status gizi dan derajat kesehatan di masa mendatang menjadi lebih optimal.

Menurut Almatsier (2001) status gizi adalah keadaan tubuh sebagai akibat konsumsi makanan dan penggunaan zat –

zat gizi. Jadi dapat disimpulkan bahwa status gizi adalah merupakan suatu kondisi atau keadaan tubuh yang diakibatkan oleh makanan yang dikonsumsi, penyerapan dan penggunaan makanan oleh tubuh.

Status gizi dapat diukur secara langsung melalui pengukuran antropometri, biokimia, biofisik dan klinis. Antropometri merupakan cara pengukuran status gizi yang murah dan mudah dilaksanakan tetapi dengan syarat alat ukur dan pengukurannya harus benar. Ukuran antropometri yang biasa dilakukan pada balita adalah dengan menggunakan indeks BB/U, TB/U, BB/TB.

Penentuan status gizi mengacu pada WHO NCHS (World Health Organization-National Center For Health Statistic). Adapun klasifikasi Z-score pada penggunaan indeks BB/U adalah sebagai berikut kategori gizi lebih bila nilai $z > +2$ SD, gizi baik bila nilai $z : +2$ s/d -2 SD, gizi kurang bila nilai $z : -2$ SD s/d -3 SD dan gizi buruk bila nilai $z < -3$ SD. Metode yang digunakan untuk menentukan status gizi balita tersebut dengan menggunakan metode z-score dengan rumus $Z\text{-Score} = \frac{BB \text{ aktual} - BB \text{ Median}}{\text{Simpang baku}}$. Z-score adalah nilai simpang baku yang menunjukkan status gizi, BB aktual adalah berat badan balita hasil penimbangan, BB median adalah berat badan standar yang dapat di lihat pada tabel WHO-NCHS, simpang baku adalah selisih antara BB Median dengan $+1/-1$ standar deviasi. (Depkes RI, 2002)

Kegiatan selanjutnya dari pemantauan status gizi balita setelah penghitungan status gizi adalah membuat kategori seperti yang telah ditentukan yakni gizi lebih, gizi baik, gizi kurang dan gizi buruk, selanjutnya dicari prevalensi masing-masing kategori untuk mengetahui besaran masalah gizi pada balita.

Sistem Informasi Geografis atau *Geographic Information System* (GIS) merupakan sistem yang bertujuan menyajikan informasi geografi yang meliputi objek-objek yang ada di permukaan dan di dalam bumi yang disajikan sesuai dengan kebutuhan pengguna sistem. Hal-hal yang membedakan GIS dengan sistem lain yang utama adalah data terdiri dari data spasial atau grafis dan data tekstual. Software pendukung GIS terdiri dari software pemetaan untuk menyimpan dan memanipulasi data spasial.

GIS merupakan sebuah alat bantu manajemen berupa informasi berbantuan komputer yang berkait erat dengan sistem pemetaan dan analisis terhadap segala sesuatu serta peristiwa-peristiwa yang terjadi di muka bumi. Teknologi GIS mengintegrasikan operasi pengolahan data berbasis database yang biasa digunakan saat ini, seperti pengambilan data berdasarkan kebutuhan, serta analisis statistik dengan menggunakan visualisasi yang khas serta berbagai keuntungan yang mampu ditawarkan melalui analisis geografis melalui gambar-gambar petanya. Kemampuan tersebut membuat sistem informasi GIS berbeda dengan sistem informasi pada umumnya dan membuatnya berharga bagi perusahaan milik masyarakat atau perseorangan untuk memberikan penjelasan tentang suatu peristiwa, membuat peramalan kejadian, dan perencanaan strategis lainnya.

Suatu sistem informasi manajemen kesehatan termasuk diantaranya sistem informasi geografis PSG di kabupaten sangat penting untuk:

- a. Penyusunan kebijakan kesehatan dan perencanaan kesehatan /perbaikan status gizi, terutama dalam hubungannya dengan pengalokasian sumberdaya di tingkat kabupaten.

- b. Pemantauan pelayanan dan program kesehatan/gizi
- c. Penilaian dampak dalam perbaikan status kesehatan dan status gizi serta pemerataannya.

Dewasa ini penggunaan SIG diberbagai bidang diharapkan mampu memberikan kemudahan-kemudahan yang diinginkan yaitu:

- a. Penanganan data geospasial menjadi lebih baik dalam format baku
- b. Revisi dan pemutakhiran data menjadi lebih muda
- c. Data geospasial dan informasi menjadi lebih mudah dicari, dianalisa dan direpresentasikan.
- d. Menjadi produk yang mempunyai nilai tambah.
- e. Kemampuan menukar data geospasial
- f. Penghematan waktu dan biaya.
- g. Keputusan yang diambil menjadi lebih baik.

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian ini termasuk *research and development* yakni penelitian yang bertujuan mengembangkan aplikasi SIG untuk mendukung pemetaan status gizi balita. Cara dan alat pengumpulan data pada penelitian ini adalah observasi menggunakan instrumen lembar, wawancara menggunakan pedoman wawancara, merancang sistem informasi menggunakan alat Diagram Aliran Data (DAD) dan *Entity Relationship Diagram* (ERD). Data alamat spasial atau terrestrial lokasi puskesmas melalui pengukuran titik koordinat pada 21 wilayah puskesmas di Kabupaten Sukoharjo diukur menggunakan alat ukur *Global Positioning System* (GPS) Garmin III.

Tahapan pengembangan sistem informasi dapat dilakukan dengan menggunakan tahapan siklus hidup pengembangan sistem dari Whitten tahun 2001 dengan menggunakan metode FAST (*Framework for the Application of System Techniques*), yakni dengan tahapan: 1). studi pendahuluan; 2). Analisis masalah; 3). Analisis kebutuhan; 4). Analisis keputusan; 5). Perancangan. 6). Membangun Sistem Baru. Pada penelitian ini tahapan penerapan sistem baru belum bisa dilakukan karena luasnya ruang lingkup pengembangan

Analisis data secara deskriptif dengan menggambarkan dan menganalisis struktur dan prosedur informasi yakni segala sesuatu yang terkait dengan kegiatan pemantauan status gizi balita seperti subyek dan obyek yang terkait, permasalahan, ruang lingkup, alur pengumpulan informasi, mekanisme pelaporan serta cara penyajian informasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Masalah

Titik penyebab permasalahan pada sistem informasi pemantauan status gizi balita dari hasil analisis masalah meliputi kecepatan, kemudahan, kelengkapan dan aksesibilitas yang berasal dari proses pengolahan data pemantauan status gizi balita serta pada proses penyimpanan data dan informasinya. Proses pengolahan dan penyimpanan data ini menjadi masalah karena sistem lama belum menggunakan pendekatan basis data sehingga mempersulit proses perubahan struktur data dan belum ada rancangan peta yang memudahkan penyajian dan interpretasi data.

Analisis Kebutuhan

Analisis entitas eksternal dan elemen-elemen data yang akan dijadikan acuan

untuk perancangan basis data. Hasil dari observasi terhadap formulir dan wawancara dengan staf gizi bahwa elemen data yang dibutuhkan meliputi: a). Data balita seperti nama, umur, jenis kelamin, berat badan, tinggi badan b). Data puskesmas seperti nama puskesmas dan alamat spasial puskesmas.

Kebutuhan informasi dapat dijelaskan secara ringkas sebagai berikut: a). Sistem informasi pemantauan status gizi balita yang akan dikembangkan dapat menghasilkan informasi secara cepat, mudah dan lengkap b). Sistem informasi dapat menghasilkan laporan berdasarkan wilayah puskesmas c). Sistem informasi dapat menghasilkan informasi berupa tabel dan peta secara otomatis d). Sistem informasi dapat menghasilkan informasi yang mudah diakses sesuai kebutuhan

Analisis Keputusan

Pada pengembangan sistem informasi pemantauan status gizi balita ini digunakan sistem operasi under Windows karena sistem operasi ini yang sedang digunakan di Dinas Kesehatan Sukoharjo sehingga operator telah terbiasa dengan sistem operasi tersebut.

Pemilihan *Tools* sistem informasi baru pada penelitian ini menggunakan *Drupal*

PHP sebagai *tools* pengembangan sistem informasi pemantauan status gizi balita dan *Postgre SQL* sebagai *tools* untuk pembuatan *database*, serta *map server* sebagai *tools* pembuatan peta.

Perancangan

Analisis terhadap kebutuhan informasi, entitas yang terkait dan elemen-elemen data yang dibutuhkan seperti yang telah diuraikan sebelumnya menjadi dasar dilakukannya pengembangan diagram konteks, pengembangan DFD level 0, pengembangan DFD level 1 yang menggambarkan proses pemasukan data, pengolahan data dan pelaporan. Pada tahap ini juga dilakukan perancangan input, output, antar muka dan pembuatan peta digital. Pada perancangan input pemantauan status gizi balita ini selain data balita dan data puskesmas yang merukan elemen data utama, maka juga digunakan juga data input seperti indikator pemantauan seperti indeks BB/U, BB/TB, dan TB/U, sedangkan data standar rujukan menggunakan baku WHO/NCHS yang telah terstandarisasi. Data target atau pencapaian menyesuaikan dengan Departemen Kesehatan yakni untuk gizi baik minimal 80 % dan gizi buruk maksimal 0,5 %.

Tabel 1. Rancangan Input Data Sistem Informasi Pemantauan Status Gizi Balita

No.	Nama Input	Sumber	Volume	Periode
1.	Data balita (nama, umur, jenis kelamin, berat badan, tanggal lahir, tinggi badan).	Hasil pemantauan	1 Kab.	Tahunan
2.	Data puskesmas (nama, alamat spasial)	Hasil pengukuran	1 Kab.	Tahunan
3.	Data indikator pemantauan	Seksi Gizi	1 Kab.	Tahunan
4.	Data standar rujukan	Seksi Gizi	1 Kab.	Tahunan
5.	Data target/goal program	Seksi Gizi	1 Kab.	Tahunan

Sumber: Hasil Analisis

Rancangan dialog antar muka (*interface*) dan tampilan output (tabel dan peta). Adapun rancangannya dapat dilihat pada Gambar 1.

Dialog antar muka pemasukan data puskesmas dengan *pull down menu* seperti terlihat pada Gambar 1. dengan memilih puskesmas mana yang data-data balitanya akan dimasukkan. Sesuai jumlah puskesmas di Kabupaten Sukoharjo puskesmas maka pilihan nama puskesmas dibuat berdasarkan nama-nama kecamatan. Prinsip dasar merancang *software* adalah bergantung pada faktor yang diinginkan, berupa kecepatan eksekusi atau kemudahan dalam pembuatan dan pemakaiannya (Whitten, 2001) (Gambar 1), juga menunjukkan data karakteristik balita yang diinput meliputi tanggal, bulan dan tahun lahir, juga data utama lainnya adalah data berat badan dan tinggi badan. Selain itu juga diisikan tanggal, bulan dan tahun penimbangan yang akan menentukan umur balita, karena status gizi balita akan di hitung menggunakan indeks BB/U dan BB/TB dengan rumus z-skor (Almatsir, 2001; Supariasa dkk., 2002).

Rancangan output dilakukan untuk mempermudah gambaran hasil yang diinginkan, selengkapnya tersaji pada Tabel 2.

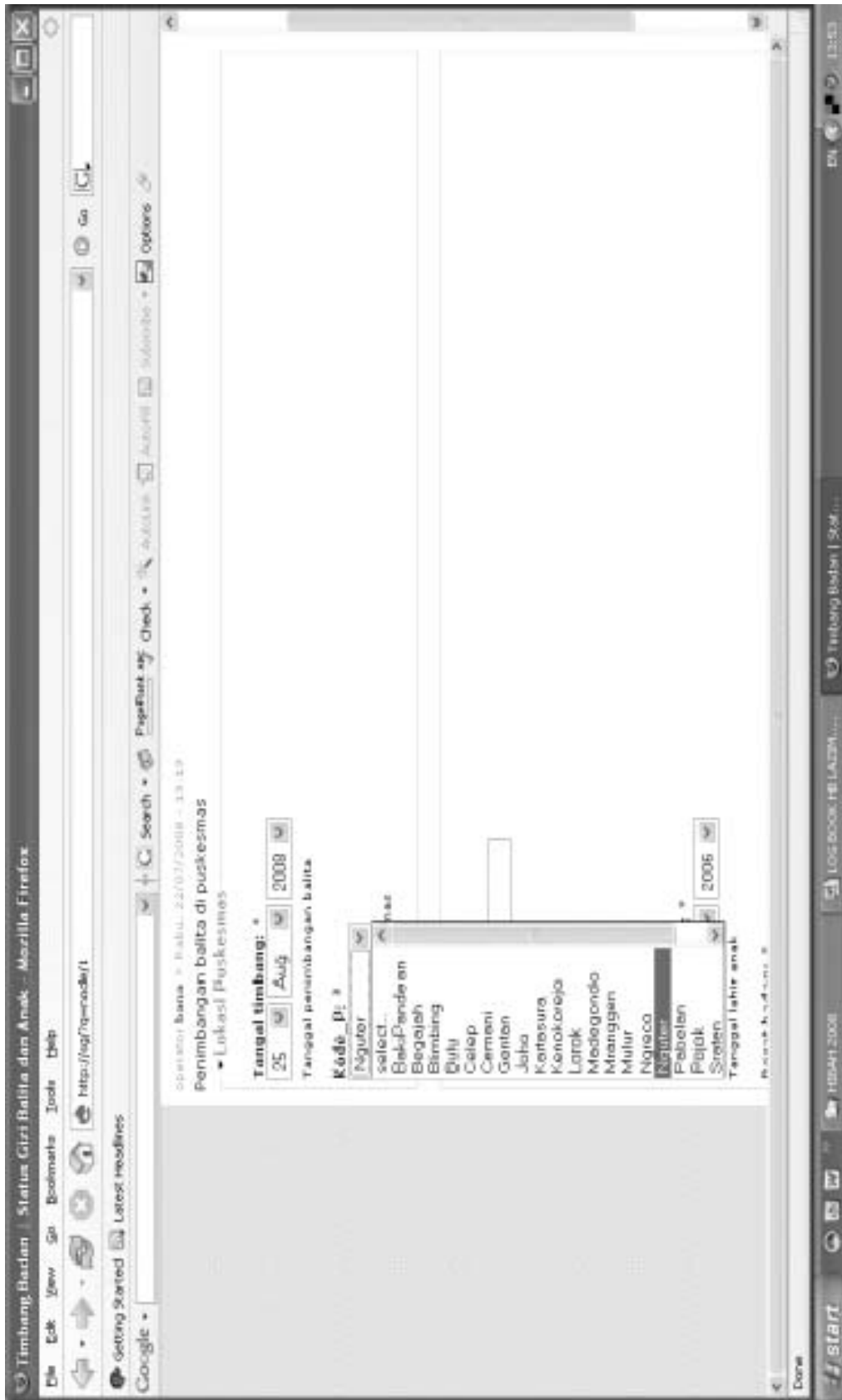
Rancangan output juga meliputi rancangan mengenai rekapitulasi data status gizi balita seperti terlihat pada Gambar 2.

