

Analisis Bentuklahan untuk Menentukan Zona Resapan Air di Lereng Selatan Kawasan Bedugul

MOHAMMAD RAJU BELLY DALIMUNTHE
R. SUYARTO*)
I WAYAN DIARA

Prodi Agroekoteknologi Fakultas Pertanian Universitas Udayana Denpasar
Jln. PB. Sudirman, Denpasar 80232 Bali
*)Email: rsuyarto@yahoo.com

ABSTRACT

Landform Analysis to Determine Recharge Zone Potential in Southern Bedugul Area

Water recharge area is one of the most important part in hydrologic cycle that aimed in passing groundwater, thus determining stability and sustainability of groundwater. The objective of this research to identify the characteristics of landforms on the southern Bedugul Area and determine the potential of the water recharge area in the process of groundwater formation. This research started from August 2017 until May 2018 included the secondary and primary data collection, and to thesis preparation. The method used in this research is survey and map interpretation purposive sampling method with the technique of landform analysis (topography, rock material, permeability, soil texture, and rainfall data) and spatial analysis (Geographic Information System and overlay). Maps that used in overlapping in this research were geological maps, hydrogeological maps, land type maps, and rainfall data.

The result of this study obtained where in research location there are 4 (four) recharge water zones potential criteria, which are good potential, normal natural, start of critical, and critical. As for the research area is dominated by the area with a good potential as a recharge with an area of 3.791,37 ha (63,6 %), areas with normal natural recharge potential of 1.551,18 ha (26,43 %). The area with a start of critical recharge potential of 507,08 ha (7,63 %) and the critical criteria is only 19,37 ha (0,33 %).

Keywords : *Landform characteristic, Recharge water potential, Geographic Information System*

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Air merupakan unsur penting bagi keberlangsungan kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya. Air menutupi hampir 71% permukaan bumi dengan wujud cairan, padat, maupun uap. Kebutuhan dan penggunaan air bersih di dunia semakin meningkat akibat adanya pertambahan jumlah penduduk. Berdasarkan kebutuhan setiap sektor, kebutuhan air di Provinsi Bali meningkat dua kali lipat dari sekitar 84.239.711 m³/ tahun menjadi 194.777.505 – 284.674.815 m³/ tahun. (Pusat Pengendalian Pembangunan Ekoregion Bali-Nusra, 2015).

Ketersediaan airtanah di Indonesia, khususnya Bali tergantung pada formasi batuan akuifer yang menyusun satuan hidromorfologi, sehingga setiap satuan bentuklahan memiliki respon tertentu terhadap airtanah (Sutikno, 1989). Geologi dan bentuklahan memiliki peran penting dalam siklus hidrologi yang akan membentuk airtanah, dimulai dari daerah resapan air (*recharge area*). Daerah resapan berperan penting dalam proses terbentuknya airtanah. Air hujan yang jatuh ke permukaan tanah akan mengalami proses penyerapan atau infiltrasi melalui pori tanah. Penyerapan air tersebut terjadi akibat adanya gravitasi bumi dari tempat tinggi ke tempat yang rendah hingga menyatu pada satu keadaan yang jenuh air.

Berdasarkan Undang-Undang Nomor 26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang, bahwa pemerintah provinsi, dan kabupaten/kota perlu melakukan konservasi airtanah dengan membuat zonasi di beberapa kawasan sebagai zona resapan air untuk melestarikan ketersediaan sumber airtanah. Zona konservasi airtanah disajikan dalam bentuk peta yang diklasifikasikan sebagai zona perlindungan airtanah yang meliputi daerah resapan airtanah.

1.2 Rumusan Masalah

- a. Bagaimana karakteristik bentuklahan dan topografi lereng selatan Kawasan Bedugul ?
- b. Bagaimana sebaran daerah yang diperkirakan sebagai zona resapan air yang baik pada lereng selatan Kawasan Bedugul ?

