

## KONTRIBUSI AIR KARST TERHADAP KEHIDUPAN MASYARAKAT DI SEKITAR TAMAN NASIONAL MANUPEU TANAH DARU

Intan Handayani, Iska Gushilman, Insani Widya Astuti, Yenti Kumalasari  
Departemen Konservasi Sumberdaya Hutan & Ekowisata, Fakultas Kehutanan  
Institut Pertanian Bogor

### Abstrak

*Air merupakan komponen penting di alam, namun keberadaannya yang tidak seimbang sering kali menimbulkan permasalahan bagi kehidupan manusia, sehingga keberadaan kawasan perlindungan tangkapan air menjadi sangat penting. Karst merupakan kawasan batu gamping yang mampu menyimpan air tawar dalam jumlah besar di dalam goa-goa kapurnya. Tanki air ini juga dapat dijumpai di beberapa kawasan konservasi, salah satunya di Taman Nasional Manupeu Tanah Daru (TNMT), Provinsi Nusa Tenggara Timur. Sebagai sebuah taman nasional, TNMT harus dapat memanfaatkan sumberdaya alamnya untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat yang hidup baik di dalam maupun luar kawasan. Oleh karena itu menarik untuk mengkaji kontribusi air karst di TNMT terhadap kehidupan masyarakat. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi sebaran mata air, bentuk pemanfaatan air dan kontribusi air di Kecamatan Wanokaka, TNMT. Penelitian dilakukan di tiga desa pada bulan Juni 2010 menggunakan metode observasi lapang, wawancara dan studi pustaka. Pengolahan data dilakukan menggunakan software ArcView, peta administratif TNMT, peta sebaran karst serta dianalisis secara deskriptif. Kontribusi air karst untuk kehidupan masyarakat di setiap desa beragam. Air karst TNMT dimanfaatkan untuk keperluan harian, ternak dan pertanian seperti irigasi sawah dan usaha hortikultura. Kontribusi air di Desa Katikoloku bisa dikatakan rendah, Desa Baliloku sedang, sedangkan di Desa Humupada paling tinggi dimana di desa ini terdapat banyak mata air karst yang dapat secara langsung dimanfaatkan. Hasil penelitian menyimpulkan bahwa kontribusi air dari kawasan Karst TNMT adalah cukup besar bagi kehidupan masyarakat, baik mereka yang tinggal di kawasan karst maupun di luar kawasan karst.*

*Kata kunci : Taman Nasional Manupeu Tanah Daru, karst, air, kontribusi*

### Abstract

*Water is an essential natural component, however its imbalanced existence often caused problems for human life, therefore protection of water catchment areas are very important. Karst is a limestone area that is able to store fresh water in large numbers in its caves. These giant water tanks can also be found in some conservation areas, one of such in Manupeu Tanah Daru National Park (MTNP), East Nusa Tenggara Province. As a national park, MTNP should be able to utilize its natural resources to improve the welfare of the people who live both inside and outside the park. Therefore it would be interesting to study*

*the contribution of karst water in TNMT towards community's life. The objectives of this study were to identify the distribution of springs, forms of water use and contribution of water in the District Wanokaka, MTNP. The study was conducted in three villages in June 2010 using field observation, interview and literature study. Data processing was done using ArcView software, administrative map of MTNP, karst map and were analyzed descriptively. Karst water contribution to communities in each village varied. Karst water in MTNP was used for daily purposes, livestock and agriculture such as paddy field irrigation and horticulture business. Karst water contribution in Katikoloku Village could be said low, medium in Baliloku Village and largest in Humupada Village where many karst springs were found here. This research concluded that the contribution of karst water from MTNP was large enough for the communities, both for those living in karst areas and outside the karst area.*

*Keywords: Manupeu Tanah Daru National park, karst, water, contribution*

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Taman Nasional adalah kawasan pelestarian alam yang memiliki ekosistem yang masih asli, dikelola dengan sistem zonasi dan berfungsi sebagai wilayah perlindungan sistem penyangga kehidupan, pengawetan keanekaragaman spesies tumbuhan atau satwa dan pemanfaatan lestari sumberdaya alam hayati beserta ekosistemnya (1,2). Taman nasional harus mampu menyalurkan jasa lingkungannya kepada masyarakat terutama mereka yang hidup dekat kawasan.

