

## PENGEMBANGAN MODEL KONSERVASI DI KAWASAN PERLINDUNGAN SUMBER AIR

I Wayan Mundra<sup>1</sup>, dan Kustamar<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Teknik Sipil - Teknik Sumber Daya Air, FTSP., ITN Malang,  
email: Wmundra@yahoo.com

<sup>2</sup> Program Studi Teknik Sipil - Teknik Sumber Daya Air, FTSP., ITN Malang,  
email: kustamar@yahoo.co.id

### ABSTRAK

Konservasi lahan dengan tujuan perlindungan kuantitas (debit) sumber air dilakukan dalam kawasan daerah tangkapan hujannya. Zonasi daerah tangkapan hujan dapat diidentifikasi berdasarkan kontur topografinya. Perlindungan terhadap kualitas air harus dilakukan dengan orientasi melindungi air dari zat pencemar. Dalam penelitian ini, zat pencemar yang dimaksud dibatasi tentang bakteri e-coli. Dengan demikian harus dilakukan zonasi untuk menentukan daerah perlindungan khusus (R-1). Di dalam daerah R-1 harus terbebas dari pembuangan kotoran, baik oleh manusia maupun binatang. Dengan demikian, radius R-1 ditentukan berdasarkan jarak minimal yang dapat memberikan waktu tempuh sama dengan umur terlama bakteri E-coli bertahan hidup di alam bebas. Tinjauan harus dilakukan terhadap aliran limpasan permukaan, maupun terhadap aliran bawah tanah (infiltrasi). Mengingat rumitnya proses transformasi air hujan hingga menjadi aliran air pada sumber air, dan kaitannya dengan lama waktu hidup bakteri e-coli maka diperlukan model. Model dikembangkan dengan komponen gerakan air arah vertical, dan gerakan air horizontal yang terdiri dari aliran limpasan permukaan dan aliran air bawah tanah. Aplikasi dari model yang dikembangkan dalam penelitian ini, dilakukan terhadap sumber-sumber air di kawasan Kota Batu, Jawa Timur. Dalam kondisi eksisting, radius R-1 yang dihasilkan lebih dari 200 m, sehingga sulit jika diimplementasikan. Jalan keluar dari masalah tersebut diusulkan dengan merubah kemiringan permukaan lahan, yaitu dengan pembuatan teras.

Kata kunci: Model Konservasi, Kawasan Perlindungan, Sumber Air

## 1. PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Kualitas dan kuantitas ratusan sumber air di Kota Batu, atau daerah hulu Sungai Brantas beberapa tahun terakhir ini cenderung menurun drastis. Pada tahun 2005, ditemukan 53 sumber mata air yang telah mati, sedangkan 58 sumber mata air lainnya mengalami penurunan debit. Pada tahun 2010, Sebanyak 34 dari 37 sumber air yang dikelola PDAM di Kabupaten Malang, Jawa Timur, mengandung bakteri *escherichia coli* (*E-coli*); Suryo [3].

Konservasi sumber air memerlukan biaya yang mahal, sehingga harus direncanakan dengan cermat. Adanya zonasi daerah perlindungan dan identifikasi kekritisitas lahan merupakan salah satu upaya agar lokasi konservasi menjadi semakin fokus.

Zonasi harus dilakukan dengan tinjauan aliran air di atas dan di bawah permukaan. Mengingat rumitnya proses transformasi air hujan hingga menjadi aliran air pada sumber air, dan kaitannya dengan lama waktu hidup bakteri e-coli maka diperlukan model.

### Identifikasi Masalah

Konservasi lahan bertujuan melindungi kuantitas dan kualitas sumber air, dalam kawasan di sekitar sumber air yang secara hidrologis berpengaruh. Zonasi harus dilakukan dengan tinjauan aliran air hujan di atas permukaan lahan dan aliran filtrasi di bawah tanah. Perlindungan terhadap kualitas air harus dilakukan dengan orientasi melindungi air dari zat pencemar, dalam penelitian ini dibatasi tentang bakteri e-coli. Dengan demikian harus dilakukan zonasi untuk menentukan daerah perlindungan khusus (R-1) yang terbebas dari pembuangan kotoran, baik oleh manusia maupun binatang. Dengan demikian, radius R-1 ditentukan berdasarkan jarak minimal yang dapat memberikan waktu tempuh sama dengan umur terlama bakteri E-coli bertahan hidup di alam bebas. Mengingat rumitnya proses transformasi air hujan hingga menjadi aliran air pada sumber air, dan kaitannya dengan lama waktu hidup bakteri e-coli maka diperlukan model. Model zonasi yang dikembangkan dalam penelitian ini dicoba diterapkan dalam rencana konservasi sumber-sumber air di kawasan Kota Batu, Jawa Timur.

