

## Analisis Perlindungan Mata Air di Kota Tomohon

### Analysis of Spring Water Protection in Tomohon City

Benedictus Dwigianto<sup>1</sup>, Raymond Ch. Tarore<sup>2</sup>, Ingerid L. Moniaga<sup>3</sup>

<sup>a</sup>Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia

<sup>b</sup>Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia

<sup>c</sup>Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia  
bdwigianto@gmail.com

---

#### Abstrak

Kota Tomohon sebagai kawasan yang berada di dataran tinggi/perbukitan berperan penting dalam hal penyedia air bagi daerahnya sendiri maupun untuk daerah disekitarnya. Meningkatnya kebutuhan terhadap sumber daya air disebabkan oleh meningkatnya jumlah penduduk dan aktivitas pembangunan. Demi menjaga kualitas air tanah dari pencemaran, langkah awal yang perlu dilakukan yaitu penentuan zona perlindungan mata air, zona perlindungan mata air merupakan kawasan di sekitar mata air yang memberikan informasi terkait potensi pencemaran pada sumber air. Untuk mencapai hasil dalam menyusun penelitian tentang perlindungan mata air digunakan pendekatan metode deskriptif kuantitatif, dengan teknik analisis spasial *buffer* pada masing-masing titik mata air yang dilakukan untuk mengetahui luas wilayah dari tiap zona perlindungan. Dari hasil penelitian diketahui bahwa mata air yang bisa dibuatkan zona perlindungan mata air yaitu mata air yang memiliki jarak cukup jauh dari area permukiman lebih disekitar 200 meter dari pusat mata air, dimana mata air yang memenuhi kriteria tersebut adalah : mata air Regesan, Sasalak I, Sasalak II, Patar, Wuwunongan. Dengan hasil perhitungan jarak zona I berjarak 10-15 meter dari titik mata air. Zona II merupakan hasil perhitungan menggunakan rumus kecepatan udara tanah dengan hasil : mata air Regesan (140,4 m) Sasalak I (86,4 m), Sasalak II (172,8 m), Patar (86,4 m), Wuwunongan ( 49,68 m).

*Kata kunci: Mata Air, Zona Perlindungan, Buffer, Zonasi*

---

#### Abstract

Tomohon City as an area located in the highlands/hills plays an important role in terms of water supply for its own area and for the surrounding areas. The increasing demand for water resources is caused by the increasing population and development activities. In order to maintain the quality of groundwater from pollution, the first step that needs to be taken is the determination of spring protection zones, spring protection zones are areas around springs that provide information related to the potential for pollution of water sources. To achieve the results in compiling research on spring protection, a quantitative descriptive method approach was used, with a spatial buffer analysis technique at each spring point conducted to determine the area of each protection zone. From the results of the research, it is known that springs that can be made spring protection zones are springs that have a considerable distance from residential areas of more than around 200 meters from the center of the spring, where springs that meet these criteria are: Regesan, Sasalak I, Sasalak II, Patar, Wuwunongan springs. With the results of the calculation of the distance zone I is 10-15 meters from the spring point. Zone II is the result of calculations using the ground air velocity formula with the results: Regesan spring (140.4 m) Sasalak I (86.4 m), Sasalak II (172.8 m), Patar (86.4 m), Wuwunongan (49.68 m).

*Keyword: Spring, Protection Zone, Buffer, Zoning*

---

## 1. Pendahuluan

Air merupakan salah satu sumber daya alam yang penting dalam kehidupan makhluk hidup. Meningkatnya kebutuhan terhadap sumber daya air disebabkan oleh meningkatnya jumlah penduduk dan aktivitas pembangunan.

Mata air muncul dengan berbagai cara dan bisa terdapat dimana saja, namun persebarannya tidak merata yang dipengaruhi faktor kemunculan mata air. Keberadaan mata air tidak selalu pada kawasan hutan atau dikawasan lindung, beberapa mata air juga terdapat pada kawasan penduduk, sungai ataupun pantai. Berkurangnya jumlah mata air dan juga volume debit pada sebagian mata air diakibatkan karena adanya kebijakan pengelolaan ekosistem air tanah yang kurang tepat.

