

RE-VEGETASI TANAH VULKANIS TANDUS DENGAN AIR SUMUR

I Nengah Simpen^{*1}, I Nyoman Sutarpa Utama², I Wayan Redana³, Siti Zulaikah⁴

¹⁾ Jurusan Fisika Universitas Udayana, Denpasar

²⁾ Jurusan Peternakan Universitas Udayana, Denpasar

³⁾ Jurusan Teknik Sipil Universitas Udayana, Denpasar

⁴⁾ Jurusan Fisika Universitas Negeri Malang, Malang

^{*}Email: simpen.nengah@yahoo.com

Abstrak. Tanah vulkanis merupakan suatu perlapisan tanah yang terbentuk oleh hamparan material letusan gunung berapi saat meletus. Tanah vulkanis biasanya tandus. Perlu waktu yang lama bertahun-tahun dan bahkan sampai berpuluh-puluh tahun untuk menumbuhkan kembali vegetasi (re-vegetasi) di daerah ini. Untuk itu perlu dicari suatu cara agar pada tanah yang semula tandus dapat sesegera mungkin ditumbuhi tanam-tanaman, sehingga tanah vulkanis menjadi produktif. Melihat kondisinya yang seperti ini dapatlah dianalisa bahwa masalah utama pada daerah tersebut adalah air dan cara mengelolanya. Di sini diberikan salah satu contoh untuk mencari air pada daerah tanah vulkanis tandus yaitu dengan Metoda Geolistrik. Dari hasil yang didapat bahwa walaupun bagian atasnya berupa tanah vulkanik tandus, namun di bawahnya masih terpendam akuifer-akuifer yang dapat disadap airnya. Setelah airnya didapat, airnya mestinya dikelola sehingga dapat dipakai oleh hewan maupun tumbuhan. Simbiosis antara hewan dan tumbuhan dapat mempercepat proses re-vegetasi pada daerah vulkanis tandus. Sebagai hasil studi, dapat dilihat pada beberapa daerah di Kabupaten Karangasem Bali.

Kata kunci: Re-vegetasi, Tanah vulkanis tandus, Metoda Geolistrik, Air sumur

1. Pendahuluan

Tanah vulkanis merupakan suatu perlapisan tanah yang terbentuk oleh hamparan material letusan gunung berapi saat meletus. Tanah vulkanis biasanya tandus. Perlu waktu yang lama bertahun-tahun dan bahkan sampai berpuluh-puluh tahun untuk menumbuhkan kembali vegetasi (re-vegetasi) di daerah ini. Di Bali telah terjadi letusan gunung Agung pada bulan Maret tahun 1963. Banyak material-material dari gunung Agung yang terdampar saat itu. Penyebaran materialnya dengan ketebalan beberapa sentimeter sampai berpuluh-puluh meter. Pada saat itu pohon-pohonan atau vegetasi tersapu/tertutup bersih sehingga hanya nampak hamparan material sisa letusan gunung Agung saja. Yang dulunya tanahnya produktif kini menjadi tidak atau kurang produktif. Hal seperti ini masih dijumpai sampai sekarang seperti di daerah Kubu, Tianyar, Datah dan beberapa daerah lain di Kabupaten Karangasem walaupun sudah 52 tahun meletus. Untuk itu perlu dicari suatu cara agar pada tanah yang semula tandus dapat sesegera mungkin ditumbuhi tanam-tanaman, sehingga tanah vulkanis menjadi produktif.