Data balita yang telah dimasukkan akan dapat dilihat tampilannya secara keseluruhan-an melalui tabel rekapitulasi yang lebih informatif seperti pada Gambar 2. yang juga menunjukkan hasil analisis status gizi setiap balita. Kecepatan dalam membuat rekapitulasi hasil surveilens/ pemantauan ini merupakan salah satu indikator kinerja sistem berbasis komputer dibandingkan dengan sistem konvensional dalam mendukung fungsi-fungsi manajemen (Depkes RI, 2001; Jogiyanto, 2003), selain itu menunjukkan tampilan hasil PSG secara keseluruhan dengan hasil analisis setiap puskesmas dengan pembagian kategori status gizi balita berdasarkan perbedaan jenis kelamin. Tampilan ini didasarkan pada baku rujukan WHO-NCHS yang memilah status gizi berdasarkan jenis kelamin dan membaginya menjadi 4 kategori yakni status gizi baik, kurang, buruk dan lebih. (Almatsir, 2001; Supariasa dkk., 2002, Depkes RI, 2002)

Tabel 2. Rancangan *Output* Sistem Informasi Pemantauan Status Gizi Balita

No.	Nama output	Format	Media	Alat	Distribusi	Periode
1.	Rekap laporan Puskesmas	Tabel	Kertas	Printer	Seksi Gizi, Subdin Kesga, Puskesmas	Tahunan
2.	Rekap laporan Kabupaten	Tabel	Kertas	Printer	Kepala Dinas, Subdin Kesga, Lintas Sektor	Tahunan
3.	Tabel status gizi Kabupaten	Tabel	Kertas	Printer	Kepala Dinas	Tahunan
4.	Peta status gizi Kabupaten	Peta	Kertas	Printer	Kepala Dinas	Tahunan

Sumber: Hasil Analisis



Sumber: Hasil Analisis

Gambar 1. Rancangan Dialog Antar Muka Input Data Puskesmas dan Balita

Penimbangan Balita | Status Gizi Balita - Mozilla Firefox

File Edit View History Bookmarks Tools Help

Firefox Help Firefox Support Firefox Support Plug-in FAQ Haj dan Umrah

Penimbangan Balita | Status Gizi Balita

Status Gizi Balita

Home

Penimbangan Balita

View Analysis Edit Results

Analysis Submissions Table Download Clear

#	Tanggal	User	IP Address	Puskesmas desa	Tanggal timbang	Nama	Jenis Kelamin	Tanggal lahir anak	Berat badan	Umur	Status Gizi
1	07/02/2008 - 20:51	bana	127.0.0.1 20		7/22/2008	Hajar	L	7/22/2004	12,1	4	3
2	07/03/2008 - 04:56	husain	127.0.0.1 9		7/22/2008	Husein Nur Wahid	L	7/22/1998	14,4	10	3
3	07/03/2008 - 05:12	bana	127.0.0.1 7		7/22/2008	Abdillah Ahmad	L	7/22/2000	9,7	8	4

Pantauan status gizi balita

Done

Sumber: Hasil Analisis

Gambar 2. Rancangan Rekapitulasi Data Status Gizi Balita

Rancangan peta Kabupaten Sukoharjo sebagai basis pemetaan status gizi balita didasarkan pada hasil pengukuran alamat

spasial puskesmas di wilayah Sukoharjo dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Data Koordinat Titik Lokasi Puskesmas Kabupaten Sukoharjo

No	Koordinat Titik		Alamat
	X	Y	
1	486147,26131694	9144470,93932427	Jl. Raya Nguter no 370, Desa Nguter, Kec Nguter
2	481570,57047134	9141616,24734076	Desa Bulu, Kecamatan Bulu
3	477551,62560241	9144835,29922317	Jl. yos Sudarso, Desa Lorog, Kec. Tawang Sari
4	473399,32142010	9142302,61563123	Jl. Beringin no 9, Desa Ngreco, Kecamatan weru
5	480542,04439627	9148571,59745778	Jl Raya Banmati, Desa Banmati Bedingin, Kec. Sukoharjo
6	481939,39071095	9151562,25366920	Jl. Jaksa Agung R. Suprpto no 17, Kel. Sukoharjo
7	486136,23084808	9149787,52330932	Jl. Dr. Muwardi, Desa Mulur, Kec. Bendosari
8	487117,63099737	9152145,12316981	Desa Kenokorejo, Kec. Polokarto
9	488521,58597580	9156877,31731111	Jl. Raden Ngabei Poncopranoto, Desa Mranggen, Polokarto
10	485790,74763158	9159656,13807278	Dukuh Kebak, RT 01/RW 12, Desa Wirun, Kec. Mojolaban
11	486951,06253375	9161958,62929139	Dukuh Jatimalang, Desa Joho, Kec. Mojolaban
12	480057,52441934	9159878,84904829	Jl. Raya Grogol no 47, Desa Madegondo, Kec. Grogol
13	478011,50213073	9162143,35254071	Jl. Batik Keris RT 01/RW 12 , Dukuh Candi, Cemani, Grogol
14	476399,27568130	9159164,35085689	Jl. WR. Supratman no 20, Desa Kadilangu, Kec. Baki
15	476120,27822101	9162138,88869223	JL. Rajawali no 2, Desa Gentan, Kec. Baki
16	471312,21604419	9160334,00526237	Dukuh Tanon, Desa Blimbing, Kec. Gatak
17	469194,77563700	9162541,16939570	Desa Sraten, Kec. Gatak
18	470498,04526922	9165065,96315150	Jl. Raya Solo-Jogja, Desa Pucangan, Kec. Kartasura
19	474141,49589972	9164289,99626831	Jl. A. Yani, Desa Pabelan, Kec. Kartasura

Sumber: Data Primer Hasil Pengukuran GPS

Berdasarkan hasil pengukuran titik koordinat lokasi puskesmas seperti tersaji pada Tabel 3. Maka dikembangkan rancangan peta yang dapat dilihat pada Gambar 3.

Selanjutnya rancangan peta ini direlasikan dengan basis data status gizi balita, dengan hasil tampilan pada Gambar 4.

Membangun Sistem Baru

Pada tahap membangun sistem baru ini dilakukan dua kegiatan yakni pemrograman dan pengujian sistem. Pemrograman diawali dengan *pertama*, perancangan basis data, tabel-tabel basis data dibuat menggunakan bahasa pemrograman dengan Postgre SQL. *Kedua*, perancangan form *input data* yang digunakan untuk pemasukan data dibuat menggunakan bahasa pemrograman dengan *drupal php* dan model menu *push button interactive*, yakni dengan cara menekan tombol-tombol interaktif yang telah tersedia. *Ketiga*, pembuatan laporan, dengan menghubungkan masing-masing tabel dalam basis data dan siap di cetak langsung dari form pemasukan data. *Keempat*, pembuatan peta menggunakan *tools map server*.

Pengujian yang dilakukan adalah pengujian sistem, yang dilakukan dengan menguji sistem secara keseluruhan untuk memastikan sistem dapat bekerja sesuai fungsi dan kebutuhan yang diharapkan. Pengujian sistem ini dilakukan dengan melakukan simulasi pemasukan data-data balita yang meliputi nama, tanggal, bulan dan tahun kelahiran, jenis kelamin, dan ukuran antropometri seperti berat badan dan tinggi badan. Selain itu juga simulasi

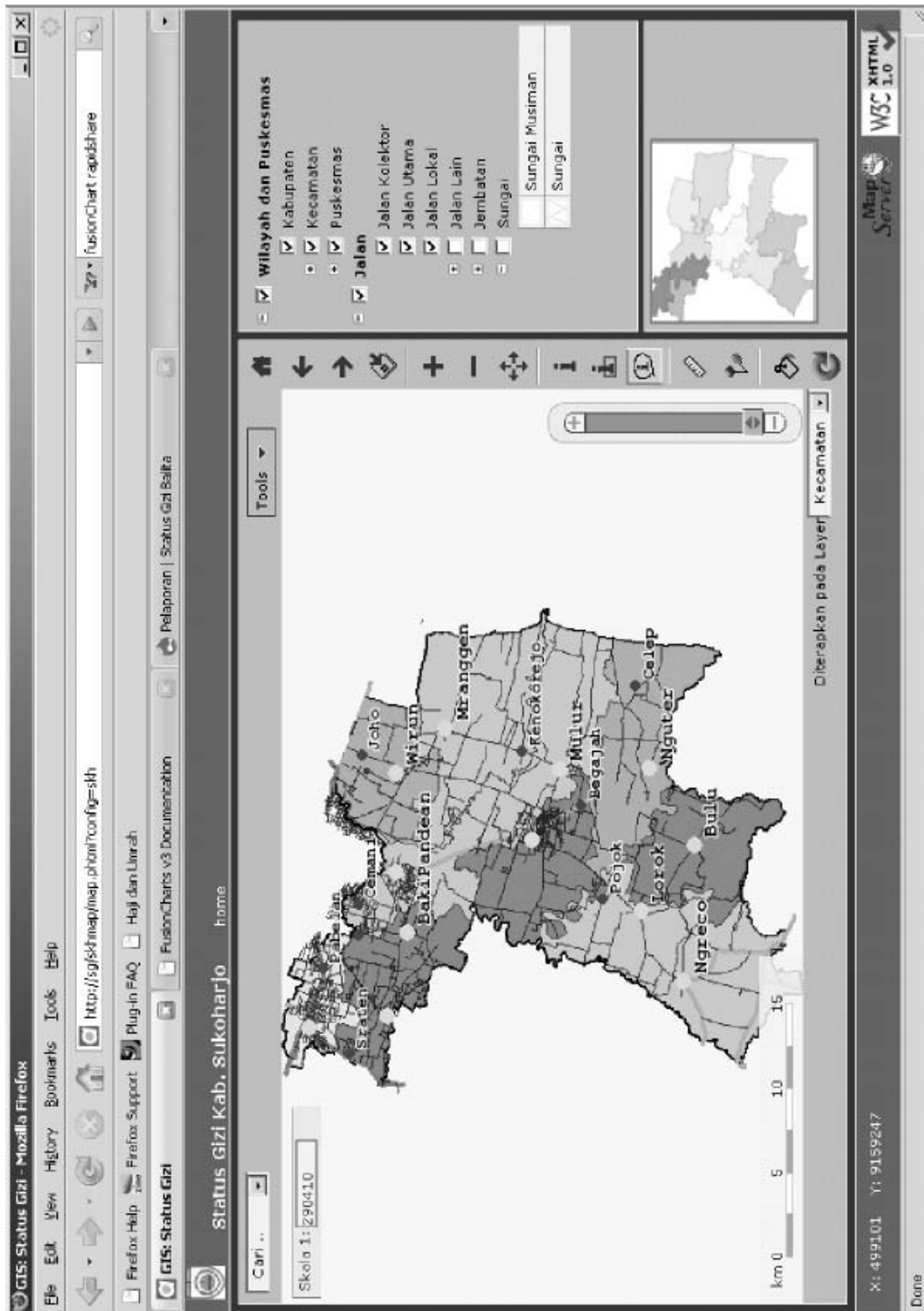
pemasukan data tanggal, bulan dan tahun penimbangan dan nama puskesmas. Selanjutnya dilakukan pengujian fungsional sistem informasi pada proses perhitungan status gizi, rekapitulasi hasil dan gambar peta yang sesuai dengan hasil analisis.

KESIMPULAN

Aplikasi SIG sangat bermanfaat pada kegiatan pemantauan status gizi balita di Kabupaten Sukoharjo karena sebenarnya kegiatan ini telah mempunyai struktur dan prosedur yang jelas mulai dari subyek pelaksana, proses pengumpulan, pengolahan dan pelaporan data tetapi selama ini masih dilakukan secara konvensional. Pengembangan sistem informasi pemantauan status gizi balita yang memenuhi kriteria mudah, cepat, informatif berbasis SIG yang diharapkan dapat memperbaiki kinerja dan tampilan sistem agar semakin baik, efektif dan efisien. Pengembangan SIG ini dapat mendukung kegiatan pemantauan status gizi balita dan meningkatkan keberhasilan program perbaikan gizi.

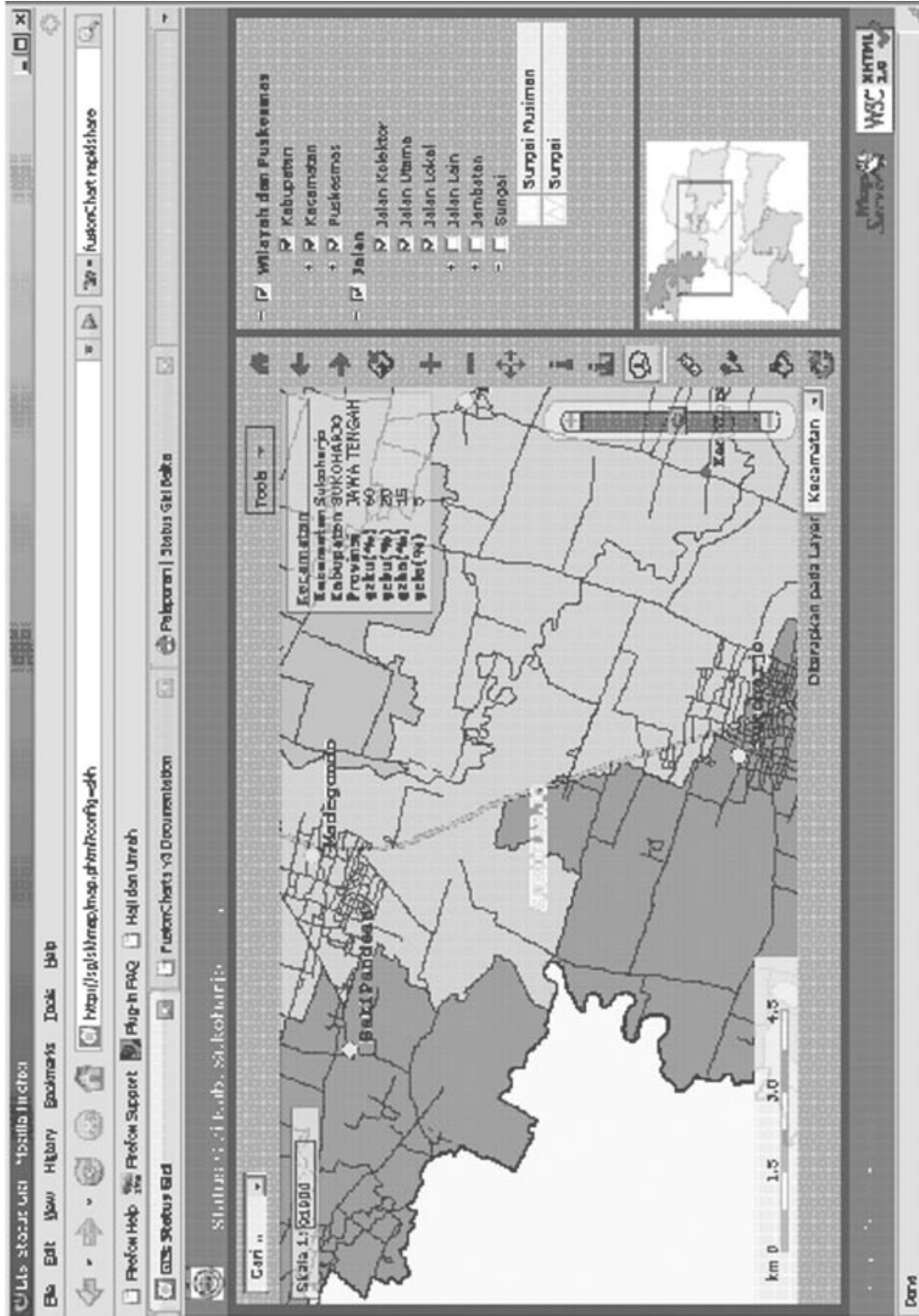
UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis ucapkan kepada DP2M Dikti atas dana hibah penelitian, Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat UMS atas pembinaan dan pengarahan yang diberikan, Dekan Fakultas Ilmu Kesehatan UMS atas segala dukungannya, Dinas Kesehatan Sukoharjo yang telah mengizinkan sebagai lokasi penelitian dan seluruh pihak terkait yang tidak dapat disebutkan satu per satu.



Sumber: Hasil Analisis

Gambar 3. Rancangan Peta Kabupaten Sukoharjo



Sumber: Hasil Analisis

Gambar 4. Rancangan Peta Dengan Karakteristik Status Gizi Per Puskesmas

DAFTAR PUSTAKA

- Almatsier, Sunita. 2001. *Prinsip Dasar Ilmu Gizi*. Gramedia Pustaka Utama .Jakarta
- Anonim, 2005. *Geographic Information System : Mapping Solution*, [http://www. Scomptec.htm](http://www.Scomptec.htm), 12 April 2005.
- Depkes RI. 2000. *Strategi dan Kebijakan Pembangunan Kesehatan Menuju Indonesia Sehat 2010*. Depkes RI. Jakarta
- Depkes RI. 2001. *Dukungan Informasi Untuk Manajemen Kesehatan di Kabupaten/Kotamadya*, Pusat Data Kesehatan Depkes RI, Jakarta.
- Depkes RI. 2002. *Pedoman Pemantauan Status Gizi*. Direktorat Bina Gizi Masyarakat Depkes RI. Jakarta.
- Hartono, Meteray, T. B. S., Farda, N. M., Kamal, M.. 2006. Kajian Ekosistem Air Permukaan Rawa Biru-Torasi Merauke Papua Menggunakan Citra Penginderaan Jauh dan SIG. *Forum Geografi*. Vol. 20 (1) Juli 2006: 2.
- Husein, Rahmat, 2006, *Konsep Dasar Sistem Informasi Geografis*, Ilmu Komputer.com, diakses 11 November 2009.
- Jogiyanto, HM.2003. *Sistem Teknologi Informasi*. Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Mutalazimah; Handaga, Bana, 2005, *Pengembangan Sistem Informasi Manajemen Pemantauan Status Gizi Balita*, Laporan Penelitian, UMS
- Mutalazimah; Handaga, Bana, 2006, *Pengembangan Sistem Informasi Manajemen Berbasis Komputer Pada Kegiatan Pemantauan Garam Beryodium*, Laporan Penelitian, UMS
- Ridwan, Ali, 2008, *Landasan Teori Sistem Informasi Geografis*, Artikel Tutorial GIS, STT Telkom, diakses 11 November 2009.
- Supariasa, I Nyoman Dewa. Bakri, Bachyar. Fajar, Ibnu. 2002. *Penilaian Status Gizi*. EGC Penerbit Buku kedokteran, Jakarta.
- Whitten, JL; Bentley, LD and Dittman, KC. 2001. *System Analysis and Design Methods*, Mc Graw Hill, New York.