Kota Tomohon yang berada pada kawasan dataran tinggi/perbukitan berperan penting dalam menyediakan air bagi daerahnya sendiri maupun untuk daerah disekitarnya. Keterbatasan dalam pemanfaatan dan penggunaan lahan pada daerah hulu (dataran tinggi) dapat menyebabkan dampak negatif pada daerah hilir apabila terjadi kesalahan pemanfaatan dan penggunaan lahan. Intensitas tinggi pada kegiatan pembangunan meningkatkan pendayagunaan sumberdaya yang bersifat multi guna yang dapat memicu kerusakan lingkungan. Secara ekologis, hal tersebut berkaitan dengan ekosistem tangkapan air yang merupakan rangkaian proses alami suatu siklus hidrologi yang memproduksi air permukaan dalam bentuk mata air, maupun aliran sungai.

Demi menjaga kualitas air tanah dari pencemaran, langkah awal yang perlu dilakukan yaitu penentuan zona perlindungan mata air, zona perlindungan mata air merupakan kawasan di sekitar mata air yang memberikan informasi terkait potensi pencemaran pada sumber air yang terbagi menjadi tiga zona yaitu, zona perlindungan dalam mata air (zona I), zona perlindungan luar mata air (zona II), dan zona perlindungan daerah tangkapan air (zona III) (Carey, et al, 2009), sehingga pengetahuan akan zona perlindungan mata air bisa membantu para pemanfaat air ataupun masyarakat yang menggunakan mata air memperoleh sumber air yang baik dari segi kualitas dan kuantitas dan menjadi kelestarian air tanah dalam upaya perlindungan mata air di Kota Tomohon sehingga bermanfaat bagi generasi sekarang hingga generasi yang akan datang.

## 2. Metode

### 2.1. Variabel

Pada penelitian ini variabel yang digunakan sebagai berikut:

**Tabel 1** Variabel yang Digunakan (Penulis 2023)

Rumusan Masalah	Sumber	Variabel	Sub Variabel	Output
Sebaran sumber mata air	- Peta lokasi mata air - Foto kondisi mata air	- Lokasi mata air - Kondisi mata air	- Debit mata air	Sebaran mata air dapat dijelaskan berdasarkan lokasi dan kondisi mata air
zona perlindungan mata air	- Heru Hendrayana (2009) - Sanropie (1984)	- Perlindungan mata air - Kemiringan lereng - Jenis tanah	- Zonasi mata air - Peraturan tiap zona mata air	Rekomendasi pembuatan zona perlindungan mata air berdasarkan kelas lereng dan jenis tanah dikawasan mata air.

## 2.2. Metode Analisis Data

Untuk mencapai hasil dalam menyusun penelitian tentang perlindungan mata air digunakan pendekatan metode deskriptif kuantitatif, dengan teknik analisis spasial *buffer* pada masing-masing titik mata air yang dilakukan untuk mengetahui luas wilayah dari tiap zona perlindungan. Zona perlindungan mata air dibuat dengan mengacu pada daerah sumber air yang terbagi menjadi tiga zona yaitu: zona I (zona perlindungan dalam) sejauh 10 – 15 meter dari sumber titik mata air, zona II (zona perlindungan luar) dihitung berdasarkan jarak tempuh bakteri selama 50 hari ke sumber air baku, dengan menggunakan rumus kecepatan aliran tanah yaitu  $V_a$ .

$$V_a = K_f \times J / n_{sp} \quad (1)$$

Dimana:  $V_a$  = Kecepatan aliran tanah semu (m/s)

$K_f$  = Permeabilitas batuan/akuifer (m/s)

$J$  = Kemiringan muka air tanah

$n_{sp}$  = Porositas efektif

Setelah nilai kecepatan aliran air tanah ( $V_a$ ) didapatkan, sehingga jarak tempuh 50 hari dapat diketahui dengan rumus:

$$X_{50} = V_a \times 50 \times 86.400 \text{ (m)} \quad (2)$$

Zona III (zona perlindungan wilayah tangkapan air) dengan luas ditentukan oleh luas daerah tangkapan akhir.