Kalau diperhatikan, tanah vulkanis yang bersifat tandus pada prinsipnya kekurangan air, padahal daerah hulunya yang berupa gunung

menjulung tinggi merupakan daerah tangkapan awan yang akan membentuk hujan serta daerah penyimpanan dan mampu meloloskan air (Purbo, 1973). Pada peristiwa gunung meletus, material yang berupa lava maupun lahar menutupi lembah-lembah atau sungai-sungai (Tjia, 1987). Lembah ataupun sungai yang terkubur dapat berfungsi sebagai akuifer-akuifer yang merupakan tempat cadangan air (Simpen, 2015, Simpen, dkk. 2015). Ini berarti walaupun tanahnya vulkanis tandus, namun di bawahnya masih tersimpan kandungan air. Untuk itu perlu dicari suatu cara untuk mendapatkan serta mengelola air yang ada di lapisan bawah. Salah satu cara untuk mendeteksi akuifer adalah dengan Metoda Geolistrik. Setelah airnya didapat perlu kiranya dikelola. Salah satu caranya mengelola adalah dengan memanfaatkan air pada bidang peternakan.

2. Dasar Teori

2.1 Terbentuknya Tanah Vulkanis dan Akuifer

Tanah merupakan salah satu sumber daya alam yang ada di muka bumi. Tanah terbentuk melalui proses alami yang terbentuk dalam kurun waktu yang sangat lama. Ada hubungan antara perkembangan lapisan tanah dengan perkembangan vegetasi, hewan maupun manusia di tempat tersebut. Antara tanah yang satu

dengan tanah yang lain memiliki tingkat kesuburan yang berbeda. Perbedaan tersebut disebabkan oleh bahan induk penyusun tanah, jenis batuan yang terkandung dalam tanah, penyinaran matahari, curah hujan, mikro organisme yang ada dalam tanah dan vegetasi yang menutupi tanah.

Ada berbagai jenis tanah, beberapa di antaranya yaitu: tanah humus, tanah pasir, tanah vulkanik, tanah kapur dan tanah gambut. Seperti telah dijelaskan di depan bahwa tanah vulkanis terbentuk oleh hamparan material letusan gunung berapi saat meletus. Tanah vulkanis biasanya tandus sehingga disebut tanah vulkanik tandus. Perlu waktu yang lama bertahun-tahun dan bahkan sampai berpuluh-puluh tahun untuk menumbuhkan kembali vegetasi (re-vegetasi). Faktor utamanya adalah air. Menurut Simpen (2015), material letusan gunung berapi menutupi lembah-lembah, daerah-daerah yang lebih rendah atau mengikuti aliran sungai sejauh berpuluh-puluh kilometer dengan ketebalan dari beberapa centi meter sampai puluhan meter tergantung daerahnya. Demikian juga dengan abu vulkaniknya yang dapat mencapai daerah yang lebih luas lagi. Peristiwa ini berulang secara terus menerus selama gunung api tersebut meletus. Sebagai akibatnya material hasil letusannya pun akan kelihatan berlapis-lapis sesuai dengan jenis material yang diendapkan. Menurut Tjia (1987), kekerasan material endapan sangat tergantung pada suhu dan kandungan material yang terendapkan. Material yang terendapkan merupakan material-material yang tidak seragam dari yang berukuran besar sampai berukuran pasir dan tanah liat. Ketebalannya dari beberapa centi meter sampai beberapa meter. Material-material hasil letusan sifatnya keras dan tidak bisa ditembus air. Karena sifat inilah maka material tersebut merupakan lapisan penutup akuifer. Sedangkan material-material yang tidak keras dan masih dapat ditembus oleh air menjadi akuifer.

Berdasarkan letak pengendapan material-material hasil geomorfologi yang membentuk akuifer, dapat dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu (Simpen, 2015):

1) Material yang mengendap di sepanjang alur sungai atau parit, bagian yang keras akan menjadi lapisan penutup atau lapisan

pelindungnya, sedangkan lapisan yang tidak keras dapat ditembus oleh air akan menjadi akuifer. Untuk kasus ini akuifer akan menjadi bentuk urat seperti sungai-sungai atau parit-parit yang terkubur.

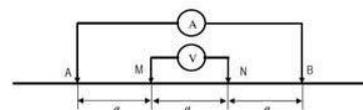
2) Material yang mengendap di daerah berstruktur datar, bagian yang keras menjadi lapisan penutup, sedangkan bagian yang lunak dan dapat ditembus oleh air akan menjadi akuifer. Adanya lapisan keras dan lapisan lunak yang berselang seling akan membentuk akuifer dalam bentuk datar.