### Rumusan Masalah

Permasalahan dalam penelitian dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana model zonasi kawasan perlindungan sumber air?
2. Bagaimana aplikasi model terhadap rencana konservasi sumber air di Kota Batu?

## 2. KAJIAN PUSTAKA

### Konservasi Sumberdaya Air

Konservasi sumberdaya air tidak bisa lepas dari konservasi tanah, sehingga keduanya sering disebut menjadi konservasi tanah dan air. Hal ini mengandung makna, bahwa kegiatan konservasi tanah akan berpengaruh tidak hanya pada perbaikan kondisi lahan tetapi juga pada kondisi sumberdaya airnya.

Pencemaran air dapat berdampak sangat luas terhadap kehidupan manusia, dan pada umumnya dibagi dalam 4 kategori, yaitu (PP 82 thn 2001): dampak terhadap biota air, dampak terhadap kualitas air tanah, dampak terhadap kesehatan, dan dampak terhadap estetika lingkungan.

### Limpasan Permukaan

Curah hujan yang mencapai permukaan tanah maka sebagian akan diadsorpsi tanah, sisanya akan menjadi limpasan permukaan. Arah aliran air limpasan permukaan tergantung kemiringan permukaan lahan, dengan kecepatan yang dipengaruhi oleh kondisi vegetasi yang diwakili oleh koefisien kekasarannya (n).

Kecepatan aliran dihitung dengan konsep aliran 1 dimensi, menggunakan persamaan Manning, sebagai berikut; Kustamar [1]:

$$V = \frac{1}{n} \left( \frac{A}{S} \right)^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \dots \dots \dots \text{(Error! No text of specified style in document..1)}$$

$$A = L \times h \dots \dots \dots \text{(Error! No text of specified style in document..2)}$$

$$P = L \dots \dots \dots \text{(Error! No text of specified style in document..3)}$$

Dengan: n, L, h, S adalah: koefisien kekasaran Manning, ukuran sel, tinggi air limpasan permukaan, dan kemiringan topografi dalam sel.

### Air Tanah

Berdasarkan UU RI Nomor 7 Tahun 2004, Air tanah adalah air yang terdapat dalam lapisan tanah atau batuan di bawah permukaan tanah. Lapisan tanah yang terletak di bawah permukaan air tanah dinamakan daerah jenuh (saturated zone), sedangkan daerah yang tidak jenuh biasanya terletak di atas daerah jenuh sampai ke permukaan tanah.

Jika permukaan air tanah mempunyai gradien, maka air tanah akan bergerak kearah gradien tersebut. Gradien ini disebut gradien hidrolik. Berdasarkan hukum Darcy, kecepatan semu aliran  $v$  adalah sebanding dengan gradien hidrolik I.

$$v = k \cdot I \dots \dots \dots \text{(Error! No text of specified style in document..4.)}$$

Dengan: v, k, dan I adalah kecepatan aliran (m/hari), koefisien permeabilitas, dan gradien hidrolik (m/hari)

## 3. METODE PENELITIAN

### Umum

Penentuan zona daerah perlindungan sumber air didasarkan pada sifat dan karakteristik kawasannya, yang meliputi: jenis dan kondisi batuan, penggunaan dan peruntukkan lahan di daerah resapan, kondisi topografi, dan lain-lain. Luas kawasan konservasi ditentukan dengan mempertimbangkan aspek kecepatan aliran air dan daya tahan hidup

bakteri dalam aliran air. Dalam tinjauan terhadap aliran limpasan permukaan, kecepatan aliran air didapatkan dengan persamaan Manning. Besar nilai koefisien kekasaran Manning ( $n$ ), yang dipengaruhi oleh faktor penggunaan lahan, jenis tanah, curah hujan dan kemiringan lereng.