1.3 Tujuan Penelitian

- a. Untuk mengidentifikasi karaktersitik bentuklahan dan topografi lereng selatan Kawasan Bedugul
- b. Menentukan sebaran daerah resapan air dengan kriteria yang diperkirakan memiliki potensi yang baik sebagai daerah resapan air

1.4 Manfaat Penelitian

- a. Dapat mengetahui bentuklahan dan topografi dalam mengidentifikasi daerah resapan air di lereng selatan Kawasan Bedugul
- b. Dapat memberikan informasi tentang zona yang diperkirakan memiliki potensi sebagai resapan air di lereng selatan Kawasan Bedugul

2. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian yaitu dengan mengkombinasikan penelitian deskriptif kuantitatif menggunakan metode survei dan interpretasi citra. Parameter yang diamati dalam penelitian ini yaitu jenis tanah, tekstur tanah, permeabilitas tanah, data curah hujan, kemiringan lereng, dan penggunaan lahan dari interpretasi citra

2.1 Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilakukan di lereng selatan Kawasan Bedugul dengan mengambil 10 titik sampling secara *purposive sampling*. Penelitian ini dilaksanakan mulai bulan Agustus 2017 hingga Mei 2018.

2.2 Bahan dan alat

Bahan : Citra Satelit Quickbird 2012 Kabupaten Badung dan Tabanan, Peta Rupa Bumi Indonesia Lembar 1707-614 Baturiti dan Lembar 1707-612 Petang skala 1:25.000, Peta Geologi, Peta Hidrogeologi dan Peta Sebaran Cekungan Airtanah Provinsi Bali. Alat : *Software QGIS 2.16, Software Microsoft Office 2013, Global Positioning System (GPS), Ring Sample, Kertas Millimeter Block.*

2.3 Pelaksanaan Penelitian

(1) Pengumpulan Data

Sumber data yang digunakan dalam penelitian terbagi menjadi data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh secara observasi lapangan dan analisis laboratorium. Data sekunder merupakan data pendukung yang diperoleh dari BPS Kabupaten Badung dan Kabupaten Tabanan; Citra Kabupaten Badung dan Kabupaten Tabanan pada Kawasan Bedugul; Peta Geologi Pulau Bali; Peta Hidrogeologi Provinsi Bali; Peta Jenis Tanah Provinsi Bali; dan data Curah Hujan yang diperoleh dari BMKG Wilayah III Provinsi Bali; Hasil penelitian dan literatur-literatur terkait sebelumnya.

(2) Teknik analisis

Teknis analisis yang dilakukan dalam penelitian ini terbagi menjadi dua, yaitu analisis bentuklahan dan Zonasi Resapan Air. Analisis bentuklahan terdiri dari analisis bentuk wilayah yang dilakukan dengan mengklasifikasi bentuk wilayah dari titik yang lebih tinggi hingga titik terendah dengan bantuan peta kontur dan peta Rupa Bumi Indonesia pada wilayah daerah penelitian; Keadaan geologi yang sangat berpengaruh dalam menentukan daerah resapan air dengan data sekunder melalui Peta Hidrogeologi dan Peta Sebaran Cekungan Air Tanah di Pulau Bali dari Direktorat Geologi dan Tata Lingkungan. Data tersebut kemudian dicocokkan dengan keadaan lapangan sehingga dapat diketahui jenis material batuan yang terdapat pada daerah penelitian serta potensinya dalam meresap atau meloloskan air; Permeabilitas yang dilakukan dengan mengambil sampel tanah kemudian dianalisis di laboratorium; Tekstur tanah dilakukan dengan melakukan pengamatan lapangan pada titik sampel yang telah ditentukan, serta dengan analisis laboratorium sehingga dapat menentukan tekstur tanah serta tingkat kelolosan air pada masing-masing titik sampel; Curah Hujan mempengaruhi besaran air yang meresap ke dalam tanah. Semakin besar dan lama intensitas hujan suatu daerah, maka semakin besar air yang meresap.

Zonasi Resapan Air dilakukan untuk menentukan zona resapan air setelah setelah menganalisis seluruh data yang berkaitan dengan prakiraan potensi daerah resapan dengan nilai skor pada parameter penggunaan lahan, curah hujan, kemiringan lereng, dan jenis tanah. Nilai skoring pada masing-masing parameter kemudian ditumpang susun dalam proses GIS (*Geographic Information System*). Prakiraan potensi daerah resapan air dilakukan dengan menentukan nilai total skor dari parameter hasil analisis data dan peta yang sudah dilakukan.

Adapun nilai skor untuk variable parameter dalam menentukan daerah resapan air disajikan dalam tabel 1 hingga 4 berikut ini.

