

Aplikasi Sistem Informasi Geografis untuk Analisis Potensi Daerah Resapan Air di Kecamatan Buleleng

RIO PUTRA NUSANTARA PARDEDE
I NYOMAN DIBIA^{*)}
WIYANTI

Program Studi Agroekoteknologi Fakultas Pertanian Universitas Udayana

Jl. PB. Sudirman Denpasar Bali 80232

^{*)}Email: nyomandibia1956@gmail.com

ABSTRACT

Application of Geographic Information Systems for Analysis of the Potential of Watersheds in Buleleng District

The research was conducted in Buleleng Subdistrict and lasted from December 2019 to April 2020. The purpose of this study was to determine the potential for water catchment in the study area and determine the distribution of potential water catchment in the study area. The method used is a scoring method with parameters used are soil type, land use, slope and rainfall. The results showed that the potential grade of water catchment areas consisted of rather good, moderate, bad, rather bad, and very bad classes. The potential for water infiltration in the study area is dominated by a rather bad class of 2.305,66 ha (49.11%), then followed by a very bad class of 1.130,75 ha (24.08%), a bad class of 1.088,51 ha (23, 18%), the class is rather good at 112,35 ha (2.39%) and middle class at 56,73 ha (1.20%).

Keywords: *water catchment area, scoring, overlay*

1. Pendahuluan

Kecamatan Buleleng merupakan wilayah dengan hujan rata-rata 10,8 mm/bulan dan curah hujan dengan rata – rata 205,9 mm/bulan. Kecamatan Buleleng memiliki luas wilayah 46,94 km² atau 3,43% dari luas Kabupaten Buleleng (BPS Kabupaten Buleleng 2018). Penggunaan lahan di wilayah ini banyak mengalami perubahan yang berupa munculnya pemukiman baru dan jenis penggunaan lahan lain yang dapat menurunkan tingkat infiltrasi. Meluasnya perubahan penggunaan lahan seperti permukiman baru akan membawa permasalahan terutama terganggunya keseimbangan tata air di suatu wilayah. Hal tersebut menyebabkan berkurangnya daerah resapan air karena adanya penutupan lahan yang dijadikan sebagai permukiman sehingga tidak banyak yang terinfiltrasi ke dalam tanah.

Sistem Informasi Geografis (SIG) merupakan suatu teknologi yang sampai sekarang masih terus mengalami perkembangan. SIG mempunyai kemampuan untuk menghubungkan berbagai data pada suatu titik tertentu di bumi, menggabungkannya, menganalisa, dan akhirnya memetakan hasilnya. Data yang diolah pada SIG adalah data spasial yaitu sebuah data yang berorientasi geografis dan merupakan lokasi yang memiliki sistem koordinat tertentu, sebagai dasar referensinya. Aplikasi SIG dapat menjawab beberapa pertanyaan seperti lokasi, kondisi, tren, pola dan pemodelan. Kemampuan inilah yang membedakan SIG dengan sistem informasi lainnya (Prahasta, 2011).

Sistem informasi geografis telah memungkinkan mengkaji pola spasial potensi daerah resapan air dalam cakupan yang luas. Peran SIG dalam identifikasi daerah resapan air adalah untuk membantu mengintegrasikan data spasial dan data atribut yang digunakan. Pengolahan dan analisis dengan SIG dilakukan dengan pendekatan analisis kuantitatif, yaitu dengan melakukan pengharkatan pada tiap-tiap parameter yang digunakan (Prahasta, 2011).

2. Metode Penelitian

2.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Kecamatan Buleleng pada bulan Desember 2019 sampai dengan bulan April 2020. Kecamatan Buleleng adalah bagian dari Wilayah Kabupaten Buleleng yang terletak diantara $8^{\circ} 09' 42''$ - $8^{\circ} 10' 14''$ Lintang Selatan $115^{\circ} 01' 25''$ - $115^{\circ} 09' 41''$ Bujur Timur dengan luas sekitar 46,94 km² atau 3,44 persen luas Kabupaten Buleleng. Batas - batas wilayah Kecamatan Buleleng adalah sebelah utara berbatasan dengan Laut Bali, sebelah selatan dengan Kecamatan Sukasada, sebelah barat dengan Kecamatan Banjar dan sebelah timur dengan Kecamatan Sawan.