Salah satu jasa lingkungan penting taman nasional adalah penyedia sumberdaya air yang merupakan sumberdaya alam non-hayati yang mutlak diperlukan bagi kehidupan manusia (3). Beberapa kawasan taman nasional telah terbukti merupakan daerah tangkapan air yang dapat menyediakan air pada musim hujan dan kemarau. Tingginya potensi air taman nasional memberikan peluang untuk dimanfaatkan dalam memenuhi kebutuhan masyarakat baik yang hidup di sekitar kawasan maupun yang berlokasi agak jauh. Menurut (4), masyarakat Jakarta memenuhi kebutuhan air bersihnya dari Taman Nasional Gunung Gede Pangrango di Kabupaten Bogor dan Cianjur. Taman Nasional Gunung Halimun Salak (5) juga mengalirkan sumberdaya airnya sepanjang tahun dengan debit yang relatif tetap melalui aliran permukaan dan bawah tanah.

Salah satu bentang alam yang memiliki nilai hidrologi cukup besar dan penting sebagai penyedia sumberdaya air adalah kawasan karst. Menurut (6) karst merupakan wilayah dengan hidrologi khusus dan terbentuk dari kombinasi tingginya pelarutan batuan dengan porositas yang berkembang baik. Air karst akan mengalir melewati celah-rekah dan lorong bawah tanah (goa) sebagai sumber mata air. Aliran bawah tanah seringkali sangat kompleks sehingga air yang berasal dari satu sumber bisa keluar pada beberapa mata air (6). Tidak heran jika kawasan karst merupakan tanki air tawar raksasa yang selayaknya dimanfaatkan untuk pemenuhan kebutuhan hidup manusia. Secara global, mata air terbesar di





dunia merupakan mata air karst (7), salah satunya Kawasan Karst Maros-Pangkep di Sulawesi Selatan.

Taman Nasional Manupeu Tanah Daru (TNMT) di Sumba Nusa Tenggara Timur juga merupakan taman nasional dengan kawasan karst yang cukup luas. Terdapat beberapa desa baik di dalam maupun sekitar kawasan. Oleh karena itu, menarik untuk mengkaji kontribusi air karst terhadap kehidupan masyarakat di dalam dan sekitar Taman Nasional Manupeu Tanah Daru.

### Rumusan Masalah

Kawasan TNMT merupakan daerah resapan air utama yang dapat dimanfaatkan untuk sumber air bersih dan pengairan lahan pertanian (8). Keberadaan kawasan karst di TNMT dengan goa-goanya yang cukup banyak tersebar di dalam kawasan seharusnya dapat memenuhi kebutuhan air bagi masyarakat. Kontribusi air karst sendiri dapat melampaui daerah non-karst. Air yang berasal dari Sungai bawah tanah Bribin dapat dimanfaatkan oleh masyarakat Bedoyo yang kawasannya non-karst (9). Bahkan banyak sumber-sumber air tawar di dunia ini yang berasal dari kawasan karst yang juga dimanfaatkan oleh masyarakat yang tinggal di wilayah non-karst (9). Air karst tersimpan dalam siste pergoannya, namun karena goa ada yang berair maupun tidak, maka keberadaan goa belum tentu mengindikasikan keberadaan air dalam suatu kawasan karst (6). Bahkan dalam goa berair dimana terdapat aliran sungai bawah tanah, belum tentu air tersebut dapat secara langsung dimanfaatkan jika lokasi sungai bawah tanahnya cukup dalam di bawah permukaan tanah (7).