3) Material yang mengendap di lembah, lapisan keras paling bawah kemudian terisi oleh bagian yang lunak serta ditutupi oleh bagian yang keras dan terakhir ditutupi lagi oleh bagian yang lunak. Susunan material seperti ini akan membentuk akuifer berupa cekungan.

Melihat keadaan daerah tanah vulkanis seperti ini, dapat diduga bahwa di bawah lapisan tanah vulkanis yang kelihatannya tandus masih ada kemungkinan ada akuifer-akuifer yang dapat dieksplorasi. Salah satu metoda eksplorasinya adalah dengan Metoda Geolistrik.

2.2 Pencarian Akuifer dengan Metoda Geolistrik

Metoda Geolistrik merupakan suatu metoda dalam Geofisika yang mendeteksi kontras resistivitas batuan di bawah permukaan dengan cara melakukan pengukuran di permukaan. Metoda ini biasa dipakai untuk eksplorasi pada daerah dangkal dengan kedalaman 150 – 200 m. Cara kerja metoda ini adalah dengan cara mengalirkan arus ke dalam bumi kemudian diukur beda potensial yang ditimbulkannya seperti gambar 1.



Gambar 1. Prinsip Kerja Metoda Geolistrik
Dengan memakai jarak antar elektroda yang sama panjang, dikenal dengan konfigurasi *Werner*, maka resistivitas semu pada titik ukur dapat ditulis (Telford, 1990, Mudiarto, 2013)

$$\rho = K \frac{\Delta V}{I} \quad (1)$$

dimana

$$K = 2 \pi a$$

a adalah jarak antar elektroda

K disebut konstanta *Werner*

Jadi dengan mengukur kuat arus (I_{A-B}) dan beda potensial antar elektroda (V_{M-N}) di atas permukaan tanah akan didapatkan resistivitas semu pada titik ukur. Kemudian resistivitas semu diolah dengan program *Res2Divn* didapatkanlah penampang resistivitas pada masing-masing lintasan pengukuran. Hasil inilah yang diinterpretasi.

Resistivitas pada suatu formasi dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu porositas batuan, jenis material, kandungan air dalam batuan, kandungan bahan-bahan kimia dan lain-lain. Ini berarti untuk batuan yang sama akan memiliki nilai resistivitas yang berbeda kalau kandungan airnya berbeda seperti halnya akuifer. Untuk akuifer, memiliki kontras resistivitas yang lebih kecil jika dibandingkan dengan lingkungannya karena mengandung air (Simpem, dkk, 2015).

2.3 Pemanfaatan Air untuk Peternakan

Dalam peternakan air berfungsi sebagai air minum ternak, memandikan ternak (bila perlu), membersihkan kandang, membersihkan peralatan kandang, menyiram tanam-tanaman yang perlu disiram dan untuk keperluan karyawan kandang. Begitu banyaknya keperluan air selain untuk keperluan minum ternak dan bukan untuk keperluan minum bisa dimanfaatkan lagi untuk mengairi tanaman di sekitar kandang. Dengan demikian diharapkan vegetasi di sekitar kandang dapat tumbuh dengan subur. Demikian juga dengan ternaknya, dapat diharapkan menjadi lebih sejuk dengan adanya vegetasi di sekitar kandang. Jadi adanya simbiosis mutualisme antara ternak dengan vegetasi.

3. Tanah Vulkanis Tandus dan Cara Panangannya

Berikut diberikan tiga buah contoh di Kabupaten Karangasem Bali yang memiliki tanah vulkanis tandus dan cara penangannya. Secara umum pada daerah ini memiliki formasi batuan berupa formasi batuan gunung api gunung Agung muda. Beberapa daerah tertutup oleh lahar letusan gunung Agung Maret 1963 sehingga membentuk daerah vulkanis tandus.