2.2 Alat dan Bahan

Alat-alat yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah seperangkat laptop untuk mengoperasikan sistem, menyimpan, memanipulasi dan menganalisis informasi spasial, software QGIS 2.18 untuk proses digitasi dan overlay dan pemberian skoring dari peta yang digunakan. Bahan penelitian yang digunakan yaitu Peta RBI dengan skala 1 : 25.000 (BIG, 2000), Peta DEM dengan skala 1 : 25.000, Peta penggunaan lahan dengan skala 1 : 25.000 (BPKH Wilayah VII Denpasar tahun 2016), Peta jenis tanah dengan skala 1 : 250.000 (BPKH Wilayah VII Denpasar), Peta kemiringan lereng dengan skala 1 : 25.000 (BPKH Wilayah VII Denpasar) dan Data curah hujan (BMKG Wilayah III Denpasar).

2.3 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode skoring dengan menjumlahkan atau menggabungkan parameter- parameter penentu daerah resapan. Parameter-parameter yang digunakan meliputi kemiringan lereng, jenis tanah, curah

hujan dan penggunaan lahan (Peraturan Menteri Kehutanan Republik Indonesia Nomor : P. 32/Menhut-Ii/2009 Tentang Tata Cara Penyusunan Rencana Teknik Rehabilitasi Hutan Dan Lahan Daerah Aliran Sungai (RTkRHL-DAS) dalam Penilaian Kekritisitas Daerah Resapan (Opsional) tentang Teknik Penentuan Klasifikasi Tingkat Infiltrasi). Masing-masing parameter diberikan skor dan bobot sesuai peranannya terhadap kemampuan infiltrasi. Skor dan bobot untuk masing-masing parameter disajikan pada Tabel 1 sampai Tabel 4.

a) *Jenis Tanah*

Tabel 1. Skor dan bobot jenis tanah dengan kemampuan infiltrasi.

No	Jenis Tanah	Infiltrasi	Skor	Bobot
1	Regosol	Besar	5	4
2	Aluvial dan Andosol	Agak Besar	4	4
3	Latosol	Sedang	3	4
4	Litosol	Agak Kecil	2	4
5	Grumusol	Kecil	1	4

Sumber : Dirjen Reboisasi dan Rehabilitasi Lahan (1998), dalam Sudarmanto (2013)

b) *Penggunaan Lahan*

Tabel 2. Skor dan bobot penggunaan lahan dengan kemampuan infiltrasi.

No	Penggunaan Lahan	Infiltrasi	Skor	Bobot
1	Hutan Lebat	Besar	5	3
2	Hutan Produksi, Kebun	Agak Besar	4	3
3	Belukar/Lahan Terbuka	Sedang	3	3
4	Ladang, Tegalan	Agak Kecil	2	3
5	Permukiman, Sawah	Kecil	1	3

Sumber : Dirjen Reboisasi dan Rehabilitasi Lahan (1998), dalam Sudarmanto (2013)

c) *Kemiringan Lereng*

Tabel 3. Skor dan bobot kemiringan lereng dengan kemampuan infiltrasi.

No	Lereng (%)	Deskripsi	Infiltrasi	Skor	Bobot
1	<8	Datar	Besar	5	2
2	8–15	Landai	Agak Besar	4	2
3	15–25	Bergelombang	Sedang	3	2
4	25–40	Agak Curam	Agak Kecil	2	2
5	>40	Curam	Kecil	1	2

Sumber : Dirjen Reboisasi dan Rehabilitasi Lahan (1998), dalam Sudarmanto (2013)

d) *Curah Hujan*

Tabel 4. Skor dan bobot curah hujan dengan kemampuan infiltrasi.

No	Curah Hujan	Infiltrasi	Skor	Bobot
1	>5500	Besar	5	1
2	4500 – 5500	Agak Besar	4	1
3	3500 – 4500	Sedang	3	1
4	2500 – 3500	Agak Kecil	2	1
5	<2500	Kecil	1	1

Sumber : Dirjen Reboisasi dan Rehabilitasi Lahan (1998), dalam Sudarmanto (2013)

Jenis data yang dikumpulkan dalam penelitian ini berupa data sekunder. Data sekunder tersebut bersumber dari instansi-instansi atau kementerian terkait seperti Peta Administrasi, Peta RBI, Peta DEM, Peta penggunaan lahan, Peta Kemiringan Lereng dan data curah hujan. Analisis SIG menggunakan metode kuantitatif berjenjang dengan hasil adanya tingkatan data yang direpresentasikan melalui potensi resapan air (baik, agak baik, sedang, agak buruk, buruk dan sangat buruk). Analisis SIG dilakukan dengan cara menumpangsusunkan masing-masing parameter. Peta yang telah ditumpangsusunkan, kemudian dilakukan pengaturan terhadap atribut data dengan cara melakukan skoring untuk menghasilkan informasi potensi daerah resapan air di daerah penelitian. Kriteria potensi resapan air dapat disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Kriteria potensi resapan air.

