

Zonasi Kerentanan Kekeringan dan Rekomendasi Perlindungan Daerah Imbuhan dan Mataair Lotong lotong, Kabupaten Bulukumba, Sulawesi Selatan

Herwin Lukito

Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta

Corresponding author: herwin.lukito@upnyk.ac.id

ABSTRACT

Drought is a problem that is vulnerable to occur in Indonesia, and is always associated with decreasing quality (degradation) of the environment / characteristics or conditions of an area. The Lotong-lotong area, Bulukumba is an area on a mountainside and has high draught potential, and also the low quality of the ground and surface water. The occurrence of drought in the Lotong-lotong area, Bulukumba is basically controlled by geophysical-chemical components such as landforms, soil, and rocks and is triggered by components such as land use. The purpose of this study is to give recomendation and further action for each vulnerable zones, determining the zone affected by drought and recommendations for its management later based on various environmental analysis. The problem of drought in Lotong-lotong, Bulukumba, if not handled properly will affect the lives of many people. The method used in the effort to deal with drought in Lotong-lotong, Bulukumba uses various field data, especially geophysical data. The data taken is then plotted and analyzed using a GIS overlay. Geophysical mapping carried out in the affected area aims to determine the geophysical factors that cause drought. The results of the mapping show that drought in the affected area involved several factors, namely rock and weathering results, soil texture, steep slope and quite thick and deep vadose zone thickness. In terms of design, geophysical information from the field mapping results will be used to design the location and design of water reservoirs to overcome drought in the affected area in Lotong-lotong, Bulukumba, and also to gain detailed information about pollutant source that affected quantity and quality.

Keywords: *Drought, lithology, soil, slope, ground water carrier zone.*

ABSTRAK

Kekeringan adalah suatu permasalahan yang rentan terjadi di Indonesia, dan selalu dikaitkan dengan terjadinya penurunan kualitas (degradasi) lingkungan / karakteristik ataupun kondisi suatu daerah. Daerah Lotong-lotong, Bulukumba merupakan daerah yang berada di lereng gunung dan memiliki potensi terjadinya bencana kekeringan dan juga kualitasnya yang tidak standar. Terjadinya kekeringan di daerah Lotong-lotong, Bulukumba pada dasarnya dikontrol oleh komponen-komponen geofisik-kimia seperti bentuk lahan, tanah, dan batuan dan dipicu oleh komponen-komponen seperti penggunaan lahan. Tujuan dari penelitian ini adalah memberikan rekomendasi dan tindak lanjut perlindungan untuk tiap zona kelas kerentanan daerah imbuhan dan mataair Lotong-lotong yang diperoleh dari proses analisis rona lingkungan daerah penelitian, potensi (kuantitas dan kualitas) mataair Lotong Lotong, dan menganalisis tingkat pencemaran Mata Air Lotong Lotong. Metode yang digunakan dalam upaya penanggulangan kekeringan di Lotong-lotong, Bulukumba menggunakan berbagai data lapangan terutama data-data geofisik. Data-data yang diambil kemudian diplot dan dianalisis menggunakan *overlay* GIS. Pemetaan geofisik yang dilakukan di daerah terdampak bertujuan untuk mengetahui faktor-faktor geofisik penyebab-penyebab kekeringan. Hasil pemetaan memperlihatkan bahwa kekeringan di daerah terdampak melibatkan beberapa faktor yakni batuan dan hasil pelapukannya, tekstur tanah, kemiringan lereng yang cukup curam dan ketebalan zona vadose (*aeration*) yang cukup tebal dan dalam. Dari segi perancangan, informasi-informasi geofisik hasil pemetaan lapangan ini akan digunakan untuk merancang lokasi dan desain penampungan air untuk mengatasi kekeringan di daerah terdampak di Lotong-lotong, Bulukumba, serta menggali informasi mengenai sumber pencemar yang sekiranya akan mempengaruhi jumlah (kuantitas dan kualitas) air yang ada.

Kata kunci: Kekeringan, litologi, tanah, kemiringan lereng, zona pembawa air tanah.

1. PENDAHULUAN

Pemerintah Indonesia melalui kementerian Pekerjaan Umum memiliki program dalam mengupayakan penyediaan air bersih/ minum bagi masyarakat Indonesia. Program tersebut menargetkan penyediaan akses air minum yang aman, tidak adanya kawasan permukiman kumuh, dan akses sanitasi yang layak. Capaian layanan air minum pada tahun 2017 adalah sekitar 72% (Subdit. Stat. Rumah Tangga, 2017). Terdapat kurang lebih sebanyak 28% masyarakat yang belum mendapatkan layanan air minum baik yang menggunakan sistem perpipaan maupun non perpipaan. Berkaitan dengan kepentingan tersebut, telah dilakukan berbagai upaya dan langkah strategis yang dijalankan oleh berbagai pihak seperti Kementerian PUPR, Bappenas, dan Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) di tingkat Provinsi dan Kota/Kabupaten.

Secara umum, PDAM sebagai institusi pelaksana pelayanan air bersih/air minum telah menguasai secara baik teknis pengolahan, distribusi dan manajemen pelayanan air bersih/minum tersebut. Saat ini, PDAM dihadapkan pada permasalahan yang cukup sulit yaitu berupa terjadinya penurunan kuantitas dan potensi penurunan kualitas air baku PDAM. Kondisi tersebut diperkirakan semakin hari semakin memburuk sebagai akibat dari faktor alam, aktifitas manusia, dan perubahan iklim global. Pada dasarnya, terjadinya penurunan kuantitas dan kualitas air akan dapat mengakibatkan kelangkaan air bersih yang dapat menyebabkan tidak tercapainya target 100-0-100 Pemerintah Indonesia. Salah satu upaya yang harus dilakukan oleh Pemerintah dan juga masyarakat untuk tetap mempertahankan kuantitas dan kualitas air baku yang digunakan oleh PDAM adalah dengan melakukan konservasi sumber daya air yang digunakan sebagai air baku PDAM ini.