3.1 Daerah Sekumpul

Diberikan suatu contoh di Daerah Sekumpul. Daerah ini memiliki formasi batuan gunung api gunung Agung Muda (Hadiwidjojo, 1971). Gambar Citra Satelit yang diambil bulan Maret 2015 nampak seperti gambar 2. Nampak pula

pada gambar lebih detail yang berupa foto tahun 1980 an dan foto street view yang diambil bulan Mei 2015, gambar 3-4.



Sumber: <https://www.google.co.id/maps/@-8.3005688,115.6110155,396m/data=!3m1!1e3?hl=id>

Gambar 2. Citra Satelit Daerah Sekumpul



Sumber: Dokumen Pribadi 1980 an

Gambar 3. Foto Daerah Sekumpul Tahun 1980 an



Sumber: https://www.google.co.id/maps/@-8.2994519,115.6125804,3a,75y,261.52h,83.19t/data=!3m6!1e1!3m4!1sRVrWUaw15gLS_jHm5XWkiw!2e0!7i13312!8i6656!6m1!1e1?hl=id

Gambar 4. Foto Daerah Sekumpul Mei 2015

Nampak seperti pada gambar 2-4, bahwa pada daerah Sekumpul tidak ada dibangun sumur bor. Daerahnya belum menampakkan adanya perkembangan vegetasi dari tahun 1963, tahun 1980 an ke tahun 2015. Jadi masih tetap berupa daerah vulkanis tandus.

3.2 Daerah Datah

Pada tempat lain di Desa Datah Kecamatan Abang Kabupaten Karangasem, ada sumur bor yang dibuat oleh Pemda Karangasem tahun 2004 dengan kedalaman 100 m. Formasi batuan di daerah ini merupakan formasi batuan gunung api gunung Agung muda (Hadiwidjojo, 1971). Jadi

daerahnya merupakan daerah vulkanis tandus. Pada daerah ini sampai dua kali membuat sumur bor. Pada tempat pertama dibuat dekat jalan poros Amlapura - Singaraja di daerah hilir, namun gagal, berikutnya dibuat lagi di daerah hulu kira-kira 2 km dari jalan poros Amlapura – Singaraja barulah ditemukan adanya sumber air (akuifer). Air sumur bor hanya dipergunakan

untuk keperluan sehari-hari warga di sekitar. Saat musim hujan tanahnya ditanami kacang-kacangan. Sedangkan pada musim kemarau tidak bisa ditanami, daun-daun pohon pada meranggas, berguguran. Dampak adanya sumur bor terhadap tumbuhnya berbagai jenis vegetasi belum nampak. Foto-foto dapat dilihat pada gambar 5-8.



Sumber: <https://www.google.co.id/maps/@-8.3139877,115.6127858,396m/data=!3m1!1e3?hl=id>
Gambar 5. Citra Satelit Daerah Datar



Sumber: Dokumen Pribadi Maret 2015
Gambar 8. Tanah Pertanian di Datar Menjelang Akhir Musim Hujan 2015



Sumber: Dokumen Pribadi, Juli 2014
Gambar 6. Sumur Bor di Datar



Sumber: Dokumen Pribadi, Juli 2014
Gambar 7. Tanah Pertanian di Datar

3.3 Daerah Bugbug

Daerah Bugbug bagian selatan dekat muara sungai Buhu, merupakan daerah yang memiliki formasi batuan gunung api gunung Agung muda (Hadiwidjojo, 1971). Sebelum tahun 1990 an daerah ini merupakan daerah tandus. Hanya semak-semak yang bisa tumbuh pada musim hujan. Pada musim kering nampak kecoklatan dan tandus. Tidak ada pohon lain dapat bertahan hidup karena merupakan tanah hamparan material vulkanis sehingga tanah ini dapat dikategorikan tanah vulkanis tandus. Namun sekarang keadaan tersebut sudah dapat berubah setelah daerah tersebut dijadikan kompleks peternakan ayam. Beberapa sumur gali dibuat. Permasalahan yang timbul terhadap sumur gali adalah bahwa pada musim kemarau panjang airnya surut sekali, hampir habis. Permasalahan ini yang perlu dicarikan solusinya. Walaupun demikian daerah tersebut tetap dapat menghijau, berbagai jenis vegetasi dapat tumbuh di luar kandang dengan baik seperti pohon kelapa, pohon mahoni, pohon mangga, pohon pisang dan berbagai tanaman produktif yang lainnya. Di sini semakin nampak adanya simbiosis mutualisma antara vegetasi dengan ternak (ayam), sehingga kedua-duanya dapat