No	Nilai Skoring Total	Kondisi
1	>50	Baik
2	44-50	Agak Baik
3	38-44	Sedang
4	33-38	Agak Buruk
5	27-33	Buruk
6	<27	Sangat Buruk

Sumber : RTkRLH-DAS Dalam Wibowo, 2006 (Dimodifikasi)

2.4 Pelaksanaan penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap yaitu ; (1) Studi pustaka, (2) Pengumpulan data, (3) Overlay (4) Analisis potensi daerah resapan air.

2.4.1 Studi Pustaka

Studi pustaka merupakan kegiatan pengumpulan pustaka untuk memperoleh informasi yang berhubungan dengan penelitian. Persiapan diawali dengan mempersiapkan alat dan bahan yang diperlukan untuk melakukan penelitian.

2.4.2 Pengumpulan Data

Tahapan ini dilakukan untuk melengkapi data-data sekunder dari instansi atau kementerian terkait. Data-data yang dikumpulkan ialah data jumlah curah hujan per tahun, peta jenis tanah, peta kemiringan lereng dan peta penggunaan lahan.

2.4.3 Analisis Overlay

Proses overlay merupakan proses tumpang susun dengan menggabungkan peta jenis tanah, penggunaan lahan, kemiringan lereng dan curah hujan untuk memperoleh peta potensi daerah resapan air. Pembuatan peta potensi daerah resapan air dilakukan dengan mengoverlaykan masing-masing parameter berupa perkalian antara skor dan bobot. Skor dan bobot digunakan untuk mengisi data atribut dari parameter penentu kemampuan infiltrasi.

2.4.4 Analisis Potensi Daerah Resapan Air

Peta potensi daerah resapan air diperoleh dari proses skoring dan tumpang susun (overlay) peta jenis tanah, penggunaan lahan, kemiringan lereng dan curah hujan. Klasifikasi kriteria potensi daerah resapan air diperoleh melalui metode pembobotan (skoring) yaitu penjumlahan hasil kali antara nilai skor dan bobot setiap parameter.

$$\text{Potensi Daerah Resapan Air} = Kb.Kp + Pb.Pp + Sb.Sp + Lb.Lp$$

Keterangan :

K = Jenis tanah

P = Curah hujan rata-rata

S = Penggunaan lahan

L = Kemiringan lereng

b = nilai bobot

p = Skor kelas parameter

(Sumber : Hastono *et al.*, 2012).