Mata Air Lotong Lotong adalah sumber air baku PDAM Bulukumba yang akan menjadi salah satu objek kajian dalam penelitian ini. Secara administratif, Mata Air Lotong Lotong ini terletak di Desa Lotong Lotong, Kec. Botobahari, Kabupaten Bulukumba, Sulawesi Selatan. Daerah imbuhan (*catchment area*) terletak di Desa Benjala, Kecamatan Bonto Bahari, Kabupaten Bulukumba, Propinsi Sulawesi Selatan, yang terletak pada koordinat 5° 29' 40" S dan 120° 20' 14" E, dengan luasan daerah imbuhan yang luasnya mencapai 33.722.416,67 m² atau 3.372,24 Ha.

Mempertahankan potensi (kuantitas dan kualitas) mata air sangat penting untuk menjamin keberlangsungan penyediaan air baku oleh PDAM untuk masyarakat. Penelitian ini bermaksud untuk memberikan rekomendasi dan tindak lanjut perlindungan untuk tiap zona kelas kerentanan daerah imbuhan dan mataair Lotong-lotong yang diperoleh dari proses analisis rona lingkungan daerah penelitian, potensi (kuantitas dan kualitas) Mata Air Lotong-lotong, dan tingkat pencemaran Mata Air Lotong-lotong.

2. METODE

Penelitian yang dilakukan melibatkan pekerjaan survei dan pemetaan. Pengertian survei adalah suatu kegiatan uji/riset kenampakan dan informasi di lapangan secara deskriptif, berdasarkan pemeriksaan dan pengukuran (Komaruddin, 2000). Sementara itu, pemetaan adalah kegiatan pendataan unsur-unsur karakteristik lingkungan di lapangan ke dalam suatu matra 2 dimensi dalam bentuk titik, garis, dan luasan. Peta dasar yang digunakan dalam penelitian ini

adalah peta topografi skala 1:50.000 (Sungkowo, 2014). Disamping penelitian survei dan pemetaan, juga dilakukan uji laboratorium.

2.1. Alat dan Bahan

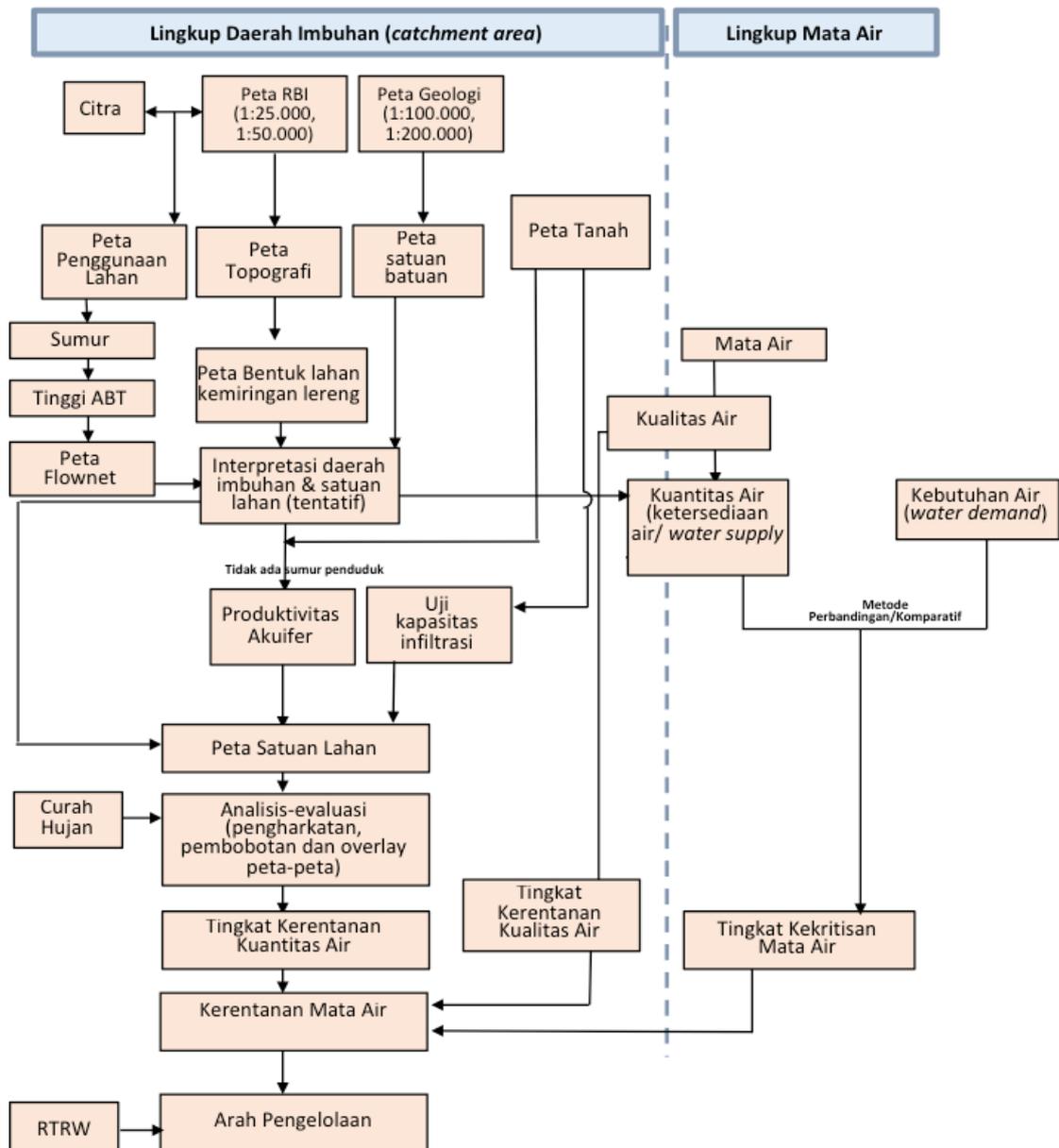
Bahan dan alat utama yang digunakan dalam penelitian ini serta masing-masing kegunaannya, dirangkum pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Bahan dan Alat Penelitian