berkembang. Gambar Citra Satelit Daerah Bugbug dan foto-foto berbagai vegetasi yang dapat berkembang di sekitar kandang dapat dilihat pada gambar 9-14.



Sumber: <https://www.google.co.id/maps/@-8.4989083,115.5968411,3167m/data=!3m1!1e3?hl=id>
Gambar 9. Citra Satelit Desa Bugbug



Sumber: Dokumen Pribadi Juli 2015
Gambar 10. Berbagai Vegetasi yang Tumbuh Subur di Sebelah Kandang



Sumber: Dokumen Pribadi Juli 2015
Gambar 11. Pohon Mahoni dan Mangga yang Tumbuh di Luar Kandang

Bila dilihat dari kejauhan, daerah peternakan tetap kelihatan hijau seperti gambar 14. Walaupun di sekitar peternakan daerahnya sudah nampak menghijau, namun daerah di luar kawasan peternakan masih ada nampak daerah tandus. Hal ini disebabkan oleh pengaruh pemakaian air di peternakan tidak sampai ke

daerah ini karena relatif jauh dengan kompleks peternakan. Gambar 15 merupakan foto yang masih menjadi daerah tandus di Bugbug.



Sumber: Dokumen Pribadi Juli 2015
Gambar 12. Di Luar Kandang yang Tetap Menghijau



Sumber: Dokumen Pribadi Juli 2015
Gambar 13. Di Luar Kandang yang Tetap Menghijau



Sumber: Dokumen Pribadi Agustus 2015
Gambar 14. Kompleks Kandang yang Tetap Menghijau



Sumber: Dokumen Pribadi, Juli 2015
Gambar 15. Daerah Tandus di Bugbug

3.4 Penanganan Tanah Vulkanis Tandus

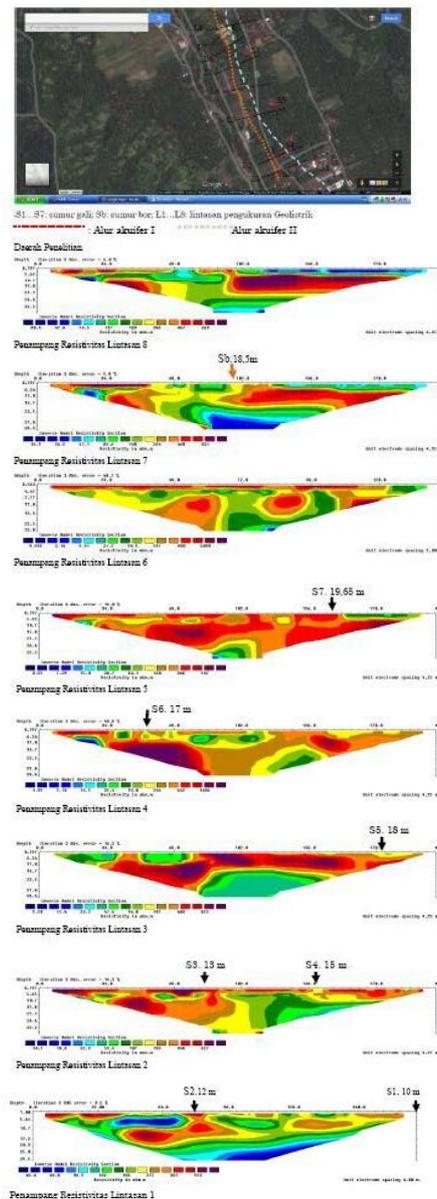
Memperhatikan ketiga contoh daerah seperti tersebut di atas, yaitu di Daerah Sekumpul, Daerah Datah dan Daerah Bugbug, agar vegetasi dapat berkembang pada tanah vulkanis tandus maka diperlukan adanya air. Sumber air yang paling mungkin untuk daerah ini adalah air sumur bor. Air tersebut dikelola misalnya dimanfaatkan untuk peternakan ayam ataupun peternakan sapi (Simantri) sehingga vegetasi dapat mulai tumbuh. Antara vegetasi dengan ternak akan terjadi simbiosis mutualisme yang mengakibatkan sama-sama dapat tumbuh dengan baik.