3. Hasil dan Pembahasan

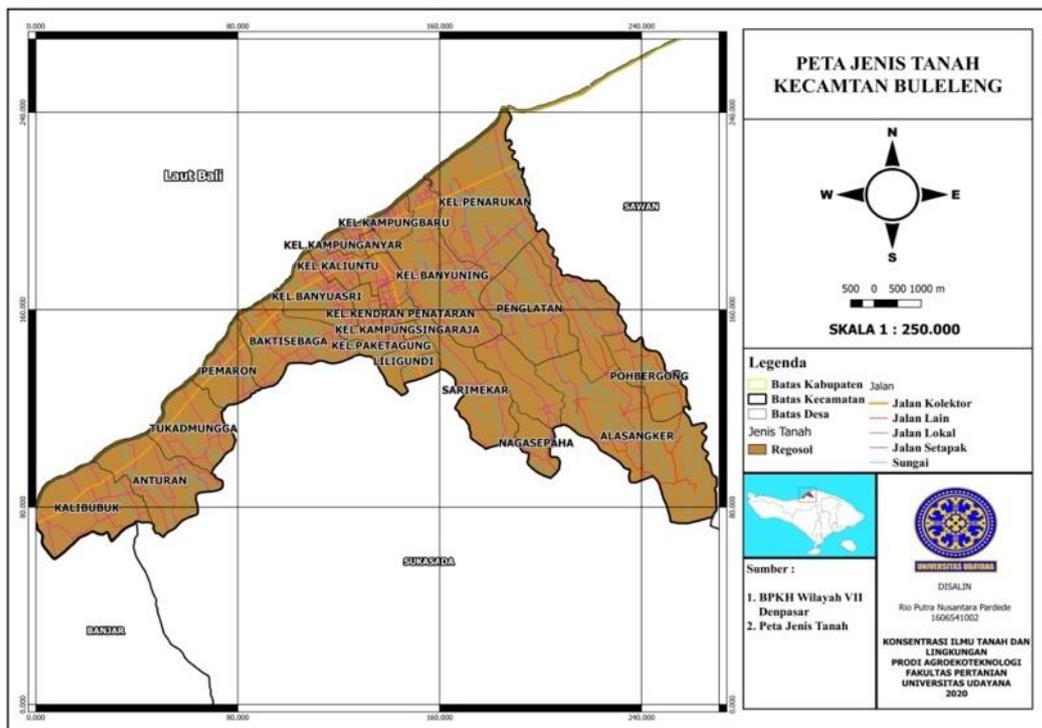
3.1 Jenis Tanah

Jenis tanah menjadi salah satu faktor dalam menentukan kriteria resapan air karena tanah sebagai media dalam proses penyerapan air. Jenis tanah sangat berpengaruh terhadap proses infiltrasi atau tingkat resapan tanah karena jenis tanah merupakan parameter utama dalam penentuan daerah resapan air dan kondisinya. Masing-masing jenis tanah memiliki daya serap dan kapasitas menahan air yang berbeda-beda. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan bahwa jenis tanah yang berada di daerah penelitian adalah tanah regosol dengan macam tanah regosol coklat kelabu. Peta jenis tanah di Kecamatan Buleleng dapat disajikan pada Gambar 1 dan hasil skor dan bobot disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6 Hasil Skor dan bobot jenis tanah dengan kemampuan infiltrasi di Kecamatan Buleleng