Dalam tinjauan aliran air di bawah permukaan (air tanah), kecepatan aliran dianalisa berdasarkan hukum Darcy. Dalam analisa tersebut digunakan parameter: koefisien permeabilitas tanah, dan lama waktu Bakteri E-coli dapat bertahan hidup.

### **Jenis Dan Sumber Data**

Dalam penelitian ini, jenis dan sumber data yang digunakan ada dua, yaitu:

- a. Data Primer  
Bersumber dari observasi langsung di lapangan meliputi pengambilan sampel tanah untuk dianalisa sebagai bentuk croscek dari data sekunder. Survey data primer ini bertujuan untuk mengecek dan mengumpulkan semua data-data di lapangan, serta melakukan pemilihan dan klasifikasi data.
- b. Data sekunder  
Data sekunder dalam penelitian ini meliputi: Peta RBI produk Bakosurtanal., Peta jenis tanah, Data lokasi sumber mata air, Data curah hujan 10 tahun terakhir dari BMG serta lokasi masing-masing stasiun curah hujan, Peta kondisi lahan di wilayah Kota Batu.

### **Teknik Pengelolaan Data**

Pengolahan data dalam penelitian ini menggunakan Teknologi Sistem Informasi Geografis meliputi kegiatan:

#### Input Data

Input data atau dalam istilah SIG adalah konstruksi basisdata (*Database Construction*) merupakan konversi data dari format analog ke dalam format digital dan masukan data-data atribut yang diperlukan. Dalam hal ini konstruksi basisdata yang dilakukan adalah sebagai berikut :

- Digitasi peta RBI Kota Batu meliputi data kontur dan penggunaan lahan.
- Digitasi peta jenis tanah.
- Plotting lokasi sumber mata air.
- Transformasi data kontur menjadi data kelerengan.
- Pembuatan sebaran luas daerah pengaruh pada masing-masing stasiun pengamat curah hujan dengan menggunakan Polygon Thiessen dan perhitungan curah hujan untuk menentukan jumlah hujan maksimum tahunan.

#### Editing Data

Proses editing data yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi editing masing-masing data spasial yang sudah melalui proses digitasi dan dilakukan proses pembentukan topologi sebagai bentuk penyempurnaan dari digitasi peta.

#### Klasifikasi Data

Data dari masing-masing peta tematik diklasifikasi dan diberi kode sebagai usaha untuk menyederhanakan data, yaitu dengan memberi tanda angka atau karakter pada masing-masing varian.

#### Penyajian Data

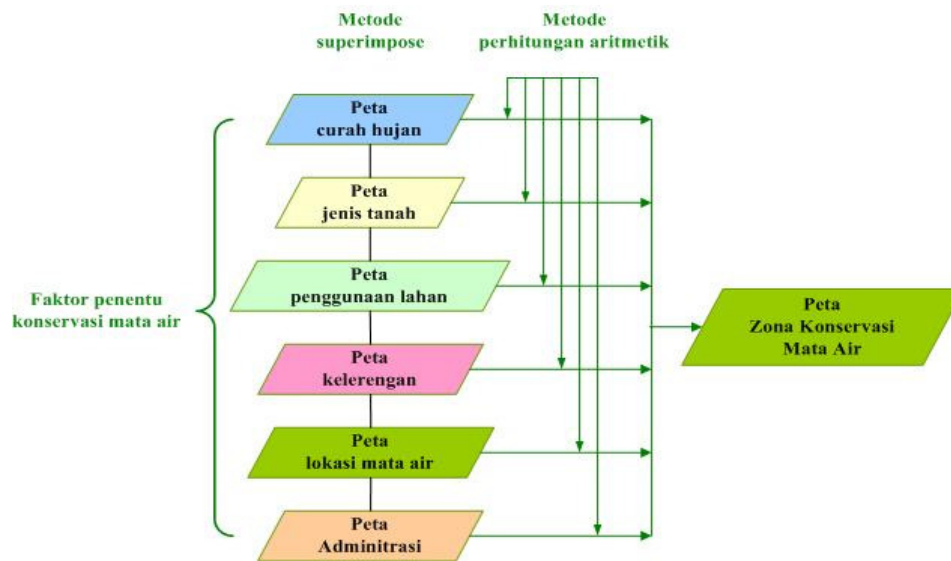
Setiap parameter penentuan zona konservasi mata air yang melalui proses konstruksi basisdata, editing dan klasifikasi serta pemberian kode akan dituangkan menjadi peta tematik, antara lain: peta penggunaan lahan, peta jenis tanah, peta lokasi mata air, peta kemiringan lahan, peta curah hujan.