| No. | Peruntukan | Bahan dan Alat | Kegunaan |
|------------------------------|---|--|--|
| 1. | Bahan studio dan lapangan | Citra penginderaan jauh | Interpretasi bentuk lahan dan penggunaan lahan. |
| | | Rupa Bumi digital Skala 1 : 50.000. tahun 2001., | Interpretasi bentuklahan, penggunaan lahan, dan peta topografi sebagai peta dasar kerja. |
| | | HCL | Mengidentifikasi kandungan karbonat material penyusun batuan atau tanah. |
| | | Peta tanah | Mengetahui jenis tanah |
| | | Peta geologi | Mengetahui sebaran batuan dan struktur geologi daerah penelitian |
| | | Peta hidrogeologi | Mengetahui cekungan air tanah (CAT) |
| | | 2. | Alat lapangan |
| Kompas geologi | Mengetahui arah, kedudukan, kemiringan obyek penelitian. | | |
| Palu geologi | Sampling batuan dan pembanding ukuran pada foto. | | |
| GPS (Global Position Sistem) | Mengetahui koordinat dan elevasi lapangan. | | |
| Pita ukur | Mengukur panjang/jarak dan tinggi morfometri serta kedalaman airtanah. | | |
| Mesin pompa airtanah | Untuk uji pemompaan (<i>pumping-test</i>) mendukung data konduktivitas hidrolika. | | |
| Kamera | Mempotret obyek lapangan | | |
| 3. | Alat Laboratorium | pH meter | Mengetahui pH air |
| | | Termometer air | Mengetahui suhu air |
| | | DO meter | Mengetahui oksigen terlarut dalam air |
| | | turbidimeter | Mengetahui kekeruhan air |
| | | Oven/autoklaf | Mensterilisasi wadah penyimpanan sampel |
| | | Api bunsen | Sterilisasi kran/alat di lapangan |
| | | Aquades/air suling | Menghilangkan polutan pencemar pada wadah penyimpanan |
| 4. | Alat studio | Ice box dan blue ice pack | Wadah penyimpanan sampel air |
| | | Seperangkat komputer dan cetak | Penyusunan karya tulis ilmiah hasil penelitian. |

2.2. Tahap Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa urutan (**Gambar 1**).



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

A. Tahap Persiapan

Tahap persiapan dilakukan untuk mempersiapkan hal-hal dasar dalam penelitian dan data-data sekunder sebagai penunjang sebelum dilakukannya penelitian.

1. Studi literatur

Studi literatur (*literature review*) bertujuan untuk mendapatkan informasi dasar terkait dengan penelitian yang akan dilakukan yang memperkuat asumsi dasar penelitian. Studi literatur

meliputi penelusuran literatur-literatur, jurnal ilmiah, penelitian terdahulu, dan peta-peta tematik yang telah ada.

2. Administrasi

Administrasi tertuju untuk instansi-instansi terkait guna pengantar perijinan dan mendapatkan data-data penunjang penelitian yang berada di daerah penelitian.

3. Pengumpulan data sekunder

Data sekunder digunakan untuk memperoleh informasi awal analisis permasalahan dalam penelitian, serta beberapa data sekunder tersebut dapat dioverlay untuk dibuat peta satuan lahan (tentatif) dan membantu menentukan titik sampling di lapangan. Data sekunder yang dibutuhkan dalam penelitian ini sesuai **Tabel 2**.

Tabel 2. Data sekunder yang digunakan

| No | Parameter | Sumber Data Sekunder |
|-----|-----------------------------|---|
| 1. | Curah Hujan | BMKG Kabupaten Bulukumba |
| 2. | Bentuk Lahan | Peta RBI - Bakosurtanal |
| 3. | Kemiringan Lereng | |
| 4. | Jenis tanah | Peta Tanah Tinjau - Lembaga Penelitian Tanah, tahun 1966. |
| 5. | Batuan dan Struktur Geologi | Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi (Lembar Ujungpandang, Bentaeng, dan Sinjai. Tahun 1982) |
| 6. | Informasi Bencana | BNPB- Kab. Bulukumba, 2019. |
| 7. | Debit Air | PDAM Kab. Bulukumba. |
| 8. | Penggunaan Air | PDAM Kab. Bulukumba. |
| 9. | Demografi dan Monografi | Kantor Kecamatan Bontobahari. |
| 10. | Penggunaan Lahan | Peta RBI dan Citra <i>Quickbird</i> (<i>Google Earth</i>) |
| 11. | RTRW | Bappeda Kab. Bulukumba. |

2. Tahap Pendataan dan Survei Lapangan

Data utama yang digunakan dalam tahap kerja lapangan bisa dilihat pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Data utama yang digunakan

| No | Parameter | Sumber Data/Validitas Data |
|----|---------------------------------|---|
| 1. | Jenis tanah dan ketebalan tanah | <i>Croscheck</i> jenis tanah dan ketebalan tanah di lapangan |
| 2. | Satuan Batuan | <i>Croscheck</i> satuan batuan di lapangan |
| 3. | Kapasitas Infiltrasi | Pengukuran Kapasitas Infiltrasi |
| 4. | Kedalaman Sumur | Pengukuran Kedalaman Sumur |
| 5. | <i>Pumping Test</i> | Pengukuran <i>pumping test</i> di lapangan |
| 6. | Kualitas air | Pengukuran sifat fisik di lapangan dan sampling air untuk uji laboratorium. |
| 7. | Debit Mata air | Pengukuran debit Mata air |

A. Cross check Jenis dan Ketebalan Tanah

Jenis tanah diarea penelitian diketahui dengan cara *Cross check* dari data sekunder dan pemetaan di lapangan, dan determinasi jenis tanah.

B. Cross check Satuan Batuan dan Struktur Geologi

Pemetaan satuan batuan dan struktur geologi di daerah penelitian dilakukan berdasar pada data sekunder peta Geologi Regional skala 1:100.000. Pemetaan satuan batuan bertujuan untuk mengetahui karakteristik batuan penyusun daerah penelitian yang berfungsi sebagai akuifer.