Tabel 1. Skor Parameter Penggunaan Lahan

No	Klasifikasi Spasial	Skor	Kategori
1	Hutan	5	Sangat Tinggi
2	Semak Belukar	4	Tinggi
3	Ladang/Kebun	3	Sedang
4	Rawa, Tambak, Sawah	2	Rendah
5	Pemukiman	1	Sangat Rendah

Sumber : Permen PU No. 02/2013

Tabel 2. Skor Parameter Curah Hujan

No	Klasifikasi Spasial	Skor	Kategori
1	>1000 mm/tahun	5	Sangat Tinggi
2	2000-3000 mm/tahun	4	Tinggi
3	1000-2000 mm/tahun	3	Sedang
4	500-1000 mm/tahun	2	Rendah
5	<500 mm/tahun	1	Sangat Rendah

Sumber : Permen PU No. 02/2013

Tabel 3. Skor Parameter Kemiringan Lereng

No	Klasifikasi Spasial	Skor	Kategori
1	<5%	5	Sangat Tinggi
2	5-20%	4	Tinggi
3	20-40%	3	Sedang
4	40-60%	2	Rendah
5	>60%	1	Sangat Rendah

Sumber : Permen PU No. 02/2013

Tabel 4. Skor Parameter Jenis Tanah

No	Klasifikasi Spasial	Skor	Kategori
1	Regosol Kelabu	5	Sangat Tinggi
2	Andosol Coklat Kelabu	4	Tinggi
3	Latosol Coklat Kekuningan	3	Sedang

Sumber : Permen PU No. 02/2013

Untuk menghitung skor total, dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut :
 Skor total = (Bobot x Skor penggunaan lahan) + (Bobot x Skor Kemiringan lereng) + (Bobot x Skor curah hujan) + (Bobot x Skor jenis tanah)

Sehingga diperoleh klasifikasi kriteria kondisi daerah resapan air dalam tabel 5 berikut

Tabel 5. Klasifikasi Kriteria Kondisi Resapan Air

No	Nilai Skor	Kategori
1	>50	Baik
2	44 – 50	Normal Alami
3	38 – 44	Mulai Kritis
4	33 – 38	Agak Kritis

Sumber : Permen PU No.02/2013 dengan modifikasi

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Analisis Bentuklahan

3.1.1 Karakteristik bentuklahan

Lereng Selatan Kawasan Bedugul merupakan daerah dengan bentuklahan vulkan yang berasal dari kompleks vulkanik Gunung Api Buyan – Beratan. Berdasarkan pembagian unit lahan, luas wilayah daerah penelitian yaitu 9904,3 Ha, yang terbagi menjadi tujuh (7) bentuklahan asal vulkanik yang dijelaskan pada Tabel 6 berikut ini.

Tabel 6. Pembagian Bentuklahan Asal Vulkan dan Luasannya

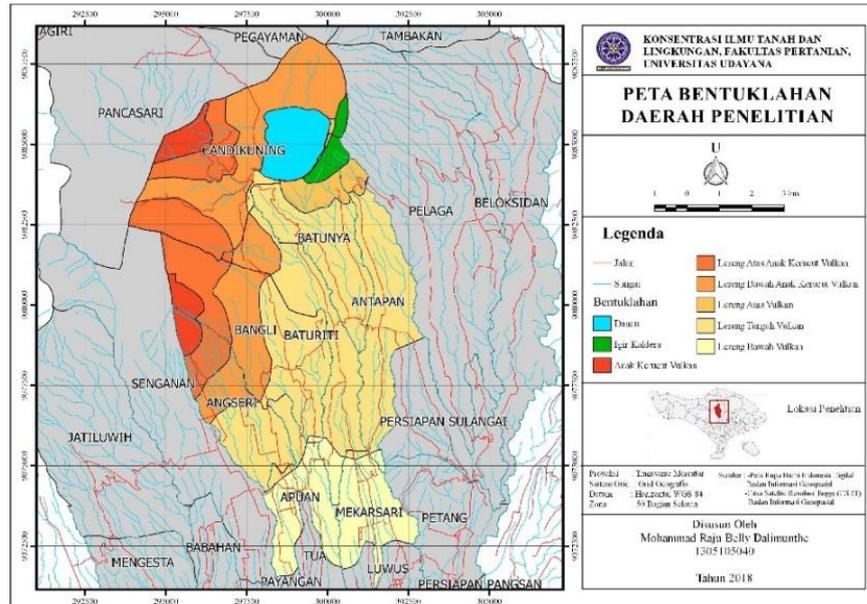
Kode	Bentuklahan	Luas (Ha)	Persentase
C	Igir Kaldera	92,14	1.57 %
VC1	Anak Kerucut Vulkan	247,67	4.22 %
VC2	Lereng Atas Anak kerucut Vulkan	477,74	8.14 %
VC3	Lereng Bawah Anak Kerucut Vulkan	802,29	13.67 %
V2	Lereng Atas Vulkan	268,80	4.58 %
V3	Lereng Tengah Vulkan	2.477,89	42.21 %
V4	Lereng Bawah Vulkan	1.502,46	25.60 %
Total		5.869	100 %