### **Teknik Analisa Data**

Data dianalisa dengan metode superimpose (tumpang susun). Penentuan zona konservasi mata air didapat dengan melalui proses sebagai berikut:

- Data spasial berupa peta tematik dianalisa dengan metode tumpang susun menggunakan model operasi *boolean* yang diturunkan berdasarkan logical dan keterkaitan parameter.
- Data atribut dianalisa dengan memperhitungkan klasifikasi masing-masing parameter peta tematik menggunakan operasi aritmetik.
- Hasil analisa akan menghasilkan zona konservasi mata air dengan penentuan radius pada masing-masing titik mata air.
- Peta zona konservasi mata air akan di tumpangsusun dengan peta kondisi lahan.

Alur kerja penelitian ini disajikan dalam Gambar 1.



**Gambar 1.** Bagan Alir Analisa Data

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### Metode Zonasi Perlindungan Sumber Air

Secara teknis zonasi perlindungan mata air dilakukan dengan 2 tinjauan yaitu limpasan permukaan dan air tanah. Penentuan luasan zona 1 (dengan tinjauan limpasan permukaan) dalam penelitian ini ditentukan oleh penggunaan lahan, kemiringan lereng, curah hujan dan jenis tanah dalam hubungannya dengan infiltrasi.

Penentuan luasan zona 1 dengan dua tinjauan tersebut diatas juga mempertimbangkan aspek mobilitas dan daya tahan hidup bakteri dalam aliran air tanah dan air permukaan.

Adapun konsep teknis zonasi perlindungan mata air adalah sebagai berikut:

- Zona 1

Daerah ini merupakan daerah yang dilindungi, dan berbagai macam vegetasi dijaga agar tetap terpelihara. Sesedikit mungkin mengalami gangguan dan sedapat mungkin keadaan alamiah dapat dipertahankan. Keadaan asli alamiah diperlukan sebagai acuan ekosistem yang diwakilinya. Fungsi dari vegetasi ini adalah disamping sebagai filter untuk mencegah masuknya zat pencemar juga mengendalikan erosi permukaan.

- Zona 2

Daerah ini dapat dipakai untuk pendidikan dan penelitian yang sifatnya tidak merusak. hanya boleh masuk dengan ijin khusus. Fasilitas yang dibangun haruslah minimal, tidak ada fasilitas untuk kendaraan melainkan hanya jalan kaki dan berkuda. Parameter untuk menentukan luasan zona 2 ini adalah penggunaan lahan, jenis batuan dan geologinya, kondisi topografi dan kemiringan lereng.

### Aplikasi Model Zonasi Dalam Rencana Konservasi Sumber Air di Kota Batu

#### Karakteristik Lokasi Sumber Air

Mudah tidaknya air tercemar dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu kondisi topografi, karakteristik materi yang ada di muka air tanah, dan karakteristik materi dimana air tanah berada. Topografi yang datar dan material yang porus memudahkan air tanah tercemar daripada topografi yang terjal dan material kedap. Material aquifer yang porus memungkinkan polutan bergerak lebih jauh.

Perubahan fungsi lahan dari hutan menjadi pemukiman menyebabkan berkurangnya daerah resapan air dan meningkatkan aliran permukaan. Terlalu dekatnya lokasi sumber air dengan kawasan permukiman penduduk juga berpengaruh terhadap kualitas air sebagai dampak dari kegiatan masyarakat dalam hal ini adalah tercemarnya sumber mata air oleh bakteri *E-coli*.