Sistem hidrologi karst sangat unik dan rumit, dimana berlaku sistem input, output, kemampuan daya tampung serta daya simpan lapisan batuan. Kesatuan sistem ini membentuk apa yang disebut dengan neraca air (*water balance*). Input, bisa berasal dari air hujan yang jatuh, kemudian meresap ke dalam tanah atau air hujan yang mengalir di permukaan. Input juga bisa berasal dari sungai permukaan yang berhulu di luas kawasan karst yang kemudian mengalir di kawasan karst dan masuk ke dalam tanah melalui sistem rekahan yang ada dan keluar lagi, dan begitu seterusnya. Output, bisa berupa evapotranspirasi baik melalui sistem perakaran dan daun tumbuh-tumbuhan, melalui permukaan tanah, maupun melalui suatu akumulasi, misalnya danau atau mata air (5).

Keunggulan mata air karst adalah waktu tundanya yang panjang antara hujan hingga keluar ke mata air karena sifat batumannya yang impermeabel. Sehingga beberapa mata air karst justru debitnya besar saat musim kemarau (6). Mata air di TNMT akan menjadi sangat penting bagi pemanfaatan air karst oleh masyarakat. Taman nasional ini memiliki 22 desa. Tiga dari desa tersebut berada di Kecamatan Wanokaka, dimana masyarakatnya sering kesulitan mendapatkan air apalagi ketika musim kemarau tiba (10). Berdasarkan pemaparan ini maka dapat dirumuskan pertanyaan-pertanyaan yang perlu dijawab dalam penelitian ini yaitu:

1. Dimana sebaran mata air untuk Kecamatan Wanokaka?
2. Bagaimana kontribusi mata air tersebut terhadap kebutuhan air masyarakat di Kecamatan Wanokaka?



## Tujuan

Tujuan umum penelitian ini adalah untuk mengetahui kontribusi air karst terhadap kehidupan masyarakat di Kecamatan Wanokaka TNMT.

Tujuan khusus penelitian ini yaitu untuk :

1. Mengidentifikasi penyebaran mata air di Kecamatan Wanokaka
2. Mengidentifikasi bentuk pemanfaatan air di Kecamatan Wanokaka
3. Mengidentifikasi kontribusi air di Kecamatan Wanokaka

## METODE

### Waktu dan Lokasi

Pengamatan dilakukan pada bulan Juni 2010. Lokasi pengamatan adalah di Kecamatan Wanokaka yang terletak di Kabupaten Sumba Barat Provinsi Nusa Tenggara Timur. Berdasarkan peta air tanah wilayah Sumba, Kecamatan Wanokaka adalah salah satu kecamatan yang berada di dalam maupun luar Taman Nasional Manupeu Tanah Daru yang kandungan air tanahnya rendah namun memiliki daerah tangkapan air yang cukup tinggi karena terdapat hutan lindung. Selain itu peta sebaran goa juga menunjukkan adanya kumpulan goa di kecamatan ini. Terdapat tiga desa yang menjadi lokasi penelitian yaitu Desa Baliloku, Katikuloku dan Hupumada. Desa Hupumada terletak di dalam kawasan TNMT (enclave) sedangkan dua desa lainnya terletak di zona penyangga TNMT yang berbatasan langsung dengan kawasan.

### Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang dipergunakan dalam pengambilan data adalah kamera digital, *Global Positioning System* (GPS) untuk penetapan titik, alat tulis, kaset rekaman dan panduan pertanyaan, *software* ArcView, peta administrative kawasan dan peta sebaran goa.

### Metode Pengumpulan Data

#### *Jenis data yang dikumpulkan*

Uraian dari data yang diambil dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah.

Tabel 1 Data dan informasi yang diambil selama kegiatan.