C. Pengukuran Kapasitas Infiltrasi

Pengukuran laju infiltrasi sesuai kaidah Badan Standardisasi Nasional (2012) dan nilai infiltrasi diketahui dengan menggunakan persamaan Horton pada **Persamaan (1)**.

$$f = f_c + (f_0 - f_c) \cdot e^{-kt} \dots\dots\dots(1)$$

- Keterangan:
- f = Laju infiltrasi (cm/menit)
 - f₀ = laju infiltrasi awal (cm/menit)
 - f_c = laju infiltrasi konstan (cm/menit)
 - k = konstanta
 - t = waktu (menit)

D. Pengukuran Debit Mata Air

Pengukuran debit mata air dilakukan dengan metode volumetrik sesuai kaidah Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia (2007). Nilai debit mataair dapat dihitung lewat pengukuran beda tinggi muka air dalam penampang yang membentuk luasan tertentu yang dapat dilihat pada **Persamaan (2)**.

$$Q = \frac{H \times A}{t} \text{ (L/detik) } \dots\dots\dots(2)$$

- Keterangan :
- Q = debit mata air (L/detik)
 - H = Perubahan tinggi muka air (m)
 - A = luas penampang / bak penampang (m²)
 - T = waktu (detik)

Pada mata air yang hanya berupa rembesan dari tanah dan/atau batuan belum dibuat bak penampung, dilakukan pengukuran dengan pelampung yang dapat bergerak mengikuti arus air, selanjutnya dihitung waktu yang diperlukan pelampung melewati dua titik searah dengan arah alirannya dengan **Persamaan (3)**.

$$Q = A \times V \dots\dots\dots(3)$$

- Keterangan :**
- Q = debit mata air (m³/detik)
 - A = luas penampang basah (m²)

V = rerata kecepatan aliran (m/detik)

E. Pengukuran *Pumping test*

Pumping test dilakukan melalui uji pompa, yaitu mengukur jari-jari sumur, kedalaman dasar sumur, mencatat waktu, mengukur muka air tanah awal pada saat sebelum dipompa. Setelah kegiatan-kegiatan tersebut di atas, dilakukan pemompaan dan diperoleh data berupa penurunan tinggi muka air tanah (*drawdown*). Setelah pemompaan dihentikan terjadi kenaikan ketinggian muka air bawah tanah (*residual drawdown*), kenaikan tersebut dihitung waktu pergerakan hingga muka air tanah kembali ke posisi semula.

F. Pengukuran Kualitas Air di Lapangan

Pengambilan sampel air dilakukan pada mata air dan air bawah tanah pada sumur di area imbuhan. Sebelum dilakukan pengambilan air, terlebih dahulu dilakukan pengukuran sifat fisik air meliputi: suhu, pH, DO, kekeruhan, Daya Hantar Listrik (DHL), dan TDS secara langsung di lapangan. Pengambilan sampel air disesuaikan dengan kaidah Badan Standardisasi Nasional (1991). Teknik pengambilan sampel dilakukan secara *purposive sampling*. Sampel air kemudian disimpan dan diujikan untuk mengetahui kualitas air berdasarkan Menteri Kesehatan Republik Indonesia (2017).

3. Tahap Analisis Data

A. Analisis Curah Hujan

Analisis curah hujan yang ideal dan akurat menggunakan data curah hujan dalam jangka waktu 30 tahun cuaca. Hasil proses analisis curah hujan menurut Mohr (1933) dalam Lakitan (1997) menghasilkan 3 kategori musim yakni musim penghujan, musim transisi dan musim kemarau/kering (Mohr, 1933 dalam Indayanti, 2009):

- Kategori Bulan Basah \approx (dianalogikan) musim penghujan = curah hujan > 100 mm/bulan.
- Kategori Bulan Lembab \approx musim transisi = curah hujan $60 - 100$ mm/bulan.
- Kategori Bulan Kering \approx musim kemarau = curah hujan < 60 mm/bulan.

B. Analisis Hidrogeologi

Analisis Kapasitas Infiltrasi

Kapasitas infiltrasi (*Infiltration capacity*) ditentukan berdasarkan Persamaan Horton pada **Persamaan (1)**. Penilaian tingkat harkat kisaran infiltrasi, berdasarkan hasil pengukuran pada satuan lahan eksisting, dirangkum pada **Tabel 4** menurut Todd dan Mays (2005).

Tabel 4. Tingkatan Harkat Kisaran Kapasitas Infiltrasi

| Harkat | Kapasitas Infiltrasi (cm/jam) | Kategori |
|--------|-------------------------------|---------------|
| 5 | 0.01 - 2.41 | Sangat Lambat |
| 4 | 2.42 - 4.82 | Lambat |
| 3 | 4.83 - 7.23 | Sedang |
| 2 | 7.24 - 9.64 | Cepat |
| 1 | 9.65 - 12 | Sangat Cepat |

C. Analisis Kualitas Air Hasil Laboratorium

Analisis kualitas air dilaksanakan berdasarkan Menteri Kesehatan Republik Indonesia (2017) tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan Dan Persyaratan Kesehatan Air Untuk

Keperluan Higiene Sanitasi. Penentuan status mutu air menggunakan metode indeks pencemaran berdasarkan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia (2003), dengan menggunakan **Persamaan (4)** berikut.

$$P_{Lj} = \sqrt{\frac{(C_i/L_{ij})^2_M (C \cdot 1/L_{ij})^2_R}{2}} \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan:

- PIj = indeks pencemaran untuk peruntukan j,
- Ci = konsentrasi parameter kualitas air i,
- Lij = konsentrasi parameter kualitas air i yang tercantum dalam baku peruntukan air j,
- M = nilai maksimum,
- R = nilai rerata.

Indeks kualitas air IP diketahui dari nilai maksimum dan nilai rerata perbandingan konsentrasi masing-masing paramater terhadap nilai baku mutunya. Kelas Indeks Pencemaran yang dipakai sejumlah 5 kelas, dan dirangkum pada **Tabel 5**.