Berikut diberikan contoh pencarian sumber air (akuifer) dengan Metoda Geolistrik dalam rangka mencari sumber air bersih dengan kuantitas dan kualitas yang dapat diandalkan oleh I Nengah Simpen tahun 2015. Pengukuran dilakukan di Bugbug Karangasem. Pada daerah yang hendak diekplorasi terlebih dahulu dibikin lintasan-lintasan pengukuran. Dibuat delapan buah lintasan pengukuran. Masing-masing lintasan panjangnya antara 141 m – 200 m. Kemudian pada masing-masing lintasan dilakukan pengukuran dengan Metoda Geolistrik, selanjutnya datanya diolah dengan program *Res2Divn* sehingga didapatkan gambar penampang untuk masing-masing lintasan berdasarkan resistivitasnya. Foto daerah penelitian dan penampang lintasan untuk masing-masing lintasan dapat dilihat pada gambar 16 (Sumber: Data hasil penelitian I Nengah Simpen, 2015)

Bila diperhatikan hasil pengukuran data Geolistrik gambar di atas, telah ditemukan bahwa akuifernya memiliki alur-alur seperti halnya pembuluh-pembuluh darah dalam tubuh manusia yang terbentuk dari parit-parit atau sungai-sungai kecil yang terkubur oleh material vulkanik (Simpen, 2015). Berdasarkan hasil penelitian ini telah dibuat sumur bor pada lintasan 7 dengan kedalaman 18,5 m (Sb) sudah ditemukan air sesuai dengan hasil penafsiran Metoda Geolistrik. Demikian juga untuk lintasan 4 dibuat sumur gali pada kedalaman 17 m sudah didapatkan akuifer (S6).

3.3 Ulasan Terhadap kuifer

Memperhatikan kedua contoh sumur bor tersebut ai atas, yaitu sumur bor di Bugbug dan sumur bor di Datah, bila ditinjau dari segi



Sumber: I Nengah Simpen, 2015
 Gambar 16. Peta Lokasi Penelitian dan Penampang Resistivitas

akuifer, dapat dikatakan bahwa akuifernya harus disurvei dengan metoda yang mampu menyurvei akuifer. Salah satunya yaitu Metoda Geolistrik. Dengan melakukan survey terlebih dahulu, kegagalan pengeboran dapat ditekan. Akuifer tidak semuanya berbentuk flat, tetapi ada juga yang berbentuk urat ataupun cekungan (Simpen, 2015). Seperti halnya hasil penelitian oleh Simpen (2015) bahwa akuifer yang ditemukan berdasarkan penelitian di Bugbug

dalam bentuk urat. Kegagalan pengeboran yang pertama di Datah karena akuifernya belum ketemu. Untuk di Sekumpul, memperhatikan bahwa daerahnya merupakan daerah hamparan material gunung Agung, maka dapat diduga di bawah permukaan ada akuifer-akuifer dalam bentuk urat yang merupakan parit atau sungai yang terkubur pada saat letusan gunung Agung.