No.	Parameter	Variabel	Metode	Sumber
1.	Kondisi fisik Kecamatan Wanokaka	a. Letak dan luas b. Iklim dan curah hujan	a. Observasi b. Pustaka c. Wawancara	a. Lapangan b. Kantor TNMT c. Masyarakat

3.	Sumberdaya Air	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Posisi mata air</li> <li>b. Sumber karst dan non karst</li> <li>c. Pemanfaatan sumber air oleh masyarakat</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Studi pustaka</li> <li>b. Observasi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Lapangan</li> <li>b. Dinas PU dan BMKG</li> </ul>
----	----------------	--	--	---

### **Metode pengumpulan data**

Metode pengumpulan data terdiri dari studi pustaka, observasi dan wawancara. Uraian dari metode yang digunakan adalah sebagai berikut.

#### *Studi Literatur*

Studi literatur adalah pencarian data-data acuan yang berhubungan dengan observasi lapang yang dilakukan. Studi literatur ini dilakukan sebelum dan sesudah kegiatan observasi. Hasil dari studi literatur akan menunjang data primer yang diperoleh saat observasi lapang. Hasil studi literatur sebelum kegiatan observasi lapangan akan diverifikasi di lapangan dan akan diverifikasi lagi melalui studi literatur setelah kegiatan berlangsung. Literatur berupa buku, jurnal, artikel, internet, dan lain-lain.

#### *Observasi Lapang*

Kegiatan observasi lapangan dilakukan secara nonpartisipatif dengan mengamati objek kajian. Observasi dilakukan dengan mengeksplor dan mencatat serta mendokumentasikan kondisi Kecamatan Wanokaka TNMT. Observasi dilakukan terhadap lokasi mata air yang ditemukan, kemudian ditentukan titik koordinatnya.

#### *Teknik Wawancara*

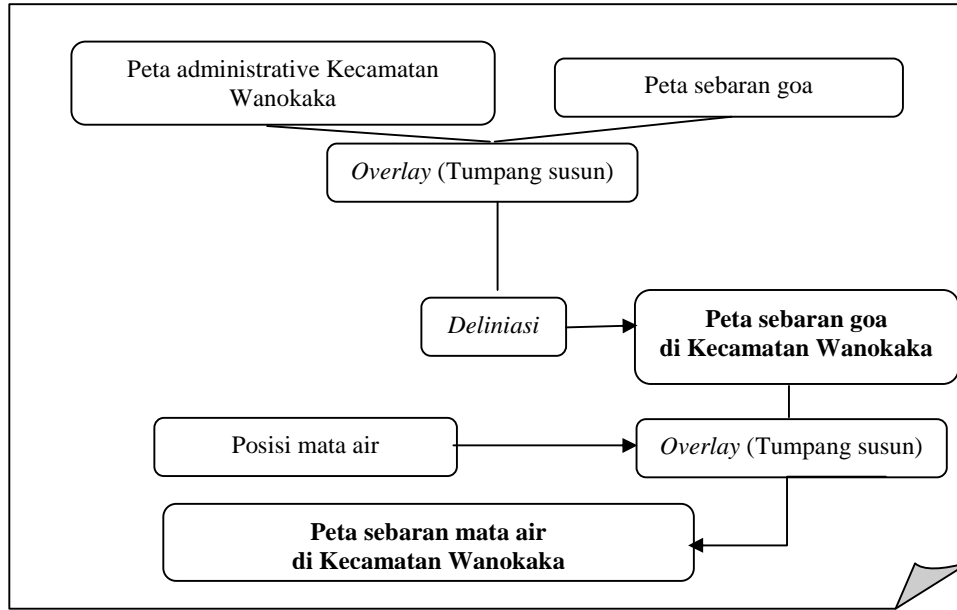
Wawancara dilakukan dengan teknik wawancara mendalam dengan menggunakan panduan wawancara terbuka. Wawancara mendalam yaitu kegiatan mewawancarai narasumber dengan cara membiarkan pihak yang diwawancarai untuk terbuka menjawab pertanyaan peneliti dan dibiarkan untuk mengekspresikan dirinya sendiri dengan istilah - istilah yang dimengerti oleh narasumber tersebut dan peneliti yang akan menyimpulkan hasilnya. Wawancara dilakukan terhadap pengelola taman nasional dan masyarakat seitar kawasan yang memanfaatkan sumberdaya air karst Taman Nasional Manupeu Tanah Daru.