## 3. Kajian literatur

### 3.1 Mata Air

Mata air merupakan suatu tempat di dataran bumi yang dapat mengeluarkan pancaran air yang berasal dari dalam bumi atau dari tanah maupun dari pegunungan (Monroe, Wicander, 2005). Menurut Munculnya mata air ke permukaan disebabkan oleh berbagai faktor termasuk karena terpotongnya muka air tanah oleh topografi dan juga perbedaan sifat fisik batuan (Bisri, 2009 : 27). Akibat fenomena tersebut, terdapat banyak mata air yang terletak di daerah pegunungan yang memiliki daerah topografi yang tinggi. Batuan bertindak sebagai media aliran air tanah yang mempunyai kapasitas jenis, sifat kelulusan dan keterusan air, serta daya simpan air (Bisri, 2009 : 12). Berikut nilai porositas, porositas efektif serta permeabilitas lapisan tanah:

**Tabel 2** Nilai Porositas dan Permeabilitas Lapisan (Sosrodarsono dan Takeda)

Lapisan Tanah	Porositas (%)	Porositas Efektif (%)	Koefisien Permeabilitas (m/s)
Lempung (Alluvium)	45-50	5-10	$10^{-4}$ - $10^{-5}$
Silt (Alluvium)	35-45	5-8	$10^{-4}$ - $10^{-5}$
Pasir (Alluvium)	30-45	20-25	$10^{-1}$ - $10^{-6}$
Pasir dan Kerikil (Alluvium)	25-30	15-20	$10^{-1}$ - $10^{-6}$
Lempung (Dilluvium)	50-60	3-5	$10^{-5}$ - $10^{-6}$
Silt (Dilluvium)	40-50	5-10	$10^{-5}$ - $10^{-6}$
Pasir (Dilluvium)	35-40	15-20	$10^{-2}$ - $10^{-3}$
Pasir dan Kerikil (Dilluvium)	30-35	10-20	$10^{-2}$ - $10^{-3}$
Batu Lumpur (Neo-Tersier)	55-65	3-5	$10^{-5}$ - $10^{-6}$
Batu Pasir (Neo-Tersier)	40-50	5-10	$10^{-3}$ - $10^{-4}$
Tufa (Neo-Tersier)	30-65	3-10	$10^{-3}$ - $10^{-6}$

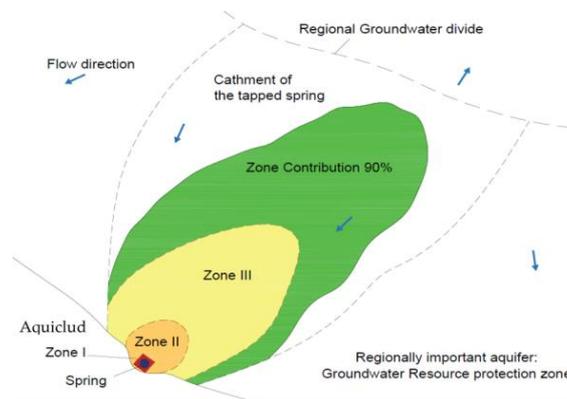
### 3.1. Zona Perlindungan Sumber Air Baku

Dalam modul yang berjudul Zona Perlindungan Air Baku, Hendrayana menyebutkan bahwa sumber air yang digunakan masyarakat untuk memenuhi kebutuhan hidup harus dilindungi dari adanya pencemaran. Secara umum dikenal 3 Zona Perlindungan Sumber Air Baku yaitu:

Zona I merupakan daerah perlindungan yang berfungsi untuk melindungi air dari semua zat pencemar yang bisa menyebabkan degradasi kualitas air secara langsung maupun tidak langsung, radius yang ditetapkan sejauh 10-15 meter dari titik mata air.

Zona II merupakan daerah perlindungan yang berfungsi untuk melindungi sumber air baku dari pencemaran bakteri *pathogen* yang dapat menyebabkan penurunan kualitas air. Luas daerah wilayah dihitung berdasarkan 50 (lima puluh) hari perjalanan bakteri *colli* ke sumber mata air.

Zona III merupakan daerah perlindungan yang berfungsi untuk melindungi sumber air baku dari pencemaran bahan kimia dan radioaktif yang tidak dapat terurai dalam waktu singkat. Luas daerah ditentukan berdasarkan luas daerah tangkapan air.



**Gambar 1** Pengaturan khas zona perlindungan sumber air tanah

Sumber: Goldscheider 2005

## 4. Hasil dan Pembahasan

### 4.1. Kondisi Geografis

Kondisi geografis yang dapat mempengaruhi hasil analisis luas dari masing-masing zona tiap mata air berupa: Kemiringan lereng dengan 5 kelas lereng nilai kemiringan lereng masing-masing mata air dilihat dari jarak maksimal 200 meter dengan patokan arah air akan mengalir (dari tempat tinggi ke tempat yang lebih rendah).