3.4 Ulasan Terhadap Pemakaian Air

Pemakaian air di Bugbug untuk peternakan ayam, sedangkan pemakaian air di Datah hanya untuk rumah tangga saja. Ternyata pemakaian air untuk peternakan memberikan dampak pertumbuhan vegetasi yang lebih luas jika dibandingkan air hanya untuk keperluan rumah tangga. Ini terlihat dari daerah yang masih kering walaupun sudah ada sumur bor di Datah. Pemakaian air untuk ternak sangat tergantung dari jenis dan jumlah ternaknya. Sebagai contoh seribu ekor ayam memerlukan air 600 liter (Badan Standardisasi Nasional, 2002), ini berarti kalau ada ayam 50.000 ekor akan memerlukan air sebanyak 30 m³. Untuk sapi, 25 ekor sapi memerlukan 100 liter air untuk minum (Badan Standardisasi Nasional, 2002), ini berarti untuk satu paket Simantri (20 – 25 ekor sapi) akan memerlukan air sebanyak 80 - 100 liter air minum belum dihitung untuk mandinya sapi, membersihkan peralatan dan lain-lain. Dengan adanya peternakan akan memberikan dampak yang positif terhadap re-vegetasi karena adanya simbiosis mutualisma antara vegetasi dengan hewan (ternak). Seperti telah dijelaskan di atas bahwa di Bugbug pun masih ada daerah vulkanis tandus karena daerah tersebut belum dikembangkan dan terletak jauh dari daerah peternakan ayam.

4. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan di atas dapatlah ditarik kesimpulan bahwa:

- 1) Tanah vulkanis tandus terbentuk dari hamparan material hasil letusan gunung berapi.
- 2) Walaupun tanahnya tandus, ada kemungkinan di bawah permukaannya masih ada akuifer-akuifer yang dapat diambil airnya untuk re-vegetasi tanah vulkanis yang masih tandus.
- 3) Untuk dapat menemukan akuifer, perlu dicari suatu cara, salah satunya dengan Metoda Geolistrik.

4) Setelah airnya didapat, perlu dikelola sehingga dapat dijadikan sumber re-vegetasi di daerah tersebut misalnya airnya untuk peternakan.

5. Daftar Pustaka

- Badan Standardisasi Nasional. 2002. *Penyusunan neraca sumber daya Bagian 1: Sumber daya air spasial*. Standar Nasional Indonesia, SNI 19-6728.1-2002
- Hadiwidjojo, Purbo, M.M, Peta Geologi Bali, Direktorat Geologi, 1971.
- Mudiarto, A., Supriyadi dan Sugiyanto, 2013, Pemodelan Fisik Untuk Monitoring Kebocoran Pipa Air Dengan Metode Geolistrik, *Unnes Physics Journal*, Vol. 1(1): 1-6.
- Purbo Hadiwidjojo, M.M., 1973, Hydrogeology of Strato Volcanoes, A Geomorphological Approach, Mem. I. A. H. Congress 1965. Jil. 7. 293-296.
- Simpen, I Nengah, 2015, Solusi Permasalahan Sumur Bor Versus Sumur Gali dengan Metoda Geolistrik dan Uji Pemompaan Sumur (Suatu Studi Kasus di Bugbug Karangasem Bali), *Prsiding Seminar Nasional Fisika dan Pembelajarannya 2015, Universitas Negeri Malang*.
- Simpen, I Nengah, I Nyoman Sutarpa Utama, I Wayan Redana, Siti Zulaikah, (2015), Pendugaan Akuifer Bawah Permukaan Tanah dengan Metoda Geolistrik, *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi II 2015, 29-30 Oktober 2015, LPPM Universitas Udayana, Denpasar*.
- Telford, W. M., Geldart, L. P., Sherif, R.E dan Keys, D. D. 1990. *Applied Geophysics First Edition*. Cambridge University Press. Cambridge. New York.
- Tjia, H.D., 1987. *Geomorfologi*, Dewan Bahasa dan Pustaka Kementrian Pendidikan Malaysia, Kuala Lumpur.