Tabel 5. Tingkat Harkat Kelas Indeks Pencemaran

| Harkat | Indeks Pencemaran | Kategori |
|--------|----------------------|--------------|
| 5 | $0 \leq PIj < 2,5$ | Sangat baik |
| 4 | $2,5 \leq PIj < 5,0$ | Baik |
| 3 | $5,0 \leq PIj < 7,5$ | Cemar ringan |
| 2 | $7,5 \leq PIj < 10$ | Cemar sedang |
| 1 | $PIj \geq 10$ | Cemar berat |

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis dari penampalan (*overlay*) parameter kualitas air, kepadatan penduduk, penggunaan lahan, kimia batuan, curah hujan, kapasitas infiltrasi dan transmisifitas (produktifitas akuifer) akan menjadi dasar dari proses pembobotan dan pembuatan harkat untuk masing-masing luasan zona-zona tampalan dari parameter-parameter tersebut. Setiap parameter tersebut dijadikan dasar pengharkatan dan dari harkat tersebut kemudian dilakukan penghitungan hubungan antar parameter (**Tabel 6** dan **Tabel 7**), yang kemudian dilakukan pembobotan menggunakan metode AHP (Saaty, 1993) yang bisa dilihat pada **Tabel 8**.

Proses pembobotan di menghasilkan matriks penjumlahan kriteria. Proses selanjutnya adalah menghitung rasio konsistensi matriks, yang merupakan hasil pembagian Indeks Konsistensi (CI) dengan Indeks Konsistensi Random (ICR atau IR). Adapun nilai IR ditentukan adalah 1,12 karena menggunakan 5 parameter, menggunakan kaidah dari Saaty (1993).

Jumlah kriteria = 5
 Lamda (λ) maks = 5.068323222
 CI = (λ maks - n)/n = 0.017080806

$$IR = 1.12$$

$$CR = CI/IR = 0.012940004$$

* Karena CR sama dengan 0,01294, maka rasio konsistensi dari perhitungan dapat diterima karena kurang dari 0.1

Tabel 6. Rangkuman Hubungan Harkat pada Tiap Parameter dan Luasannya.

| Harkat | Transmisivitas (m ² /hari) | Luas (ha) | Curah Hujan (mm/Tahun) | Luas (ha) | Kemiringan lereng | Luas (ha) | Jenis Penggunaan Lahan | Luas (ha) | Kapasitas Infiltrasi (cm/jam) | Luas (Ha) |
|--------|---------------------------------------|-----------|------------------------|-----------|-------------------|-----------|--------------------------------------|-----------|-------------------------------|-----------|
| 5 | 1 - 50 | 96,6 | > 3000 | 6533,3 | 0 - 5 % | 7.614,4 | Hutan, Danau/situ | 1.646,3 | 0.01 - 2.41 | 13.873,3 |
| 4 | 50 - 300 | 7.354,4 | 2000 - 3000 | 6267,4 | 5 - 20 % | 18.061,8 | Perkebunan, Semak | 13.256, | 2.42 - 4.82 | 10.176,6 |
| 3 | 300 - 1000 | 7.970,8 | 1000 - 2000 | 11.971,5 | 20 - 40 % | 5.972,3 | Tambak/rawa | 3,5,1 | 4.83 - 7.23 | 3.412,4 |
| 2 | 1000 - 10000 | 11,2 | 500 - 1000 | 9.179,6 | 40 - 60 % | 1.547,7 | Sawah, Tegalan /ladang, Tanah kosong | 16,017,8 | 7.24 - 9.64 | 6.489,5 |
| 1 | >10000 | 7.298,5 | < 500 | 0 | > 60 % | 755,5 | Permukiman, gedung/ bangunan | 275,9 | 9.65 - 12 | 0 |

Tabel 7. Perbandingan berpasangan (*pairwise comparison*) terhadap parameter terhadap kerentanan kuantitas

| Parameter | Transmisifitas | Curah Hujan | Kmrg. Lereng | P. Lahan | Kap.infiltrasi |
|----------------------|----------------|---------------|---------------|-------------|----------------|
| Transmisifitas | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Curah Hujan | 0.5 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Kemiringan Lereng | 0.3333 | 0.5 | 1 | 2 | 3 |
| Penggunaan lahan | 0.25 | 0.3333 | 0.5 | 1 | 2 |
| Kapasitas infiltrasi | 0.2 | 0.25 | 0.3333 | 0.5 | 1 |
| Jumlah | 2.2833 | 4.0833 | 6.8333 | 10.5 | 15 |

Tabel 8. Matriks penjumlahan parameter kerentanan kuantitas dan penentuan bobot
Normalized value:

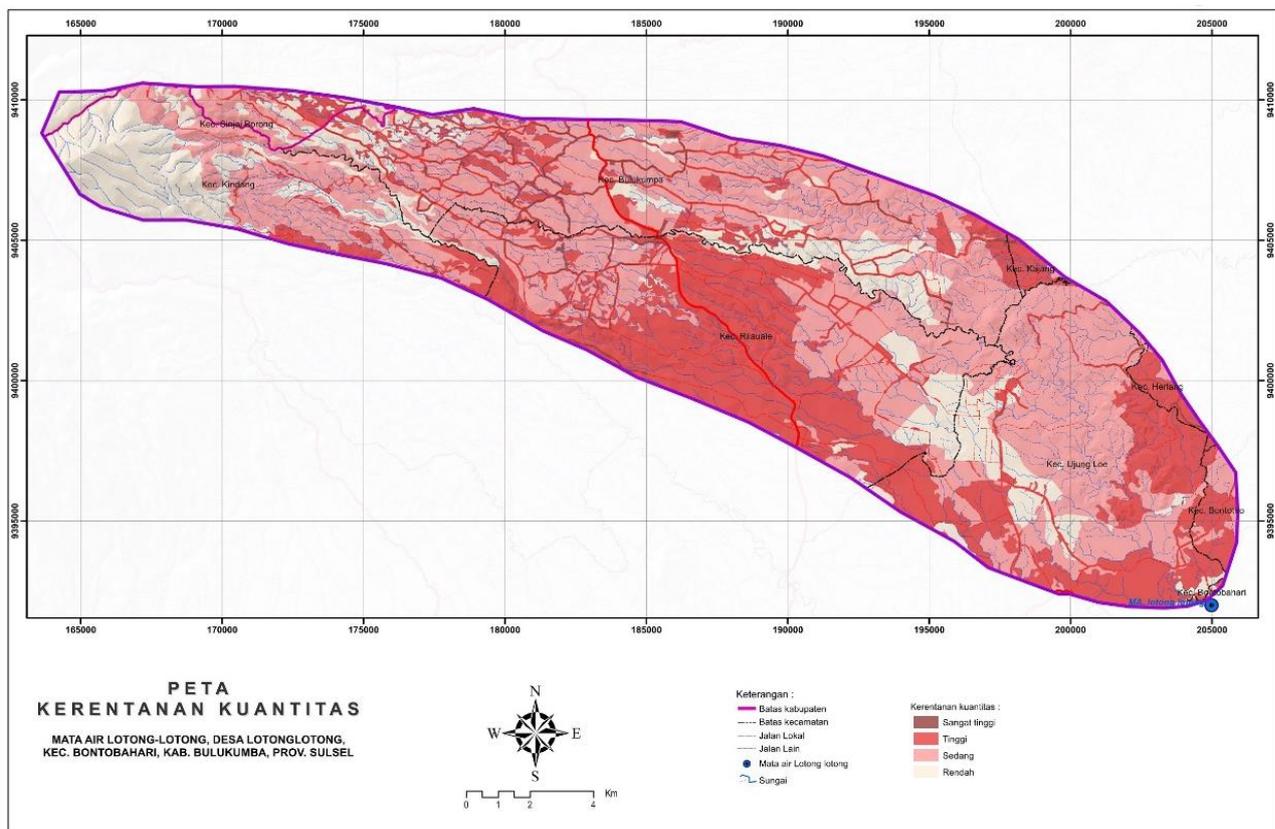
| | Jumlah | Rerata | Bobot |
|----------------------|--------|--------|--------|
| Transmisifitas | 0.4380 | 0.4898 | 0.4390 |
| Curah Hujan | 0.2190 | 0.2449 | 0.2927 |
| Kemiringan Lereng | 0.1460 | 0.1224 | 0.1463 |
| Penggunaan lahan | 0.1095 | 0.0816 | 0.0732 |
| Kapasitas infiltrasi | 0.0876 | 0.0612 | 0.0488 |
| | 1.0000 | 1.0000 | |

Berdasarkan hasil proses analisis tumpang susun dari parameter yang digunakan yaitu: Kualitas Air, Kepadatan Penduduk, Penggunaan lahan, kimia Batuan, Curah Hujan, Kapasitas infiltrasi dan transmisifitas (produktifitas akuifer) tersebut, maka klasifikasi tingkat kerentanan kuantitas dibagi menjadi 5 kelas (**Tabel 9** dan **Gambar 2**).

Tabel 9. Kelas Kerentanan Kuantitas Daerah Imbuhan dan Mata Air.

| No | Kelas kerentanan | Luas (m ²) | Persen |
|----|----------------------------------|------------------------|--------|
| 1 | Tingkat Kerentanan Sangat Tinggi | 30983640.66 | 9.13 |
| 2 | Tingkat Kerentanan Tinggi | 114247372.40 | 33.65 |
| 3 | Tingkat Kerentanan Sedang | 136371166.81 | 40.17 |
| 4 | Tingkat Kerentanan Rendah | 57917781.20 | 17.06 |
| 5 | Tingkat Kerentanan Sangat Rendah | 0 | 0 |

Dari kelas kerentanan kuantitas yang ada di tabel 9, dapat diketahui bahwa daerah dengan persentase tertinggi adalah area dengan tingkat kerentanan sedang, kemudian di bawahnya adalah area dengan tingkat kerentanan tinggi, rendah, kemudian sangat tinggi. Secara umum bisa dibilang daerah penelitian didominasi oleh area kerentanan sedang hingga tinggi.