KESENJANGAN DALAM PEMBANGUNAN KEWILAYAHAN

Saratri Wilonoyudho

Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang
Gedung E Lantai 2 Kampus Sekaran Gunungpati Semarang
E-mail: saratri@telkom.net

ABSTRACT

The purpose this paper is to provide a broad overview of the recent patterns and trends of urban growth, and to discuss the relationship between urbanization and regional imbalances in Indonesia, and also to assess the policy implication. Over the last 20 years many urban areas have experienced dramatic growth, as a result of rapid population growth and as the world's economy has been transformed by a combination of rapid technological and political change. The population of the cities roughly doubles when we add the zones to the metropolitan core. In the cases of Semarang, there is much more than a doubling. The inner zones are where the action is migrant come there from both the core and elsewhere in the country. Net migration in many cases contributes as much as two thirds of the population growth in these zones, whereas in the city cores, net migration contributes little to growth. A comprehensive model suggest that regional imbalances in Indonesia is influenced by economic-structural and social demographic factors

Keywords : *population growth, urbanization, regional imbalances*

PENDAHULUAN

Isu keadilan dalam pembangunan kewilayahan, selalu menjadi perbincangan hangat, terutama terkait dengan masalah “kesenjangan wilayah” (*regional imbalances*). Sampai saat ini isu kesenjangan wilayah terpusat kepada kesenjangan antara desa dan kota, antara Kawasan Timur Indonesia dan Kawasan Barat Indonesia, serta antara Jawa dan luar Jawa. Banyak pakar yang percaya bahwa kesenjangan wilayah merupakan harga wajar yang harus dibayar dalam proses pembangunan. Sederhana saja alasannya, yakni ada keterkaitan antara wilayah satu dengan wilayah yang lain sebagai sebuah sistem. Dengan kata lain

ada proses interaksi dan interdependensi antar subsistem.

Indikator yang digunakan untuk memperlihatkan bahwa sebuah wilayah dianggap lebih maju dibandingkan dengan wilayah yang lainnya cukup banyak. Hill (1993) misalnya menyebut indikator yang bersifat statis seperti Indeks Pembangunan Manusia (*human development index*), Indeks Kualitas Kehidupan secara Fisik (*physical quality of life index*), maupun laju PDRB (*product domestic regional bruto*). Data seperti ini meskipun tidak secara absolut dapat dipercaya begitu saja, namun dapat digunakan sebagai gambaran awal betapa sebuah wilayah lebih maju dibanding

wilayah yang lain. Sebagai contoh Jakarta yang memiliki PDRB per kapita sebesar 1,76 juta rupiah pada tahun 1991, jauh lebih tinggi dibanding rata-rata PDRB per kapita secara nasional yang hanya 0,55 juta rupiah pada tahun yang sama.

Gambaran sederhana ini hanya ingin menunjukkan bahwa Jakarta berkembang terlalu pesat dibandingkan dengan wilayah propinsi di Indonesia yang lain, yang antara lain ditandai dengan jumlah uang yang beredar di Jakarta mencapai 70% dari peredaran uang nasional. Fakta ini juga menunjukkan bahwa pembangunan sebuah wilayah dipengaruhi oleh sebuah faktor penting, yakni investasi pembangunan daerah, sedangkan kesenjangan wilayah terjadi jika alokasi investasi antardaerah juga timpang (Aziz,1985).

Menurut Aziz lebih lanjut, jika sudah sampai pada titik alokasi investasi antardaerah, maka berbicara tentang sistem ekonomi politik negara juga sangat penting artinya. Selama ini terlihat bahwa pendekatan sektoral dalam perencanaan pembangunan senantiasa dikaitkan dengan pertanyaan tentang : sektor apa yang akan dikembangkan (*hirarki 2*) untuk mencapai tujuan pembangunan nasional (*hirarki 3*). Sub pertanyaan dapat berbentuk : berapa banyak harus diproduksi, dengan cara teknologi apa, kapan dimulai, dan sebagainya. Setelah tahapan ini selesai baru muncul pertanyaan di mana aktivitas tiap sektor akan dijalankan (*hirarki 3*), baru ditutup dengan pertanyaan standar : kebijakan apa, strategi apa, dan langkah-langkah apa yang akan diambil (*hirarki 4*). Pendekatan yang lazim digunakan dalam analisis wilayah adalah pendekatan regional (Kiswanto, 2005).

Berbeda dengan pendekatan sektoral, pendekatan regional lebih menitikberatkan

kepada pertanyaan : daerah mana yang perlu mendapat prioritas untuk dikembangkan, baru kemudian sektor apa yang sesuai untuk dikembangkan di masing-masing daerah. Dengan kata lain, *hirarki 2* dan *hirarki 3* dapat bertukar tempat.

Teori pertumbuhan wilayah dimulai dari model dinamika wilayah yang sederhana sampai dengan model yang komprehensif, mulai dari teori *resource endowment*, teori *export base*, teori pertumbuhan wilayah neoklasik, model ketidakseimbangan pertumbuhan wilayah dan sebuah teori baru mengenai pertumbuhan wilayah. Teori *resource endowment* mengatakan bahwa pengembangan ekonomi bergantung sumberdaya alam yang dimiliki dan permintaan terhadap komoditas yang dihasilkan dari sumberdaya itu (Perloff and Wingo, 1961).

Teori *export base* atau teori *economic base* dikembangkan oleh North (1955), yang intinya mengatakan bahwa pertumbuhan wilayah jangka panjang bergantung pada kegiatan industri ekspornya. Dengan kata lain, jika permintaan eksternal barang dan jasa yang dihasilkan dan diekspor dari wilayah itu tinggi, maka wilayah itu disebut memiliki kekuatan yang baik. Selanjutnya teori pertumbuhan wilayah neoklasik dikembangkan oleh Richardson (1973) meneruskan teori sebelumnya dari Borts (1960) dan Siebert (1969). Menurut teori ini pertumbuhan ekonomi sebuah wilayah berhubungan dengan tiga faktor penting, yakni tenaga kerja, ketersediaan modal, dan kemajuan teknologi.

Teori-teori yang berkembang kemudian berkaitan dengan upaya-upaya untuk memperkenalkan perkembangan teknis investasi secara eksplisit dan mandiri, sehingga perubahan itu tanggap terhadap dorongan ekonomis.

Berdasarkan latar belakang masalah tersebut muncul pertanyaan penelitian: 1). Seberapajauh terjadi kesenjangan pembangunan wilayah di Indonesia? 2). Implikasi apakah yang terjadi dalam konteks sosial-ekonomi-politik akibat adanya kesenjangan pembangunan kewilayahan?

Tujuan penelitian ini untuk mempelajari dan menjelaskan sejauhmana telah terjadi kesenjangan dalam pembangunan kewilayahan di Indonesia serta implikasi apakah yang terjadi akibat dari kesenjangan ini, khususnya dalam konteks sosial-ekonomi-politik. Diharapkan hasil penelitian ini dapat memperjelas masalah-masalah pembangunan kewilayahan pada umumnya dan dapat digunakan sebagai dasar untuk pengambilan keputusan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini mengungkap makna dari suatu fenomena kesenjangan pembangunan kewilayahan dengan berbagai sebab dan akibatnya, menggunakan data berupa angka-angka, data atau informasi yang berkaitan hasil survai BPS atau instansi terkait lainnya. Pemahaman terhadap data dan informasi ini dilakukan secara wajar tanpa dimanipulasi dan diatur dengan eksperimen atau tes. Dengan kata lain, penelitian ini merupakan perpaduan antara penelitian kuantitatif dan kualitatif, agar dapat saling melengkapi (Brannen, 1997). Menurut Nasution (1988) penelitian kualitatif-naturalistik memiliki karakter : 1). Bertujuan memperoleh gambaran yang lebih mendalam; 2). Bertujuan untuk memahami makna dari suatu fenomena; 3). Memandang fenomena secara utuh dan holistik; 4). Desain penelitian bersifat emergensi, artinya terbuka untuk disempurnakan.

Penelitian ini menggunakan *pendekatan kompleks wilayah*. Pada tahap operasionalnya pendekatan dilakukan secara terpadu, unit wilayah Kota Semarang dan daerah di belakangnya diidentifikasi perbedaan dan persamaannya sesuai tujuan penelitian, atau teknik diferensiasi areal melalui teknik klasifikasi. Wilayah bukan tujuan akhir studi ini (*objective region*) melainkan sebagai alat (*subjective region*) untuk mempelajari kelompok gejala yang ada di wilayah tersebut.

A. Teknik Pengumpulan Data

Sumber data utama penelitian ini adalah angka-angka hasil Survei BPS dan instansi terkait serta hasil penelitian terdahulu. Data sekunder dari hasil survai BPS dan hasil penelitian lainnya. Teknik pengumpulan data dilakukan dengan metode dokumentasi. Variabel dari penelitian ini, antara lain:

1. Variabel Tergantung (*Dependent Variable*) : Kesenjangan Wilayah
2. Variabel Bebas (*Independent Variable*):
 - a. Perubahan penduduk
Indikator: Jumlah penduduk, kepadatan, struktur (umur, jenis kelamin, pekerjaan, dan pendidikan), rasio penduduk kota-desa, rasio tenaga kerja yang bekerja di sektor industri.
 - b. Pertumbuhan ekonomi
Indikator: Pertumbuhan PDRB, jumlah dan pertumbuhan industri besar, sedang dan kecil, sumbangan sektor industri terhadap total PDRB.

B. Metode Analisis

Berbagai dokumen kebijakan tersebut dianalisis setelah dikaitkan

dan digabungkan dengan fakta-fakta dan data lain. Untuk mengecek kebenaran data juga dilakukan triangulasi data. Hasil analisis yang diharapkan adalah untuk menemukan makna-makna di balik pergeseran kebijakan pembangunan ekonomi dan kebijaksanaan kependudukan dalam kaitannya dengan dampak kesenjangan pembangunan wilayah. Mengacu kepada pendapat *Miles* dan *Haberman* (1992), model analisis isi (*content analysis model*) digunakan untuk menganalisis substansi berbagai dokumen peraturan dan berbagai dokumen kebijakan pembangunan lainnya. Berbagai data dan analisis tersebut dipadukan dengan model analisis interaktif (*interactive analysis model*).

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Kesenjangan Desa-Kota

Pembangunan kewilayahan terkait erat dengan sistem ekonomi-politik sebuah negara. Hal ini juga disepakati oleh *Hill* (1996), bahwa dengan kebijaksanaan pusat akan terjadi sebuah keputusan untuk mengembangkan wilayah mana saja, dan akan “mengorbankan” wilayah yang lain. Pada masa Orde Baru untuk mengembangkan sebuah wilayah dianut konsep kutub pertumbuhan. Konsep ini menurut *Douglass* (1998) dilakukan dengan jalan mengalokasikan investasi yang tinggi di sektor industri di pusat kota yang besar. Harapannya, pertumbuhan ekonominya dapat menyebar dan membangkitkan pembangunan wilayah di sekitarnya (*spread effect* dan *trickle down effect*). Asumsinya, barang-barang yang dihasilkan diekspor ke luar dan

pusat-pusat metropolitan untuk menjadi “mesin pembangunan” (*engine of development*).

Konsep kutub pertumbuhan mengasumsikan bahwa industrialisasi dipandang sebagai resep yang mujarab untuk mengurangi kemiskinan, keterbelakangan, dan pengangguran di negara-negara sedang berkembang. Dengan kata lain, sebuah transformasi ekonomi akan diciptakan. Dengan industrialisasi, diharapkan akan muncul peluang kerja dan mampu menampung luapan kerja dari sektor pertanian. Lebih lanjut, proses tersebut diharapkan akan menghasilkan integrasi sistem dari pusat-pusat pertumbuhan yang berbeda ukuran, fungsi dan karakteristiknya agar dapat memainkan peranannya dalam menyebarkan pembangunan wilayah.

Di negara-negara berkembang diasumsikan ada produk pertanian yang dapat dipacu produktivitasnya sehingga akan mencapai tingkat tertinggi dalam produksi pangan, memperluas kesempatan kerja dan pendapatan pada sebagian besar masyarakat, terutama dalam level subsisten. Dari titik inilah diharapkan tumbuh usaha kecil menengah usaha *farm*, ada pergerakan modal, ada kredit, teknologi dengan riset. Dengan mendorong kerangka institusional di perdesaan, maka dapat mendorong pertumbuhan regional.

Selanjutnya melalui integrasi ke sistem pasar dapat keuntungan-keuntungan sebagai berikut : 1). Menumbuhkan skala ekonomi yang efeknya dapat menyebar di perdesaan; 2). Membantu mengorganisir ekonomi

perdesaan di daerah belakangnya (*binterland*) dengan : penawaran atau *supply*, pasar dan administratif; 3). Harus ada inovasi agar *enterpreuner* atau wirasusahawan dapat terbentuk; 4). Ada investasi yang kembali yang dapat digunakan untuk pembangunan ke depan.

Dalam kenyataannya, strategi kutub pertumbuhan ini tidak cocok di negara-negara berkembang seperti Indonesia, karena ada dualisme antara sektor pertanian dan industri. Pada satu sisi sektor pertanian banyak mengalami hambatan karena lahan pertanian -terutama- di Jawa sangat sempit karena ada *fragmentasi* atau pewarisan. Pada sisi lain, sektor industri sangat padat modal dan berorientasi kepada substitusi impor. Kendali ada di Negara-negara maju, dan Indonesia hanya sebagai “tukang jahit”. Akibatnya hanya tenaga kerja terampil saja yang dapat memasuki sektor industri. Adanya *urban bias* semacam ini mengakibatkan tumbuhnya sektor informal, karena luapan tenaga kerja dari sektor pertanian tidak banyak yang dapat ditampung di sektor industri. Teori-teori dari Boeke (1961) tentang dualisme sektor ekonomi maupun dari Geertz tentang involusi pertanian banyak menjelaskan tentang kemiskinan dan peluang kerja di pedesaan.

Banyak studi yang telah dilakukan untuk memahami akibat-akibat negatif dari program Revolusi Hijau tersebut yang umumnya disimpulkan banyak memperlebar kesenjangan antara pendapatan kaum petani miskin dibandingkan dengan pendapatan para petani kaya. Akibat yang timbul umumnya berkaitan dengan komer-

sialisasi dalam pengambilalihan keputusan, terutama dalam bidang produksi. Hal ini dapat dipahami, mengingat beberapa sarana produksi umumnya dibeli dari luar desa. Komersialisasi ini umumnya bukan berasal dari hubungan harga, melainkan dari kenaikan hasil-hasilnya yang besar sekali. Kenaikan ini menyebabkan surplus yang besar bagi tuan tanah. Para petani kaya yang menikmati surplus ini, telah mengumpulkan sebagian besar tanah di tangan mereka dan kemampuan untuk menanam lebih intensif dalam memperbesar surplus mereka.

Pada sisi lain banyak pula studi yang menunjukkan bahwa lembaga-lembaga tradisional pedesaan tidak efektif dalam menjamin kebutuhan subsistensi petani kecil. Dalam sistem masyarakat tradisional, eksternalitas produksi dan biaya informasi nampak sedemikian tinggi, sehingga pemanfaatan pranata-pranata nonpasar oleh kelompok elite di pedesaan, dinilai memberikan keuntungan besar. Para petani kaya umumnya cenderung melakukan hubungan eksploitatif, dengan memanfaatkan statusnya dalam kekuasaan politik atau status sosialnya.

Bukti-bukti yang lain sebagaimana dikatakan William Collier dalam bukunya yang berjudul *Rural Development in the Decline in Traditional Village Welfare Institution in Java*. Collier mengemukakan betapa polarisasi sosial ekonomi dan deferensiasi kelas telah banyak terjadi di daerah pedesaan di Jawa Tengah, Hal ini menurutnya karena adanya perubahan-perubahan teknologi. Dengan memanfaatkan teknologi, petani-petani bertanah luas

tersebut berusaha memperbesar keuntungan tanpa banyak memperkerjakan tenaga kerja manusia. Contoh ini menunjukkan betapa polarisasi sosial ekonomi dapat terjadi karena struktur kepemilikan tanah yang timpang. Melalui komersialisasi pertanian di satu sisi, serta semakin sempitnya lahan pertanian pada sisi yang lain, telah banyak membawa dampak yang cukup serius di daerah pedesaan. Sementara itu, ledakan penduduk yang hebat tambah memperburuk keadaan, seperti semakin sempitnya peluang kerja di pedesaan.

Pembangunan sektor pertanian yang terintegrasi dengan sektor industri nampaknya berhasil dilakukan oleh pemerintah Cina. Slogan Cina adalah “*Leave agriculture, but not the country side*” serta “*enter the factory, but not the city*”. Artinya pemerintah Cina mempersilakan warga desa untuk meninggalkan pertanian, namun jangan tinggalkan desa, dan diperbolehkan memasuki basis manufaktur, namun jangan masuk kota. Himbauan ini mengandung nilai filosofis yang tinggi. Kalau hanya dipahami secara harfiah maka orang akan terjebak.

Cina tentu berbeda dengan negara-negara Asia lainnya termasuk Indonesia, dimana revolusi hijau (*green revolution*) telah gagal mencapai hasil yang diharapkan karena berbagai sebab seperti pewarisan tanah yang terus menerus (fragmentasi) dan tidak adanya jalinan produksi dengan sektor moderen. Di Indonesia yang terjadi malahan keterkaitan konsumsi (*consumption linkage*). Artinya kota-kota besar di Indonesia malahan menjadi “parasit” dan menyedot sumberdaya desa secara gila-gilaan. Tetesan ke

bawah (*trickle down effect*) dan sebaran kemakmuran (*spread effect*) tidak terjadi

Akibatnya dapat diduga, arus migrasi dari desa ke kota di negeri ini luar biasa. Tahun 2008 Jawa Tengah mengirimkan 13.000 tenaga kerja ke Jakarta dalam arus balik lebaran (Lihat SM edisi Oktober 2008) lalu. Ini artinya, desa-desa di tanah air mengalami kelangkaan kesempatan kerja. Justru produk-produk moderen dari kota dan dari pusat kapitalisme dunia deras mengalir ke desa. Hadirnya puluhan stasiun TV swasta, makin menyuburkan pola konsumsi masyarakat desa.

Sebaliknya di Cina, tanah sawah dilarang keras untuk dipecah-pecah atau dijual. Namun di luar status politik dan pemerintahan negara *Tirai Bambu* itu, visi dan misi yang jelas untuk membangun desa telah dijalankan secara konsisten dan konsekuen. Hasilnya adalah para “*township village enterprise*”, dan konsep agropolitan terbentuk dengan bagusnya. Ini semua berkat efek simultan antara pembangunan desa dan kota. Karenanya, Cina adalah negara berpenduduk padat yang tidak risau terhadap persoalan migrasi sebagaimana Indonesia ketika Idul Fitri tiba.

Dari sketsa tersebut nampak bahwa kalau negara-negara maju mengalami proses yang simultan antara sektor pertanian dan sektor moderen, maka negara-negara berkembang seperti Indonesia tidak demikian. Di Negara-negara berkembang -kecuali Cina- industri yang dikembangkan adalah industri substitusi impor, dan pusat kapitalisme tetap ada di New York, Berlin, London, atau Tokyo. Wajar jika modernisasi pertanian terhambat dengan serius.

Negara-negara besar amat ketat mengontrol teknologinya, sehingga Indonesia hanya tergantung dari negara-negara maju. Menurut Kepala *Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi* (BPPT), Marzan Aziz Iskandar, saat ini sumber teknologi Indonesia di sektor industri masih impor sebesar 92%. Sumber teknologi impor itu ialah : 37% dari Jepang, 27% dari negara-negara Eropa, 9% dari Amerika, 9% dari Taiwan, 4% dari China, 3% dari Korea Selatan, 2% dari India, dan 1% dari Thailand (*Kompas*,30/12/2009).

Demikian pula perusahaan multinasional negara-negara maju yang beroperasi di negara-negara berkembang, sangat ketat mengontrol penguasaan teknologinya, ketimbang mengontrol penguasaan modal. Akibat kontrol teknologi yang ketat dari “pemiliknya”, maka perusahaan-perusahaan atau industri di dalam negeri juga hanya tergantung dari Negara-negara maju. Mereka hanya menggunakan alat, dan tidak memiliki *Research and Development* (R & D). Apalagi hubungan industrial akan bergantung pula kepada eskalasi pengendalian teknis atas penguasaan alam, peningkatan administrasi manusia dan hubungan diantara mereka melalui manipulasi-manipulasi organisasi sosial-politik.

Industri rakyat pedesaan perlu dibantu alat *teknologi tepat guna* (TTG), perlu pendampingan, pemasaran, informasi pasar, pameran, dan sebagainya. Lebih lanjut, sangat ideal jika antara industri besar dan industri kecil di pedesaan yang menggunakan alat TTG ada keterkaitan (*backward linkage and forward linkage*). Coba tanya

para pelaku industri kerakyatan dan petani kecil, apakah dengan meningkatnya penjualan mie instant kemasan, makanan dan minuman kemasan, jamu kemasan, atau produksi otomotif dan elektronik, para petani cabai, petani bawang, petani rempah-rempah, industri cor, dst, makin sejahtera? Apakah mereka diajak bekerjasama sebagaimana disaksikan di negeri tirai bambu Cina?

Peningkatan konsumsi masyarakat mestinya akan meningkatkan permintaan dan berarti industri akan sibuk melayani. Selanjutnya jika industri besar yang padat modal maju, maka permintaan terhadap bahan baku atau bahan mentah dari petani juga akan meningkat. Namun yang terjadi, para industriawan memonopoli segalanya, mulai dari hulu hingga hilir. Bahkan untuk urusan kedelai atau gula, negeri ini harus impor.

B. Kesenjangan Pembangunan Kawasan Barat Indonesia dan Kawasan Timur

Sudah menjadi isu umum bahwa pembangunan wilayah antara Kawasan Barat Indonesia (KBI) dan Kawasan Timur Indonesia (KTI) telah terjadi kesenjangan. Hasil studi Nurzaman (1997) menunjukkan bahwa kesenjangan kedua kawasan tersebut tidak terjadi dalam semua hal, namun hanya dalam bidang ekonomi. Indikator yang digunakan dalam bidang ekonomi adalah : 1). Jumlah pendapatan per kapita; 2). Pertumbuhan pendapatan per kapita; 3). Tingkat partisipasi angkatan kerja; 4). Persentase nilai tambah sektor manufaktur terhadap PDRB total propinsi; 5). Persentase tenaga kerja yang bekerja di sektor manufaktur dibandingkan tenaga kerja

total propinsi; 6). Tingkat penanaman modal asing dan dalam negeri secara kumulatif; 7). Persentase penduduk yang tinggal di perkotaan; dan 8). Panjang jalan/10.000 km persegi luas propinsi.

Pada bidang sosial, kesenjangan ditunjukkan oleh fakta dengan indikator seperti : 1). *Physical Quality of Life Index*; 2). Jumlah murid sekolah dasar dibanding jumlah total penduduk; 3). Persentase tenaga kerja yang berpendidikan akademi atau universitas; 4). Rasio guru sekolah dasar tiap 10.000 murid; 5). Rasio dokter setiap 10.000 penduduk; dan 6). Rasio tempat tidur sakit tiap 10.000 penduduk.

Berdasarkan indikator-indikator tersebut, memang benar ditemukan adanya kesenjangan wilayah yang cukup besar antara kawasan Barat Indonesia dan kawasan Timur Indonesia, yakni indeks rata-rata KBI dan KTI masing-masing 108,2-81,5 (1971), 110,7-75,9 (1980), dan 112,9-72,2 pada tahun 1990 (Nurzaman,1997). Namun jika dirinci setiap sektor

ekonomi, maka sektor gas, minyak dan pertambangan memberikan kontribusi besar di beberapa propinsi di Sumatera Selatan (minyak dan batubara), Papua (tembaga, emas), Sulawesi (nikel). Sedangkan sektor Jasa keuangan, bank, industri pengolahan, bangunan, konstruksi, pengangkutan, komunikasi, dan sebagainya, hanya terkonsentrasi di propinsi-propinsi yang maju seperti DKI Jakarta serta Jawa.

Distribusi persentase PDRB Jakarta sekitar 16,06 % pada tahun 2007 dan pada tahun yang sama NTT, NTB, Papua Barat dan Papua masing-masing hanya 0,54%, 0,95%, 0,29%, dan 1,57 % (BPS,2008). Data ini menunjukkan betapa ketimpangan wilayah semakin nyata, dan untuk lebih lengkap lagi, tabel 1 akan menunjukkan bahwa kesenjangan wilayah itu benar-benar tampak nyata.

Aziz (1985) pernah mengusulkan adanya keterpaduan antara pendekatan pembangunan wilayah secara sektoral dan regional. Selama ini pembangunan regional hanya untuk konteks-konteks

Tabel 1. PDRB Kawasan Barat Indonesia dan Kawasan Timur Indonesia Atas Dasar Harga yang Berlaku. Tahun 2004-2007

No	Lokasi	Tahun			
		2004	2005	2006	2007
1.	Kawasan Barat Indonesia	1.334.416.111,28	1.403.282.343,24	1.482.387.666,82	1.569.102.789,93
2.	Kawasan Timur Indonesia	269.619.976,69	286.947.071,64	295.606.819,07	308.915.982,88

Sumber: BPS 2004-2007

Tabel 2. Laju Pertumbuhan PDRB dalam Persen Kawasan Barat Indonesia dan Kawasan Timur Indonesia Atas Dasar Harga yang Berlaku. Tahun 2004-2007

No.	Lokasi	Tahun			
		2004	2005	2006	2007
1.	Kawasan Barat Indonesia	5,16	5,64	5,85	5,34
2.	Kawasan Timur Indonesia	6,43	3,02	4,50	3,99

Sumber: BPS 2004-2007

Tabel 3. Laju Pertumbuhan PDRB dalam Persen Kawasan Barat Indonesia dan Kawasan Timur Indonesia Atas Dasar Harga yang Berlaku. Tahun 2004-2007

No.	Lokasi	Tahun			
		2002	2003	2004	2005
1.	Jawa	17.118	16.607	16.901	16.995
		80,09 %	81,71%	81,71%	81,99%
2	Luar Jawa	4.028	3.717	3.784	3.734
		19,05%	18,29%	18,29%	18,01%

Sumber: BPS 2004-2007

daerah tertentu seperti daerah perbatasan, daerah terbelakang, atau daerah dengan potensi strategis. Munculnya ide *Kawasan Pembangunan Ekonomi Terpadu* (KAPET) juga kawasan agropolitan, dsb, menunjukkan hal itu.

Sayangnya pembangunan kawasan-kawasan khusus tersebut tidak disertai strategi yang tepat, dan sering hanya bernuansa politis, terutama terkait dengan isu desentralisasi saat ini. Konsep Agropolitan yang pernah dilontarkan oleh Friedman dan Douglas, misalnya, mengusulkan sebuah wilayah dengan konsentrasi aktivitas pembangunan yang dihuni sekitar 50.000 sampai 150.000 orang

saja. Perencanaan dan pengambilan keputusan didesentralisasikan agar masyarakat bertanggungjawab terhadap pembangunan di daerahnya. Friedman dan Douglas membayangkan adanya gaya hidup *urbanism* di perdesaan akibat semakin meluasnya hubungan sosial masyarakat pedesaan yang menerobos sekat-sekat geografis di luar, sehingga terbentuk sebuah sosio-ekonomi-politik yang lebih luas.

Namun yang terjadi keterpaduan antara kegiatan pertanian dan non-pertanian untuk memperluas kesempatan kerja, sulit tercapai, bahkan yang terjadi adalah perubahan gaya hidup *urbanism* yang disertai keretakan

sosial (*social disorder*). Hal ini terjadi karena hubungan antara alam dan manusia dalam konsep agropolitan juga sering alpa untuk dijaga. Mestinya dalam pengembangan pertanian, maka tata guna air juga harus diperhatikan, dan diselaraskan dengan konsep-konsep industrialisasi. Fakta yang ada menunjukkan perebutan sumberdaya air pernah muncul, dengan alasan desentralisasi. Di satu pihak pemerintah yang berada di kawasan bukit merasa tidak dibantu oleh kawasan di bawahnya yang ikut memanfaatkan sumberdaya air, misalnya turut mengalokasikan anggarannya untuk penghijauan dan konservasi air. Konflik semacam ini pernah terjadi antara pemerintah Kabupaten Boyolali dan Pemerintah Kota Surakarta yang notabene menggunakan sumberdaya air dari Boyolali untuk kepentingan air minum.

Idealnya memang untuk memaksimalkan terwujudnya konsep agropolitan, perlu dibentuk sebuah *agropolitan district* yang memiliki kewenangan dan otoritas untuk mengatur daerahnya sendiri. Asumsinya, mereka adalah pihak yang paling paham potensi, permasalahan dan cara pemecahannya untuk mencapai tingkat penghidupan yang terbaik dan cocok bagi kelompoknya. Dari titik inilah pemerintah pusat harus dapat berperan sebagai fasilitator saja serta membantu kesulitan yang tidak dapat dipecahkan oleh mereka;

Peran pemerintah dalam menunjang agropolitan adalah adanya tata sosial-ekonomi-politik yang dapat melindungi masyarakat dari persaingan yang tidak sehat, rusaknya tata sosial petani lokal akibat desakan dari ekonomi maju di luar, tata perdagangan, tata kepemilikan lahan, produksi, pemasaran, dan perlindungan lain yang tidak mampu

dilakukan mereka. Pada sisi lain, Stohr mengusulkan "*selective spatial closure*" untuk menjaga kota-kota kecil dan penduduk perdesaan dari berbagai efek akibat berinteraksi antara desa dan kota; Dari titik ini peran pemerintah juga penting diantaranya : melindungi tata ruang agropolitan dengan penguatan pola tata ruang dan berbagai infrastruktur yang dibutuhkan. Kesemuanya ditujukan untuk memperkuat tata sosial-ekonomi dan sumberdaya pertanian yang ada. Demikian pula perlu sebuah strategi untuk mewujudkan tata sumberdaya pertanian agropolitan yang dapat memberikan perlindungan mengenai sebaran ruang dari tiap-tiap komoditas pertanian, serta berbagai ketentuan teknis-ekologis yang disyaratkan.

Konsep agropolitan juga harus didukung oleh perlindungan, penguatan, dan penguatan mekanisme hubungan institusional baik horizontal atau vertikal, misalnya dengan masyarakat adat, organisasi kemasyarakatan, lembaga pemerintah, LSM, yang kesemuanya berfokus untuk memperkuat konsep agropolitan dan berusaha melindungi petani lokal.

C. Pengembangan Wilayah Kawasan Khusus

Pengembangan wilayah yang dilaksanakan di Indonesia setidaknya meliputi tiga tingkatan, yakni pada tingkat mikro, meso, dan tingkat makro. Pada tingkat mikro bertujuan untuk mengenali kebutuhan yang mendesak dan memenuhi kebutuhan dasar masyarakat, membantu daerah dalam rangka mencapai kemandirian ekonomi dan meningkatkan daya saing, serta mendorong pengembangan potensi daerah agar mampu meng-

ekspor hasil industri atau pertaniannya, untuk mendukung perekonomian nasional (Soedjito, 1997).

Pada tingkat meso dilakukan pengembangan wilayah dengan jalan mengaitkan antar-wilayah agar tercipta pusat-pusat pertumbuhan. Kawasan yang menjadi prioritas diantaranya : kawasan cepat tumbuh, kawasan perbatasan, kawasan potensial. Banyak istilah yang dilontarkan untuk menandai strategi ini, misalnya : kawasan pembangunan ekonomi terpadu (Kapet), Kawasan Sijori, atau Kawasan perkotaan seperti *Jabodetabek* (Jakarta, Bogor, Depok, Tangerang, Bekasi), *Bandung Raya*, *Kedungsepur* (Semarang, Demak, Ungaran, Purwodadi), *Gerbangkertasusilo* (Gresik, Bangkalan, Mojokerto, Surabaya, Lamongan, Sidoarjo), *Joglosemar* (Jogja, Solo, Semarang), dan sebagainya.

Terlepas dari apapun namanya, upaya yang hendak dilakukan adalah untuk mengaitkan antarwilayah (kota) agar tercipta pusat-pusat pertumbuhan. Masalah yang sering muncul, sebutan kawasan-kawasan tersebut hanya berhenti sebagai slogan, tanpa visi misi yang jelas. Apalagi kini desentralisasi telah menempatkan kepala daerah atau walikota memiliki kekuasaan yang “mutlak”, maka yang terjadi tetap egoisme daerah.

Mestinya, pengembangan kawasan kota seperti itu, strateginya diarahkan untuk mencapai hal-hal sebagai berikut:

1. Lebih memperjelas hirarkhi kota dengan menghindari dominasi kota inti terhadap daerah di belakangnya tersebut. Upaya ini sebagai salah satu cara untuk membuat *counter magnet* daerah belakangnya tersebut sehingga timbul keserasian pembangunan antarwilayah.

Harapannya, arus urbanisasi ke pusat kota dari daerah sekitarnya tersebut dapat dikurangi;

2. Kota inti yang relatif memiliki sarana dan prasarana lebih lengkap, seperti bandar udara, pelabuhan peti kemas, lembaga finansial, sektor industri dan jasa, dan sebagainya diharapkan dapat lebih menyebarkan hasil-hasil pembangunan (*spread effect and trickle down effect*), agar kota utama tidak berpotensi menjadi “parasit” yang mengeksploitasi daerah di belakangnya;
3. Dari dua hal tersebut, kerjasama yang erat diantara wilayah tersebut harus diwujudkan dalam visi, misi, dan tindakan nyata di lapangan karena pengembangan dan pertumbuhan kota seakan tidak mengenal batas wilayah administratif. Dengan kata lain ada semacam *joint planning* untuk menuju satu *integrated regional development program* yang jelas dan *reasonable* dalam segala aspek. Jika hal ini tidak disadari dan dilakukan langkah nyata, maka Semarang dan sekitarnya akan menyatu menjadi satu megaurban yang sarat dengan berbagai permasalahan. Jika gagal maka biaya yang harus dikeluarkan untuk mengatasi masalah yang kompleks tersebut jauh di atas hasil yang selama ini diperolehnya.
4. Oleh karena itu setidaknya ada 5 hal yang harus diperhatikan dalam kerjasama tersebut, yakni : efisiensi dan optimalisasi manfaat, keterpaduan antarwilayah, keserasian dan keseimbangan, upaya saling membantu dan saling ketergantungan, serta kerjasama yang saling menguntungkan;

5. Untuk mewujudkan kerjasama yang nyata, maka ada beberapa langkah yang harus ditempuh bersama, misalnya masing-masing wilayah harus mampu menginventarisir dan mengidentifikasi masalah, untuk kemudian didiskusikan dalam “satu meja” dan “satu bahasa” yang koordinatif, kooperatif dan komprehensif guna mencari pemecahannya. Dari hasil ini baru merumuskan langkah nyata bersama untuk memecahkan masalahnya. Dari titik ini satu *clearing house* bagi semua informasi dan hasil studi atau penelitian pembangunan antarwilayah tersebut perlu dilaksanakan. Tanpa satu bahasa” dan “satu meja” tersebut masing-masing akan berjalan sendiri tanpa koordinasi yang jelas. Oleh karenanya diperlukan komitmen yang kuat bagi masing-masing kepala daerah, bupati, atau walikota. Hal ini merupakan tantangan tersendiri setelah era desentralisasi nampak ada “egoisme” wilayah dan sektoral, ketika para kepala daerah merasa menjadi “raja kecil”;
6. Hal lain yang harus disadari, koordinasi pembangunan itu bukan berarti memperbesar wilayah metropolitan sebagai pusatnya, dan juga perlu disadari kerjasama ini tidak otomatis akan mampu mengatasi arus urbanisasi, karena urbanisasi juga terkait dengan kebijakan di tingkat nasional bahkan internasional terkait dominasi kapitalisme dunia;
7. Dalam koordinasi ini juga perlu dibedakan antara istilah *administra-*

tif perencanaan dan istilah *administratif pembangunan*. Artinya untuk hal-hal yang bersifat detil, tiap-tiap wilayah memiliki otoritasnya sendiri, karena mereka memiliki kekhasan sendiri dan paling paham terhadap masalahnya sendiri. Dengan kata lain, kerjasama sebaiknya hanya di tingkat perencanaan dan implementasi program yang memiliki implikasi kewilayahan bersama.

KESIMPULAN

Sebagaimana telah dikatakan pada awal tulisan ini, kesenjangan wilayah merupakan hal yang wajar dalam sebuah pembangunan. Masalah pokok yang harus dipecahkan adalah adanya konsepsi kuat untuk jangka waktu yang panjang yang dilandasi keadilan sosial, serta adanya sistem ekonomi politik negara yang tidak memihak terlalu kuat pada wilayah tertentu. Jalan yang harus ditempuh diantaranya bagaimana memberi kemandirian sekaligus dukungan kepada sebuah wilayah sehingga mereka memiliki daya saing.

Daerah-daerah yang kurang berkembang didorong dengan mobilisasi seluruh kelembagaan, baik dari kalangan perguruan tinggi, LSM, dunia penelitian, pengusaha kecil menengah dan pengusaha besar, lembaga keuangan daerah, lembaga keuangan nasional, serta kemampuan aparaturnya yang terampil dan memiliki visi misi ke depan yang jelas. Kesemuanya mestinya dijalankan dalam sebuah jaringan (*networking*) yang erat.

Alternatif lain untuk mengatasi kesenjangan sudah banyak dilontarkan oleh beberapa pakar, misalnya melalui teori

The Centre-Down Development Paradigm. Dalam teori ketidakseimbangan pertumbuhan wilayah, dinyatakan bahwa kekuatan pasar sendiri tidak dapat menghilangkan perbedaan-perbedaan antarwilayah dalam satu negara, bahkan sebaliknya kekuatan-kekuatan ini cenderung akan menciptakan dan boleh jadi malahan memperburuk keadaan.

Kemiskinan di negara-negara sedang berkembang merupakan hasil kerja dari produktivitas tenaga kerja yang rendah yang merupakan bagian dari ketidakcukupan penawaran dan modal-modal fisik. Demikian pula tabungan juga rendah karena pendapatan rendah. Karenanya keseimbangan pertumbuhan dapat diciptakan jika investasi dapat didiversifikasikan ke rentang yang lebih luas di sektor industri. Masing-masing industri akan didorong oleh faktor upah, permintaan barang, dan kecukupan industri yang lain untuk menjaga keberlangsungan kehidupannya. Proyek-proyek investasi mungkin secara individual tidak menguntungkan bisa berbalik menjadi menguntungkan.

Strategi pembangunan harus dipusatkan kepada sedikit sektor lalu disebarkan “*backward linkage*” dan “*forward linkage*”. Jika *leading sector* dikaitkan dan disebarkan ke berikutnya, dari perusahaan satu ke perusahaan yang lain. Namun yang jelas, kurangnya keterkaitan ke belakang atau *backward linkage* banyak disebabkan oleh lemahnya permodalan petani di negara-negara sedang berkembang. Pada umumnya para petani sangat tergantung produk-produk pertanian dari luar seperti obat-obatan dan pupuk. Akibatnya mereka sering menjadi obyek permainan pasar. Jika panen berlimpah harga turun drastis, jika musim tanam tiba pupuk dan obat-obatan menghilang. Demikian pula teknologi pertanian lainnya seperti inseminator buatan, reparasi alat-alat pertanian atau pelayanan jasa keuangan. Banyak petani yang terjatuh renternir dan *sistem ijon*. Disamping itu, banyak industri modern yang tidak terkait dengan produk pertanian —*forward linkage*—. Industri padat modal menguasai jaringan dari hulu sampai hilir. Misalnya pabrik supermie, mereka memiliki jaringan tersendiri dan tidak mengambil terigu, cabe, dan rempah-rempah dari petani.

DAFTAR PUSTAKA

- Aziz, Iwan Jaya. 1985. “Pembangunan Daerah dan Aspek Alokasi Investasi Antardaerah”. *Prisma* No.6. pp. 3-21
- Douglass, Mike.1998. “Urban and Regional Policy After the Era of Native Globalism”. *Paper presented at the Global Forum on Regional Policy United Nations Center for Regional Development*. Nagoya, December 1-4
- Dov.Nir, et.All. *Region as a Socio-Environmental System : an Introduction to a Systemic Regional Geography*. pp. 59-87
- Fisher, H.Benjamin.1975. “Perencanaan Regional dalam Konteks Pembangunan Nasional Indonesia”. *Prisma*. No.3 Juni. Pp. 3-10

- Hill, Hal. 1990. "Indonesia's Industrial Transformation Part I" *Bulletin of Indonesian Economic Studies*. Vol. 26 No.1. pp. 79-120
- , 1998. "The Challenge of Regional Development in Indonesia" *Australian Journal of International Affairs* 52, No.1
- Kiswanto, Eddy. 2005. Analisis Spasial Ekonomi Makro Jawa Tengah (Analisis PDRB Tahun 1993-2003). *Forum Geografi*. Vol. 19(2) Desember 2005: 154.
- Majalah *Asiaweek*, 25 April 1997
- Minshull, Roger.1971 *Regional Geography : Theory and Practice*, pp. 13-67
- Myrdal, Gunnar.1975. *Economic Theory and Underdevelopment Region*. Duckworth, 26
- Nurzaman, Siti Sutriah.1997. "Tinjauan Kesenjangan Wilayah di Indonesia". *Jurnal Perencanaan Wilayah dan Kota. ITB*. Vol. 8. No.4. pp.11-21
- Perloff, Harvey and Lowdon Wingo Jr.1961. "Natural Resources Endowment and Regional Economic Growth". In *Natural Resources and Economic Growth* Ed, Joseph J. Spengler. Washington DC: *Resources for the Future* pp.191-212
- Rondinelli, Dennis A. 1985. *Applied Methods of Regional Analysis : the Spatial Dimension of Development Policy*. pp.1-22
- Soedjito, Bambang Bintoro. 1997. "Strategi Pengembangan Kawasan Timur Indonesia" dalam *Bunga Rampai Perencanaan Pembangunan Di Indonesia*. Jakarta : PT Gramedia Widiasarana Indonesia. Pp. 428-441
- Stohr, Water B and D.R.Fraser Taylor.1981. *Development from Above or Below ? The Dialectics of Regional Planning in Developing Countries*. pp. 15-36, pp. 39-69, pp.123-150

PENGARUH TOPOGRAFI DAN KESARANGAN BATUAN KARBONAT TERHADAP WARNA TANAH PADA JALUR BARON–WONOSARI KABUPATEN GUNUNGGIDUL, DIY

Djoko Mulyanto * dan Surono **

* Jurusan Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian,
Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta
E-mail: j.mulyanto@yahoo.com

** Pusat Survei Geologi, Badan Geologi
E-mail: surono@grdc.esdm.go.id

ABSTRACT

Western part of the East Java Southern Mountains, which is distributed from Parangtritis, Yogyakarta to Pacitan Bay is the Gunung-Sewu Hills. The carbonate rocks on the Baron-Wonosari transect has some lithofacies, and the soils overlying the rocks show some color varieties. Topography of Baron-Wonosari transect can be divided into two areas: southern part (Baron-Mulo) and northern part (Mulo- Wonosari). The southern part is a hilly land, whereas the northern part is a lowland plain. Soils on the southern part are dominated by red soils group, whereas on the northern part dominated by black soils group. The phenomenon is very interesting to be studied. The aim of research was to study relationship of soil colour with topography and pores of underlying carbonate rocks. Methods consist of land-form especially topography observation, and soil colour by Munsell Soil Colour Chart, whereas laboratory analysis namely micro porosity and geochemical of carbonate rock. The results showed that micro pores of rocks have no effect to the soil colour formation. However, secondary pores (macro and mega) be suggested influent on red soil formation. Concentration of iron (Fe) and mangan (Mn) elements of carbonate rock have no effect on the formation of soil colour. Topography and rock secondary porosity be estimated have a role as controlling factors on the formation of soil colour by leaching process mechanism. An area, which has a high leaching capacity tend to be found much of red soils, whereas an area which has a low leaching capacity will be formed black soils.

Keywords: *carbonate rocks, leaching process, secondary pores, soil colour, topography*

PENDAHULUAN

Kawasan Pegunungan Selatan bagian tengah, yang membentang luas berarah barat - timur mulai dari Parangtritis (Propinsi daerah Istimewa Yogyakarta) sampai dengan Teluk Pacitan (Propinsi Jawa Timur), oleh Husein dan Sriyono (2007) disebut sebagai Pegunungan Selatan

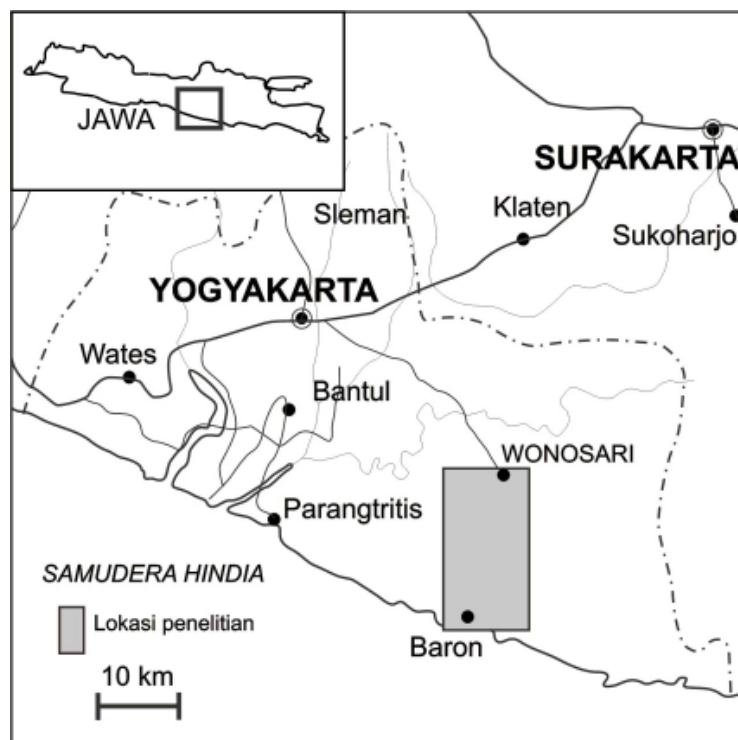
Jawa Timur bagian barat. Kawasan ini merupakan perbukitan yang sebagian besar dibentuk oleh batuan karbonat, yang membentuk morfologi karst Gunungsewu. Morfologi karst terdiri atas himpunan ratusan bukit kecil berbentuk kerucut yang puncaknya berbentuk tumpul. Bukit tumpul itu umumnya berdiameter 25-300 m dengan tinggi berkisar dari 30 m sampai

200 m. Dolina, yang merupakan cekungan di antara perbukitan umumnya berbentuk bundar yang terisi tanah, dan seringkali juga terisi air sehingga menjadi danau. Beberapa dolina, dua atau lebih, bergabung menjadi satu membentuk ovala.

Topografi jalur Baron-Wonosari dapat dibagi dua, bagian selatan dari Baron – Mulo merupakan daerah perbukitan dan bagian utara dari Desa Mulo-sekitar Wonosari adalah dataran karst. Tanah-tanah di atas batuan karbonat di kawasan topografi karst didominasi golongan tanah-tanah merah, sedangkan bagian utara terdiri atas golongan tanah-tanah hitam dan tanah merah. Ketebalan tanah di dolin bervariasi, ke arah tengah dolin meningkat, yang dapat mencapai > 5m, sedangkan di perbukitan (puncak dan lereng) berjeluk relatif tipis, <30 cm. Arah selatan-utara

Jalur Baron-Wonosari mempunyai perbedaan morfologi dan litofasies yang memunculkan keragaman warna tanah. Tulisan ini mencoba mencari hubungan antara morfologi dan kesarangan (porositas) batuan dengan warna tanah di atasnya. Penelitian dilakukan di sepanjang jalur Wonosari–Baron, Kabupaten Gunung Kidul, Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta (Gambar 1).

Sebagaimana dikatakan oleh Grim (1969) bahwa topografi menentukan ada tidaknya pergerakan air secara aktif melalui bahan lapukan. Disamping perannya sebagai pengontrol gerakan air tanah secara cacak (*vertical*), topografi juga memengaruhi proses pelindian serta erosi permukaan sehingga sangat menentukan laju penghilangan hasil-hasil pelapukan. Bahan induk khususnya struktur dan kesarangannya diduga sangat



Sumber: Peta Geologi Lembar Surakarta-Giritontro, Jawa, Skala 1 : 100.000

Gambar 1. Peta Lokasi Daerah Penelitian

mempengaruhi gerakan air secara vertikal. Topografi dan sifat-sifat batuan tersebut akan mempengaruhi efektivitas pelindian dan pembentukan tanah. Menurut Sartohadi dan Purwaningsih (2004) warna tanah merupakan sifat tanah yang mudah berubah oleh kondisi setempat seperti kondisi drainase tanah.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan adalah pengamatan topografi dan batuan disertai dengan pemerian warna tanah sepanjang Jalur Wonosari - Baron. Pemerian warna menggunakan Munsell Soil Color Chart (USDA Handbook, 1975). Dalam tulisan ini golongan warna tanah dibagi menjadi dua golongan besar yakni: (1) golongan tanah-tanah merah dengan hue 2,5 YR-5YR, dan (2). Golongan tanah-tanah hitam *bue* 10 YR dengan *value* dan *chroma* rendah (1-3) (Torrent dkk., 1983). Pengukuran kesarangan batuan dilakukan di Laboratorium Petrografi STM Pembangunan Yogyakarta, sedangkan analisis geokimia di laboratorium PPTM Bandung yang diperiksa menggunakan AAS.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Topografi

Pengamatan di lapangan menunjukkan bahwa tanah yang ditemukan pada bentuk topografi berbeda cenderung mempunyai warna yang berbeda pula. Hasil pengamatan warna tanah di lapangan dapat dilihat pada Tabel 1 berikut ini. Lokasi pengamatan di kawasan karst (Baron-Mulo) meliputi 10 lokasi (contoh 1 – 10), sedangkan di kawasan dataran karst (Mulo-Wonosari) meliputi 18 lokasi (contoh 11 – 28), yang 5 lokasi (contoh 24 – 28) merupakan napal. Tanah pada

kawasan karst Baron-Mulo, yang pada umumnya mempunyai topografi perbukitan kasar, mempunyai warna merah (Tabel 1, Gambar 2-3). Sedangkan di dataran karst didominasi golongan tanah-tanah hitam. Bentuk timbunan yang berbeda di dataran karst nampaknya sangat berpengaruh terhadap pembentukan golongan warna tanah. Namun demikian di tujuh lokasi pada dataran ini juga ditemukan tanah berwarna merah. Hal ini boleh jadi lebih disebabkan topografi di sekitar ke tujuh lokasi tersebut yang berombak sampai bergelombang (Tabel 1). Fakta tersebut di atas menunjukkan bahwa topografi dan morfologi sekitar lokasi keterdapatan tanah mempengaruhi keragaman warna tanah.

Batuan Induk dan Kesarangan

Pada jalur Baron-Wonosari, batuan yang berfungsi sebagai alas tanah, adalah batuan karbonat bagian dari Formasi Wonosari dan Formasi Kepek (Gambar 4). Batuan induk ini sangat mempengaruhi tampilan morfologi dari daerah penelitian. Hal ini disebabkan susunan batuan yang berbeda, sehingga menimbulkan perbedaan resistensi batuan terhadap pelapukan dan erosi. Bagian utara, yang merupakan dataran Wonosari, dibentuk oleh Formasi Kepek, sedangkan bagian selatan yang membentuk perbukitan karst disusun oleh Formasi Wonosari. Seperti banyak penulis (contohnya Ismoyowati dan Sumarso, 1975; Suroño dkk., 1992; Samodra dan Sutisna, 1997; Sudarno, 1997; Rahardjo, 2007) utarakan bahwa Formasi Wonosari menjemari dengan Formasi Kepek (Gambar 5).

Formasi Wonosari terdiri atas batugamping dengan sisipan napal, batugamping napalan, batugamping tufan, batugamping konglomeratan dan batupasir tufan. Umur formasi ini ditentukan

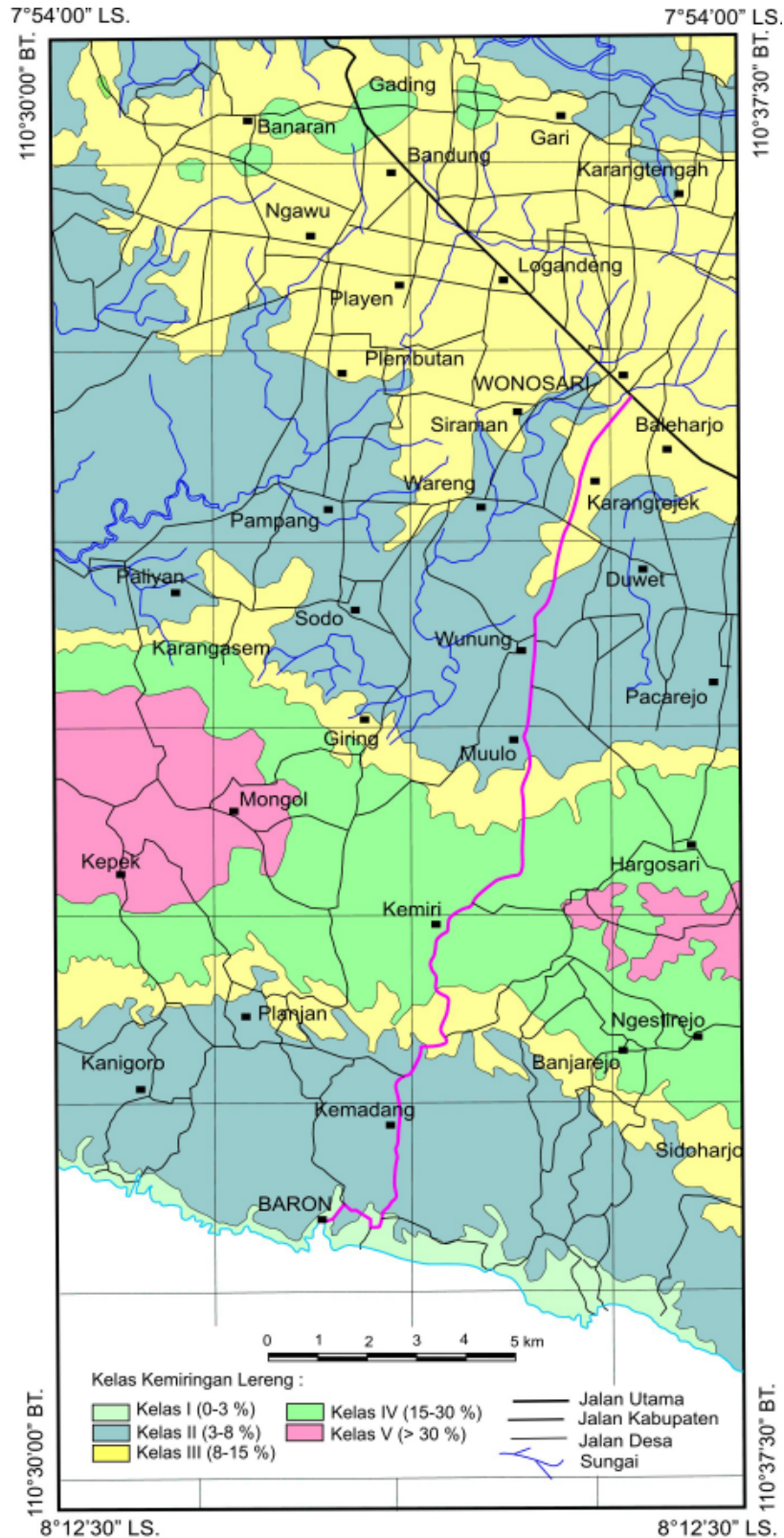
Tabel 1. Hubungan Warna Tanah dan Topografi Keterdapatannya Jalur Baron - Wonosari

No.	Contoh	Batuan Alas	Ordo tanah	Warna Tanah	Golongan Warna	Topografi
Lokasi Contoh di Kawasan Karst						
1.	KBD	Batugamping karst*	Alfisol	2,5YR3/4	Merah	Dolin
2.	BKM2	Batugamping karst*	Alfisol	5YR3/3	Merah	Dolin
3.	BKM9	Batugamping karst*	Alfisol	5YR3/4	Merah	Dolin
4.	BKM13	Batugamping karst*	Alfisol	2,5YR 3/4	Merah	Dolin
5.	CDM1A	<i>Wackestone</i>	Entisol	7,5YR4/2	Merah-coklat	Puncak bukit
6.	CDM1	<i>Grainstone</i>	Alfisol	5YR 3/4 - 4/6	Merah	Dolina
7.	CDM3	<i>Boundstone</i>	Alfisol	5 YR ¾	Merah	Dolina
8.	CDM5T	<i>Boundstone</i>	Inceptisol	5YR2/3 – 5YR3/3	Merah	Kaki bukit
9.	CDM5	<i>Boundstone</i>	Alfisol	5YR4/6-2,5YR 3/6	Merah	Dolina
Lokasi Contoh di Perbatasan Karst-Dataran Karst						
10.	KA	<i>Mudstone</i>	Alfisol	2,5YR4/6	Merah	Dataran karst
Lokasi Contoh Batugamping Berlapis di Dataran Karst						
11.	LNDM	<i>Wackestone</i>	Alfisol	2,5YR3/4-3/6	Merah	Berombak
12.	SPST	Batugamping berlapis*	Entisol	2,5YR3/4	Merah	Puncak bukit
13.	SDM4	Batugamping berlapis*	Alfisol	5YR3/4	Merah	Berombak
14.	PDM2	Batugamping berlapis*	Alfisol	5YR 3/4	Merah	Berombak
15.	ADM1	<i>Wackestone</i>	Alfisol	5YR4/6-2,5YR3/4	Merah	Bergelombang
16.	ADM2	<i>Wackestone</i>	Alfisol	5YR4/6-2,5YR3/4	Merah	Bergelombang
17.	BDM1	<i>Wackestone</i>	Vertisol	10 YR 3/1	Hitam	Dataran
18.	BDM3	Batugamping berlapis*	Vertisol	10 YR 4/4	Hitam	Dataran
20.	BDM5	<i>Packstone</i>	Vertisol	10 YR 2/1	Hitam	Dataran
21.	ML	<i>Packstone</i>	Vertisol	10YR3/1	Hitam	Basin
22.	SPUT	Batugamping berlapis*	Vertisol	10YR3/1	Hitam	Dataran
23.	SDM3	Batugamping berlapis*	Vertisol	10YR2/1	Hitam	Basin
Lokasi Contoh Napal di Dataran Karst						
24.	KP	<i>Wackestone</i>	Vertisol	10YR3/1	Hitam	Dataran
25.	BDM2	<i>Wackestone</i>	Vertisol	10YR3/1-4/2	Hitam	Dataran
26.	BDM6	<i>Wackestone</i>	Vertisol	10 YR 3/1	Hitam	Dataran
27.	BDM7	<i>Wackestone</i>	Vertisol	10 YR 3/1	Hitam	Dataran
28.	BDM8	<i>Wackestone</i>	Vertisol	10 YR 3/1	Hitam	Dataran

Catatan: KA, ML, KP (Uca, 2002) ; tanah-tanah merah (5YR- 2,5YR); tanah-tanah hitam (10YR) SPST, SPUT (Murti, 2005)

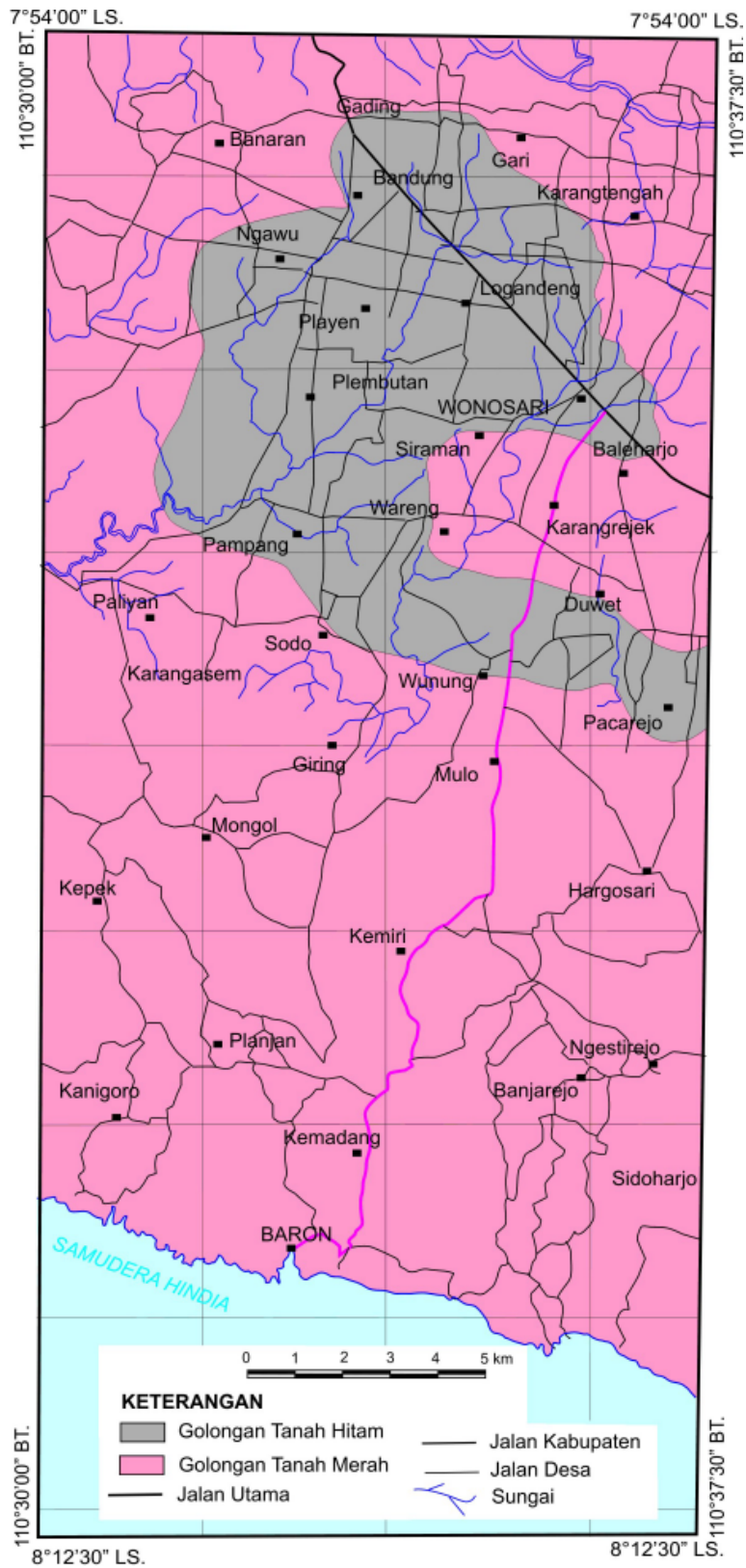
* : tanpa petrografi

Sumber: Hasil Analisis



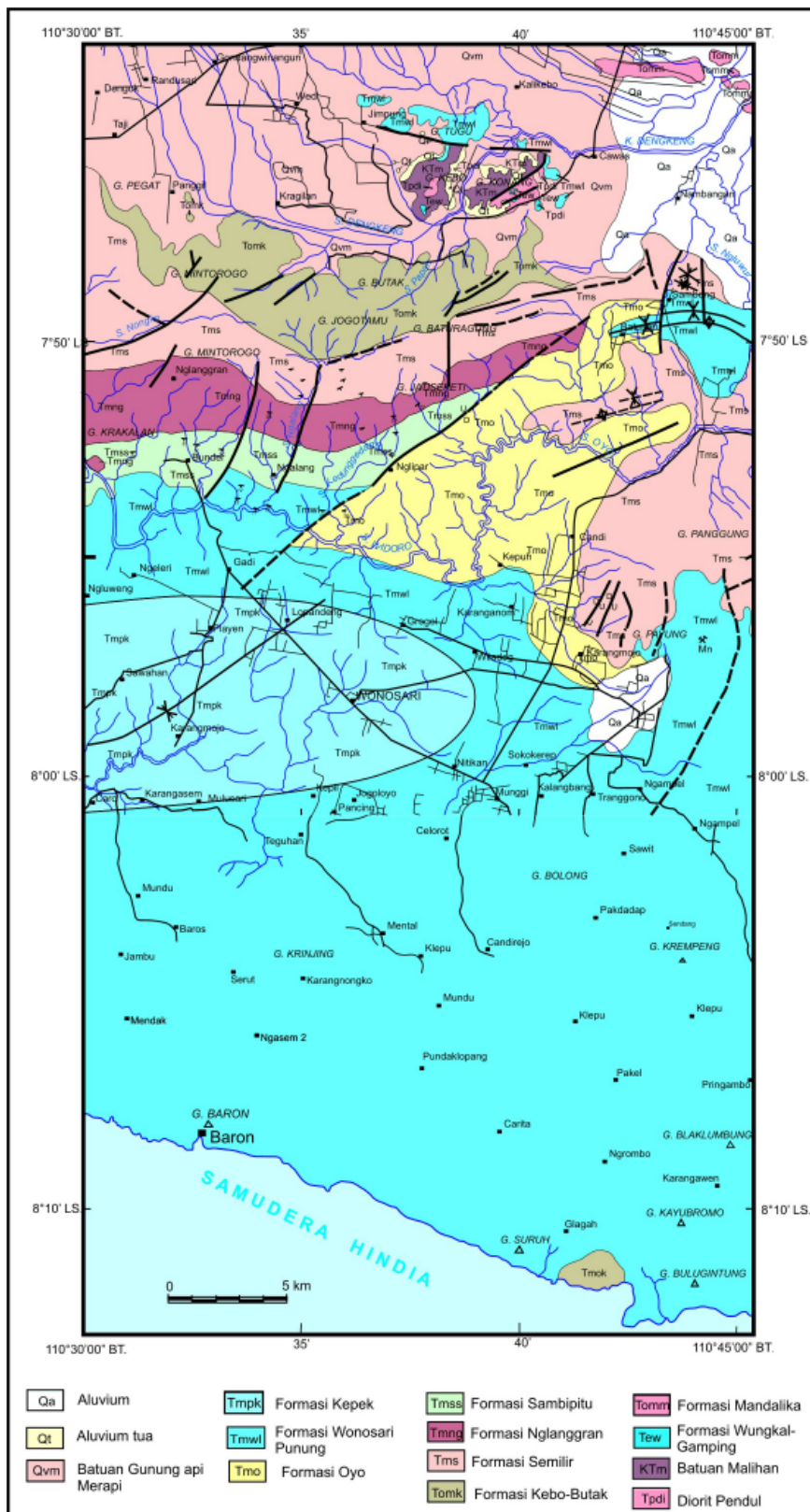
Sumber: Hasil Analisis

Gambar 2. Peta Pembagian Kemiringan Lereng Jalur Baron - Wonosari dan Daerah Sekitarnya



Sumber: Hasil Analisis

Gambar 3. Warna Tanah di Jalur Baron - Wonosari dan Daerah Sekitarnya



Sumber: Suroño, dkk., 1992

Gambar 4. Peta Geologi Daerah Wonorejo

WAKTU				FORMASI	LITOLOGI		
ZAMAN	KALA	KLAS. HURUF	ZONASI BLOW (1964)				
TERTIER	PLIOSEN	Th	N23		<p>F. Kepek: Perselingan batugamping, napal dan serpih gampingan</p> <p>F. Wonosari: Batugamping, napal, batupasir tufan, dan batulanau.</p> <p>F. Oyo: Batugamping tufan, tufa, dan napal tufan.</p> <p>F. Sambipitu: Perselingan batupasir gampingan dan serpih gampingan.</p> <p>F. Nglanggeran: Breksi gunung api, tufa, aglomerat, lava, dan breksi autoklastik.</p> <p>F. Semilir: Breksi batuapung, tuf lapili, tuf, pasir tufan, dan serpih.</p> <p>Formasi Butak: Breksi polimik diselingi batupasir, batupasir kerikilan, batulempung dan batulanau.</p> <p>Formasi Kebo: Perselingan batupasir, batupasir kerikilan, bersisipan batulanau, batulempung, tuf dan serpih.</p> <p>F. Wungkal-gamping: Batugamping Numulit, batupasir, napal pasiran, dan batulempung</p> <p>Batuan Malihan: Sekis, filit, batuan gunung api malih, pualam, sedimen malih dan batusabak.</p>		
			N22				
	MIOSEN	Akhir	Tg			N21	
						N18	
						N17	
						N16	
						N15	
		Tengah	Tf3			Tf2	N14
							N13
							N11
							N10
							N9
	Awal	Te4 Te1	Te1			N8	
						N5	
						N4	
						N3= P22	
						N2= P21	
	OLIGOSEN	Awal-Akhir	Td- Tc			N2= P21	
						N3= P22	
	EOSEN	Akhir	Tb			P17	
P16							
P15							
P14							
P10							
Tengah	Ta	Ta	P14				
			P10				
KAPUR-PALEOSEN AWAL?				Batuan Malihan			

Sumber: Hasil Analisis

Gambar 5. Stratigrafi Daerah Wonosari dan Sekitarnya

berdasarkan kandungan fosil foraminifera, berumur Miosen Tengah-Pliosen (Surono dkk., 1992; Sudarno 1997). Batugamping tersebut berupa *mudstone*, *wackestone*, *packstone* dan *grainstone* di bagian utara, dan ke selatan *boundstone* lebih berkembang. Pada umumnya formasi ini berlapis baik. Ketebalan lapisan berkisar beberapa cm sampai beberapa m di bagian utara, terutama pada dataran Wonosari, sedangkan ke arah selatan menebal. Pada bagian selatan jalur Wonosari–Baron, Formasi Wonosari ini membentuk morfologi perbukitan karst. Hal ini disebabkan pada bagian ini batugamping yang banyak berkembang di kawasan ini adalah *boundstone* dengan ketebalan setengah sampai beberapa meter. Ini tentu mengakibatkan resistensi batuan terhadap pelapukan lebih tinggi dibandingkan di bagian utara yang didominasi batugamping berlapis. Perbedaan batuan

penyusun di kedua kawasan tersebut di atas diduga juga dapat mempengaruhi kesarangan batuan.

Formasi Kepek terdiri atas napal dengan sisipan batugamping berlapis. Ketebalan formasi ini lebih kurang 200 m (Surono dkk., 1992), namun di tepi cekungannya jauh lebih tipis. Karena tipisnya ketebalan Formasi Kepek ini menyebabkan bentuk morfologinya banyak dipengaruhi resistensi batuan pembentuk Formasi Wonosari yang berada di bawahnya. Pada citra satelit ASTER, Formasi Kepek ini membentuk morfologi dataran Wonosari.

Tabel 2 adalah hasil pengukuran kesarangan mikro batuan dan warna tanah di lokasi yang sama. Hanya ada dua pengukuran pada kawasan karst Baron-Mulo,

Tabel 2. Kesarangan mikro pada contoh batuan jalur Baron-Wonosari

Nomor Contoh	Litologi	Kesarangan (%)	Golongan warna Tanah
Kawasan perbukitan karst Muulo-Baron			
1. CDM1	<i>Grainstone</i>	11,80	merah
2. CDM5	<i>Boundstone</i>	3,80	merah
Kawasan dataran Wonosari			
1. KA	<i>Mudstone</i>	12	merah
2. ADM1	<i>Wackestone</i>	12,55	merah
3. SPST	Batugamping berlapis*	20,2	merah
4. SPUT	Batugamping berlapis*	19,9	hitam
5. KP	<i>Wackestone</i>	16	hitam
6. BDM6/R	<i>Wackestone</i>	16,14	hitam
7. BDM7/R	<i>Wackestone</i>	42,37	hitam
8. ML	<i>Packstone</i>	6	hitam

* tidak dilakukan analisa petrografi

Sumber: Hasil Analisis

keduanya menunjukkan warna merah walaupun salah satunya mempunyai kesarangannya kecil, hanya 3,80%. Apabila kedua contoh ini dapat mewakili kawasan ini, berarti sangat mungkin warna tanah tersebut lebih dipengaruhi topografinya (lihat Tabel 1). Atau kemungkinan lain disebabkan adanya kesarangan makro dan mega pada batuan *boundstone*, yang mendominasi kawasan tersebut, yang mempunyai kesarangan relatif lebih besar dibandingkan kesarangan batuan pada kawasan dataran Wonosari, seperti yang telah diukur oleh Kusumayuda (2000, lihat Tabel 3).

Pengukuran kesarangan batuan pada 8 lokasi yang berbeda di dataran Wonosari menunjukkan adanya keragaman kesarangan mikro batuan di kawasan ini. Hampir semua hasil pengukuran kesarangan di kawasan ini mempunyai nilai lebih tinggi dibandingkan dua hasil pengukuran di kawasan karst Baron-Mulo. Hanya satu pengukuran yang menunjukkan nilai rendah (ML). Tabel 2 menunjukkan bahwa tidak adanya hubungan antara litologi, kesarangan mikro dan warna tanah. Nilai kesarangan terbesar 42,37% di lokasi BDM7/R justru mempunyai warna tanah hitam. Kiranya perlu diperhatikan juga keragaman batuan yang membentuk morfologi dataran Wonosari yakni Formasi

Kepek, yang terdiri dari perselingan napal dan batugamping berlapis (Suroño dkk., 1992; Rahardjo dkk., 1992; Sudarno, 1997). Hal ini tentu sangat mempengaruhi kelulusan air di kawasan ini. Napal yang berbutir halus dan relatif kedap air bila mengalasi batugamping akan menurunkan secara signifikan kelulusan airnya. Hasil analisis napal Wonosari oleh Mulyanto dan Virgawati (2006) menunjukkan adanya smektit $\pm 20\%$. Mineral tersebut dalam kondisi lembab dapat mengembang dan menutup pori-pori batuan sehingga menurunkan daya lulusnya. Dari fakta tersebut (Tabel 2) dapat dikatakan bahwa kesarangan mikro batuan tidak berpengaruh terhadap pembentukan tanah-tanah merah.

Tabel 3 menunjukkan bahwa nilai kesarangan baik fasies *Wackstone*, *Packstone*, maupun *Boundstone* mempunyai kisaran yang cukup lebar. Diduga bahwa kesarangan makro dan mega di wilayah utara yang didominasi *Wackstone* kurang berkembang, sebaliknya di kawasan selatan yakni daerah karst berkembang dengan baik. Hal tersebut sejalan dengan pengamatan lapangan bahwa di kawasan karst banyak dijumpai rekahan-rekahan batugamping. Mulyanto dkk. (2005) juga mengatakan bahwa rekahan-rekahan

Tabel 3. Kisaran Kesarangan Batu Gamping Gunungsewu

Fasies	Kesarangan (%)		
	Mikro	Makro	Mega
<i>Wackstone</i>	4,93-27,91	4,50-18,00	3,00-17,00
<i>Packstone</i>	3,75-21,90	3,00-20,00	5,00-20,00
<i>Boundstone</i>	2,80-27,26	3,00-17,50	5,00-18,00

Sumber: Kusumayudha, 2000

batugamping di kawasan karst Gunungsewu dapat mengarahkan genesis tanah-tanah merah.

Geokimia Batuan

Komposisi kimia batuan karbonat Wonosari sangat bervariasi baik unsur penentu warna tanah seperti besi dan mangan maupun unsur-unsur yang lain. Tabel 4 menunjukkan bahwa kisaran konsentrasi baik unsur besi maupun Mn batuan sangat bervariasi baik di lingkungan tanah-tanah merah maupun tanah-tanah hitam.

Warna merah tanah disebabkan oleh oksida-oksida besi yang teroksidasi dengan baik, sedangkan warna hitam oleh oksida-oksida mangan dan bahan organik yang terhumifikasi, sebagaimana dikatakan oleh Torrent dkk (1983), Notohadikusumo (2000), dan Mulyanto dkk (2006). Tabel 4 di atas sangat menarik untuk dicermati yakni bahwa batuan-batuan yang mengandung unsur-unsur besi yang relatif tinggi seperti BDM 6, BDM 7, dan SPUT memunculkan warna tanah hitam, sedangkan CDM 5 dan KA yang mengandung besi relatif sedikit justru memunculkan tanah-tanah merah. Hal ini juga menunjukkan bahwa gejala kewarnaan tanah di atas batuan karbonat tidak dipengaruhi oleh komposisi kimia khususnya kadar besi dan mangan batuan. Munculnya warna merah diduga oleh genesis tanah yang sangat terkait dengan intensitas pelindian yang sangat dipengaruhi oleh kesarangan batuan terutama kesarangan makro sebagai kesarangan sekunder batuan. Pembentukan warna merah tersebut dapat dijelaskan melalui deret mobilitas ion yang dikemukakan oleh Hudson (1995) dengan urutan yang menurun yakni $Cl^- > SO_4^{2-} > Na^+ > Ca^{+2} > Mg^{+2} > K^+ > SiO_4 > Fe_2O_3$

$> Al_2O_3$. Proses pelindian yang semakin intensif menyebabkan terlindinya basa-basa dan Si hasil pelapukan serta meningkatnya konsentrasi besi dan aluminium secara relatif. Peningkatan konsentrasi besi dalam suasana bertata udara bagus menyebabkan terbentuknya persenyawaan besi dalam bentuk ferri yang menimbulkan warna merah pada tanah. Warna merah dari senyawa-senyawa besi disebabkan oleh tingkat hidrasi yang rendah, sedangkan yang kuning menunjukkan tingkat hidrasi yang lebih tinggi.

Pada uraian sebelumnya menunjukkan fakta bahwa warna tanah berhubungan dengan topografi sekitarnya (Tabel 1). Tanah yang dijumpai pada topografi kasar mempunyai warna merah, sebaliknya tanah di atas dataran berwarna hitam. Pada umumnya air permukaan yang mengalir pada topografi kasar mempunyai kecepatan aliran lebih cepat dibandingkan di tempat yang datar. Aliran yang cepat tentu mempunyai kemampuan pelindian lebih kuat dibandingkan yang lemah. Hal tersebut akan berdampak pada pemiskinan ion-ion yang mempunyai indeks keterlarutan tinggi seperti Na, Ca, Mg, dan K dan peningkatan secara relatif Fe. Indeks keterlarutan Mn lebih tinggi dibandingkan Fe sehingga mobilitasnya lebih tinggi. Sifat tersebut menyebabkan konsentrasi Mn tanah dalam lingkungan yang mempunyai daya pelindian tinggi lebih rendah dibanding yang berpelindian lemah. Dengan kata lain bahwa lingkungan yang berpelindian lemah menyebabkan konsentrasi Mn tanah lebih tinggi dan cenderung menimbulkan warna hitam tanah. Peningkatan Fe dalam tanah bila dialasi oleh batuan yang mempunyai kesarangan makro tinggi atau timbulan yang relatif kasar akan mempunyai tata udara yang relatif lebih bagus dan menimbulkan warna merah. Sebaliknya

Tabel 4. Komposisi Geokimia Batu Gamping di Jalur Baron-Wonosari

Contoh Batuan	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	LOI	Gol. Tanah
Kawasan perbukitan karst Mulo-Baron												
CDM1	0,53	0,66	0,34	0,01	55,20	0,23	tt	tt	tt	0,017	43,0	Merah
CDM5	0,39	0,28	0,11	0,008	55,30	0,30	0,009	tt	tt	0,190	43,0	Merah
KA	0,31	0,05	0,10	0	55,42	0,36	0,02	0,01	0	0,030	43,3	Merah
Kawasan dataran Wonosari												
ML	0,31	0,05	0,10	0	55,42	0,36	0,02	0,01	0	0,030	43,3	Hitam
SPST	1,09	0,49	0,29	0,022	54,70	0,23	-	-	-	-	*	Merah
SPUT	0,59	0,27	0,21	0,023	55,10	0,23	-	-	-	-	*	Hitam
ADM1	0,54	0,33	0,20	0,021	55,00	0,20	0,011	tt	tt	0,240	43,3	Merah
KP	3,88	0,12	0,19	0,080	52,49	0,31	0,02	0,01	0,02	0,06	42,4	Hitam
BDM6	5,61	2,48	1,09	0,170	49,80	0,64	0,023	0,014	tt	0,250	39,8	Hitam
BDM7	21,30	9,63	2,34	0,041	33,60	1,34	0,037	0,20	tt	0,50	30,8	Hitam

Sumber: Hasil Analisis

pada dataran, seperti dataran Wonosari, yang mempunyai kemiringan landai, aliran air akan lambat sehingga daya pelindiannya rendah. Suasana dalam tanah menjadi lebih reduktif atau bertata udara relatif lebih buruk sehingga tidak memunculkan warna merah.

Sebaran golongan tanah-tanah yang berkembang di kawasan karst khususnya bagian dolin semuanya adalah tanah-tanah merah. Hal tersebut cukup menarik untuk dicermati. Bila hanya melihat morfologi dolin yang berbentuk cekungan/ basin seharusnya merupakan tempat akumulasi bahan-bahan hasil pelapukan dan proses pelindiannya yang sangat terhambat sehingga tidak banyak mengalami kehilangan ion-ion hasil pelapukan seperti Ca, Na, K, Mg, Mn dan Si. Proses demikian seharusnya akan terbentuk lempung tipe 2:1 khususnya *montmorillonite* dan membentuk tanah Vertisol yang berwarna hitam karena akumulasi Mn sebagaimana dikemukakan oleh banyak peneliti antara lain Wambeke (1992) dan Wilding dkk. (1983). Secara alamiah tentu ada faktor yang mengarahkan terbentuknya tanah-tanah merah di kawasan tersebut. Hasil penelitian Kusumayudha (2000) menunjukkan bahwa batuan karbonat di kawasan Gunungsewu selain mempunyai pori mikro (kesarangan primer), juga mempunyai pori makro dan mega yang merupakan kesarangan sekunder setelah

mengalami karstifikasi. Batuan yang terkarstifikasi mempunyai daya kelulusan yang dapat mencapai 1000 kali dibandingkan yang belum terkarstifikasi Acworth (2001) (dalam Aji dkk, 2005). Kesarangan sekunder, yang umumnya berupa retakan dan kekar, tersebut diduga yang berperan kuat dalam mengarahkan terbentuknya tanah-tanah merah di kawasan karst Gunungsewu.

KESIMPULAN

1. Relief topografi adalah salah satu faktor yang mempengaruhi warna tanah. Topografi yang mempunyai relief kasar cenderung membentuk tanah merah, sedangkan topografi yang datar akan membentuk tanah hitam.
2. Kesarangan mikro (primer) batuan tidak mempengaruhi warna tanah, tetapi kesarangan sekunder diduga sebagai pengontrol terbentuknya golongan tanah-tanah merah.
3. Gejala kewarnaan tanah tidak dipengaruhi oleh kadar besi dan mangan batuan. Namun sangat dipengaruhi kondisi lingkungan pelapukan. Lingkungan yang berpelindian bagus cenderung mengarahkan terbentuknya golongan tanah-tanah merah, sebaliknya yang berpelindian buruk mengarahkan terbentuknya golongan tanah-tanah hitam.

DAFTAR PUSTAKA

- Aji, T.N.. dan Eko Haryono. 2005. Hidrology Karst. Potensi dan Tantangan untuk Pengembangan Pertanian. *Seminar Sehari Jurusan Ilmu Tanah, Fak. Pertanian UGM. Tanggal 18 Juni 2005*
- Grim, R.E. 1968. *Clay Mineralogy*. McGraw-Hill Book Company. New York, St. Louis, San Francisco, Toronto, London, Sydney, 596 p.

- Hudson, B.D. 1995. Reassessment of Polinov's Ion Mobility Series. *Soil Sci.Soc.Am.J.* 59:1101-1103.
- Husein, S. dan Sriyono, 2007. Tinjauan Geomorfologi Pegunungan Selatan DIY/Jawa Tengah: Telaah Peran Faktor Endogenik dan Eksogenik dalam Proses Pembentukan Pegunungan. Prosiding Workshop: Potensi geologi Pegunungan Selatan dalam pengembangan wilayah, Hotel Inna Garuda, Yogyakarta, 27-29 November 2007.
- Ismoyowati, T. & Sumarso, 1975, Contribution to the Stratigraphy of the Jiwo Hills and Their Southern Surroundings (Central Java), *Proceedings Indonesian Petroleum Association Fourth Annual Convention* Vol. 2: 19-26
- Kusumayudha, S.B. 2000. *Kuantifikasi Sistem Hidrogeologi dan Potensi Airtanah Daerah Gunungsewu, Pegunungan Selatan, DIY (Didekati dengan Analisis Geometri Fraktal)*. Disertasi Doktor ITB.
- Mulyanto, D., T. Notohadikusumo, dan B.H. Sunarminto. 2005. Peran Porositas Sekunder Batugamping terhadap Pembentukan Tanah-Tanah Merah di Kawasan Karst Gunungsewu. *Agrin* Vol. 9 (2): 101 – 109.
- Mulyanto, D. dan Virgawati, S. 2006. Genesis Vertisol di Atas Napal Daerah Wonosari. *Jurnal Tanah dan Air* Vol. 7 (1): 46-56.
- Mulyanto, D., T. Notohadikusumo, dan B.H. Sunarminto. 2006. Hubungan Tingkat Pemerahan Tanah di Atas Batuan Karbonat dengan Komponen-Komponen Pembentuknya. *Jurnal Ilmiah Habitat* Vol. 17 (3): 235 – 245.
- Murti, D.A. 2005. Genesis Tanah di Atas Batuan Karbonat di Dusun Serpeng Kidul Desa Pacarejo Kecamatan Semanu Kabupaten Gunungkidul. Skripsi S1 Jurusan Ilmu Tanah, Faperta UPNVY.
- Notohadiprawiro, T. 2000. *Tanah dan Lingkungan*. Pusat Studi Sumber Daya Lahan UGM, 187 hal.
- Surono, Toha, B. & Sudarno, I, 1992. Peta Geologi Lembar Surakarta-Giritontro, Jawa, Skala 1 : 100.000. *Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi*, Bandung.
- Sartohadi, J. & Purwaningsih, R.. 2004. Korelasi Spatial antara Tingkat Perkembangan Tanah dengan Tingkat Kerawanan Gerak Massa di DAS Kayangan Kabupaten Kulon Progo Daerah Istimewa Yogyakarta. *Forum Geografi*. Vol. 18(1) Juli 2004: 27.
- Sudarno, 1997. Kendali Tektonik terhadap Pembentukan Struktur pada Batuan Paleogen dan Neogen di Pegunungan Selatan, Daerah Istimewa Yogyakarta dan sekitarnya. Thesis Magister Teknik, Institut Teknologi Bandung, Bandung, 167p (tidak diterbitkan).
- Sumarso & Ismoyowati, T., 1975. A Contribution to the Stratigraphy of the Jiwo Hills and Their Southern Surroundings. *Proceeding of 4th Annual Convention of Indonesia Petroleum Association*, Jakarta.

- Rahardjo, W., 2007. Foraminiferal Biostratigraphy of Southern Mountains Tertiary Rocks, Yogyakarta Special Province. *Prosiding "Potensi geologi Pegunungan Selatan dalam Pengembangan Wilayah"*, Yogyakarta 27-29 November 2007.
- Samodra, H. dan Sutisna, K. 1997. *Peta Geologi Lembar Klaten (Bayat), Jawa, skala 1 : 50.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Torrent, J., Schwertmann, U., Fechter, H., and Alferez, F., 1983. Quantitative Relationship between Soil Color and Hematite Content. *Soil Science* 136, 6, pp. 354-359.
- Uca, 2001. Karakterisasi Tanah pada Litosekuen Bentanglahan Karst di Kecamatan Tepus, Gunung Kidul. Tesis S-2 Program Pasca Sarjana UGM.
- Wambeke, A.V., 1992. *Soil of the Tropics. Properties and Appraisal*. McGrawHill, Inc. New York.
- Wilding, L.P., Smeck, N.E. and Hall, G.F., 1983. *Pedogenesis and Soil Taxonomy. I. Concepts and Interactions*. Elsevier. Amsterdam, Oxford, New York.

BIODATA PENULIS

- AGUS
ANGGORO
SIGIT *Labir di Klaten tanggal 25 Agustus 1970. Adalah dosen di Fakultas Geografi UMS. Memperoleh gelar Sarjana S1 dari Fakultas Geografi UMS pada tahun 1994, saat ini sedang menempuh Program Pasca Sarjana (S2) di UGM. Aktif pada berbagai penelitian dan pengabdian masyarakat dengan sumber dana dari DP2M DIKTI maupun Pemerintah Daerah.*
- BANA
HANDAGA *Labir pada tanggal 1 Februari 1967. Adalah seorang dosen di Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Surakarta. Menyelesaikan studi S1 fakultas Teknik Elektro di Institut Teknologi Bandung (ITB) (1990), S2 di Yogyakarta (UGM) fakultas Teknik Elektro (2003). Selain mengajar juga sebagai IT manajer UMS sejak tahun 2005.*
- BENY HARJADI *Labir di Surakarta, 7 Maret 1961. Adalah seorang peneliti di Divisi Konservasi Tanah dan Air dengan posisi Peneliti Madya Bidang Pedologi dan Pengindraan Jauh di Balai Penelitian Kebutuhan (BPK) Solo. Menyelesaikan studi S1 jurusan Tanah fakultas Pertanian IPB Bogor (1987), S2 di Perancis jurusan Pengindraan Jauh Satelit Fakultas Kebutuhan, Montpellier Perancis (1996). Mengambil Post Graduate Pengindraan Jauh di India (2005).*
- BOKO SUSILO *Labir di Sleman tanggal 24 April 1959. Adalah dosen Fakultas Teknik Universitas Bengkulu. Jl. WR. Supratman, Kampus Universitas Bengkulu Kandang Limun Bengkulu. Telp (0736) 21170. Menyelesaikan studi S1 Pendidikan Matematika pada IKIP Yogyakarta tahun 1985 serta Magister Ilmu Komputer UI pada tahun 1998. Telah mempublikasikan beberapa karyanya pada jurnal terakreditasi maupun tidak terakreditasi sejak 1999 serta aktif melakukan penelitian dengan pendanaan dari DP2M DIKTI.*
- DJOKO
MULYANTO *Labir di Kediri pada tanggal 31 Desember 1960. Adalah dosen jurusan Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta. Menyelesaikan studi S1 sampai S3 di Jurusan Ilmu Tanah UGM. Aktif melakukan berbagai penelitian terkait dengan bidang ilmunya.*
- JUMADI *Labir di Sragen, 26 Agustus 1980. Dosen S1 Fakultas Geografi Universitas Muhammadiyah Surakarta. Memperoleh gelar sarjana S1 dari Fakultas Geografi Universitas Muhammadiyah Surakarta tahun 2004. Berperan dalam perancangan beberapa proyek pengembangan Sistem Informasi Geografis (SIG) antara lain: Sistem Informasi Geografis Berbasis Web untuk Penataan Data Pelanggan dan Jaringan PT. PLN (Persero) APJ Surakarta, Sistem Informasi*

Jaringan Jalan (SIG Web) Kabupaten Aceh Timur, Sistem Informasi Air Tanah (SIG Web) Kabupaten Banyumas. HP: 085293050010, E-mail: joemnoor@gmail.com.

- MUTALAZIMAH *Labir di Yogyakarta, tahun 1974. Adalah seorang dosen Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Muhammadiyah Surakarta (UMS). Memperoleh gelar sarjana S1 dari Fakultas Kesehatan Masyarakat UNDIP Semarang tahun 2001. Menyelesaikan studi S2 jurusan Ilmu Kesehatan Masyarakat di UNDIP Semarang (2004). Telah melakukan publikasi dan penelitian tentang ilmu kesehatan dan teknologi informasi ilmu kesehatan serta menulis beberapa buku teks.*
- SAHID *Labir di Sleman, 14 November tahun 1948 adalah Dosen Fakultas Kehutanan UGM jurusan Manajemen Hutan Yogyakarta dengan bidang keahlian Fotogrametri dan Pemetaan Hutan. Dalam lima tahun terakhir telah melakukan penelitian sembilan kali tentang hutan dengan alat penginderaan jauh dan Fotogrametri. Pengalaman kerja di berbagai propinsi baik di Jawa maupun luar Jawa yang berkaitan dengan pengelolaan hutan.*
- SARATRI
WILONoyUDHO *Labir di Klaten, 13 Januari tahun 1963. Pekerjaan sebagai Dosen Fakultas Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang. Menyelesaikan S1 Teknik Geodasi UGM tahun 1986, S2 Kependudukan UGM tahun 1999 dan sekarang sedang menyelesaikan disertasi S3 pada prodi Kependudukan UGM dengan topik Urbanisasi Berlebih di Semarang. Pernah menjadi konsultan pendidikan dengan sponsor Japan International Cooperation Agency (JICA) tahun 2002 - 2006. Nara sumber staf ahli Gubernur Jateng tahun 2005 - 2006.*
- SIGIT WIDIADI *Labir di Balikpapan 08 Desember 1971. Adalah Kepala Seksi Air Tanah Dan Panas Bumi Dinas Energi Dan Sumber Daya Mineral (ESDM) Kabupaten Banyumas. Memperoleh gelar Sarjana (S1) Teknik Geologi UPN "Veteran" Yogyakarta tahun 1996, saat ini sedang menempuh Program Magister (S2) Ilmu Lingkungan di Universitas Jenderal Soedirman Purwokerto. Sebelumnya bekerja sebagai Geologist pada beberapa perusahaan pertambangan terkemuka di Kalimantan dan Sumatra. Pernah menulis tentang kebencanaan di harian Suara Merdeka.*
- SURONO *Adalah seorang peneliti di Pusat Survei Geologi, Badan Geologi, Bandung, Jl. Diponegoro 57, Bandung 40122. Menyelesaikan studi S1 di Jurusan Geologi ITB dan S2 sampai S3 di Australia. E-mail:surono@grdc.esdm.go.id*
- YULIAN FAUZI *Labir di Ujan Mas tanggal 27 Juli 1972. Adalah dosen Fakultas MIPA Universitas Bengkulu. Memperoleh gelar Sarjana (S1) dari Fakultas MIPA UNSRI dan Magister (S2) dari Ilmu MIPA UGM spesialisasi bidang Remote Sensing. Telah melakukan publikasi sebanyak 6 kali baik pada*

jurnal yang terakreditasi maupun yang tidak terakreditasi serta aktif melakukan penelitian terkait bidang ilmunya.

ZULFIA MEMI
MAYASARI

Labir di Palembang pada tanggal 2 Desember 1973. Adalah dosen Fakultas MIPA Universitas Bengkulu. Memperoleh gelar Sarjana (S1) dari Fakultas MIPA UNSRI dan Magister (S2) dari Matematika UGM spesialisasi bidang Aljabar. Telah melakukan beberapa publikasi serta aktif melakukan penelitian terkait bidang ilmunya.

MITRA BESTARI
FORUM GEOGRAFI, Vol. 23, No. 2, Desember 2009

1. Prof. DR. H. Suratman Worosuprojo, M.Sc. (Fakultas Geografi UGM)
2. Prof. DR. H. Jumun Sartohadi (Fakultas Geografi UGM)
3. DR. Pramono Hadi, M.Sc. (Fakultas Geografi UGM)
4. DR. Baiquni, MA. (Fakultas Geografi UGM)
5. Ir. Paimin, M.Sc. (BTP DAS Solo)

UCAPAN TERIMA KASIH

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Penyunting pelaksana Forum Geografi mengucapkan terima kasih atas komentar Mitra Bestari terhadap naskah Forum Geografi yang relevan dengan kompetensi Mitra Bestari. Semoga kualitas tulisan Forum Geografi semakin meningkat dan banyak diacu oleh penulis lain serta memberikan kontribusi terhadap perkembangan kajian geografi yang semakin kompleks dan sangat dibutuhkan dalam penyelesaian masalah pembangunan.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Penyunting

INDEKS FORUM GEOGRAFI
VOL. 23, NO. 1, JULI 2009 DAN VOL. 23, NO. 2 DESEMBER 2009

Triyono	Tinjauan Geografis “Litoralisasi” di Kawasan Pesisir Selatan Yogyakarta	Forum Geografi, Vol. 23, No. 1, Juli 2009 Hlm. 1 – 10
Ugro Hari Murtiono	Kajian Ketersediaan Air Permukaan pada Beberapa Daerah Aliran Sungai	Forum Geografi, Vol. 23, No. 1, Juli 2009 Hlm. 11 – 24
M. Baiquni	Belajar dari Pasang Surut Peradaban Borobudur dan Konsep Pengembangan Pariwisata Borobudur	Forum Geografi, Vol. 23, No. 1, Juli 2009 Hlm. 25 – 40
Dede Rohmat	Tipikal Kuantitas Infiltrasi menurut Karakteristik Lahan (Kajian Empirik di Das Cimanuk Bagian Hulu)	Forum Geografi, Vol. 23, No. 1, Juli 2009 Hlm. 41 – 56
Setyawan Purnama	Neraca Air Di Pulau Bali	Forum Geografi, Vol. 23, No. 1, Juli 2009 Hlm. 57 - 70
Wahyuni Apri Astuti dan Muhammad Musiyam	Kemiskinan dan Perkembangan Wilayah di Kabupaten Boyolali	Forum Geografi, Vol. 23, No. 1, Juli 2009 Hlm. 71 - 85
Beny harjadi	Terrain Characterization And Soil Erosion Risk Assessment For Watershed Prioritization Using Remote Sensing And GIS A Case Study of Nawagaon Maskara Rao Watershed, Saharanpur, India	Forum Geografi, Vol. 23, No. 1, Juli 2009 Hlm. 86 - 98
Yulian Fauzi, Boko Susilo, dan Zulfia Memi Mayasari	Analisis Kesesuaian Lahan Wilayah Pesisir Kota Bengkulu melalui Perancangan Model Spatial dan Sistem Informasi Geografis (SIG)	Forum Geografi, Vol. 23, No. 2, Desember 2009 Hlm. 104 – 114
Sahid	Penafsiran Luas Bidang Dasar Tegakan <i>Pinus merkusii</i> Menggunakan Foto Udara di Kesatuan Pemangkuan Hutan (Kph) Kedu Perum Perhutani Unit 1 Jawa Tengah	Forum Geografi, Vol. 23, No. 2, Desember 2009 Hlm. 115 – 125
Jumadi dan Sigit Widiadi	Pengembangan Aplikasi Sistem Informasi Geografis (Sig) Berbasis Web Untuk Manajemen Pemanfaatan Air Tanah Menggunakan Php, Java Dan Mysql Spatial (Studi Kasus Di Kabupaten Banyumas)	Forum Geografi, Vol. 23, No. 2, Desember 2009 Hlm. 126 – 141

Beny Harjadi	Monitoring dan Evaluasi Daerah Aliran Sungai dengan Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis	Forum Geografi, Vol. 23, No. 2, Desember 2009 Hlm. 142 – 155
Mutalazimah, Bana Handaga, dan Agus Anggoro Sigit	Aplikasi Sistem Informasi Geografis pada Pemantauan Status Gizi Balita di Dinas Kesehatan Kabupaten Sukoharjo	Forum Geografi, Vol. 23, No. 2, Desember 2009 Hlm. 156 – 170
Saratri Wilonoyudho	Kesenjangan dalam Pembangunan Kewilayahan	Forum Geografi, Vol. 23, No. 2, Desember 2009 Hlm. 171 – 183
Joko Mulyanto dan Surono	Pengaruh Topografi dan Kesarangan Batuan Karbonat Terhadap Warna Tanah pada Jalur Baron–Wonosari Kabupaten Gunungkidul, DIY	Forum Geografi, Vol. 23, No. 2, Desember 2009 Hlm. 184 – 198

FORMULIR BERLANGGANAN

Forum Geografi diterbitkan sebagai media informasi dan forum pembahasan hasil penelitian bidang Geografi.

Periode terbit : Juli dan Desember
Harga langganan : 1 x terbit Rp 25.000
2 x terbit Rp 40.000

FORM PESANAN : Mohon dikirim FORUM GEOGRAFI
Periode : Juli tahun
Desember tahun

Telah ditransfer ke BPD Jateng Cabang Pembantu
UMS No. Rek. 2-059-00354-9 a.n. Priyono

Pemesan :
Alamat :
.....
Telepon/Fax :

Alamat Redaksi:

Fakultas Geografi Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A. Yani Pabelan Kartasura Tromol Pos I Surakarta 57102, Telp (0271) 717417 Psw 151-153,
Fax: (0271) 715448, E-mail: forumgeografi_ums2008@yahoo.com atau
drspriyono@yahoo.com