Sifat-sifat tanah yang paling dominan berpengaruh pada terjadinya air limpasan/banjir adalah sifat fisik tanah berupa kemampuan infiltrasi yang sangat ditentukan oleh porositas dan permeabilitas tanah di sepanjang profil. Ketebalan

profil tanah yang mampu mengalirkan air hingga ke batas yang kedap air atau ke permukaan air tanah (*ground water level*) sangat menentukan besar kecilnya air limpasan. Semakin tebal solum tanah yang mampu dilewati air dengan baik akan memperbesar volume air hujan yang dapat diserap dan disimpan di dalam tanah sehingga mengurangi volume air yang akan berubah menjadi air limpasan.

Kondisi Topografi atau kemiringan permukaan tanah/lahan daerah pengaliran mempunyai pengaruh terhadap besarnya limpasan permukaan. Bentuk dan kemiringan lereng suatu wilayah sangat menentukan lama waktu mengalirnya air hujan melalui permukaan tanah menuju sungai.

### Kondisi Lahan

Data dan peta kondisi lahan, yang dianalisa berdasarkan faktor penggunaan lahan, jenis tanah, kemiringan lereng, dan curah hujan berguna untuk membantu menetapkan jenis dan metode konservasi yang tepat untuk pengelolaan lahan.

Lahan sangat kritis merupakan kondisi lahan dimana faktor-faktor diatas tidak memiliki daya dukung terhadap lingkungan. Perubahan fungsi lahan dari hutan menjadi permukiman menyebabkan nilai koefisien pengaliran bertambah besar. Kemiringan lereng yang curam dan jenis tanah dengan permeabilitas rendah menyebabkan proses infiltrasi hujan menurun dan meningkatkan aliran permukaan.

Berdasarkan hasil analisa diketahui lebih dari 50% lokasi mata air berada pada lahan dengan kondisi kritis dan sangat kritis, yang mana kondisi lahan ini sangat berpengaruh terhadap kuantitas air mengingat daerah terbuka sebagai akibat dari penggundulan hutan untuk kebutuhan perkebunan dan tegalan tanpa memperhatikan kaidah konservasi dapat mempercepat laju aliran air permukaan.

Lokasi mata air yang berada di lokasi lahan kritis juga dapat menyebabkan air hujan yang jatuh ke permukaan tanah dan mengandung bahan pencemar tidak bisa dicuci dan disaring secara alamiah oleh vegetasi alam.

Persentase lokasi mata air terhadap kondisi lahan disajikan pada Tabel 1, sedangkan sebaran lokasi mata air dengan tinjauan kondisi lahan disajikan pada Gambar 2.

Tabel 1. Persentase Lokasi Mata Air terhadap Kondisi Lahan

No.	Kondisi lahan	Jumlah Sumber Air	%
1	Baik	4	3.70
2	Normal	32	29.63
3	Kritis	57	52.78
4	Sangat kritis	15	13.89
Jumlah		108	100.00

Sumber: hasil analisa

### Zonasi Kawasan Perlindungan

Berbagai alternatif penentuan radius telah dipublikasikan. Dalam penelitian ini radius zona mata air ditentukan berdasarkan lama hidup bakteri E-coli dalam air tanah yaitu selama 60 jam. Berdasarkan hasil analisa penentuan radius zona 1 dengan tinjauan air tanah disajikan pada Tabel 1, sedangkan zonasi perlindungan mata air dengan tinjauan air tanah disajikan pada Gambar 1.

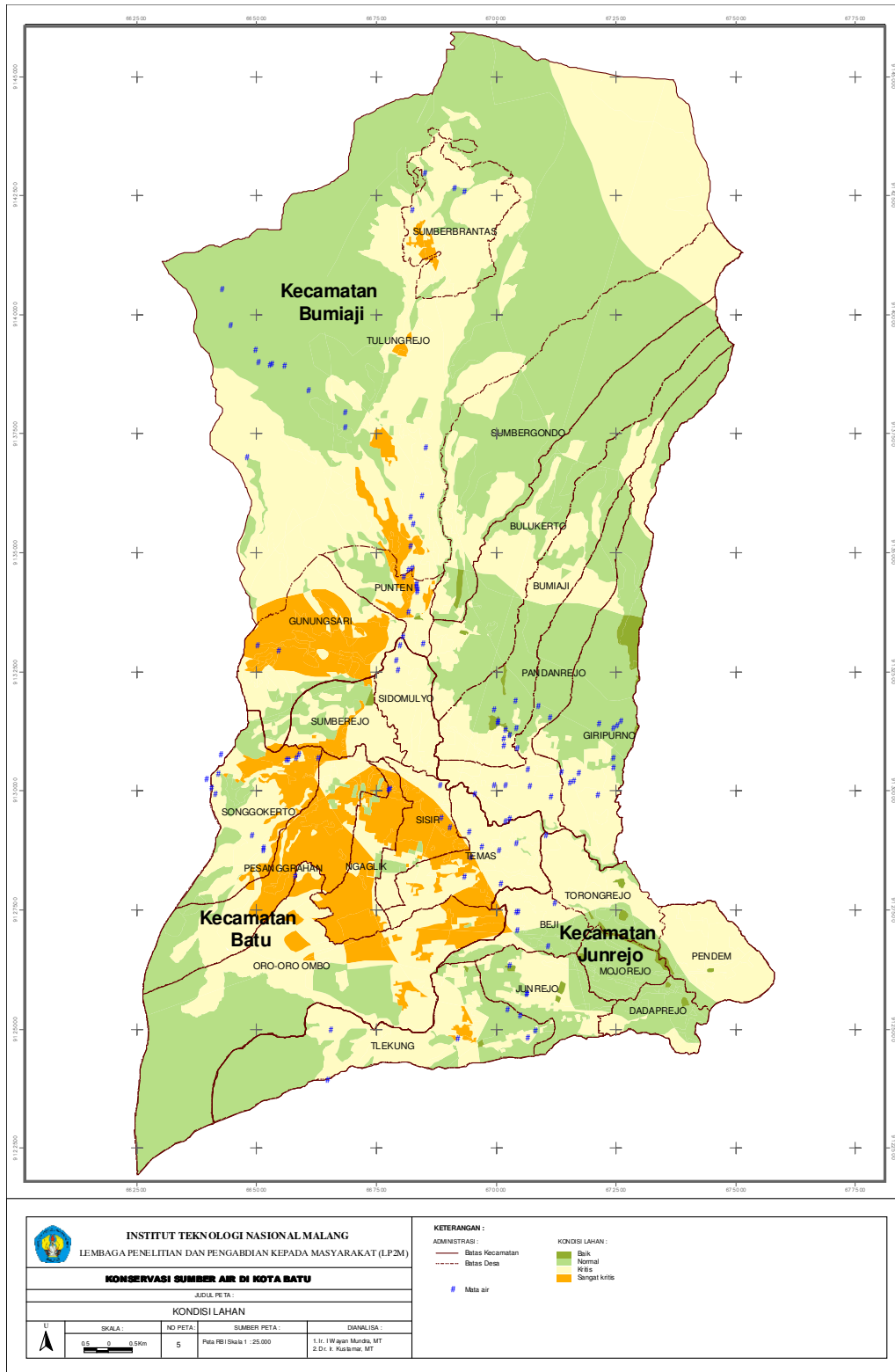
Tabel 2. Radius Zona Perlindungan Mata Air dengan Tinjauan Air Tanah

No.	Radius zona 1 (m)	Jumlah mata air
1	0.750	28
2	2.490	68
3	5.700	12
Jumlah		108

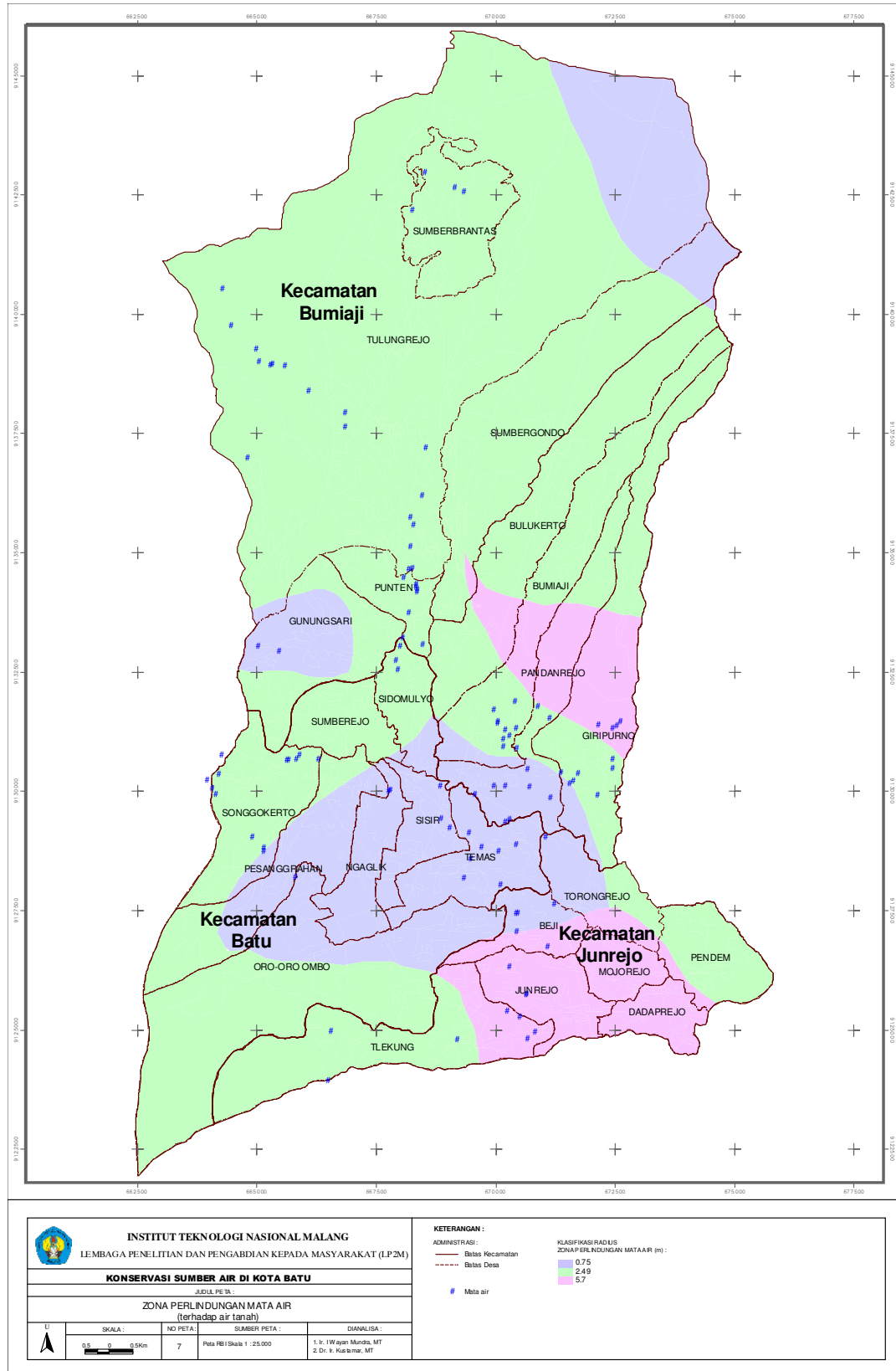
Sumber: hasil analisa

Berdasarkan hasil analisa penentuan luasan zona 1 dengan tinjauan air permukaan, didapatkan nilai radius yang terlalu tinggi, hal ini disebabkan karena kemiringan lereng yang curam, sehingga menambah tinggi nilai kecepatan air permukaan. Faktor tersebut akan menyulitkan dalam implementasi di lapangan. Untuk menyiasatinya diperlukan rekayasa teknologi dalam pengelolaan lahan yaitu dengan cara pembuatan teras.