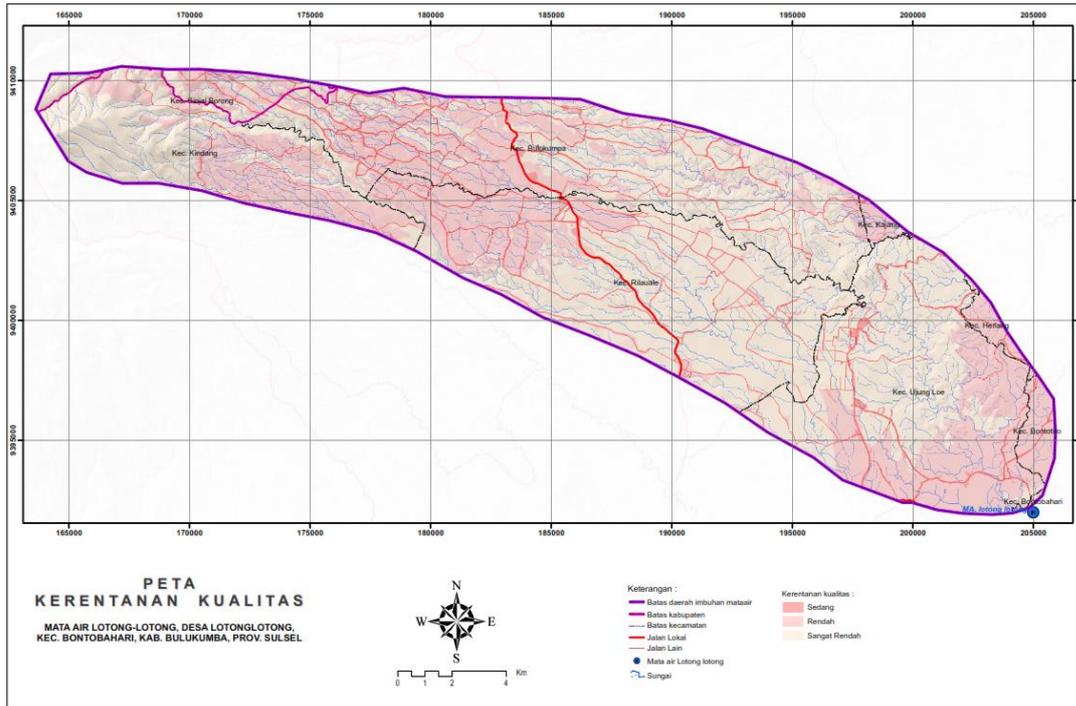


Gambar 2. Peta Kelas kerentanan kuantitas daerah imbuhan dan mata air

Proses *overlay* dari semua data dan informasi daerah tangkapan air (imbuhan), mata air Lotong lotong tersebut menghasilkan peta kerentanan kualitas daerah imbuhan air bawah tanah dan mata air (**Gambar 3**). Peta kerentanan ini menginformasikan bahwa dari setiap zona kelas tersebut berkontribusi terhadap kondisi penurunan atau peningkatan kualitas air bawah tanah dan mata air Lotong lotong. Berdasarkan hasil proses analisis tumpang susun dari parameter yang digunakan yaitu: Kualitas Air, Kepadatan Penduduk, Penggunaan lahan, kimia Batuan, Curah Hujan, Kapasitas infiltrasi dan transmisifitas(produktifitas akuifer) tersebut, maka klasifikasi tingkat kerentanan kuantitas dibagi menjadi 5 (lima) kelas (**Tabel 10**).

Tabel 10. Kelas kerentanan kualitas daerah imbuhan dan mata air

| No | Kelas kerentanan | Luas (m ²) | Persen |
|----|----------------------------------|------------------------|--------|
| 1 | Tingkat Kerentanan Sangat Tinggi | 0 | 0 |
| 2 | Tingkat Kerentanan Tinggi | 0 | 0 |
| 3 | Tingkat Kerentanan Sedang | 30.345.869,05 | 8,94 |
| 4 | Tingkat Kerentanan Rendah | 113.354.412,32 | 33,39 |
| 5 | Tingkat Kerentanan Sangat Rendah | 137.901.898,50 | 40,62 |



Gambar 3. Peta kerentanan kualitas daerah tangkapan mata air Lotong-lotong.

Kelas-kelas kerentanan yang dibuat di atas berdasarkan pada penggunaan lahan, sumber kontaminan dan faktor yang mempengaruhi kualitas dan kuantitas airtanah, yang kemudian diberi rekomendasi berdasarkan masing-masing kelas kerentanannya, dan larangan atau anjuran-anjuran untuk tidak melakukan kegiatan-kegiatan tertentu. Rekomendasi dan tindak lanjut perlindungan untuk tiap zona Kelas Kerentanan daerah imbuhan dan mataair Lotong lotong dapat dilihat secara lebih lengkap pada **Tabel 11**.

Tabel 11. Rekomendasi dan tindak lanjut perlindungan untuk tiap zona Kelas Kerentanan daerah imbuhan dan mataair Lotong lotong.

| Kelas Kerentanan | Penggunaan Lahan | Sumber kontaminan dan faktor yang mempengaruhi kualitas – kuantitas airtanah | Rekomendasi | Larangan |
|--------------------------|------------------------|--|---|--|
| Kerentanan sangat tinggi | Permukiman | <ul style="list-style-type: none"> •Limbah rumah tangga •Pencemaran nitrat dan bakteri coli dari kotoran manusia •Kandang ternak: Kontamiasi oleh kotoran hewan | <ul style="list-style-type: none"> •Penyebarluasan informasi dan penyuluhan tentang pola hidup sehat, •Sosialisasi penggunaan septiktank, •Pembuatan drainase, •Pembuatan sumur resapan, •Menghemat penggunaan air, •Pengelolaan limbah cair domestik, •Membuat penampungan air hujan, •Memasak air sebelum dikonsumsi | <ul style="list-style-type: none"> •Mencemari air tanah, •Menutupi lahan dengan semen yang mengakibatkan air hujan tidak dapat meresap. •Menimbun limbah |
| | Sawah | <ul style="list-style-type: none"> •Resiko kontaminasi pupuk kandang dan pupuk buatan •Resiko kontaminasi insektisida | <ul style="list-style-type: none"> •Membatasi penggunaan pupuk yang berlebih, •Penyuluhan pupuk ramah lingkungan dan pengembangan metode bertani yang berhasil guna, •Pembuatan terassering | <ul style="list-style-type: none"> •Menggunakan pupuk dan insektisida yang berlebih |
| Kerentanan tinggi | Mata Air Lotong Lotong | <ul style="list-style-type: none"> •Masuknya zat– zat berbahaya dan urin ke Mataair Lotong lotong | <ul style="list-style-type: none"> •Membuat Pemagaran bronkap secara permanen •Memelihara lingkungan sekitar bronkaptering | <ul style="list-style-type: none"> •Melakukan semua kegiatan yang dapat menurunkan kualitas air •Membuang sampah sembarangan •Mandi di dalam kolam mata air Lotong lotong |
| | Kebun | <ul style="list-style-type: none"> •Daya resap tanah lambat | <ul style="list-style-type: none"> •Pengolahan tanah untuk menambah daya infiltrasi •Membuat resapan •Pembatasan penggunaan pupuk kimia | <ul style="list-style-type: none"> •Penggunaan pupuk kimia berlebih yang mengakibatkan tekstur tanah menggumpal |
| | Permukiman | <ul style="list-style-type: none"> •Limbah rumah tangga •Polutan nitrat dan bakteri coli / feses manusia •Kandang ternak: Kontamiasi oleh kotoran hewan | <ul style="list-style-type: none"> •Penyebarluasan informasi dan penyuluhan tentang pola hidup sehat, •Sosialisasi penggunaan septiktank, •Pembuatan drainase, •Pembuatan sumur resapan, •Menghemat penggunaan air, •Pengelolaan limbah cair domestik, •Membuat penampungan air hujan, •Pembangunan Tangki Septik •Pembuatan Biopori | <ul style="list-style-type: none"> •Mencemari air tanah, membangun bangunan kedap air secara berlebihan, •Menimbun limbah |
| | Sawah | <ul style="list-style-type: none"> •Resiko kontaminasi pupuk kandang dan pupuk buatan | <ul style="list-style-type: none"> •Membatasi penggunaan pupuk yang berlebih, | <ul style="list-style-type: none"> •Menggunakan pupuk dan |