### **Metode Pengolahan dan Analisis Data**

Peta administratif dan peta sebaran goa diolah dengan *software* ArcView sehingga dapat dihasilkan peta penunjang proses pengambilan data dan peta hasil akhir yang menjadi sumber informasi bagi pengelolaan taman nasional. Informasi



tersebut sangat berguna dalam menentukan kemungkinan posisi mata air Peta administratif ditumpang susun (overlay) dengan peta sebaran sebaran goa kemudian dideliniasi menghasilkan peta sebaran goa Kecamatan Wanokaka lalu ditumpang susun kembali (overlay) dengan titik koordinat posisi mata air dengan menggunakan GPS kemudian menghasilkan peta sebaran mata air Kecamatan Wanokaka.



Gambar 1 Teknik pengolahan data spasial.

Analisis deskriptif merupakan cara yang digunakan untuk memecahkan masalah yang tidak terbatas pada pengumpulan dan penyusunan data saja, namun meliputi analisis data sampai pada kesimpulan dengan berdasarkan penelitian. Analisis deskriptif dilakukan dengan cara menjelaskan kondisi umum, potensi air karst dan pemanfaatan air karst untuk masyarakat sekitar TNMT.

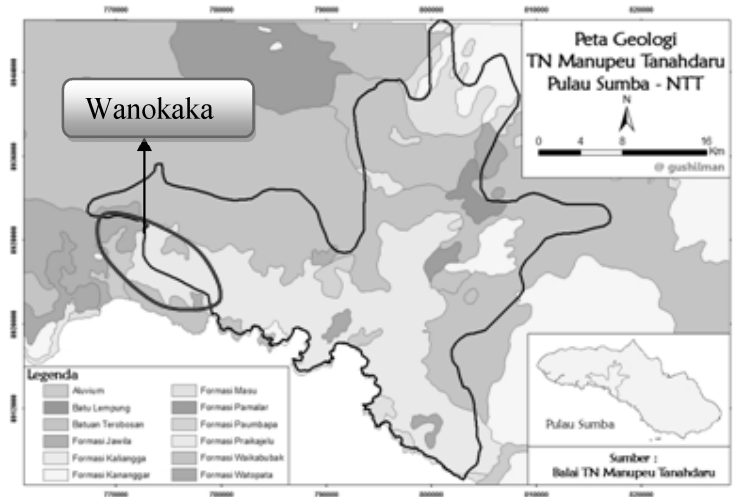
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Sebaran Mata Air

Geologi Kecamatan Wanokaka merupakan geologi yang didominasi oleh Formasi Praikajelu yang merupakan formasi batuan tertua dimana penyusun utamanya adalah batu gamping (8). Batugamping dapat berkembang menjadi sebuah kawasan karst yang terbentuk dari proses *karstifikasi* dalam jangka waktu yang lama pada batugamping. Kawasan karst memiliki goa-goa yang seringkali terdapat sungai-sungai bawah tanah yang menjadi sumber air bagi sejumlah sungai besar dan merupakan salah satu sumber mata air (9).