Sumber : Hasil Analisis Citra Satelit Quickbird 2012 pada Daerah Penelitian 2017

Adapun karakteristik dan morfologi masing-masing bentuklahan dipaparkan dalam penjelasan berikut ini.

1. Igir Kaldera (C), yang dapat ditandai dengan adanya bukit curam di pinggir kaldera / Danau Beratan, pola kontur yang melingkar dan rapat, memiliki kemiringan lereng lebih besar dari 45% pada ketinggian 1.250 – 1.500 mdpl. Umumnya Igir Kaldera ditutupi oleh vegetasi hutan lindung dan hutan penyangga.
2. Anak Kerucut Vulkan (VC1), memiliki bentuk lahan yang bergelombang hingga bergunung. Anak Kerucut Vulkan merupakan gunung yang sudah tidak aktif yang biasanya ditutupi oleh vegetasi hutan lindung maupun hutan penyangga dengan kemiringan lereng 25 – 45%.

3. Lereng atas Anak Kerucut Vulkan (VC2), ditandai dengan kerapatan kontur yang bervariasi dan dengan bentuk lahan yang bergelombang dan berbukit, memiliki kemiringan lereng 25 – 45% dan memiliki vegetasi penutup hutan lindung dan hutan penyangg .dengan ketinggian wilayah 975 – 1.400 mdpl.
4. Lereng bawah Anak Kerucut Vulkan (VC3), memiliki kemiringan lereng 15 – 25 % pada ketinggian wilayah 700 – 1.325 mdpl. dengan vegetasi penutup tegalan dan pemukiman.
5. Lereng atas Vulkan (V2), ditandai dengan kondisi bentuklahan dan kontur dari bagian Igir Kaldera / Danau dengan kemiringan lereng 15 – 25 %, memiliki vegetasi penutup yang terdiri dari hutan penyangga, tegalan, dan pemukiman. Lereng Atas Vulkan memiliki ketinggian wilayah dari 1.025 – 1.375 mdpl.
6. Lereng tengah Vulkan (V3), ditandai dengan bentuk wilayah yang berbukit dan bergunung, memiliki vegetasi penutup hutan, tegalan, dan beberapa pemukiman, berada pada ketinggian wilayah dari 600 – 1.025 mdpl dengan kemiringan lereng 15 – 25 %
7. Lereng bawah Vulkan (V4), ditandai dengan kemiringan lereng 8 – 15 % pada ketinggian wilayah dari 475 – 600 mdpl, memiliki penggunaan lahan yang terdiri dari tegalan dan perkebunan.



Gambar 1. Peta Bentuklahan Daerah Penelitian

3.1.2 Struktur geologi dan hidrogeologi

Berdasarkan kompilasi peta antara Peta Geologi Lembar Bali, dan Peta Hidrogeologi Pulau Bali, dengan Peta Tanah Tinjau, wilayah studi terbagi menjadi empat kelompok batuan, yaitu:

Tabel 7 . Sebaran Jenis Batuan di Daerah Penelitian

Simbol	Deskripsi	Luas (Ha)	Persentase (%)
Qa	Akuifer sedang	90,97	1,55
Qpbb	Akuifer baik	3.152,83	53,72
Qv (l.p.s)	Akuifer Baik	2.625,20	44,73
	Jumlah	5.869	100 %