Untuk kondisi jenis tanah terdapat 3 jenis tanah di Kota Tomohon, dimana seluruh mata air yang tersebar berada pada jenis tanah Andosol Vitrik. Digunakan sebagai acuan dalam menentukan nilai porositas, porositas efektif, dan koefisien permeabilitas.

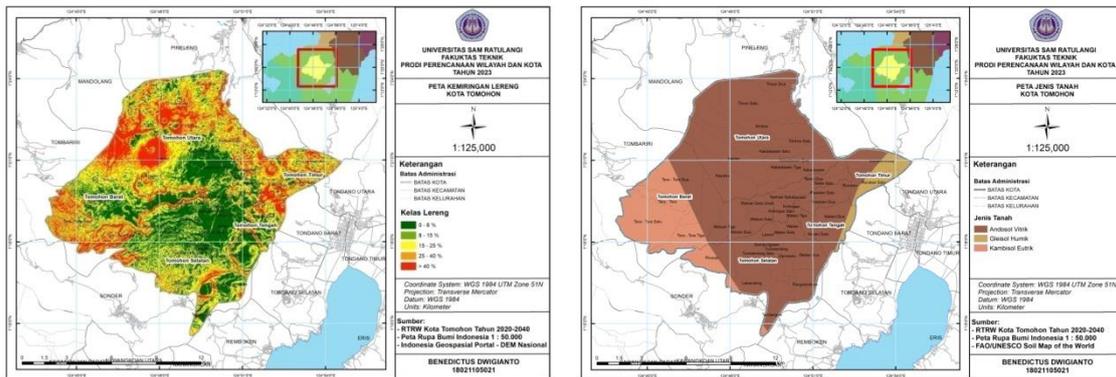
Kondisi guna lahan berdasarkan data tutupan lahan dan hasil observasi terdapat beberapa jenis tutupan lahan yang terdapat di Kota Tomohon, dimana Kota Tomohon memiliki tutupan lahan yang bervariasi dan yang paling mendominasi yaitu perkebunan dengan luasan 6.507 ha.

**Tabel 3** Penggunaan Lahan Kota Tomohon (Penulis 2023)

No	Jenis Tutupan Lahan	Luas (ha)	Persentase (%)
1	Hutan	2.911,4	17,2
2	Kawah/Solfatara	3,4	0,1
3	Danau	52,3	0,3
4	Perkebunan	6.507,0	38,5
5	Permukiman dan Tempat Kegiatan	1.475,7	8,7

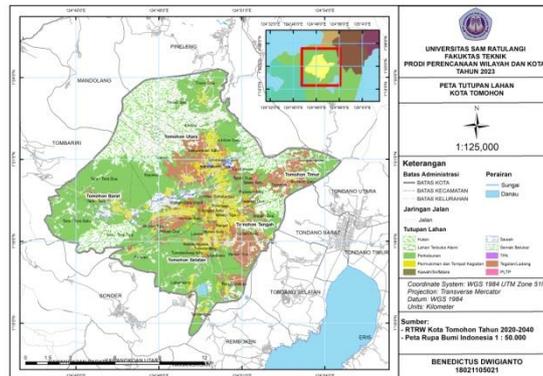
6	Lahan Terbuka Alami	278,1	1,6
7	Sawah	563,5	3,3
8	Semak Belukar	2.646,9	15,6
9	Tegalan/Ladang	2.452,4	14,5
10	TPA	2,4	0,1
11	PLTP	16,9	0,1
<b>Total</b>		<b>16.910</b>	<b>100</b>

Dari uraian dan tabel diatas kemudian bisa digambarkan pada peta kemiringan lereng, peta jenis tanah, serta peta penggunaan lahan seperti yang tersaji pada gambar 2 sebagai berikut.



(a) Peta Kemiringan Lereng

(b) Peta Jenis Tanah



(c) Peta Penggunaan Lahan

Gambar 2 Kondisi Geografis Kota Tomohon (Analisis Penulis 2023)