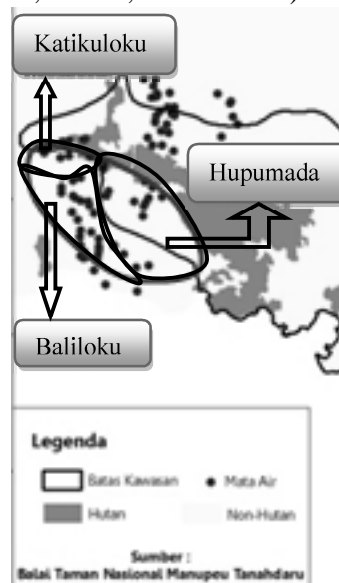
Kecamatan Wanokaka (Gambar 2) terletak di bagian barat TNMT. Formasi di kawasan ini yang daerahnya sebagian besar termasuk dalam formasi

Praikajelu adalah Desa Hupumada (karst), Desa Baliloku wilayahnya hanya sebagian yang termasuk Formasi Praikajelu (sebagian karst), sedangkan Desa Katikuloku merupakan desa yang formasinya berbeda yakni termasuk dalam Formasi Jawila (non-karst).



Gambar 2 Peta geologi TN Manupeu Tanah Daru

Penyebaran mata air di lokasi penelitian cukup banyak yang tersebar di ketiga desa (Gambar 3) namun tidak semua dapat secara langsung dimanfaatkan. Desa Baliloku dan Katikuloku adalah desa yang mengalami kekurangan air, sementara Desa Hupumada desa yang tidak mengalami kekurangan air. Terdapat tujuh mata air yang berada di Desa Baliloku yaitu Waimareha, Wairoah, Waitena, Hoba Pokat, Waipakoja, Waikudi dan Waikuku. Mata air Desa Katikuloku terdapat di dua tempat yaitu di dalam kawasan TN (Tapedang, Waikaguruk) dan di luar kawasan TN (Waikarapa, Taredi, Tei Kabo, Waikarara, Lamian, Waimarapu, Wailaka, Hupak, Lahari, Lubu Haluri).



Gambar 3 Peta Sebaran Mata Air TN Manupeu Tanah Daru dan Wanokaka



Desa Hupumada merupakan desa yang memiliki mata air terbanyak diantara tiga desa wilayah penelitian. Mata air tersebut tersebar baik di dalam kawasan TN (hoba Langira dan Tahagaiwu) dan di luar kawasan TN (Pungi Naga, Pungi Harangi, Maukalauki, Wai Kapigi, Hamula Deri, Paku, Oka Rada, Wai Bulung, Winnu Mauk, Taitagallu, Wai Haluri, Wai Rangu, Tai Pau, Taha Gaiwu, Lahi Moto, Ubu Mahegu, Wai Luangu, Wai Redi, Wai Wuha, Wai Hanaba I, Waihanaba II, Gallu Kaheli, Lahi dena, Marau Kaweda, Rati Karoku, Waipahuruk, Paelu, Wai Hanaba I, Wai Hanaba II, Wai Pahuruk, Waihuhi, Waihamala, Kawilu, Waikawollu, Wailolung, Waimanaa). Desa Hupumada tidak kekurangan air karena memiliki beberapa mata air yang debitnya tidak berkurang walaupun pada musim kemarau namun ada pula yang lokasinya jauh dari pemukiman sehingga tidak dapat dimanfaatkan secara langsung oleh masyarakat. Sumber mata air dari ketiga desa ini berasal dari sumber air karst berdasarkan kondisi geologi dari dominasi batu gamping yang dapat menyimpan air.

### **Bentuk Pemanfaatan Air oleh Masyarakat**

Masyarakat disekitar kawasan merupakan salah satu komponen penting dalam pengelolaan taman nasional karena keberhasilan pengelolaan taman nasional sangat dipengaruhi oleh kondisi masyarakat di sekitar kawasan. Pada umumnya masyarakat memanfaatkan taman nasional untuk memenuhi sebagian kebutuhan hidupnya. Potensi air yang ada digunakan untuk memenuhi kebutuhan harian dan pengairan lahan pertanian.