Sumber :Hasil overlay Peta Geologi dan Peta Hidrogeologi

3.1.3 *Tekstur tanah daerah penelitian*

Tekstur tanah berpengaruh dalam penentuan daerah resapan air, karena daerah yang memiliki tekstur tanah yang didominasi oleh pasir memiliki kemampuan meresap air yang lebih tinggi dibandingkan dengan daerah yang memiliki tekstur tanah berupa lempung. Berdasarkan hasil analisis laboratorium, diperoleh kode sampel T9 merupakan titik sampel yang memiliki tekstur pasir dan termasuk kedalam kategori Sangat Tinggi dalam meresap air. Hal ini disebabkan karena sampel T9 terletak di Gunung Pohen sehingga memiliki struktur tanah pasir dan kerikil. Kode sampel T4, T8, dan T10 merupakan sampel tanah yang memiliki tekstur pasir berlempung dan termasuk kedalam kategori Tinggi dalam meresap air. Sampel yang memiliki kategori Sedang r terdapat pada sampel T1, T3, T5, T6, T7 dengan tekstur tanah lempung berpasir. Kode sampel T2 merupakan sampel dengan tekstur tanah lempung sehingga termasuk kedalam kategori Rendah dalam meresap air.

3.1.4 *Permeabilitas tanah*

Tabel 8. Nilai Permeabilitas Tanah di Daerah Penelitian

Lokasi Pengamatan	K (cm/jam)	Kategori
Titik 1	20,55	Sangat Cepat
Titik 2	2,55	Sedang
Titik 3	16,29	Cepat
Titik 4	17,82	Cepat
Titik 5	20,11	Sangat Cepat
Titik 6	8,91	Agak Cepat
Titik 7	30,55	Sangat Cepat
Titik 8	20,55	Sangat Cepat
Titik 9	795,44	Sangat Cepat
Titik 10	5,47	Sedang

Sumber : Hasil Analisis Laboratorium

Berdasarkan tabel, pengamatan dengan kategori permeabilitas sangat cepat berada pada Titik 5,7, dan 9. Kategori permeabilitas cepat berada pada Titik 1, 3, 4, dan 8. Kategori permeabilitas agak cepat berada pada Titik 6. Kategori permeabilitas sedang berada pada Titik 2 dan 10.

3.2 Zonasi Resapan Air berdasarkan Tumpang Tindih

3.2.1 Jenis Tanah

Lereng selatang kawasan bedugul memiliki jenis tanah Latosol coklat kekuningan, Andosol coklat kelabu, dan Regosol kelabu. Masing-masing jenis tanah memiliki daya serap / permeabilitas serta kapasitas menahan air yang berbeda-beda. Jenis tanah pada lereng selatan kawasan bedugul disajikan dalam tabel 9.

Tabel 9. Jenis Tanah pada Daerah Penelitian

Jenis Tanah	Luas (ha)	Persentase (%)	Infiltrasi
Regosol Kelabu	90,97	1,55	Besar
Andosol Coklat Kelabu	3962,38	67,51	Agak Besar
Latosol Coklat Kekuningan	1815,5	30,93	Sedang
Jumlah	5869	100,00	

Sumber : Peta Jenis Tanah Provinsi Bali dan Permen PU No. 02/2013

3.2.2 Penggunaan lahan

Data penggunaan lahan menjadi parameter faktor yang menentukan kawasan resapan air, hal ini karena penggunaan lahan berkaitan dengan laju air permukaan yang berkaitan juga dengan daya serap air atau infiltrasi. Semakin baik vegetasi tutupan lahan, semakin baik pula daya resap air pada daerah penelitian. Penggunaan lahan pada daerah penelitian disajikan dalam tabel 10 berikut.

Tabel 10. Klasifikasi Penggunaan Lahan pada Daerah Penelitian

Penggunaan Lahan	Luas (ha)	Persentase (%)	Infiltrasi
Hutan	980,65	16,71	Besar
Tegalan	2.095,09	35,70	Agak Besar
Sawah	930,87	15,86	Agak kecil
Penggunaan lainnya	1.862,39	31,73	kecil

Sumber : Hasil survei lapangan dan Permen PU No. 02/2013

Berasarkan interpretasi citra Quickbird, penggunaan lahan dengan klasifikasi hutan seluas 980,65 ha (16,71%). Wilayah dengan klasifikasi penggunaan lahan tegalan memiliki luas 2.095,09 ha (35,70%) daerah penelitian. Wilayah dengan klasifikasi penggunaan lahan sawah memiliki luas 930,87 ha (15,86%). Wilayah dengan klasifikasi penggunaan lainnya seluas 1.862,39 ha (31,73 %) dari luas total daerah penelitian.