| Kelas Kerentanan | Penggunaan Lahan | Sumber kontaminan dan faktor yang mempengaruhi kualitas – kuantitas airtanah | Rekomendasi | Larangan |
|-------------------|------------------|---|--|---|
| | | <ul style="list-style-type: none"> • Resiko kontaminasi insektisida | <ul style="list-style-type: none"> • Penyuluhan pupuk ramah lingkungan dan pengembangan metode pertanian berhasil guna, • Pembuatan terassering | <ul style="list-style-type: none"> • insektisida yang berlebih |
| | Tegalan | <ul style="list-style-type: none"> • Mudah longsor pada daerah yang memiliki lereng curam • Daya resap tanah lambat | <ul style="list-style-type: none"> • Pembuatan terassering dan drainase dan pembuatan dinding penahan • Pembuatan sumur resapan | <ul style="list-style-type: none"> • Pembukaan lahan baru |
| Kerentanan sedang | Kebun | <ul style="list-style-type: none"> • Daya resap tanah lambat | <ul style="list-style-type: none"> • Pengolahan tanah untuk menambah daya infiltrasi • Membuat resapan • Pembatasan penggunaan pupuk kimia | <ul style="list-style-type: none"> • Penggunaan pupuk kimia berlebih yang mengakibatkan tekstur tanah menggumpal |
| | Tegalan | <ul style="list-style-type: none"> • Mudah longsor • Daya resap tanah lambat | <ul style="list-style-type: none"> • Pembuatan terassering dan drainase dan pembuatan dinding penahan • Pembuatan sumur resapan | <ul style="list-style-type: none"> • Pembukaan lahan baru |
| Kerentanan rendah | Hutan | <ul style="list-style-type: none"> • Penebangan pohon yang dapat meningkatkan <i>runoff</i> | <ul style="list-style-type: none"> • Mengupayakan penambahan area hutan atau setidaknya mempertahankan luasan yang telah mencapai 60% | <ul style="list-style-type: none"> • Menebang pohon • Alih fungsi lahan |
| | Kebun | <ul style="list-style-type: none"> • Daya resap tanah lambat | <ul style="list-style-type: none"> • Pengolahan tanah untuk menambah daya infiltrasi • Membuat resapan atau biopori • Pembatasan penggunaan pupuk kimia | <ul style="list-style-type: none"> • Penggunaan pupuk kimia berlebih yang mengakibatkan tekstur tanah menggumpal |

5. KESIMPULAN

Hasil penelitian menghasilkan zona kerentanan akhir yang terdiri dari 4 area dengan kelas kerentanan, penggunaan lahan dan sumber kontaminan dan faktor-faktor pengaruh terhadap kualitas dan kuantitas airtanah yang juga berbeda-beda. Kerentanan sangat tinggi terutama untuk penggunaan lahan permukiman, dengan sumber kontaminan dan faktor yang mempengaruhi kualitas – kuantitas airtanah berupa limbah rumah tangga, pencemaran nitrat dan bakteri coli, kandang ternak dan kontaminasi oleh kotoran hewan. Rekomendasi dan tindak lanjut perlindungan untuk zona kerentanan tinggi permukiman ini antara lain: Penyebarluasan informasi dan penyuluhan tentang pola hidup sehat, sosialisasi penggunaan septik *tank*, pembuatan drainase, pembuatan sumur resapan, menghemat penggunaan air, pengelolaan limbah cair domestik, pembuatan penampungan air hujan, dan prosedur disiplin memasak air sebelum dikonsumsi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada IUWASH Plus atas izin penggunaan data yang dipakai dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional, 2012. SNI 7752:2012 Tata cara pengukuran laju infiltrasi tanah di lapangan menggunakan infiltrometer cincin ganda.
- Badan Standardisasi Nasional, 1991. SNI 06-2412-1991 Metode pengambilan contoh kualitas air.
- Komaruddin, 2000. Desain Sistem Informasi. Andi Offset, Yogyakarta.
- Lakitan, B., 1997. Dasar Dasar Klimatologi. Raja Grafindo Persada, Jakarta.
- Menteri Kesehatan Republik Indonesia, 2017. Permenkes No. 32 Tahun 2017 tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, Solus per Aqua dan Pemandian Umum.
- Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia, 2003. Pedoman penentuan status mutu air.
- Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia, 2007. Peraturan Menteri Nomor 18 Tahun 2007 tentang penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum.
- Saaty, T., L., 1993. Pengambilan Keputusan Bagi Para Pemimpin, Proses Hirarki Analitik untuk Pengambilan Keputusan dalam Situasi yang Kompleks. Pustaka Binama Pressindo.
- Subdit. Stat. Rumah Tangga, 2017. Survei Sosial Ekonomi Nasional (SUSENAS) Kor, 2017. Badan Pusat Statistik.
- Sungkowo, A., 2014. Dinamika Spasial Ekosistem Gumuk Pasir terhadap Kerentanan Degradasi Airtanah di Pesisir Selatan Propinsi Jawa Tengah dan Daerah Istimewa Yogyakarta. Pascasarjana Program Studi Ilmu Lingkungan UNS Surakarta.
- Todd, D.K., Mays, L., 2005. Groundwater Hydrology (3rd Edition). John Wiley and Sons, New York.