4.2. Sebaran Mata Air

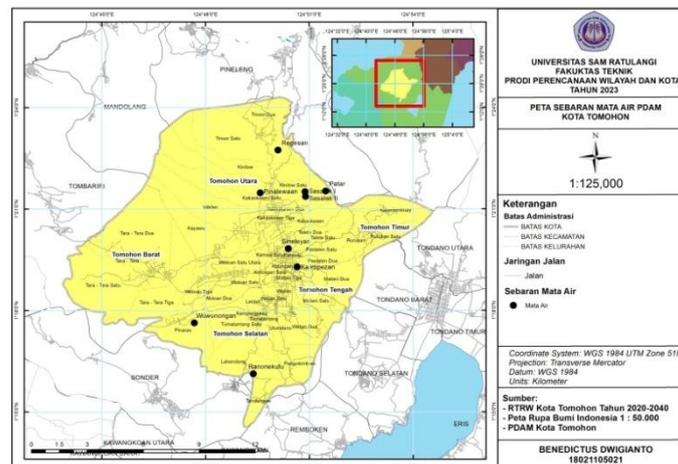
Mata air yang dijadikan sebagai objek penelitian berdasarkan mata air yang terdapat oleh PDAM Kota Tomohon yang terdiri dari 9 sumber mata air dengan rincian sebagai berikut:

Tabel 4 Sebaran Mata Air PDAM Kota Tomohon (Penulis 2023)

No	Nama Mata Air	Deskripsi Kondisi
1	Regesan	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Debit: 6,29</li> <li>- Elevasi (DPL): + 590 M</li> <li>- Kelereng: 25 – 40%</li> <li>- Lapisan Tanah: Lempung</li> <li>- Klasifikasi Mata Air: Mata air menahun</li> </ul>

2	Sasalak I	- Debit: 2,00 - Elevasi (DPL): + 943 M - Kelerengan: 15 – 25%	- Lapisan Tanah: Lempung - Klasifikasi Mata Air: Mata air menahun
3	Sasalak II	- Debit: 2,00 - Elevasi (DPL): + 938 M - Kelerengan: > 40%	- Lapisan Tanah: Lempung - Klasifikasi Mata Air: Mata air menahun
4	Pinawelaan	- Debit: 6,71 - Elevasi (DPL): + 767 M - Kelerengan: 0 – 8%	- Lapisan Tanah: Lempung - Klasifikasi Mata Air: Mata air menahun
5	Patar	- Debit: 5,00 - Elevasi (DPL): + 1.116 M - Kelerengan: 15 – 25%	- Lapisan Tanah: Lempung - Klasifikasi Mata Air: Mata air menahun
6	Sineleyan	- Debit: 50,11 - Elevasi (DPL): + 780 M - Kelerengan: 15 - 40%	- Lapisan Tanah: Lempung - Klasifikasi Mata Air: Mata air menahun
7	Kalimpezan	- Debit: 1,90 - Elevasi (DPL): + 776 M - Kelerengan: 0 – 8%	- Lapisan Tanah: Lempung - Klasifikasi Mata Air: Mata air menahun
8	Wuwunongan	- Debit: 6,18 - Elevasi (DPL): + 679 M - Kelerengan: 8 - 15%	- Lapisan Tanah: Lempung - Klasifikasi Mata Air: Mata air menahun
9	Ranonekutu	- Debit: 5,00 - Elevasi (DPL): + 1.120 M - Kelerengan: 25 - 40%	- Lapisan Tanah: Lempung - Klasifikasi Mata Air: Mata air menahun

Sebaran mata air di Kota Tomohon tersebar hampir di setiap kecamatan. Secara jelas dapat dilihat pada gambar 3.



**Gambar 3** Peta Sebaran Mata Air PDAM Kota Tomohon (Penulis 2023)

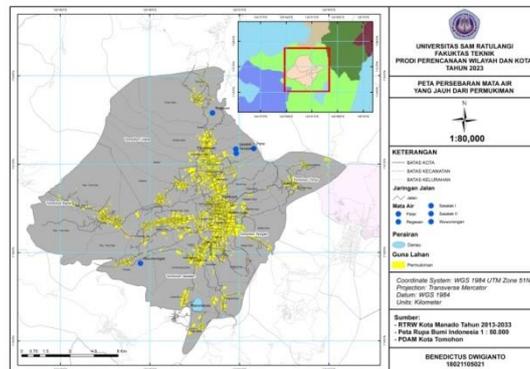
#### 4.3 Zona Perlindungan Mata Air

Sebelum perhitungan jarak zona perlindungan, dilakukan analisis guna lahan disekitas mata air dengan radius 200 m untuk mengetahui mata air mana yang cocok untuk dilakukan zonasi dengan syarat memiliki jarak cukup jauh dari area permukiman dan tempat kegiatan. Dengan hasil analisis yang didapatkan hanya 5 mata air yang dapat dizonasikan.