3.2.3 Kemiringan lereng

Tabel 11. Klasifikasi Kemiringan Lereng pada Daerah Penelitian

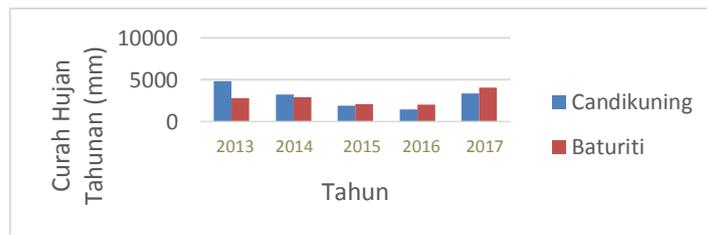
No	Klasifikasi Spasial	Luas (ha)	Skor	Kategori
1	5-20%	1.280,03	4	Tinggi
2	20-40%	4.248,35	3	Sedang
3	40-60%	92,14	2	Rendah

Sumber : Hasil analisis dan Peta Kemiringan Lereng

Daerah dengan kemiringan lereng landai, memiliki luas wilayah 1.280,03 ha dengan kategori tinggi terhadap resapan air. Daerah dengan kemiringan lereng sedang memiliki luas 4.248,35 ha dengan kategori sedang daya resap air. Wilayah dengan kategori daya resap yang rendah memiliki kemiringan yang agak curam dengan luas wilayah 92,14 ha.

3.2.4 Curah hujan (precipitation)

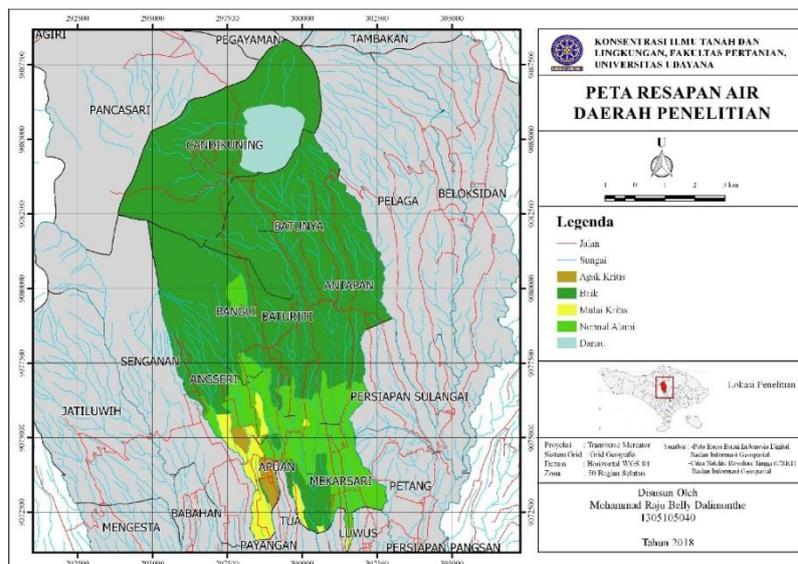
Berdasarkan data curah hujan dari stasiun curah hujan Candikuning dan Baturiti, disimpulkan bahwa curah hujan rata-rata sebesar 2.884.88 mm/tahun



Gambar 2. Grafik Curah Hujan Tahunan di Stasiun Candikuning dan Baturiti

3.2.5 Zonasi resapan air

Zonasi resapan air dilakukan dengan metode tumpang tindih atau *overlay* peta secara digital dari peta jenis tanah, peta geologi, peta curah hujan, dan peta kemiringan lereng. Metode tumpang tindih juga dilakukan dengan menggabungkan data permeabilitas dan data tekstur tanah pada titik sampel yang diambil pada daerah penelitian. Zonasi resapan air dapat dilihat pada gambar 3 berikut.



Gambar 3. Peta Potensi Daerah Resapan Air di Daerah Penelitian

Tabel 12 . Luas Area dan Persentase Potensi Resapan Air pada Daerah Penelitian

Nilai Skor	Luas Area (Ha)	Persentase (%)	Kriteria
> 50	3.791.37	63.6 %	Baik
44 - 50	1.551.18	26.43 %	Normal alami
38 - 44	507.08	7.63 %	Mulai Kritis
33 - 38	19.37	0.33 %	Agak Kritis

Sumber : Hasil Analisis tumpang tindih peta (*overlay*)

Berdasarkan peta dan tabel diatas, pada daerah penelitian masih didominasi oleh daerah yang memiliki potensi resapan yang baik luas 3.791.37 Ha (63,6%). Kriteria normal alami dengan luas 1.551.188 Ha (26,43%). Daerah yang termasuk kedalam kriteria mulai kritis seluas 507.08Ha (7,63%), dan kriteria agak kritis dengan luas 19.37Ha (0,33%).

4. Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitan dapat disimpulkan bahwa :

1. Pada daerah penelitian, memiliki karakteristik bentuklahan asal vulkan yang terbagi menjadi Igir Kaldera (C), Anak Kerucut Vulkan (VC1), Lereng atas Anak Kerucut Vulkan (VC2), Lereng bawah Anak Kerucut Vulkan (VC3), Lereng atas Vulkan (V2), Lereng tengah Vulkan (V3), dan Lereng bawah Vulkan (V4).
2. Potensi Resapan Air lereng selatan Kawasan Bedugul termasuk daerah dengan kriteria resapan baik dengan luas 3.791,37 Ha (63,6%) pada bentuklahan asal volkan Kaldera (C), lereng atas anak kerucut volkan (VC1), lereng tengah anak kerucut volkan (VC2), lereng bawah anak kerucut volkan (VC3), dan lereng atas volkan (V2). Daerah kriteria normal alami dengan luas 1.551,18 Ha (26,43 %), daerah dengan kriteria resapan yang mulai kritis memiliki luas 507,08 Ha (8,64%) pada bentuklahan asal volkan lereng atas volkan (V2), dan lereng tengah volkan (V3). Daerah yang termasuk dalam kategori potensi resapan air yang kritis hanya seluas 19,37 Ha (0,33%) pada lereng bawah volkan (V4) .

4.2 Saran

Perlu dilakukan penyesuaian dan lebih mempertimbangkan pola penggunaan lahan agar potensi daerah resapan tetap terjaga untuk kehidupan sekarang dan masa mendatang.

Daftar Pustaka

- Badan Pusat Statistik Kabupaten Tabanan. 2015. *Tabanan dalam angka*. Tabanan: Badan Pusat Statistik Kabupaten Tabanan.
- Lubis, R.F. Inovasi Online Vol.6/XVII/Maret 2006. *Bagaimana Menentukan Daerah Resapan Air Tanah*. io.ppijepang.org. (Diakses pada 11 Oktober 2016).
- Murtono, T. dkk. 2013. *Majalah Geosains*. 9(02), 89-97. *Zonasi Imbuhan Airtanah pada Daerah Aliran Sungai Lahumbuti Provinsi Sulawesi Tenggara*. Makassar: Teknik Geologi Universitas Hassanudin.

- Pusat Pengendalian Pembangunan Ekoregion Bali dan Nusa Tenggara. 2016. *Rencana Pengelolaan Sumber Daya Air Provinsi Bali 2016*. Dipresentasikan pada Pertemuan Teknis / FGD Penyusunan Sumber Daya Alam dan Lingkungan Hidup, 10 Mei 2016, Bali.
- Raharjo, A.R. 2015. *Analisis Daerah Resapan Air dengan Menggunakan Sistem Informasi Geografis di Kabupaten Boyolali, Jawa Tengah*. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Rizal, M.K. 2009. *Analisis Pemetaan Zonasi Resapan Air Untuk Kawasan Perlindungan Sumberdaya Air Tanah PDAM Tirtanadi Sibolangit Kabupaten Deli Serdang Provinsi Sumatera Utara* Medan; Universitas Sumatera Utara.
- Sutikno, 1989. *Kajian Bentuklahan Untuk Pemintakatan Sistem Penyediaan Air Bersih di DAS Serang Kulonprogo*. Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada; Yogyakarta
- Wibowo, Mardi. 2006. *J. Hidrosfir Vol.1 No.1 April 2006: 1-7. Model Penentuan Kawasan Untuk Perencanaan Tata Ruang Berwawasan Lingkungan*. Peneliti Geologi Lingkungan, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi; Jakarta.