No	Jenis Tanah	Infiltrasi	Skor	Bobot	Nilai
1	Regosol	Besar	5	4	20

Sumber : Analisis Data Penelitian 2020



Gambar 1. Peta Jenis Tanah di Kecamatan Buleleng

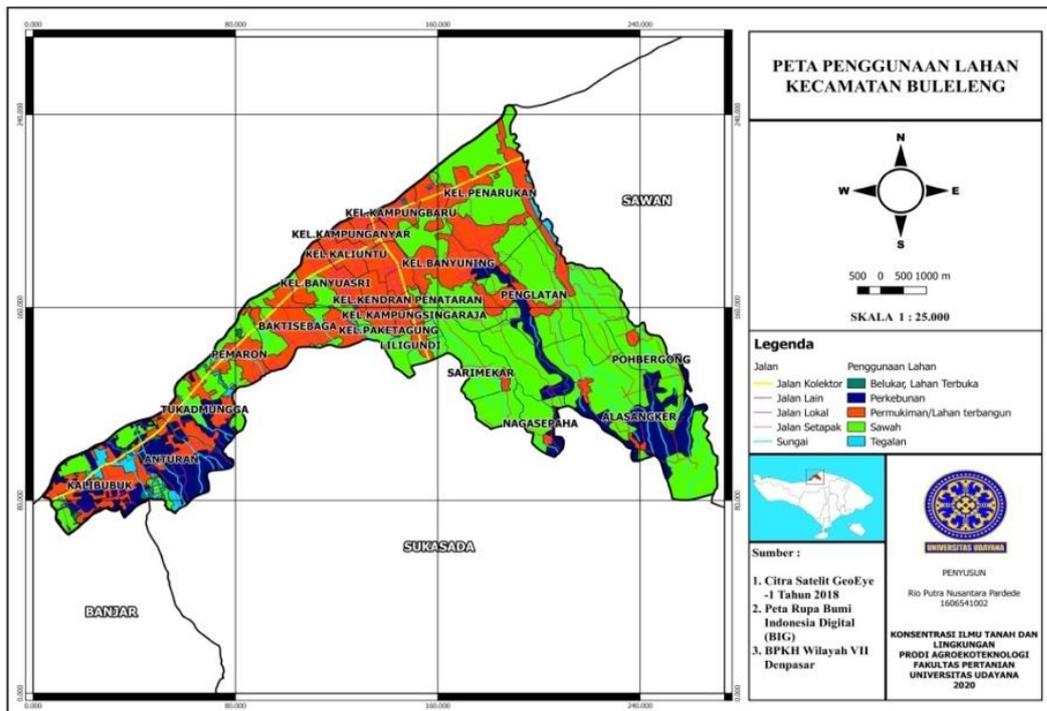
3.2 Penggunaan Lahan

Penggunaan lahan menjadi faktor yang menentukan kawasan resapan air karena penggunaan lahan berkaitan dengan daya serap air atau infiltrasi. Semakin baik vegetasi tutupan lahan semakin baik pula daya serap airnya. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan bahwa terdapat 5 jenis penggunaan lahan yang ada di daerah penelitian terdiri dari kebun, belukar/lahan terbuka, tegalan, permukiman dan sawah. Peta penggunaan lahan di Kecamatan Buleleng dapat dilihat pada Gambar 2 dan hasil skor dan bobot disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Skor dan bobot penggunaan lahan dengan kemampuan infiltrasi di Kecamatan Buleleng.

No	Penggunaan Lahan	Infiltrasi	Skor	Bobot	Nilai	Luas (ha)	Persentase (%)
1	Kebun	Agak Besar	4	3	12	735,51	15,66
2	Belukar/lahan terbuka	Sedang	3	3	9	14,96	0,31
3	Tegalan	Agak Kecil	2	3	6	102,35	2,18
4	Permukiman	Kecil	1	3	3	1.780,66	37,93
5	Sawah	Kecil	1	3	3	2.319,52	49,41

Sumber : Analisis Data Penelitian 2020.



Gambar 2. Peta Penggunaan Lahan di Kecamatan Buleleng

3.3 Kemiringan Lereng

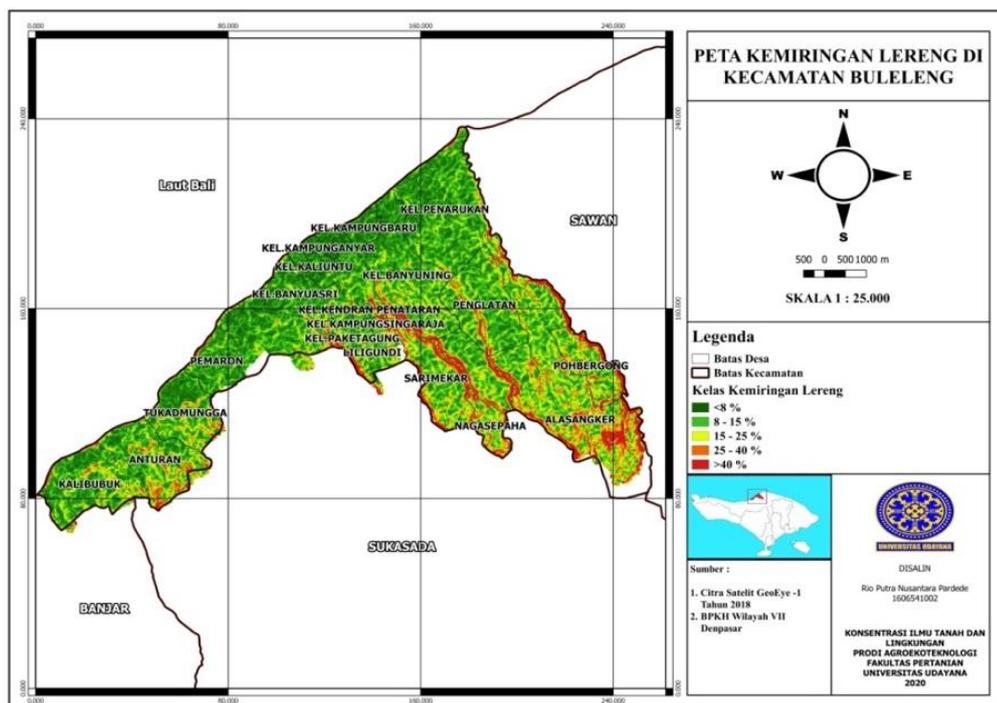
Kemiringan lereng merupakan salah satu faktor dalam menentukan kemampuan tanah meresapkan air. Semakin landai atau datar suatu tempat, maka semakin tinggi kemampuan daerah tersebut meresapkan air ke dalam tanah. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan bahwa kemiringan lereng yang berada di daerah penelitian berkisar dari datar, landai, bergelombang, agak curam dan curam. Peta kemiringan

lereng di Kecamatan Buleleng dapat disajikan pada Gambar 3 dan hasil skor dan bobot disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil skor dan bobot kemiringan lereng dengan kemampuan infiltrasi di Kecamatan Buleleng.

No	Lereng (%)	Deskripsi	Infiltrasi	Skor	Bobot	Nilai	Luas (ha)	Persentase (%)
1	<8	Datar	Besar	5	2	10	2.732,57	58,21
2	8–15	Landai	Agak Besar	4	2	8	1.426,35	30,38
3	15–25	Bergelombang	Sedang	3	2	5	190,36	4,05
4	25–40	Agak Curam	Agak Kecil	2	2	4	109,60	2,33
5	>40	Curam	Kecil	1	2	2	235,12	5,00

Sumber : Analisis Data Penelitian 2020



Gambar 3. Peta Kemiringan Lereng di Kecamatan Buleleng

3.4 Curah hujan

Curah hujan menjadi salah satu parameter dalam penentuan daerah resapan air, hal ini disebabkan oleh intensitas dan durasi curah hujan mempengaruhi besaran air yang meresap ke dalam tanah. Semakin besar dan lama intensitas curah hujan pada

suatu daerah, maka akan semakin besar juga air yang dapat meresap ke dalam tanah. Penelitian ini menggunakan data curah hujan tahun 2010 sampai dengan tahun 2019 di stasiun Tukad Mungga di Kecamatan Buleleng yang kemudian akan di rata-rata setiap tahunnya. Hasil skor dan bobot curah hujan dengan kemampuan infiltrasi dapat disajikan pada Tabel 9.

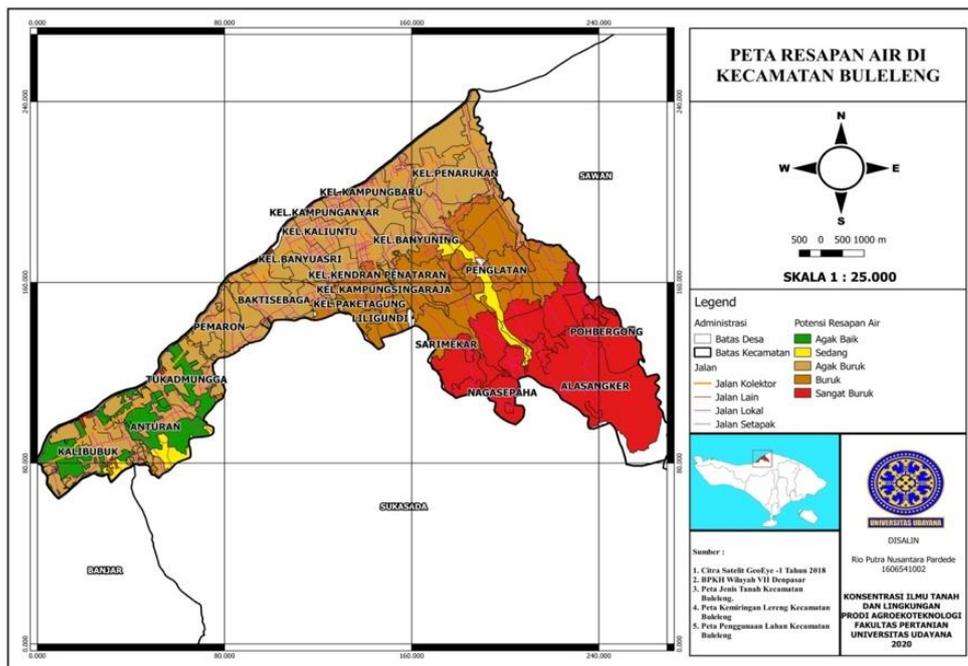
Tabel 9. Hasil skor dan bobot curah hujan dengan kemampuan infiltrasi di Kecamatan Buleleng.

No	Stasiun	Curah Hujan (mm/th)	Infiltrasi	Skor	Bobot	Nilai
1	Tukad Mungga	1.517,28	Kecil	1	1	1

Sumber : Analisis Data Penelitian 2020.

3.5 Potensi Peresapan Air

Berdasarkan hasil overlay peta jenis tanah, penggunaan lahan, kemiringan lereng dan curah hujan didapatkan bahwa potensi resapan air di daerah penelitian termasuk ke kriteria potensi resapan air agak baik, sedang, agak buruk, buruk dan sangat buruk. Potensi resapan air di daerah penelitian didominasi oleh kelas resapan air agak buruk dengan luas 2.305,66 ha (49,11%), disusul oleh kelas resapan air sangat buruk dengan luas 1.130,75 ha (24,08%), kelas resapan air buruk dengan luas 1.088,51 ha (23,18%), kelas resapan air agak baik dengan luas 112,35 ha (2,39%) dan yang terkecil kelas resapan air sedang dengan luas 56,73 ha (1,20%). Sebarannya secara spasial disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Peta Resapan Air di Kecamatan Buleleng

Berdasarkan Gambar 4 didapatkan bahwa potensi resapan air agak baik seluas 112,35 ha (2,39%) dari luas daerah penelitian terdapat di Desa Kalibubuk, Desa Anturan, Desa Tukadmungga, dan Desa Penglatan dengan penggunaan lahan kebun dan kemiringan lereng datar (<8%). Kebun yang ditanami tanaman tahunan dapat menyerapkan air lebih besar. Hal ini didukung oleh kemiringan lereng datar (<8%) akan lebih banyak mendapatkan kesempatan untuk meresapkan air. Jenis tanah pada daerah penelitian ini adalah Regosol dengan macam tanah Regosol Coklat Kelabu dan curah hujan <2500 mm/th.

Potensi resapan air sedang seluas 56,73 ha (1,20%) dari luas daerah penelitian terdapat di Desa Kalibubuk dan Desa Anturan dengan penggunaan lahan kebun yang dapat menyerap air lebih besar dan belukar/lahan terbuka yang berfungsi untuk memperlambat jalannya air. Hal ini didukung oleh kemiringan lereng datar (<8%) akan menyebabkan sebagian besar air pada lahan yang datar air menggenang sehingga mempunyai waktu cukup banyak untuk meresapkan air dan kemiringan lereng landai (8-15%) maka akan semakin tinggi kemampuan daerah tersebut meresapkan air ke dalam tanah.

Potensi resapan air agak buruk mendominasi wilayah di daerah penelitian seluas 2.305,66 (49,11%) dari luas daerah penelitian terdapat di Kel. Penarukan, Kel. Banyuning, Kel. Banyuasri, Desa Bakti Seraga, Desa Pemaron, Desa Tukadmungga, Desa Kalibubuk, Kel. Kaliuntu, Kel. Kampung Anyar, Kel. Kampung Bugis, Kel. Kampung Baru dan Desa Anturan dengan penggunaan lahan kebun, sawah, permukiman dan tegalan didukung oleh kemiringan lereng datar (<8%) dan curam (>40%). Penggunaan lahan sawah, tegalan dan permukiman berada pada kemiringan lereng datar (<8%). Hal ini akan menyebabkan resapan air yang rendah dan berada pada kemiringan lereng datar (<8%) sehingga mempunyai kesempatan yang lebih lama untuk meresap ke dalam tanah. Pada penggunaan lahan kebun yang memiliki kemampuan resapan air yang tinggi tetapi berada pada kemiringan lereng curam (>40%) akan menyebabkan kemampuan meresapkan air menjadi lebih rendah sehingga air tidak mempunyai kesempatan untuk masuk ke dalam tanah tetapi akan mengalir sebagai aliran permukaan.

Potensi resapan air buruk di daerah penelitian seluas 1.088,51 (23,18%) dari luas daerah penelitian terdapat di Desa Bakti Seraga, Kel. Banjar Tegal, Kel. Kendran Penataran, Kel. Paket Agung, Kel. Banyuning, Kel. Penarukan, Desa Liligundi, Desa Sari Mekar, Desa Penglatan, Desa Jinengdalem dan Desa Petandakan dengan penggunaan lahan permukiman yang ditutupi semen sehingga air tidak mempunyai kesempatan untuk masuk ke dalam tanah dan sawah sebagian besar air hanya menggenang yang mempunyai waktu cukup lama untuk infiltrasi. Kemiringan lereng di daerah ini adalah landai (8-15%) dan bergelombang (15-25%) yang memiliki kemampuan resapan air yang lebih rendah sehingga aliran limpasan permukaan akan cepat dan jumlah air yang diterima lebih lama untuk menyerap ke dalam tanah.

Potensi resapan air sangat buruk di daerah penelitian seluas 1.130,75 (24,08%) dari luas daerah penelitian terdapat di Desa Poh Bergong, Desa Sari Mekar, Desa

Petandakan, Desa Jinengdalem, Desa Nagasepaha dan Desa Alasangker dengan penggunaan lahan permukiman dan tegalan. Permukiman dan tegalan memiliki kemampuan resapan air yang lebih rendah dengan kemiringan lereng (25-40%) air yang jatuh ke tanah akan mengalir dengan cepat sehingga air tidak dapat terinfiltrasi.

4. Kesimpulan dan Saran

4.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penilaian dan penelitian dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Potensi daerah resapan air di Kecamatan Buleleng dikelompokkan menjadi lima kelas yaitu agak baik, sedang, agak buruk, buruk, dan sangat buruk. Potensi daerah resapan air agak baik dengan luas 112,35 ha (2,39%), potensi daerah resapan air sedang dengan luas 56,73 ha (1,20%), potensi daerah resapan air didominasi oleh kelas resapan air agak buruk dengan luas 2.305,66 ha (49,11%), potensi daerah resapan air buruk dengan luas 1.088,51 ha (23,18%), dan potensi daerah resapan air sangat buruk dengan luas 1.130,75 ha (24,08%),
2. Sebaran potensi resapan air agak baik terdapat di Desa Kalibubuk, Desa Anturan, Desa Tukadmungga, dan Desa Penglatan, sebaran potensi resapan air sedang terdapat di Desa Kalibubuk dan Desa Anturan, sebaran potensi resapan air agak buruk terdapat di Kel. Penarukan, Kel. Banyuning, Kel. Banyuasri, Desa Baktisebaga, Desa Pamaron, Desa Tukadmungga, Desa Kalibubuk, Kel. Kaliuntu, Kel. Kampung Anyar, Kel. Kampung Bugis, Kel. Kampung Baru dan Desa Anturan, sebaran potensi resapan air buruk terdapat di Desa Bakti Seraga, Kel. Banjar Tegal, Kel. Kendran Penataran, Kel. Paket Agung, Kel. Banyuning, Kel. Penarukan, Desa Liligundi, Desa Sari Mekar, Desa Penglatan, Desa Jineng Dalem dan Desa Petandakan dan sebaran potensi resapan air sangat buruk terdapat di Desa Poh Bergong, Desa Sari Mekar, Desa Petandakan, Desa Jineng Dalem, Desa Naga Sepaha dan Desa Alasangker.

4.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian dapat disarankan untuk kondisi resapan air di Kecamatan Buleleng yang masuk kategori baik harus dilindungi pemerintah dan dijadikan sebagai kawasan resapan air sedangkan kawasan resapan air yang masuk kategori sangat buruk agar lebih diperhatikan pemerintah dan juga kesadaran masyarakat untuk mempertahankan ruang kawasan hijau dan permukiman padat untuk membuat sumur resapan dan lubang biopori.

Daftar Pustaka

Dirjen Reboisasi dan Rehabilitasi Lahan. 1998. *Keputusan Direktorat Jendral Reboisasi dan Rehabilitasi Lahan Nomor : 041/Kpts/V/1998* Jakarta Departemen Kehutanan.

- Hastono, F.D., Bambang Sudarsono dan Bandi Sasmito. 2012. *Identifikasi Daerah Resapan Air Dengan Sistem Informasi Geografis (Studi Kasus: Sub DAS Keduang)*. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Peraturan Menteri Kehutanan Republik Indonesia. 2009. *P.32/Menhut-Ii/2009 Tentang Tata Cara Penyusunan Rencana Teknik Rehabilitasi Hutan Dan Lahan Daerah Aliran Sungai (RTkRHL-DAS) dalam Penilaian Kekritisian Daerah Resapan (Opsional) tentang Teknik Penentuan Klasifikasi Tingkat Infiltrasi*. Jakarta: Menteri Kehutanan RI.
- Prahasta, E. 2011. *Tutorial ArcGIS Desktop untuk Bidang Geodesi dan Geomatika*. Bandung : Informatika.
- Wibowo, M. 2006. *Model Penentuan Kawasan Resapan Air Untuk Perencanaan Tata Ruang Berwawasan Lingkungan*. Jakarta: Badan Pengkaji dan Penerapan Teknologi.