Masyarakat yang berada disekitar kawasan Taman Nasional Manupeu Tanah Daru pada umumnya memiliki lapangan usaha dibidang pertanian, begitupun dengan tiga desa yang berada di Kecamatan Wanokaka. Data Badan Pusat Statistik Kabupaten Sumba Barat dan Sumba Timur tahun 2009 menunjukkan bahwa jumlah masyarakat yang bertani lebih dari 75 %. Jenis usaha pertanian yang paling utama adalah padi sawah. Penanaman padi hanya dapat dilakukan pada musim hujan karena saat musim kemarau lahan akan mengalami kekeringan. Mata air karst yang berada di Kecamatan Wanokaka dimanfaatkan oleh masyarakat hanya untuk ternak dan usaha hortikultura. Selain itu digunakan untuk mengembangkan pengairan yaitu adanya saluran irigasi baik secara teknis maupun secara tradisional pernah ada rencana untuk membangun fasilitas air yang berasal dari mata air yang bersumber dari goa dengan cara membuat pipa karena jaraknya yang cukup jauh, namun hal ini belum dapat direalisasikan terkait dengan masalah anggaran (10).

Selama ini, sebagian besar masyarakat Kecamatan Wanokaka, terutama mereka yang terletak di luar kawasan TNMT menggunakan air sumur untuk keperluan hariannya. Mata air terletak cukup banyak sehingga tidak dapat dimanfaatkan secara langsung. Satu diantara tujuh mata air di Desa Baliloku memiliki debit mata air yang sangat potensial dengan debit air besar dan jernih yaitu mata air Waikuku, tetapi belum dapat digunakan oleh masyarakat karena mereka harus menempuh perjalanan sejauh  $\pm 2,5$  km untuk mendapatkan sumber air tersebut. Seperti telah diungkapkan sebelumnya bahwa kawasan karst mampu menyalurkan air ke kawasan non-karst. Sehingga dapat diduga bahwa keberadaan air-air sumur tersebut berasal dari output air karst TNMT.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.





## Kontribusi Air Karst TNMT

Salah satu manfaat taman nasional adalah penyedia jasa air, dimana taman nasional berperan sebagai daerah tangkapan air (9). Kawasan Taman Nasional Manupeu Tanadaru merupakan daerah resapan air utama yang dapat dimanfaatkan untuk sumber air bersih dan pengairan lahan pertanian. Sumber air yang ada di TNMT ini berbentuk mata air, sungai, sumur dan air terjun. Kemampuan tanah untuk menyimpan air menentukan jumlah ketersediaan air yang dapat digunakan oleh masyarakat. Apalagi didukung dengan keistimewaan TNMT sebagai kawasan yang berekosistem karst. Sebagai taman nasional, TNMT harus memberikan kontribusi yang nyata terutama mengenai air untuk kehidupan masyarakat sekitar.

Kontribusi air di Desa Hupumada merupakan kontribusi air yang tergolong tinggi yang berada di Kecamatan Wanokaka dibanding dua desa lainnya karena daerah ini tidak kekurangan air, mata air di daerah ini bersumber dari karst karena terletak di kawasan karst, sehingga masyarakat Desa Hupumada sangat tercukupi kebutuhan airnya. Kontribusi air karst TNMT di Desa Baliloku yang sebagian wilayahnya adalah karst, tergolong sedang karena daerah ini masih bisa memenuhi kebutuhan airnya walau ada mata air yang tidak dapat digunakan karena jaraknya jauh untuk ditempuh. Sedangkan kontribusi air di Desa Katikuloku yang merupakan daerah non-karst adalah paling rendah karena daerah ini sangat kekurangan air. Kekurangan air ini karena letak mata air-mata air karst yang terlalu jauh dari desa, walaupun melalui kemampuan teknologi saat ini, air-air potensial yang berasal dari goa-goa karst di dalam kawasan Taman Nasional Manupeu Tanah Daru dapat disalurkan untuk memenuhi kebutuhan air masyarakat. Hal ini menunjukkan bahwa kontribusi air karst sangatlah besar perannya bagi kehidupan masyarakat dalam memenuhi kebutuhannya.