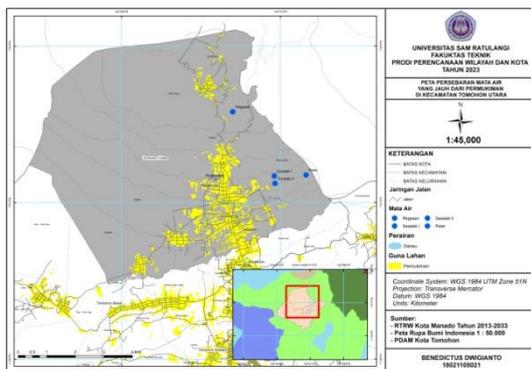
Tabel 5 Luas Guna Lahan Sekitar Mata Air PDAM Kota Tomohon (Penulis 2023)

No	Mata Air	Guna Lahan (Persentase)
1	Regesan	Semak Belukar (100%)
2	Sasalak I	Perkebunan (47,2%), Semak Belukar (52,8%)
3	Sasalak II	Perkebunan (92,8%), Lahan Terbuka Alami (1,6%), Semak Belukar (5,6%)
4	Pinawelaan	Tegalan/Ladang (76,0%), Semak Belukar (12,0%), Permukiman dan Tempat Kegiatan (12,0%)
5	Patar	Hutan (100%)
6	Sineleyan	Danau/Kolam (15,2%), Lahan Terbuka Alami (1,6%), Semak Belukar (18,4%), Permukiman dan Tempat Kegiatan (12,0%)
7	Kalimpezan	Tegalan/Ladang (4,8%), Permukiman dan Tempat Kegiatan (99,2%)
8	Wuwunongan	Perkebunan (39,2%), Tegalan/Ladang (4,8%), Semak Belukar (56,0%)
9	Ranonekutu	Perkebunan (59,4%), Lahan Terbuka Alami (4,0%), Danau/Kolam (32,6%), Permukiman dan Tempat Kegiatan (4,0%)

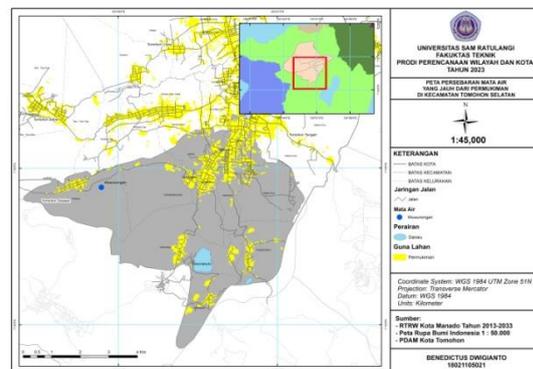
Dari tabel tersebut lalu kemudian digambarkan pada peta sebaran mata air yang jauh dari permukiman seperti pada gambar 4 dibawah.



a) Kota Tomohon



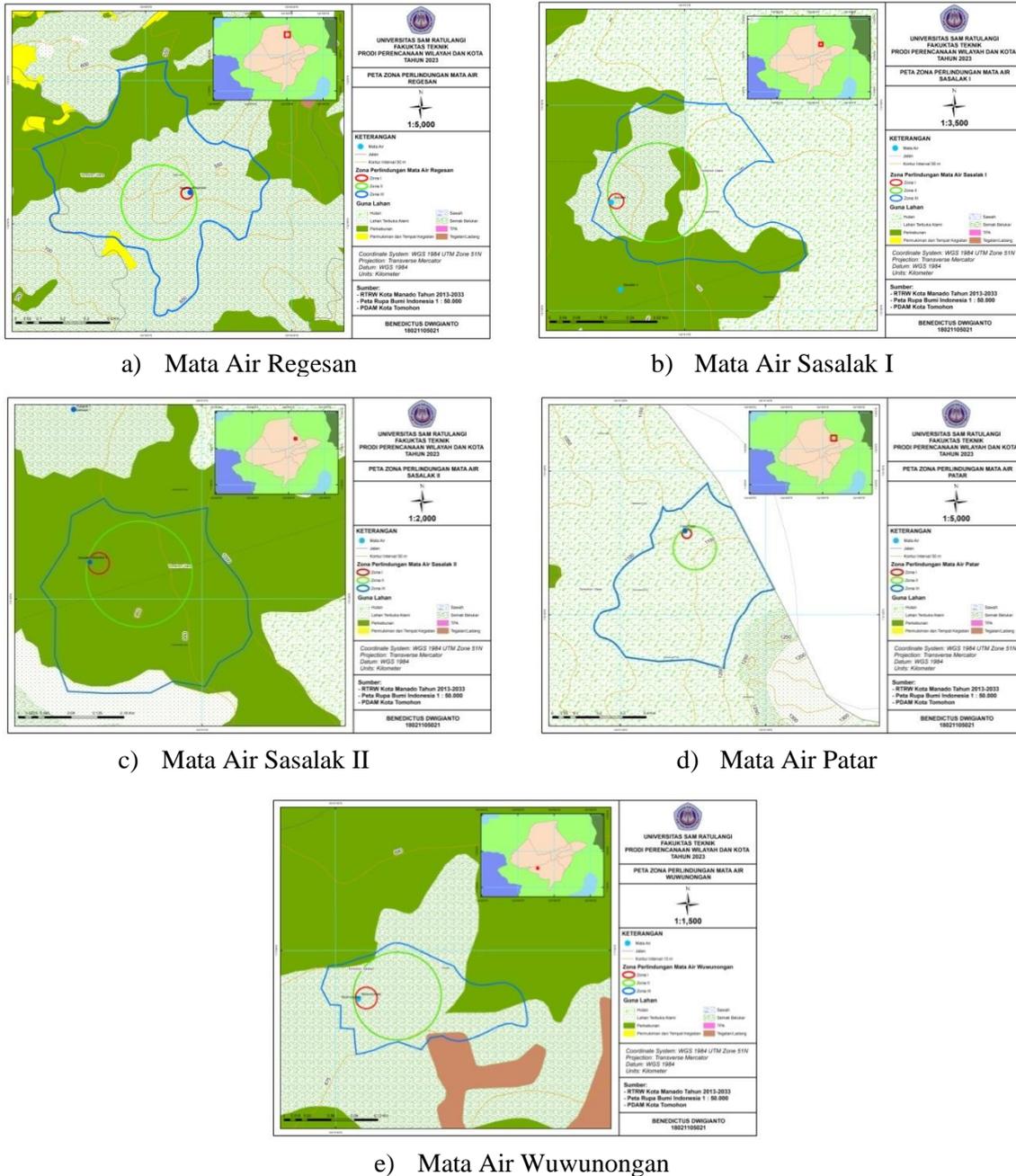
c) Kecamatan Tomohon Utara



b) Kecamatan Tomohon Selatan

Gambar 4 Peta Sebaran Mata Air yang Jauh Dari Permukiman (Penulis 2023)

Setelah mengetahui mata air mana yang dapat dizonasi maka hasil perhitungan di tiap mata air di Kota Tomohon sebagai berikut: Pada zona I setiap mata air ditentukan jarak sejauh 10-15 meter dari titik mata air. Untuk zona II yang ditentukan dengan menggunakan rumus (1) dan rumus (2), yang dimana hasil dari tiap mata air sebagai berikut: mata air Regesan (140,4 m), Sasalak I (140,4 m), Sasalak II (86,4 m), Patar (86,4 m), Wuwunongan (49,68 m). Dan pada Zona III terbentuk dari luas daerah tangkapan air (*catchment area*) dari masing-masing mata air. Berikut pemetaan zona perlindungan di setiap mata air:



Gambar 5 Peta Zonasi Mata Air di Kota Tomohon (Penulis 2023)

#### 4.4 Tindak Lanjut Perlindungan

Setelah melakukan serangkaian analisis sehingga mendapatkan mata air yang dapat dizonasi, maka tahapan terakhir yaitu upaya perlindungan dapat berupa peraturan aktivitas tiap zona yang dapat dilihat dari kondisi eksisting guna lahan dari sekitar mataair, dengan hasil sebagai berikut:

**Tabel 6** Rekomendasi Tindak Lanjut Perlindungan Untuk Tiap Zona Mata Air (Penulis 2023)

Zona	Sumber Kontaminan serta Faktor Yang Mempengaruhi Kuantitas – Kualitas Air	Tindakan yang Dilarang	Kegiatan yang Harus Dilaksanakan
Zona I	Sekitar Broncaptering <ul style="list-style-type: none"> <li>• Injeksi zat– zat berbahaya seperti oli dan bensin ke dalam broncaptering</li> </ul>	Semua kegiatan/tindakan yang dapat menurunkan kualitas air	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pemagaran broncaptering secara permanen</li> </ul>
	Ruang penjaga	Melakukan kegiatan apapun yang dapat mempengaruhi kualitas air	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Memelihara dan menjaga lingkungan sekitar broncaptering</li> <li>• Pemberian pembatas untuk menutupi zona I</li> </ul>
Zona II	Perkebunan <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kontaminasi oleh penggunaan pupuk berbahan kimia maupun pupuk kandang</li> </ul>	Penggunaan pupuk buatan dan pupuk kandang yang berlebihan	Penyuluhan penggunaan pupuk buatan secukupnya sesuai kebutuhan kebun
	Hutan <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pencemaran dari aktivitas penebangan</li> </ul>	Penebangan hutan dikawasan zona II (untuk pengambilan kayu, pembangunan daerah pemukiman dan juga lahan pertanian)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tidak melakukan penebangan hutan secara berlebihan.</li> <li>• Melakukan kembali reboisasi</li> </ul>
	Tegalan/Ladang <ul style="list-style-type: none"> <li>• Resiko kontaminasi oleh penggunaan pestisida</li> </ul>	Penggunaan pestisida secara berlebihan	Penyuluhan penggunaan pupuk buatan secukupnya sesuai kebutuhan ladang

## 5. Kesimpulan

Dari hasil penelitian diketahui bahwa mata air di Kota Tomohon tersebar di beberapa kecamatan di Kota Tomohon yakni di Kecamatan Tomohon Utara terdapat 5 mata air (Regesan, Sasalak I, Sasalak II, Pinawelaan, Patar), di Kecamatan Tomohon Tengah ada 1 mata air (Sineleyan), Tomohon Timur ada 1 mata air (Kalimpezan), Tomohon Selatan terdapat 2 mata air (Wuwunongan, Ranonekutu) dengan mayoritas mata air di Kota Tomohon terletak pada guna lahan perkebunan dan semak belukar. Mata air yang bisa dibuatkan zona perlindungan mata air yaitu mata air yang memiliki jarak cukup jauh disekitar 200 meter dari pusat mata air, dimana mata air yang memenuhi kriteria tersebut adalah : mata air Regesan, Sasalak I, Sasalak II, Patar, dan Wuwunongan. Dengan hasil perhitungan jarak zona I berjarak 10-15 meter dari titik mata air. Zona II merupakan hasil perhitungan menggunakan rumus kecepatan air tanah dengan hasil : mata air Regesan (140,4), Sasalak I (86,4 m), Sasalak II (172,8 m), Patar (86,4 m), Wuwunongan (49,68 m), dan untuk zona III terbentuk dari luas daerah tangkapan air (*catchment area*) dari masing-masing mata air.

## Referensi

- Adi Candra, Asmoro Widagdo, Siswandi. (2020). *Pengelolaan Dan Perlindungan Mataair Dalam Upaya Penyediaan Air Yang Berkelanjutan*. Purbalingga: Fakultas Teknik Universitas Jenderal Soedirman.
- Bisri, Mohammad. (2009). *Pengelolaan Aliran Air Sungai*. Malang: Asrori
- Carey, M., Hayes, P., and renner, A. (2009). *Groundwater sources Protection Zones –reviews of Methods Protecting and improving the environment in England and wales*. Environment Agency.
- Farid Ibrahim. (2015). *Perlindungan Karakteristik Mataair Di Sebagian Lereng Selatan Gunungapi Slamet Kabupaten Banyumas Melalui Pendekatan Penginderaan Jauh*. Surakarta: Fakultas Geografi, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Hendrayana, Heru. (2009). *Zona Perlindungan Sumber Air Baku*. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.
- Hendrayana, Heru. (1994). *Dasar-Dasar Hidrogeologi*. Yogyakarta: Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknik, UGM.
- Kresic Neven & Stevanovic Zoran. (2010). *Groundwater Hydrology of Springs. Engineering, Theory, Management, and Sustainability*. USA: Elsevier Inc.
- Monroe, J. S. & Wicander, R. (2005). *Physical Geology: Exploring the Earth*. Thomson Brooks/Cole. P.
- Pemerintah Kota Tomohon. (2018). *Rencana Kerja Pemerintah Daerah Kota Tomohon Tahun 2018*. Tomohon: Pemerintah Kota Tomohon.
- Republik Indonesia. (2001). *Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air*. Jakarta: Sekretariat Negara, Jakarta.