Penentuan jenis teras ini sangat dipengaruhi oleh faktor vegetasi, kelerengan dan permeabilitas tanah. pemilihan jenis teras. Pembagian jenis teras untuk pengelolaan lahan disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Sebaran Lokasi Mata Air dengan Tinjauan Kondisi Lahan



Gambar 3. Zonasi Perlindungan Mata Air dengan Tinjauan Air Tanah

## 5. PENUTUP

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa dan pembahasan, dapat disimpulkan antara lain:

1. Zona perlindungan mata air dilakukan dengan 2 tinjauan yaitu limpasan permukaan dan air tanah, tetapi yang menentukan adalah zona perlindungan mata air dengan tinjauan air permukaan.
2. Berdasarkan hasil analisa penentuan radius zona 1 dengan tinjauan limpasan permukaan, didapatkan nilai yang terlalu tinggi sehingga akan menyulitkan dalam implementasi di lapangan. Untuk menyiasatinya diperlukan rekayasa teknologi dalam pengelolaan lahan yaitu dengan cara pembuatan teras.

### Saran

Berdasarkan hasil analisa dan pembahasan dapat direkomendasikan hal-hal sebagai berikut:

1. Akurasi zona perlindungan mata air dapat ditingkatkan dengan menambah parameter penentu dan pembatas dalam hal analisa. Sedangkan untuk pengukuran kualitas air dilakukan secara langsung di lapangan dan data dianalisa dengan peta topografi yang lebih detail.
2. Konservasi sumber daya air menyangkut fakta bahwa setiap wilayah mempunyai tingkat permasalahan yang berbeda tergantung potensi yang ada, sehingga pilihan pengelolaannya juga berbeda.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdi Purnomo.2009. Sumber Air di Kota Batu Makin Kritis. *TEMPO Interaktif*, (Online), 19 Mei 2009, (<http://www.tempointeraktif.com>, diakses 28 Februari 2010).
- Amril Amarullah. 2010. Sampah Ancam Kualitas Air di Jatim. *SURABAYA POST*, (online), 14 Januari 2010, (<http://www.surabayapost.co.id>, diakses 28 Februari 2010).
- Arry Anggadha. 2009. Banyak Sumber Air di Kota Batu Rusak. *SURABAYA POST*, (online), 23 November 2009, (<http://www.surabayapost.co.id>, diakses 28 Februari 2010).
- Bagus Suryo.2010. Mengandung Bakteri, Air Baku PDAM Malang tidak Layak Konsumsi. *Media Indonesia*, (Online), 21 Januari 2010, (<http://www.MediaIndonesia.com>, diakses 28 Februari 2010).
- Kustamar, Sari Sai, S. Penanganan Banjir Bandang di Kota Larantuka, Nusa Tenggara Timur. *Buletin Keairan PULITBANG PU Bandung*. Vol.1 No.1, pp. 11-20. Juny 2008.
- Kustamar. 2008. *Konsep, Strategi, dan Contoh Pemodelan Hidrologi Daerah Aliran Sungai*. Malang: UM Press.
- Kustamar. 2009. *Rencana Konservasi Lahan Kota Batu*. Karya Desain. Tidak diterbitkan.  
Kustamar, Yulianti, E. ITN-1 Model Hidrologi DAS ITN-1, *Jurnal Pusair*, PULITBANG PU Bandung. Vol.5 No.9, pp. 1-15. November 2009.
- Kustamar, Suharto,B., Sumarno, Budikusuma, W.; Pengembangan Model Simulasi Penggunaan Lahan Untuk Mengendalikan Fluktuasi Debit Sungai. *Jurnal Rekayasa*. Fakultas Teknik, Universitas Jember. 6 (1), pp. 1-15. 2009
- Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang *Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air*. Tidak diterbitkan.
- Pramudya Sunu. 2001. *Melindungi Lingkungan dengan Menerapkan ISO 14001*. Jakarta: Gramedia Widiasarana Indonesia.
- Robert J. Kodoatie dan Roestam Sjarief.2008. *Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu*. Edisi Revisi. Yogyakarta: Andi Offset.
- Soemarto CD. 1986. *Hidrologi Teknik*. Surabaya: Usaha Nasional.
- Suyono Sosrodarsono. Kensaku Takeda, 1993. *Hidrologi Untuk Pengairan*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2009 tentang *Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup*. Tidak diterbitkan
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang. Tidak diterbitkan
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 7 tahun 2004 tentang Sumberdaya Air. Tidak diterbitkan
- Valentinus Darsono. 1995. *Pengantar Ilmu Lingkunga*. Yogyakarta: Universitas Atma Jaya.