## KESIMPULAN

Mata air di lokasi penelitian dapat ditemukan baik di dalam maupun di luar kawasan, walau sebagian tidak dapat secara langsung dimanfaatkan oleh masyarakat. Manfaat air bagi masyarakat di Kecamatan Wanokaka adalah untuk memenuhi kebutuhan harian dan pengairan lahan pertanian seperti irigasi dan usaha holtikultura. Hasil penelitian menyimpulkan bahwa kontribusi air yang paling rendah yaitu di Desa Katikuloku, sedang di wilayah Desa Baliloku dan tertinggi di Desa Hupumada. Melihat kepada struktur batuan ketiga desa ini, Desa Hupumada merupakan kawasan karst, sedangkan Desa Baliloku hanya sebagian wilayahnya yang merupakan karst dan Desa Katikuloku merupakan kawasan non-karst. Hal ini menunjukkan bahwa kontribusi air karst sangatlah besar perannya untuk kehidupan masyarakat. Selain itu potensi air karst dapat disalurkan ke wilayah-wilayah yang kekurangan air dengan bantuan perkembangan teknologi yang ada saat ini, sehingga dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat.

## DAFTAR PUSTAKA

- (1) [Dephut] Departemen Kehutanan. 1990. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 1990 tentang Konservasi Sumberdaya Alam Hayati dan Ekosistemnya. Jakarta: Dephut.
- (2) Basuni S. 1987. Konsep pengaturan sumberdaya taman nasional. *Media Konservasi* 1: 1-11.
- (3) Lee R. 1988. *Hidrologi Hutan*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- (4) [IUCN] International Union for Conservation of Nature. 2008. *Guidelines for Applying Protected Area Management Categories*. Gland, Switzerland: IUCN.
- (5) Ford DC, Williams PW. 2007. *Karst Hydrogeology and Geomorphology*. England: John Wiley and Sons.
- (6) Wiranansyah H. 2005. Studi interaksi masyarakat terhadap potensi sumberdaya alam di Taman Nasional Manupeu Tanadaru dan Taman Nasional Laiwangi Wanggameti berdasarkan kearifan tradisionalnya [Tugas Akhir]. Bogor: Program Diploma III Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor.
- (7) Sunkar A. 2009. Sustainability in karst resource management: the case of the Gunung Sewu in Java [Disertasi]. Auckland: School of Geography, geology and Environmental Science, The University of Auckland.
- (8) Purnama SI. 2005. Penyusunan zonasi Taman Nasional Manupeu Tanadaru sumba berdasarkan kerentanan kawasan dan aktivitas masyarakat [Tesis]. Bogor: Program PascaSarjana, Institut Pertanian Bogor.
- (9) Adji TN, Nurjani. 1999. Optimasi Air Tanah Karst sebagai Pemasok Air Domestik pada Kawasan Kritis Air di Gunung Kidul. Laporan Penelitian MAK 5250. LP UGM. Yogyakarta.
- (10) [HIMAKOVA] Himpunan Mahasiswa Konservasi Sumberdaya Hutan dan Ekowisata. 2010. *Laporan Studi Konservasi Lingkungan: Warna Warni Khasanah Budaya dan Hidupan Liar Langit Sumba*. Bogor: Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor.
- (11) Handayani A. 2009. *Analisis potensi sungai bawah tanah di gua seropan dan gua semuluh untuk pendataan sumberdaya air kawasan karst di Kecamatan Semanu Kabupaten Gunung Kidul Propinsi Daerah Istimewa Jogjakarta* [Skripsi]. Surakarta: Program Sarjana Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sebelas Maret.
- (12) Aya INS. 2008. *Aplikasi Sistem Informasi Geografis untuk Kehutanan*. Bogor: Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor.