



Fadhlan Muchlas Abrori
Wawan Sujarwo

PERMATA

Perlindungan Mata Air di Bali



Buku ini tidak diperjualbelikan

PERMATA

Perlindungan Mata Air di Bali



Diterbitkan pertama pada 2022 oleh Penerbit BRIN

Tersedia untuk diunduh secara gratis: penerbit.brin.go.id



Buku ini di bawah lisensi Creative Commons Attribution Non-commercial Share Alike 4.0 International license (CC BY-NC-SA 4.0).

Lisensi ini mengizinkan Anda untuk berbagi, mengopi, mendistribusikan, dan mentransmisi karya untuk penggunaan personal dan bukan tujuan komersial, dengan memberikan atribusi sesuai ketentuan. Karya turunan dan modifikasi harus menggunakan lisensi yang sama.

Informasi detail terkait lisensi CC-BY-NC-SA 4.0 tersedia melalui tautan:
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



Fadhlan Muchlas Abrori

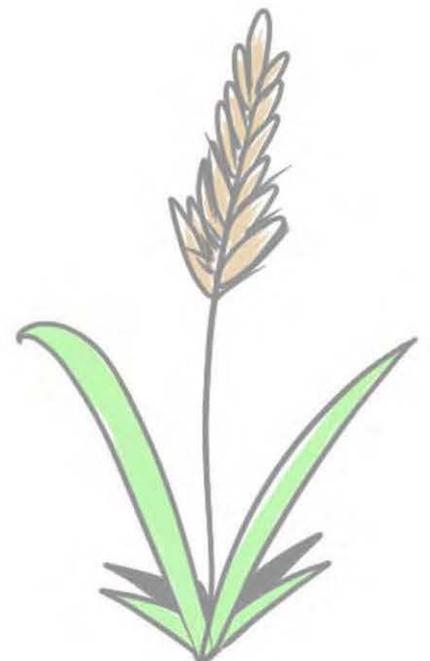
Wawan Sujarwo

PERMATA

Perlindungan Mata Air di Bali



Penerbit BRIN



Buku ini tidak diperjualbelikan.

© 2022 Fadhlán Muchlas Abrori & Wawan Sujarwo

Katalog dalam Terbitan (KDT)

Permata: Perlindungan Mata Air di Bali/Fadhlán Muchlas Abrori & Wawan Sujarwo-
Jakarta: Penerbit BRIN, 2022.

xix hlm. + 69 hlm.; 21 × 29,7 cm

ISBN 978-623-8052-45-5 (e-book)

1. Ekologi Perairan
3. Mata Air

2. Danau
4. Bali

577.6

Copy editor : Ayu Tya Farany
Proofreader : Dhevi E.I.R. Mahelingga
Penata isi : Fadhlán Muchlas Abrori & Dhevi E.I.R. Mahelingga
Desainer sampul : Fadhlán Muchlas Abrori & Dhevi E.I.R. Mahelingga

Cetakan pertama : Desember 2022



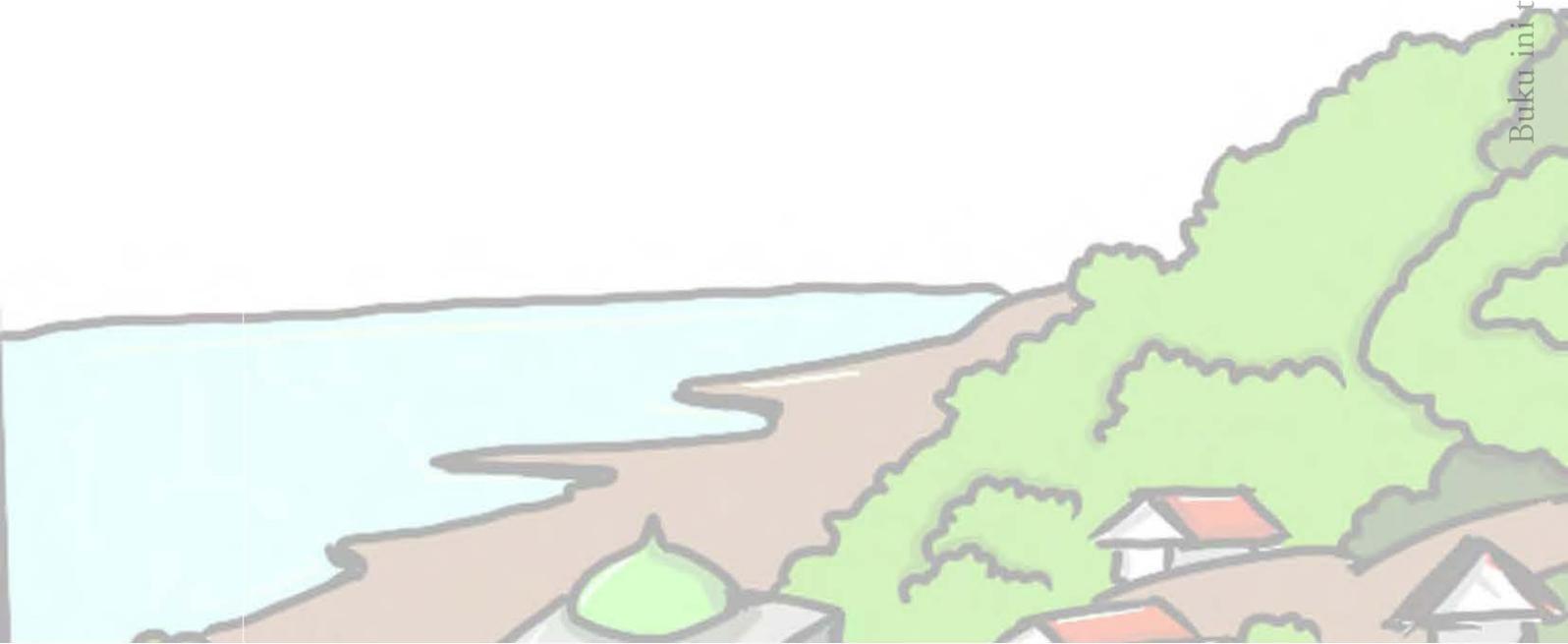
Diterbitkan oleh:
Penerbit BRIN, anggota Ikapi
Direktorat Repositori, Multimedia, dan Penerbitan Ilmiah
Gedung B.J. Habibie, Lantai 8
Jln. M.H. Thamrin No. 8, Kebon Sirih,
Menteng, Jakarta Pusat,
Daerah Khusus Ibukota Jakarta 10340
E-mail: penerbit@brin.go.id
Website: penerbit.brin.go.id

 PenerbitBRIN
 @penerbit_BRIN
 @penerbit_brin

DAFTAR ISI

Pengantar Penerbit.....	vii
Kata Pengantar	ix
Prakata.....	xi
Pengenalan Tokoh Komik	1
Isi Komik	2
Daftar Pustaka	40
Biografi Penulis.....	41





Buku ini tidak diperjualbelikan.

PENGANTAR PENERBIT

Sebagai penerbit ilmiah, Penerbit BRIN mempunyai tanggung jawab untuk terus berupaya menyediakan terbitan ilmiah yang berkualitas. Upaya tersebut merupakan salah satu perwujudan tugas Penerbit BRIN untuk turut serta membangun sumber daya manusia unggul dan mencerdaskan kehidupan bangsa sebagaimana yang diamanatkan dalam pembukaan UUD 1945.

Melalui terbitan buku komik ini, Penerbit BRIN berupaya untuk mengemas hasil-hasil penelitian yang dilakukan oleh para periset secara lebih menarik. Komik *PERMATA: Perlindungan Mata Air di Bali* ini memberikan informasi komprehensif tentang kondisi sumber air di Bali yang ada dalam bentuk danau. Dalam kisah yang disampaikan oleh tokoh dalam komik, ditunjukkan upaya yang dilakukan untuk menjaga danau tersebut sebagai sumber air. Data-data yang disampaikan merujuk pada hasil penelitian yang dapat ditelusuri.

Semoga hadirnya buku ini memelopori awal yang baik bagi berkembangnya diseminasi penelitian melalui media yang dapat dijangkau oleh pembaca yang lebih luas termasuk pembaca dengan usia yang lebih muda. Akhir kata, kami mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu proses penerbitan buku (cergam) ini.

Penerbit BRIN





Buku ini tidak diperjualbelikan.

KATA PENGANTAR

Danau sebagai salah satu sumber mata air, saat ini pengelolaannya di berbagai daerah di Indonesia masih belum maksimal. Danau juga cenderung mudah tercemar karena proses eutrofikasi yang tidak terjadi secara alami, namun karena bahan-bahan kimia.

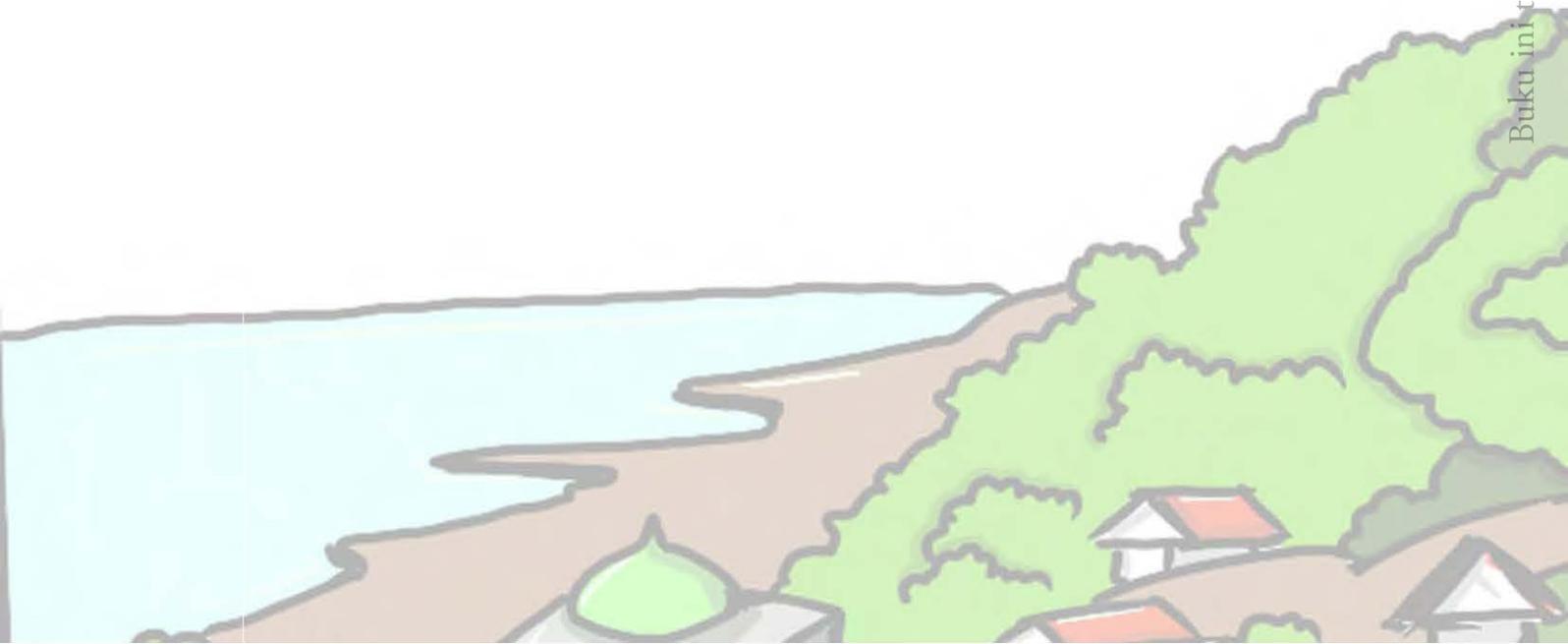
Eutrofikasi secara alami biasanya terjadi selama ribuan tahun. Di lain sisi eutrofikasi secara tidak alami disebabkan kotoran hewan, pupuk kimia, dan limbah yang terbawa hujan dan tertumpuk di danau. Selain eutrofikasi, banyak hal lain seperti pencemaran karena sampah, atau hilangnya biodiversitas di pinggir danau karena ulah manusia.

Buku komik *Permata: Perlindungan Mata Air di Bali* merupakan representasi pengalaman penulis terkait beberapa kasus yang terjadi pada sumber-sumber mata air di Bali. Buku komik ini tidak hanya menggambarkan pencemaran pada beberapa danau di Bali, akan tetapi juga fokus dengan upaya masyarakat, periset, dan praktisi dalam meminimalisasi hal tersebut. Penulis juga menitikberatkan pada upaya mengadaptasi kembali secara optimal tradisi *subak* di Bali dan pengelolaan daerah sekitar danau dan mata air secara berkelanjutan.

Buku komik ini sangat potensial sebagai media pembelajaran bagi siswa/i sekolah secara khusus dan sebagai media diseminasi kepada masyarakat secara umum. Hasil yang diharapkan setelah siswa/i dan masyarakat membaca buku ini adalah munculnya kesadaran lingkungan yang diimplementasikan dalam perbuatan dan diinternalisasikan dalam sikap.

Tarakan, Oktober 2022
Ketua Jurusan Pendidikan Biologi,
Universitas Borneo Tarakan
Aidil Adhani





Buku ini tidak diperjualbelikan.

PRAKATA

Air merupakan salah satu unsur kehidupan yang paling penting, selain oksigen, bagi makhluk hidup, termasuk manusia. Hampir 70% permukaan bumi diselubungi oleh air. Namun dari 100% sumber air yang ada di bumi, sekitar 97% merupakan air laut dan air payau yang tidak dapat diminum oleh manusia, dan hanya sekitar 3% dari semua sumber air yang ada di bumi yang dapat dikonsumsi oleh manusia.

Buku ini menceritakan perjalanan dua orang mahasiswa ke Bali yang ingin menyelesaikan tugas mata kuliah Etnoekologi tentang Program Permata: Perlindungan Mata Air di Bali. Dalam kisahnya, mereka menemukan berbagai hal menarik yang terkait dengan danau, alih fungsi lahan, fungsi ekologi tumbuhan pengikat air, pencemaran air danau, *subak* (sistem irigasi Bali), dan pentingnya menjaga keberlanjutan lingkungan demi keberlanjutan sumber mata air untuk anak cucu kita pada masa mendatang.

Penulis berharap buku *Permata: Perlindungan Mata Air di Bali*, yang dikemas secara ringan dalam bentuk komik, dapat menjadi sumber literasi bagi semua kalangan, mulai dari anak-anak, remaja, hingga dewasa. Selamat membaca.

Bali, September 2022
Penulis





Buku ini tidak diperjualbelikan.

TOKOH-TOKOH DALAM KOMIK INI

AGNES

Agnes merupakan mahasiswa jurusan Biologi pada Universitas Cinta Indonesia (UCI).

Dia memiliki ketertarikan dengan Biologi dan Budaya. Di komik ini, Agnes dan temannya sedang melakukan studi lapang di Bali untuk mempelajari kerusakan lingkungan di daerah sekitar danau, dan bagaimana upaya masyarakat dan pemerintah dalam menjaga mata air danau.



RIRIN

Ririn merupakan teman sekelas Agnes di jurusan Biologi Universitas Cinta Indonesia (UCI).

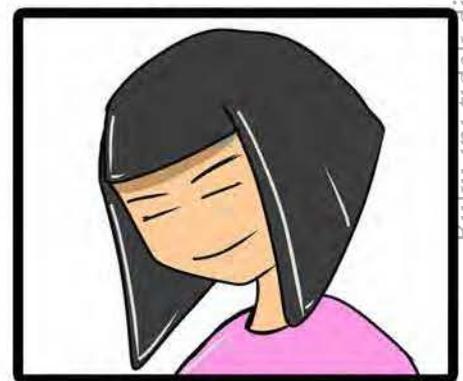
Dia merupakan pribadi yang sangat periang. Ririn sangat menyukai fotografi. Hobi dia adalah memotret pemandangan alam yang indah.



PAK WAYAN, merupakan pegawai Dinas Lingkungan Hidup sekaligus sebagai narasumber dalam studi lapang Agnes dan Ririn.



BLI NYOMAN, merupakan driver yang selalu menemani Agnes dan Ririn mengunjungi danau-danau di Bali.



BU WAYAN, merupakan istri dari Pak Wayan.

Hmm... Kebiasaan kamu Rin, telat terus. Ini aku sudah menunggu 2 jam lho.



Siang Hari di Bandara Juanda, Surabaya Agnes dan Ririn berjanji bertemu di bandara untuk studi lapang untuk tugas mata kuliah Etnoekologi tentang program PERMATA (Perlindungan Mata Air) di Bali

Hehe... Maaf. Tapi yang penting masih belum berangkat kan pesawatnya?



Semua barang udah kamu bawa belum? Nanti ada yang ketinggalan



Siap, sudah lengkap semua kok. Gak sabar menuju Bali

Buku ini tidak diperjualbelikan

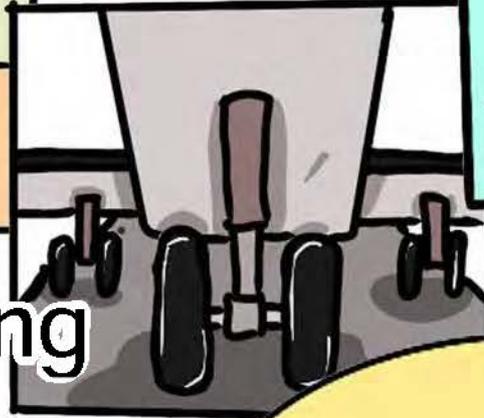


Pesawat mulai bergerak ...



... dan terbang

Nging



Wah bagus banget pemandangan dari atas sini. Baru pertama kali naik pesawat. Harus foto yang banyak nanti di Bali buat IG*



* Instagram (salah satu sosial media)



Hari yang cerah di Pulau Dewata Bali.
Akhirnya pesawat yang ditumpangi Agnes
dan Ririn mendarat dengan selamat di
Bandara I Gusti Ngurah Rai.



Akhirnya mereka
bertemu dengan
penjemput mereka.



Perjalanan panjang mereka ke lokasi studi lapanganpun dimulai.

BRUMM...
BRUMM.....

Tidur dulu aja lagi, Nes. Pertama kita mau ke Danau Beratan kan ya?

Iya, kita akan ke tiga danau. Pertama, kita Danau Beratan. Kemudian, ke Danau Buyan, dan Tamblingan.

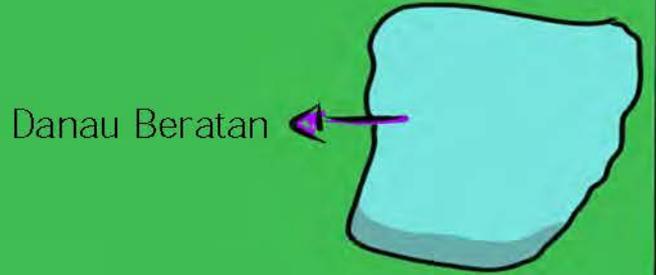
Iya mbak, tidur aja perjalanan kita masih 2 jam 30 menit.

Siap Bli. Kebetulan saya memang ngantuk sekali.

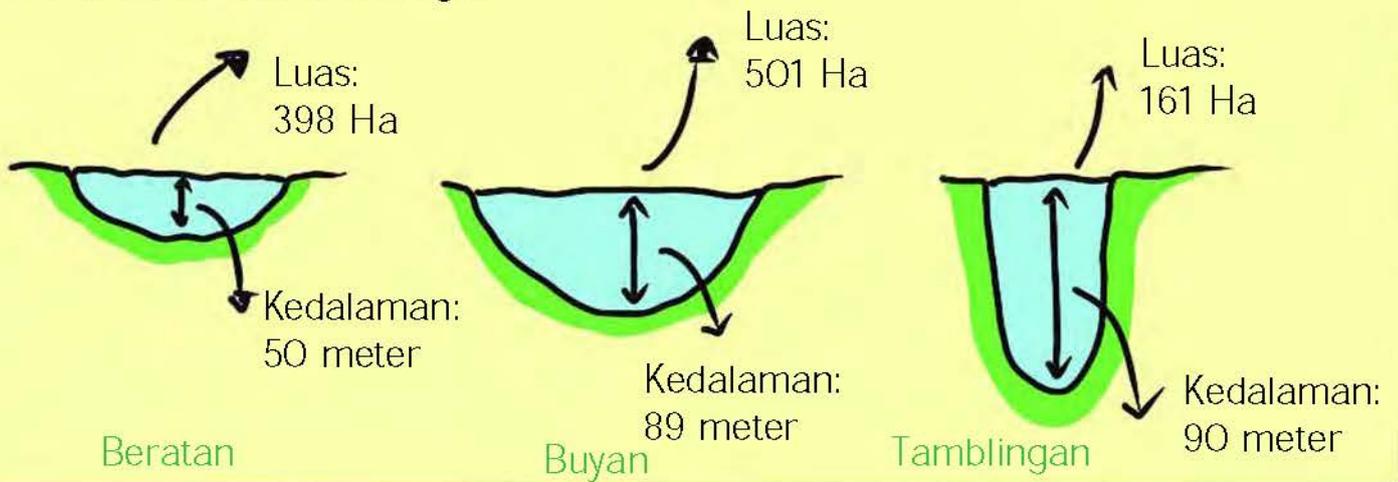
Nanti aku bangunin Nes.



Ini adalah peta lokasi yang akan dituju oleh Agnes dan Ririn. Ketiga danau ini terbentuk dari letusan Gunung Purba. Uniknya, Danau Beratan lokasinya cukup jauh dari Danau Buyan dan Tamblingan



Secara rinci, Danau Buyan merupakan danau terluas. Sementara itu danau terdalam adalah Danau Tamblingan.



Ha = singkatan dari Hektar, yang menyatakan luas per 10.000 meter persegi.

Setelah perjalanan yang melelahkan.



Agnes dan Ririn tiba di danau yang pertama, Danau Beratan.



Danau Beratan

Danau Beratan merupakan danau di kawasan Bedugul, yang berada di jalur provinsi antara Denpasar dan Singaraja.



Estetik banget kan? Ayo kita cari Pak Wayan!

Akhirnya sampai juga di Danau Beratan.

Waduh Nes..

Wah kita agak telat ini. Ini udah Jam 16.30.

Ayo kita cari Pak Wayan. Soalnya kita perlu mewawancarai beliau terlebih dahulu.

Hai, Nak Agnes dan Nak Ririn.

Wah itu Pak Wayan, Rin. Ayo segera ke sana!

Siap Nes. Ayo!

Akhirnya Agnes dan Ririn bertemu Pak Wayan. Mereka berbincang sebentar sebelum sesi wawancara.

Tahukah Kamu?

Sebelum kita melanjutkan cerita dari komik ini, ada beberapa informasi yang perlu kalian ketahui. Jika kalian melihat uang kertas 50.000 rupiah tahun cetak 2005, maka kalian akan melihat gambar pura yang sangat indah. Pura tersebut adalah Pura Ulun Danu Beratan. Pura ini merupakan pura yang terletak di Danau Beratan.



Sekilas Tentang Pura Ulun Danu Beratan

Pura ini oleh masyarakat sekitar digunakan untuk beberapa upacara persembahan untuk Dewi Danu (Dewi air, danau, dan sungai).

Pura ini berfungsi sebagai Pura Subak. Apa sih pura Subak itu?. Kita akan mengetahuinya seiring cerita dari komik ini.

Berdasarkan Lontar Babad Mengwi*, dijelaskan Pura ini dibangun oleh I Gusti Agung Putu. Kemungkinan didirikan sebelum tahun 1556 Saka**. Tidak ada tahun pasti kapan didirikannya akan tetapi pura ini didirikan sebelum Pura Taman Ayun*** pada 1556 Saka.



*Istilah lontar digunakan untuk menjelaskan kertas dari tumbuhan Lontar yang digunakan orang jaman dahulu untuk kegiatan tulis-menulis.

**Tahun Saka, atau disebut Penanggalan Sliwahana merupakan penanggalan yang berasal dari India. Kalender ini merupakan kalender lunar-solar (kalender yang menggunakan fase bulan sebagai acuan utama namun juga menambahkan pergantian musim di dalam perhitungan tiap tahunnya).

***Pura Taman Ayun merupakan salah satu Pura di Bali yang berlokasi di Kecamatan Mengwi

Mohon ijin pak, sambil kami rekam wawancaranya.

Baik bapak kami akan memulai wawancaranya terkait beberapa permasalahan di Danau Beratan

Silahkan kalau mau direkam nak. Baik, akan saya ceritakan

Akhirnya proses wawancara dilakukan oleh Agnes dan Ririn dengan narasumber Pak Wayan.

Wawancara meliputi beberapa hal, seperti permasalahan pada Danau Beratan sebagai sumber mata air dan bagaimana upaya masyarakat dan pemerintah menanggulangi permasalahan ini

Jadi itu garis besarnya.

makasih pak



Demikian Pak, Wawancara dari kami. Terimakasih banyak atas waktunya.

Akan kami buat rangkumannya besok pak, dan tunjukkan ke Bapak.

Baik Nak Agnes dan Ririn. Senang bisa membantu.

Lebih baik ke Danau Buyan dan Tamblingan besok pagi aja. Soalnya sudah malam. Kalian bisa menginap di rumah keluarga saya.



Wah, baik pak, senang sekali. Kami juga kecapakan.



Kabarin Bli Nyoman Rin! Buat jemput besok pagi di sini.

Bli, hari ini kami mau menginap di sini. Apakah besok bisa jemput jam 9 pagi?



Tentu saja mbak. Oh iya, jangan lupa tas dan koper di belakang diambil ya.



Siap Bli.



Akhirnya, Agnes dan Ririn menginap di Rumah keluarga Pak Wayan. Malam pun datang.

Nak Agnes dan Ririn tidur di kamar tamu depan ya?



Siap Pak Wayan



Agnes dan Ririn tidur sangat lelap malam itu, sampai terbitnya fajar.



Kukuruyukkkkkkkkk



Pagi pun datang. Agnes dan Ririn disugahi sarapan yang sangat nikmat oleh keluarga Pak Wayan.



Setelah sarapan.

Nak, nanti ketemu di Tamblingan ya.

Ternyata Pak Wayan ada urusan di kantornya. Jadi, beliau berangkat terlebih dahulu. Agnes dan Ririn berencana bertemu Pak Wayan di Danau Tamblingan.

Akhirnya jam menunjukkan jam 9 pagi. Jemputan mobil Bli Nyoman telah sampai di depan rumah Pak Wayan.



Makasih ya Bli. Sudah datang tepat waktu.

Kami udah siap Bli.

Mbak Agnes dan Ririn, saya istirahat 15 menit dulu ya?

Agak sedikit capek.

Setelah Bli Nyoman istirahat, mereka pun melanjutkan perjalanan mereka.



Kita ke Danau Buyan dulu yuk!

Ide bagus, searah kan ke Tamblingan.

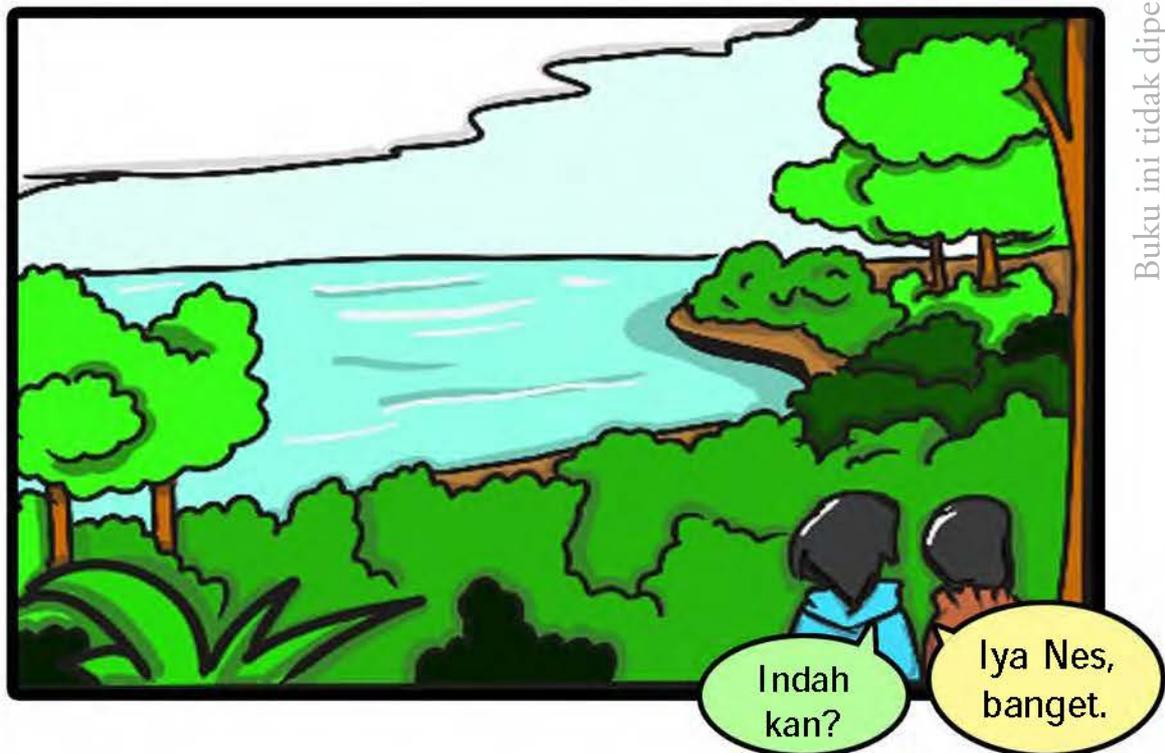


Agnes dan Ririn memutuskan untuk ke Danau Buyan terlebih dahulu, sebelum mereka menuju Danau Tamblingan untuk menemui Pak Wayan. Tidak butuh waktu lama, 20 menit kemudian mereka sampai di Danau Buyan.

Danau Buyan

Danau ini terletak di Desa Pancasari, Kecamatan Suka-sada, Kabupaten Buleleng, Bali.

Danau ini juga dikenal dengan tempat Bumi Perumahan, karena banyak area perumahan di Danau Buyan





Coba perhatikan di sebelah sana Rin! Akhir-akhir ini, danau ini banyak didatangi pengunjung untuk berkemah.

Wah iya. Banyak tenda warna-warni di sebelah sana Nes. Jadi ingin berkemah juga.

wisatawan juga banyak lho.

Wah, iya.

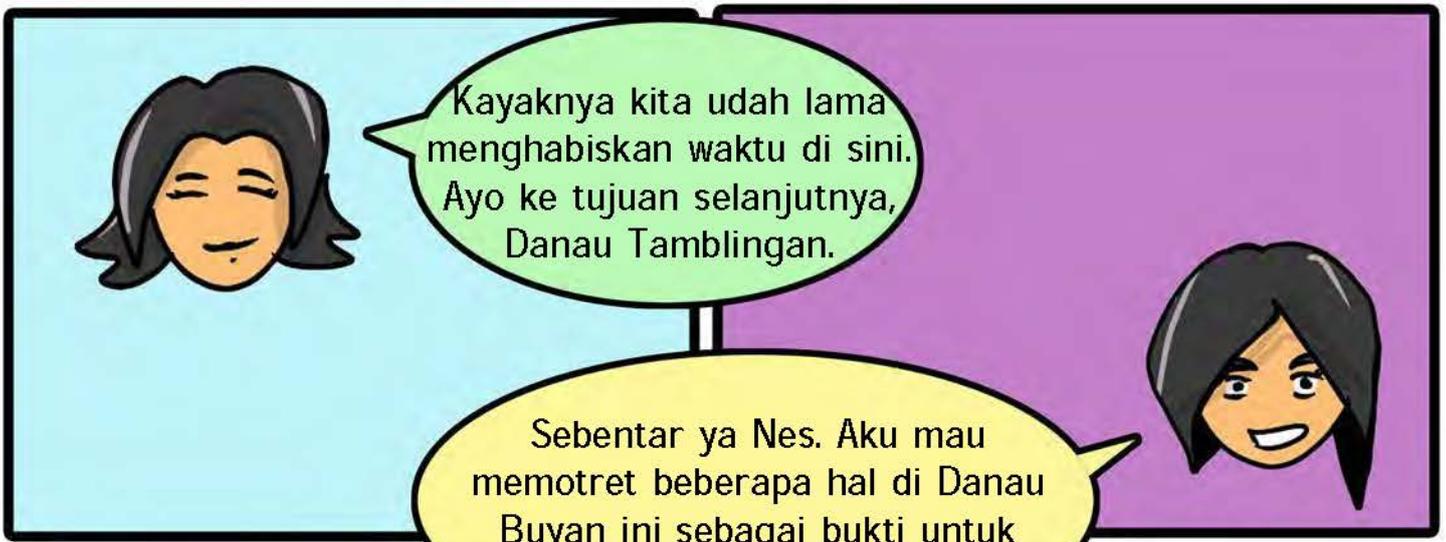


Wisatawan lokal dan mancanegara sudah banyak mengetahui danau ini sebagai destinasi wisata

Danau Buyan juga memiliki Pura seperti di Danau Beratan yang disebut Pura Ulun Danu Buyan. Suasana alamnya juga indah sekali.



Cocok ya untuk anak muda seperti kita, sebagai tempat melepaskan penat.



Kayaknya kita udah lama menghabiskan waktu di sini. Ayo ke tujuan selanjutnya, Danau Tamblingan.

Sebentar ya Nes. Aku mau memotret beberapa hal di Danau Buyan ini sebagai bukti untuk laporan nanti.



Ririn memotret beberapa hal di Danau Buyan dengan gawainya

JEPRET

JEPRET



Sudah selesai Nes?. Ayo kita segera berangkat.

Setelah itu, Ririn dan Agnes melanjutkan perjalanan ke tujuan mereka selanjutnya, yaitu Danau Tamblingan.

Mereka segera menuju ke mobil Bli Nyoman, dan memulai perjalanan

Buku ini tidak diperjualbelikan.

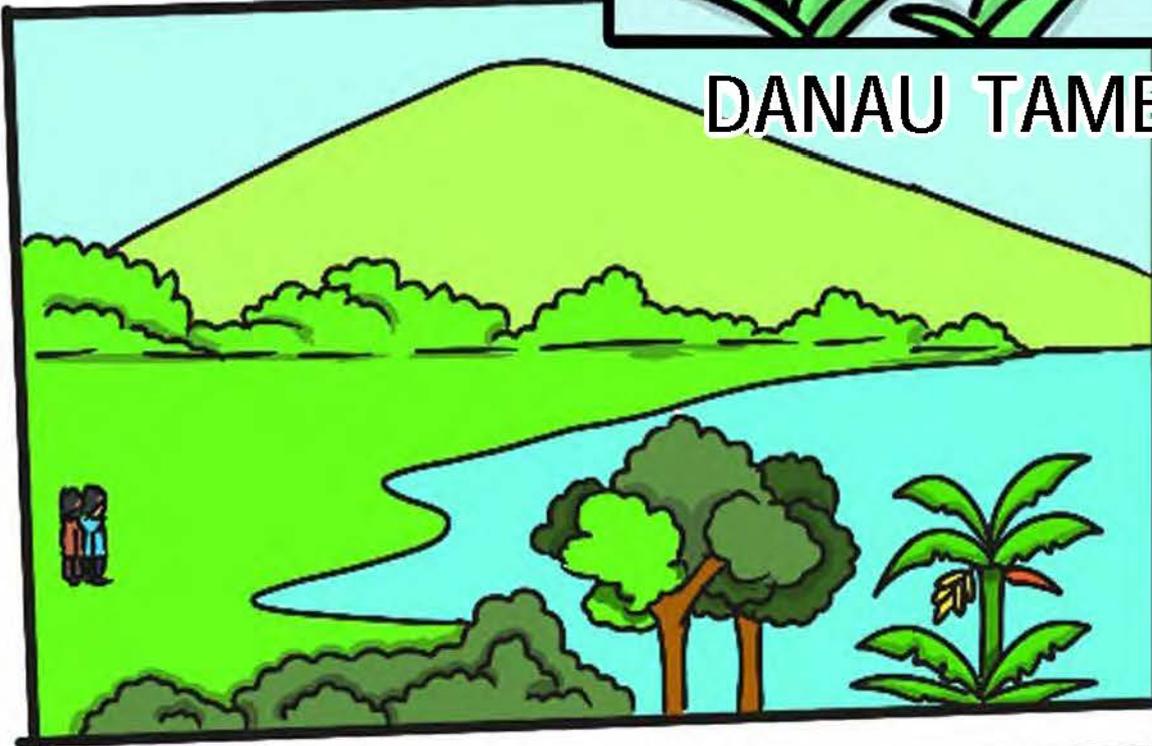


Sebenarnya, jarak Danau Buyan ke Tamblingan hanya sekitar 500 meter saja. Danau Tamblingan berada di sisi sebelah Barat dari Danau Buyan. Namun jika melewati jalan kira-kira bisa di tempuh selama 15-20 menit dengan kendaraan.

Akhirnya Agnes dan Ririn sampai di tujuan kedua mereka, Danau Tamblingan.



DANAU TAMBLINGAN



Danau ini terletak di Lereng sebelah utara Gunung Lesung. Akan tetapi, Danau ini tidak dikembangkan menjadi destinasi wisata modern, karena pemerintah berurusan menjaga kealamiannya.

Sesampainya di sana, Agnes dan Ririn langsung mencari Pak Wayan.

Pak Wayan di mana ya?. Lumayan luas ini tempatnya.

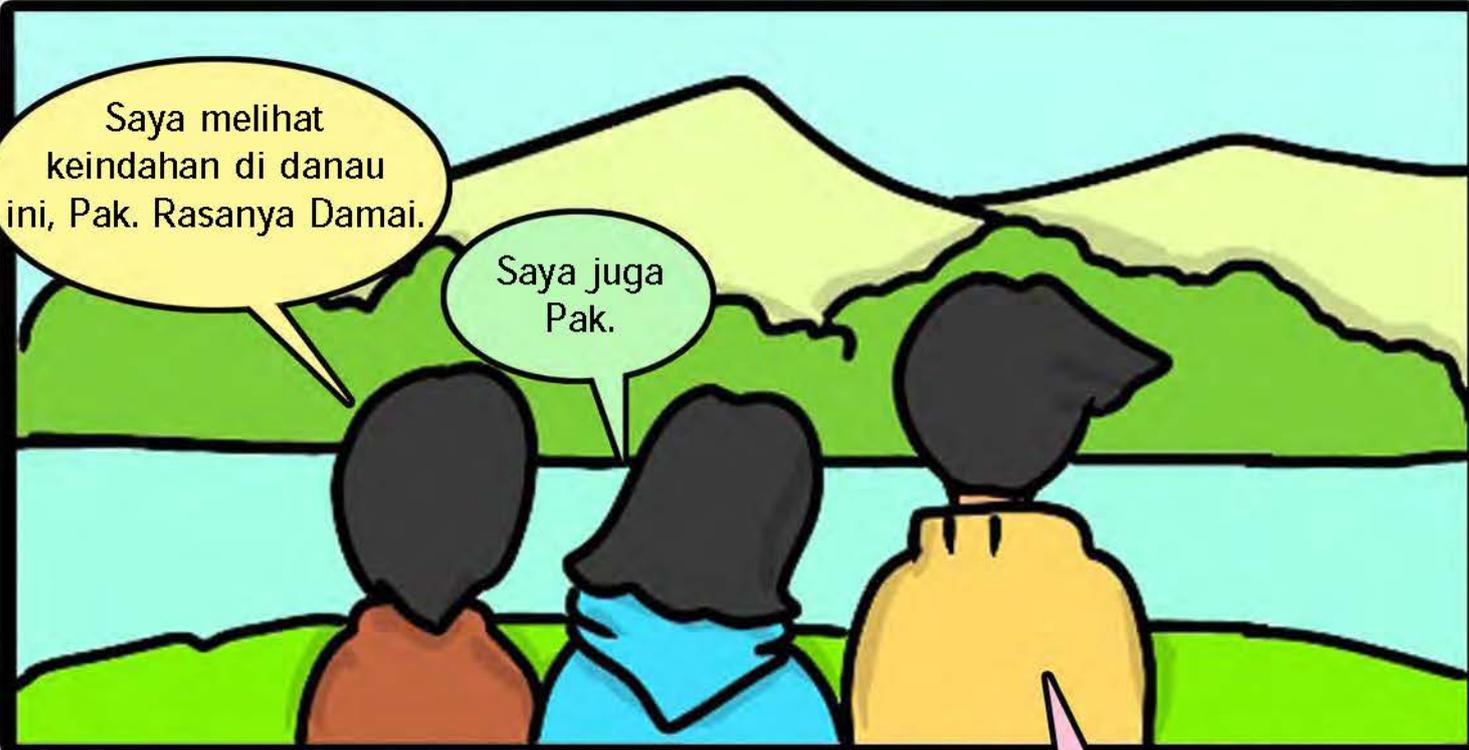
Kita cari dulu Nes. Mungkin di sekitar sini.



Saya ingin mengajak kalian untuk melakukan refleksi tentang alam kita. Sebagai tambahan laporan kalian

Sekarang ayo bersama-sama kita lihat danau ini dengan seksama

Buku ini tidak diperjualbelikan.



Saya melihat keindahan di danau ini, Pak. Rasanya Damai.

Saya juga Pak.



Selain indah di mata kita sebagai manusia. Danau ini juga merupakan sumber kehidupan dari banyak makhluk hidup lainnya. Mungkin kita sekarang masih bisa menikmati keindahannya.

Kenapa jadi serius gini, Pak? Maksud Bapak di masa depan kita gak bisa lagi menikmatinya lagi?

Saya paham, Pak. Keindahan ini akan hilang karena kita sebagai manusia akan merusaknya, kan?

Iya, tanpa sadar kita hanya menikmati tanpa memelihara



Meningkatnya aktivitas manusia lambat laun juga berpengaruh terhadap danau ini. Banyaknya aktivitas wisatawan yang malah merusak keindahan seperti buang sampah sembarangan & pengrusakan lingkungan. Selain itu, kegiatan pertanian yang tidak bijak juga berdampak pada danau.



Iya Pak, Semoga kita, di masa depan, masih bisa menikmati keindahan danau-danau ini.



Kok jadi sedih ya? Tapi saya juga akui pak, manusia memang makhluk yang tamak dan selalu merusak alam.

Rin, dari sekarang kita harus selalu menjaga lingkungan kita.



Kalian jangan seperti itu ya? Oh iya, saya sarankan ke satu tempat lagi, Danau Batur. Di sana kalian akan belajar juga banyak hal.



Bapak tunggu kalian di sana ya.



Ayo Nes, kita berangkat ke Danau Batur. Biar gak terlanau sore nanti sampainya di sana.



Sebentar Rin, biarkan aku menikmati keindahan alam ini dulu. Jarang-jarang kita akan ke sini lagi



Baik Nes, Aku juga akan menikmati nuansa alami di danau ini.



Hmm... Indah nya ciptaan Tuhan. Semoga kita bisa bertemu lagi di masa depan, dan kamu masih indah seperti ini.

Tahukah Kamu?

Sebelum kita memulai lagi ceritanya. Kita akan belajar dulu tentang asal-usul dari ketiga danau ini. Danau Beratan, Beratan dan Tamblingan tercipta karena letusan Gunung Purba di jaman dahulu. Letusan ini menciptakan tiga kaldera* besar. Seiring berjalannya waktu, kaldera tersebut diterpa hujan dalam waktu yang lama dan terus-menerus sehingga berisi air hujan. Akhirnya, kaldera tersebut menjadi tiga danau.

Hal yang paling menarik adalah banyaknya pura di area dari ketiga danau tersebut yang juga menjadi destinasi wisata turis lokal dan mancanegara. Untuk pura besar sendiri, ada beberapa yang dapat terlihat pada gambar di bawah ini.



Selain pura, ada beberapa hal yang menjadi daya tarik danau-danau ini. Sebagai contoh tempat perkemahan, wisata religi, keliling danau dengan sampan (perahu), dan kekayaan biodiversitas.

*kaldera = lubang besar yang akibat letusan gunung berapi yang terbentuk karena ruang magma menjadi kosong, kebanyakan lubang ini akan terisi air hujan dan menjadi danau.

Setelah selesai menikmati suasana Danau Tamblingan. Agnes, Ririn dan Bli Nyoman menuju Danau Batur



Lokasi cukup jauh, dan perlu menempuh jarak sekitar 82 km, dengan waktu tempuh 2 jam 30 menit.

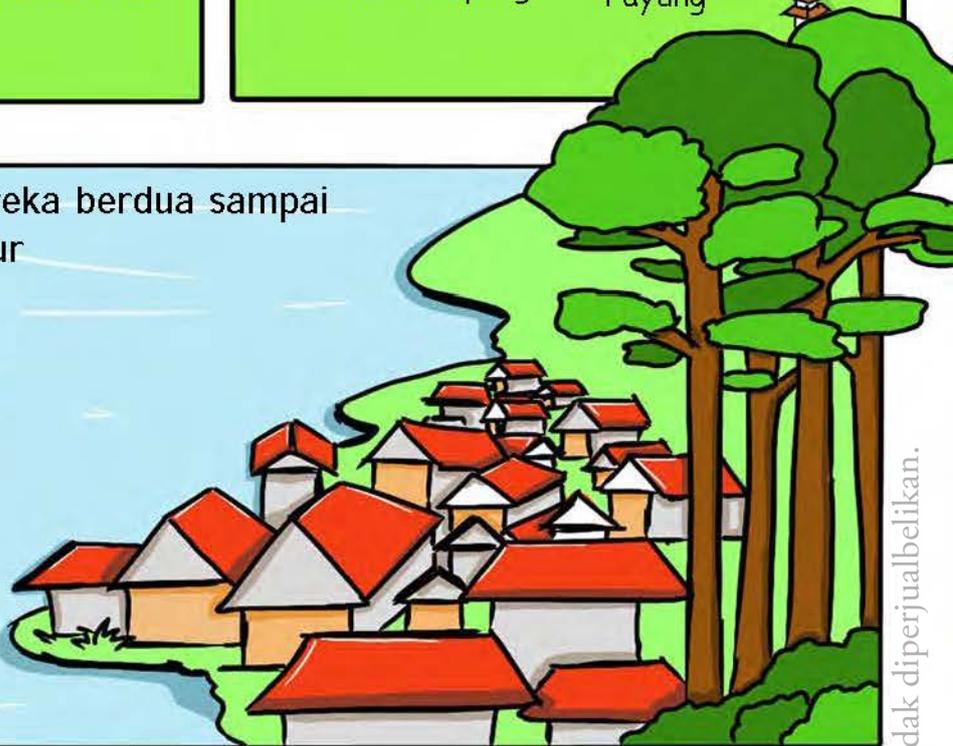
Danau Batur terletak di sebelah tenggara Gunung Batur



Akhirnya, mereka berdua sampai di Danau Batur

Wah di sini cukup ramai juga ya. Banyak rumah di pinggir danau.

Banyak lahan pertanian juga



Bahkan lahan pertaniannya mencapai bibir danau



Selang beberapa waktu, mereka mencari Pak Wayan di Danau Batur.

Akhirnya mereka pun bertemu dengan Pak Wayan.



Tahukah Kamu?

Terdapat patung yang sangat besar di Danau Batur. Patung tersebut merupakan patung dari Dewi Danu. Patung ini dibangun tepat di hulu Danau Batur, di Desa Songan.

Patung ini masuk Museum Rekor Dunia Indonesia (MURI) sebagai patung Dewi Danu yang terbesar dan tertinggi di Indonesia. Tinggi Patung ini mencapai 15 meter.



Coba Nak Ririn atau Agnes amati di bagian danau dengan teropong.

Tero-pongnya ada kan, Nes?

Ada kok ini lagi ku pegang.



Itu adalah rumah apung. Setiap rumah apung terdapat keramba jaring apung. Keramba ini digunakan dalam budi daya ikan. Normalnya keramba jaring apung hanya diperbolehkan 1% dari luas danau. Danau Batur sendiri memiliki luas sekitar 1.600 hektar, dengan asumsi keramba jaring apung maksimal sekitar 10 ribu plong*, dengan luas 4 x 4 meter. Namun, di Danau Batur saat ini jumlah keramba jaring apung mencapai 12.200 (data di tahun 2021), yang berarti melebihi batas maksimal.



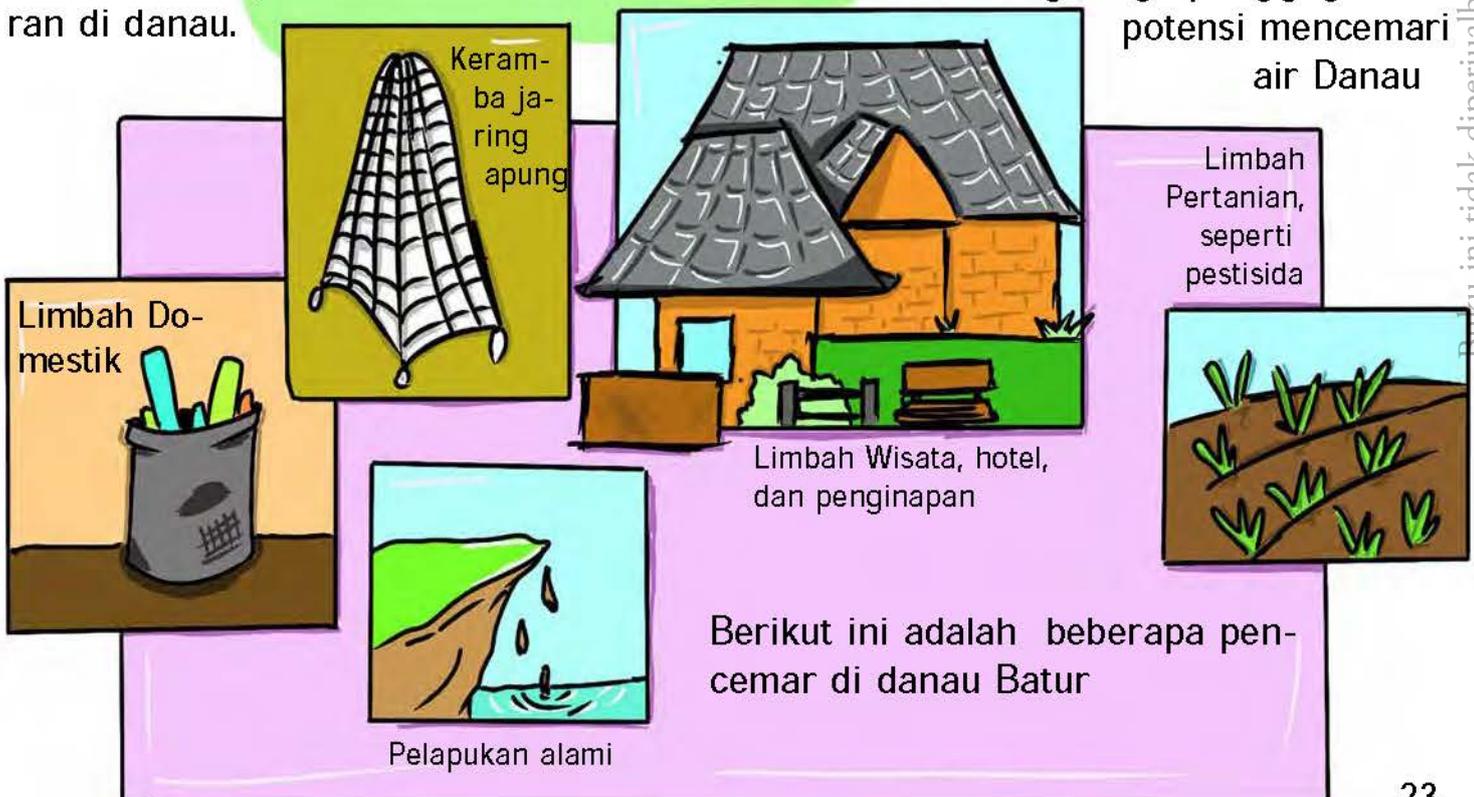
*plong merupakan istilah untuk satu sekat kotak pada keramba jaring apung

Danau Batur juga tidak memiliki aliran air masuk (*inlet*), dan aliran air keluar (*outlet*), sehingga nutrisi (zat hara) menumpuk di dasar danau. Zat ini umumnya menumpuk di dasar danau, yang menjadi berbahaya ketika terjadi *upwelling* (naiknya massa air dari bawah ke atas). Hal ini menyebabkan nutrisi berlebih di permukaan danau sehingga berpotensi menimbulkan pencemaran di danau.

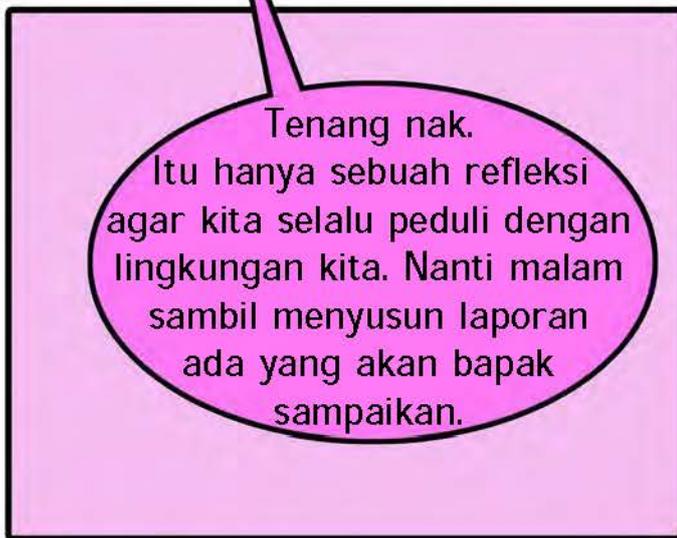


Tidak hanya itu pestisida yang digunakan petani akan mengalir ke arah danau dan menumpuk yang berbahaya bagi ikan di danau.

Pakan ikan yang berlebih di keramba jaring apung juga berpotensi mencemari air Danau



Buku ini tidak diperjualbelikan.



Setelah perjalanan yang melelahkan dari Danau Buyan, Danau Tamblingan dan Danau Batur. Agnes dan Ririn kembali ke Rumah Pak Wayan untuk beristirahat dan menyusun laporan hasil kuliah lapang mereka selama berada di Bali.



Dari data yang kukumpulkan, ada beberapa penyebab tercemarnya air di Danau Beratan, Buyan dan Tamblingan. Penyebab pertama adalah perubahan pola pertanian di sekitar Danau

Komoditas pertanian di sana pada 1980an dulu adalah

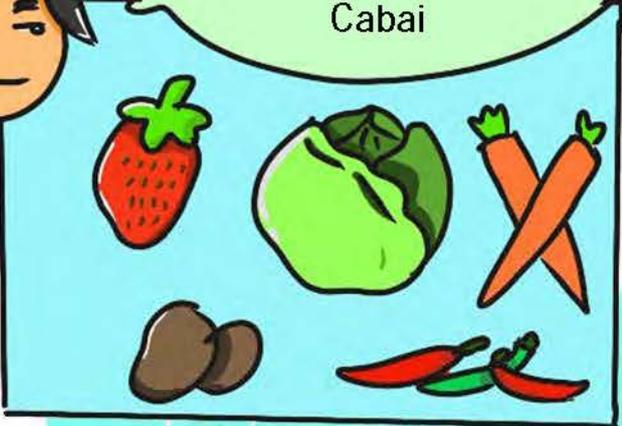
- Cengkeh
- Kopi
- Jambu Monyet

Kemudian, petani di sana beralih ke komoditas yang lebih menguntungkan

Seperti Strawberry, Kubis, Wortel, Kentang dan Cabai



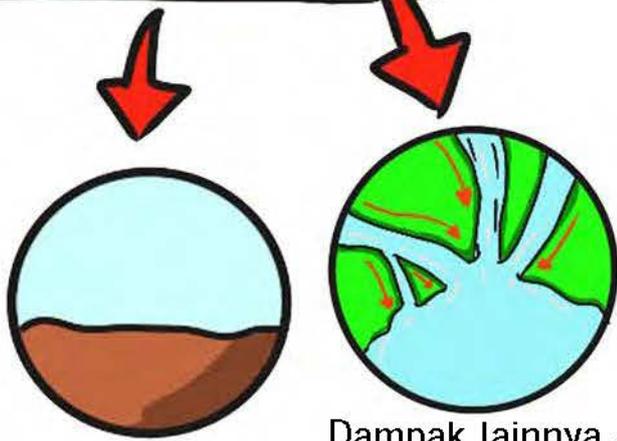
Bahkan petani mulai memperluas lahan pertaniannya dengan memanfaatkan lahan yang kemiringannya lebih dari 30 derajat.



Kemiringan lahan awal

Lahan dengan kemiringan > 30 derajat

Perubahan pola pertanian ini berimbas pada pengelolaan tanah yang lebih intensif. Hal ini tentunya membawa dampak yang buruk kepada daerah di sekitar danau.



Dampak pertama adalah memicu rendahnya mutu lingkungan

Dampak lainnya adalah tanah tidak mampu menahan air hujan, sehingga terjadi aliran yang terlalu deras

Dari beberapa permasalahan tadi apa langkah yang sudah dilakukan pemerintah dan masyarakat sekitar, Nes?



Sebelum aku jelaskan aku jabarkan dulu biodiversitas* tumbuhan di danau-danau tersebut.



Dari hasil studi lapang, beberapa tumbuhan sudah teridentifikasi kasi, sebagai contoh:



pohon
= 63 jenis



Perdu = 36 jenis



tumbuhan
bawah = 69 jenis



Epifit** =
41 jenis



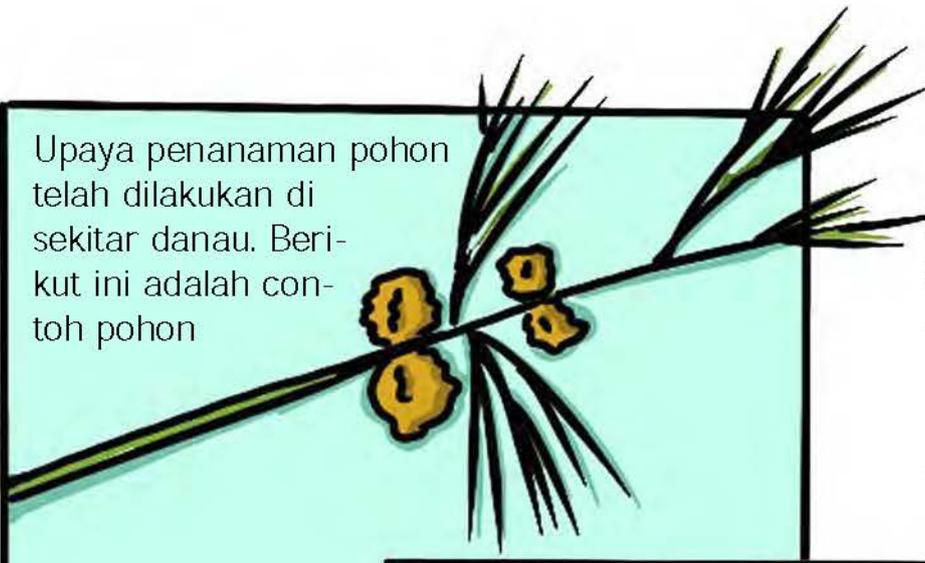
liana*** = 41 jenis



* biodiversitas disebut juga keragaman hayati adalah keberagaman makhluk hidup (tumbuhan, hewan, fungi, dan mikroorganisme) yang hidup di suatu wilayah.
**epifit merupakan tumbuhan yang menumpang pada tumbuhan lain.
*** liana atau disebut tumbuhan pemanjat, merupakan tumbuhan yang membelit tumbuhan lain untuk mendapatkan sinar matahari.



Upaya penanaman pohon telah dilakukan di sekitar danau. Berikut ini adalah contoh pohon



Camara Geseng (*Casuarina junghuhniana*)

Jenis tumbuhan yang berasal dari Jawa hingga Kepulauan Sunda Kecil*. Tinggi bisa mencapai 15-30 meter. Tumbuhan ini berfungsi sebagai actinorhizal plant**.

Camara Pandak (*Podocarpus imbricatus*)

Merupakan jenis konifer*** yang tersebar di Asia Tenggara sampai Oceania. Tinggi tanaman bisa mencapai 40 meter.

*gugusan pulau di sebelah timur Pulau Jawa

**Tumbuhan yang bersimbiosis dengan bakteri *Frankia* sp. untuk merubah nitrogen menjadi amonia

Selain kedua jenis tumbuhan ini banyak juga yang ditanam di sekitaran danau, seperti: Trembesi, Kayu Manis, Mahoni, Nangka, Sengon dan Cempaka



*** tumbuhan berbiji terbuka

Namun, penanaman beberapa jenis tanaman ini tidak serta merta berhasil menanggulangi permasalahan yang ada di sekitar danau.

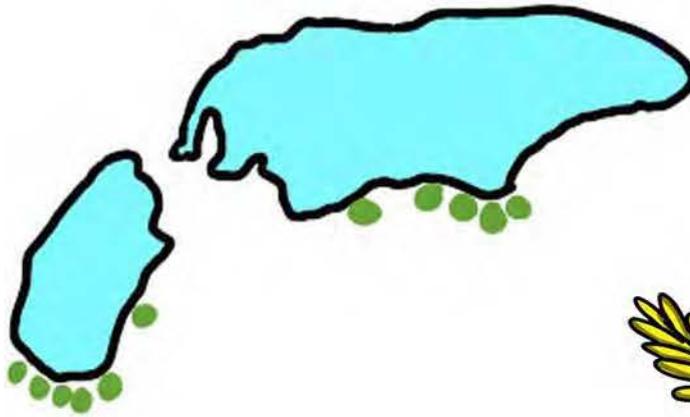


Karena daerah sekitar danau sudah terlanjur rusak. Ketika hujan air danau meluap ke pinggir danau, beberapa jenis tumbuhan yang telah ditanam tidak dapat bertahan hidup di genangan air danau.

Terus?
Apakah ada upaya lain dari pemerintah dan masyarakat, Nes?

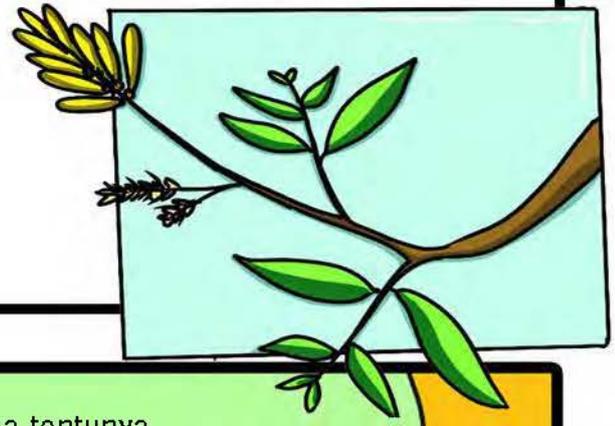


Masyarakat dan pemerintah setempat akhirnya mencoba memetakan titik untuk beberapa pohon yang tahan dengan air.



Sebagai contoh pada peta ini, di Danau Buyan dan Tamblingan, telah dilakukan pemetaan beberapa titik penanaman dalam upaya perbaikan ekosistem.

Titik berwarna hijau adalah titik penanaman pohon yang tahan air.



Penanaman ini banyak fungsinya.



Fungsi pertama tentunya adalah perbaikan ekosistem.



Selanjutnya, peningkatan kualitas tanah.



dan menahan air hujan.

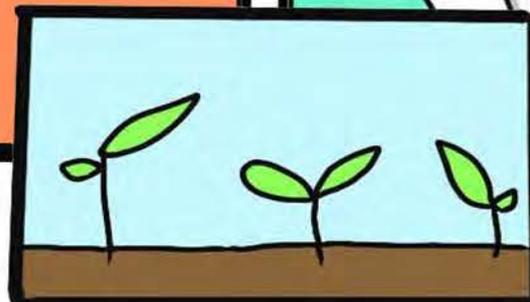


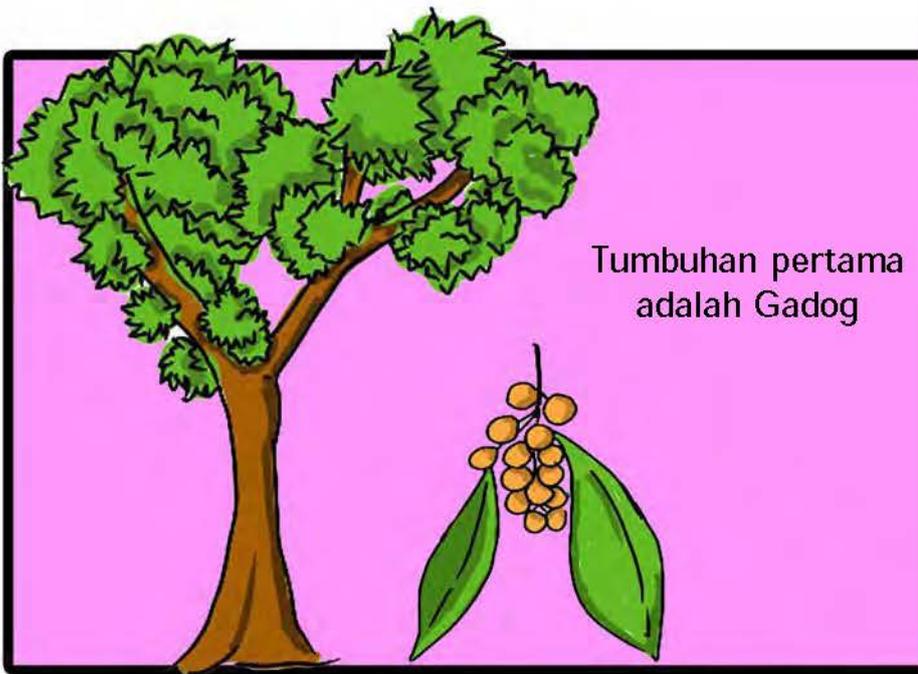
wah bagus juga ya

Kalau boleh tahu, jenis pohon apa saja yang akan ditanam di sana, Nes?



Berdasarkan wawancaraku dengan Pak Wayan ada beberapa jenis pohon yang direkomendasikan di tanam di daerah tersebut karena memang tahan dengan air.





Tumbuhan pertama adalah Gadog

Gadog

(*Bischofia javanica*)

Tumbuhan ini sangat tahan dengan air. Pemanfaatan kayunya untuk konstruksi sangat luas digunakan, dan kayu dari tumbuhan ini juga tahan terhadap air dan sulit lapuk.

Ara Tropis

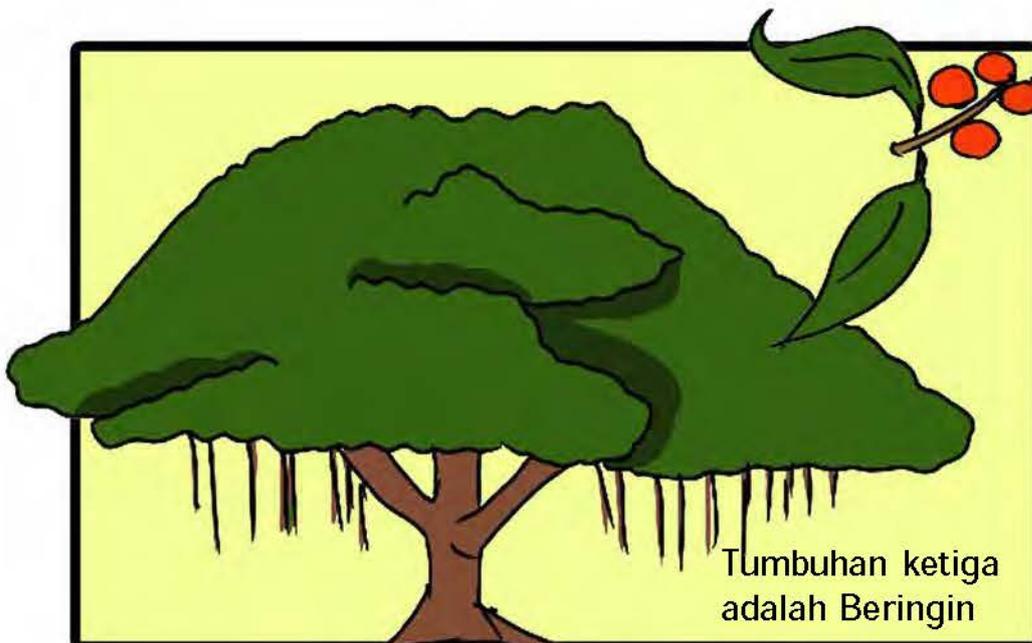
(*Ficus variegata*)

Merupakan tumbuhan dioecious*. Jenis tumbuhan ini mampu memelihara tata air. Akarnya bisa memperkuat tanah dan menahan longsor karena air hujan.

*tumbuhan berumah dua, tumbuhan jantan dan betina terpisah pada tumbuhan yang berbeda



Tumbuhan kedua adalah Ara Tropis



Tumbuhan ketiga adalah Beringin

Beringin

(*Ficus benjamina*)

Sama halnya dengan Ara tropis, tumbuhan ini juga berasal dari Marga Ficus. Akar beringin juga memiliki fungsi yang sama dengan Ara Tropis, yaitu menjaga cadangan air tanah.

Namun, program penanaman ini juga perlu dibarengi dengan diseminasi pemerintah kepada masyarakat agar selalu bijak dalam mengelola lahan pertanian sehingga tidak merusak ekosistem baik di danau atau di sekitar danau.



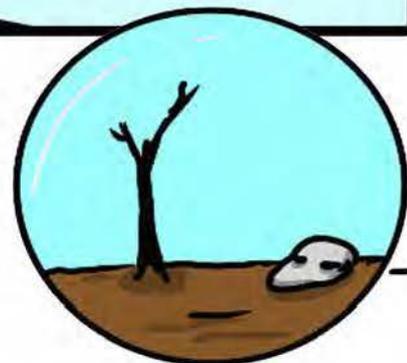
Walaupun pertanian menjadi salah satu penyebab permasalahan tercemarnya air dan tanah di danau dan daerah sekitar danau di Danau Batur. Banyak hal lainnya yang menyebabkan permasalahan tersebut.

Jika diingat-ingat lagi percakapan antara Agnes, Ririn dan Pak Wayan di Danau Batur pada halaman sebelumnya, ada lima sumber pencemar di Danau Batur. Sumber pencemar diantaranya adalah: limbah domestik, limbah pertanian, keramba jaring ikan, limbah/ sampah kegiatan pariwisata, dan pelapukan alami



Kekeruhan pada perairan

Hilangnya spesies endemik* perairan

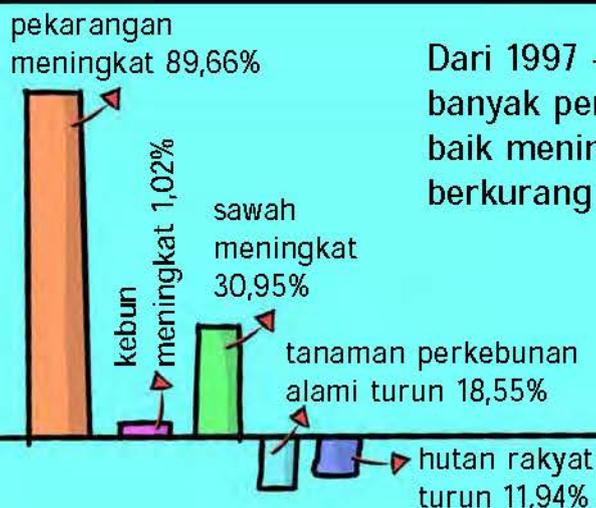


Eutrofikasi** (menumpuknya fosfat) akibat pertanian

Polusi air akibat banyaknya sampah



Selain permasalahan pencemar, pemanfaatan ruang juga bermasalah di sekitar Danau Batur. Hal ini terlihat dari perubahan penggunaan lahan.



Dari 1997 - 2007 banyak perubahan baik meningkat atau berkurang

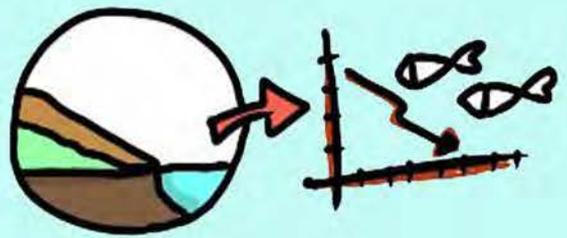
Salah satu yang berkurang adalah hutan rakyat, yang berdampak pada kondisi ekosistem alami di sekitar danau

*spesies endemik adalah spesies asli yang hanya ditemukan di suatu wilayah tertentu
 **eutrofikasi pada perairan berdampak pada peningkatan nutrisi yang berlebih, sehingga ganggang atau fitoplankton menjadi berlebihan jumlahnya. Ganggang dan fitoplankton ini akan bersaing mendapatkan oksigen dengan makhluk hidup di danau, sehingga terjadi penipisan oksigen

Permasalahan selanjutnya adalah dugaan pernah terjadi penebangan liar di sekitar danau.



Penebangan ini berdampak terjadinya erosi.



Erosi ini mengakibatkan rusaknya ekosistem danau dan menurunkan populasi ikan.

Permasalahan lainnya adalah pemanfaatan ruang sempadan*
Idealnya jarak bangunan dari tepi muka air tertinggi danau sekitar 50 meter



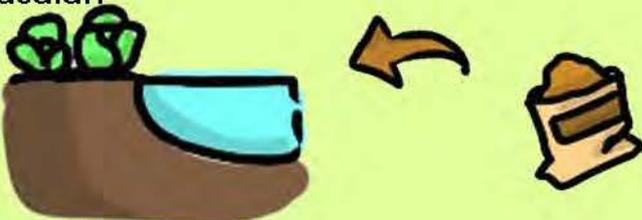
*garis batas mendirikan bangunan

Sayangnya, kondisi di sekitar Danau Batur sangat padat dan jaraknya kurang dari 50 meter

Kondisi di sekitar Danau Batur



Kegiatan pertanian sampai pinggir danau juga merupakan masalah



Selain itu, penggunaan pestisida berlebih membawa pengaruh buruk terhadap pencemaran dan penurunan kualitas air

Dari permasalahan yang sudah terjadi, apa saja upaya yang telah dilakukan oleh masyarakat di daerah sana, Nes?



Tadi aku sempat membicarakan hal ini dengan Pak Wayan. Karena permasalahan utama adalah rusaknya lingkungan, rekomendasi dari pemerintah adalah penanaman bambu.



Aku coba ulang lagi perkataan Pak Wayan, mengapa bambu yang dipilih untuk menanggulangi permasalahan ini.

Bambu berpotensi dijadikan pengganti kayu karena mudah tumbuh. Selain itu, bambu juga gampang beradaptasi, dan akarnya kokoh dan kuat, sehingga bisa menanggulangi erosi dan longsor



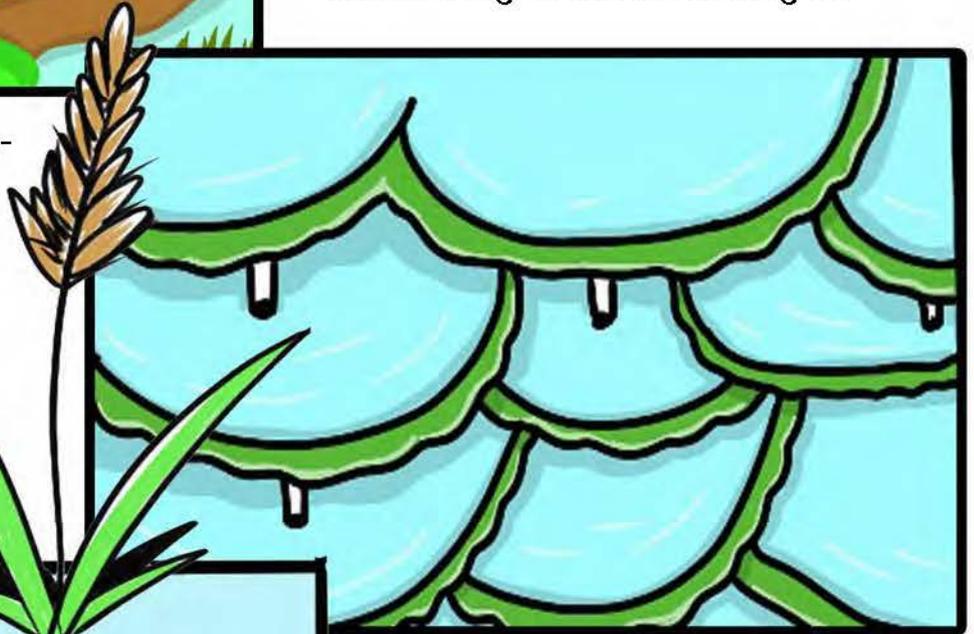


Selain penanaman bambu, penggalakan kembali tradisi Subak juga perlu dilakukan kembali oleh masyarakat. Subak sendiri merupakan sistem irigasi* tradisional. Sistem ini disesuaikan dengan sawah berundak** di Bali.

*sistem pengairan

**sawah dengan sistem bertingkat

Beberapa peneliti merekomendasikan Padi (*Oryza sativa*), karena memiliki potensi untuk menanggulangi air yang berlebih.



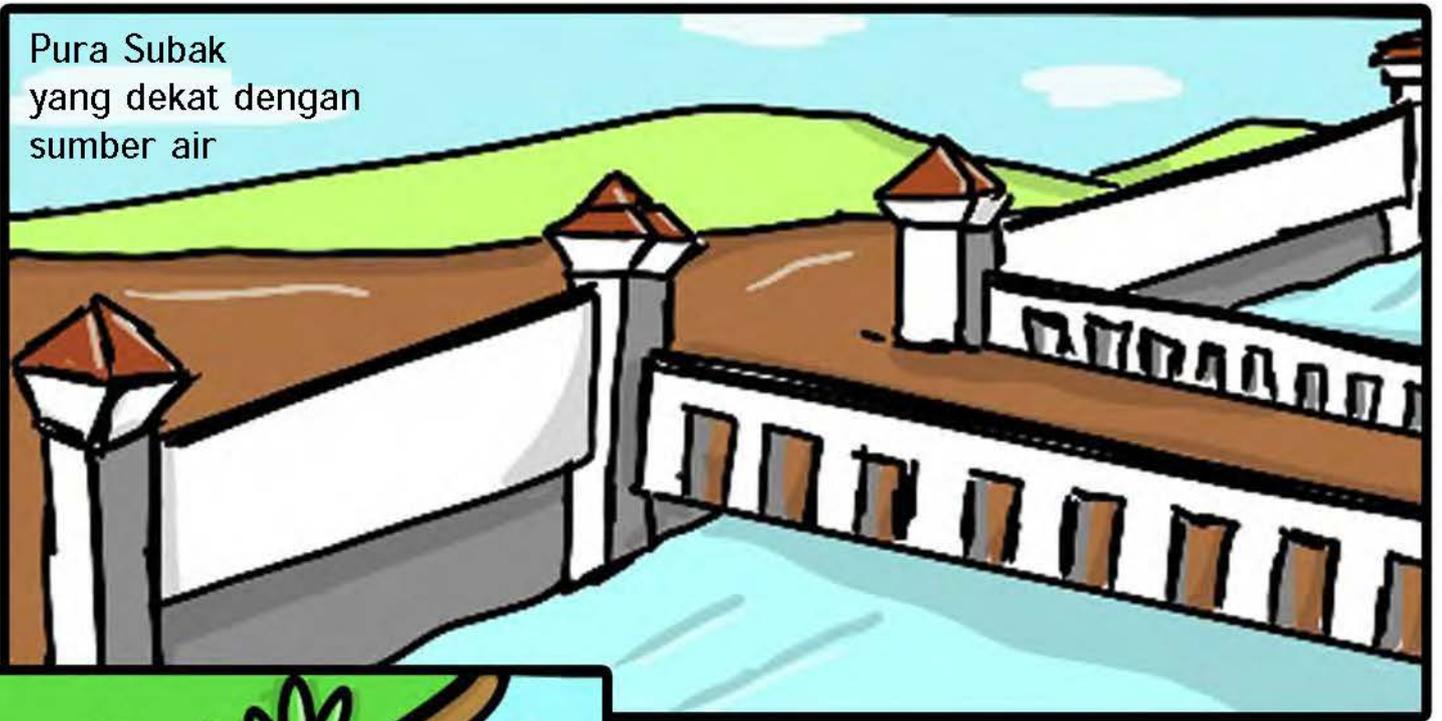
Padi membutuhkan kurang lebih 1500 liter air untuk menghasilkan 1 kg beras. Selain itu, Padi juga cocok dan tahan untuk hidup pada kondisi alam yang berubah-ubah.

Tahukah Kamu?

Subak sebagai sistem irigasi tradisional telah diakui oleh UNESCO (*United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization*) sebagai warisan budaya tak benda pada tahun 2012. Sistem Subak menjunjung filosofi Hindu yaitu 'Tri Hita Karana', dimana kebahagiaan manusia tercipta dari hubungan yang harmoni dengan Tuhan (parahyangan), sesama manusia (pawongan), dan lingkungan (palemahan).

Sistem Subak ini secara umum bertujuan untuk mengontrol pembagian air secara merata pada setiap petak sawah. Selain sistem irigasi, Subak juga berfungsi untuk mengontrol pola pertanian, dan musim tanam.

Pura Subak yang dekat dengan sumber air



Sistem Subak biasanya memiliki Pura, yang disebut dengan Pura Subak, bisa juga disebut Pura Uluncarik atau Pura Bedugul. Biasanya Pura dekat dengan sumber air. Sumber air nantinya akan dialirkan ke penampungan yang nantinya akan membagi pasokan air untuk setiap petak sawah.





Dalam tradisi Subak terdapat hal yang unik, dimana di dekat sawah ada sebuah pelinggih atau altar pemujaan kepada para dewa dan dewi pelindung pertanian.

Tidak hanya itu, masyarakat juga meletakkan kandang sapi di persawahan sehingga muncul multi fungsionalisme dari sawah itu sendiri selain sebagai tempat menanam tumbuhan pangan juga sebagai tempat peternakan.

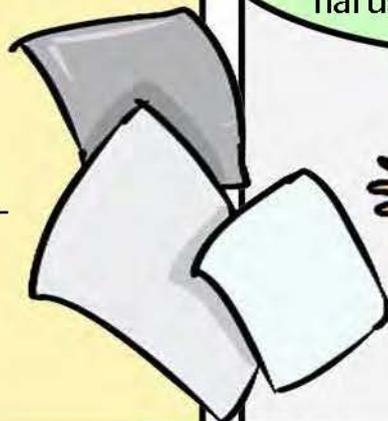


Rekomendasi dalam melindungi sumber mata air di danau-danau di Bali aku rasa sangat baik, terutama dalam konsep kembali ke tradisi awal melalui pengenalan kembali tradisi Subak dalam proses pertanian. Kita buat laporannya yuk, Nes !



Pada malam itu, Ririn dan Agnes mengerjakan laporan mereka tentang kegiatan PERMATA (Perlindungan Mata Air) di Bali. Dan akhirnya mereka menyelesaikan malam itu.

Fyuhhh.. leganya, akhirnya kita bisa menyelesaikan kegiatan ini. Istirahat yuk, besok kita harus kembali ke Surabaya.



Setelah menyelesaikan laporan mereka malam itu, Agnes dan Ririn tidur dengan sangat lelap. Kegiatan studi lapang mereka di Bali mendapatkan banyak data yang berguna untuk studi mereka ataupun masukan kepada masyarakat dan pemerintah

Akhirnya, pagi pun datang di hari terakhir mereka di Bali.

Kukkuruyukk

Kukkuruyukk

Kukkuruyukk



Setelah mereka selesai mandi dan sarapan di rumah Pak Wayan mereka izin untuk pamit kembali ke Surabaya

Terimakasih ya Bapak dan Ibu Wayan



Kalau suatu saat ke Bali, jangan lupa mampir lagi ya.

Sama-sama Nak Agnes dan Ririn

Kami sekeluarga sangat senang atas kedatangan Nak Ririn dan Agnes. Selamat jalan.

Kita langsung menuju Bandara I Gusti Ngurah Rai mbak. Kami pamit Bapak dan Ibu Wayan.



Selamat tinggal Bapak dan Ibu

Akhirnya mereka sampai di Bandara I Gusti Ngurah Rai. Agnes dan Ririn pamit ke Bli Nyoman dan menyampaikan terimakasih atas bantuannya selama di Bali

Jadi sedih, makasih ya Bli, atas tumpangnya selama di Bali

Sama-sama mbak senang bisa membantu. Kabari saya kalau ke sini lagi ya.

Makasih ya Bli, senang bisa bertemu dengan Bli Nyoman

Senang juga bisa berkenalan dengan Mbak Agnes dan Mbak Ririn. Hati- Hati di jalan ya mbak.

Selamat tinggal Bli Nyoman.

Akan kami kabari jika kami sudah sampai di Surabaya.

Setelah itu, Agnes dan Ririn *check in* untuk Masuk ke Pesawat

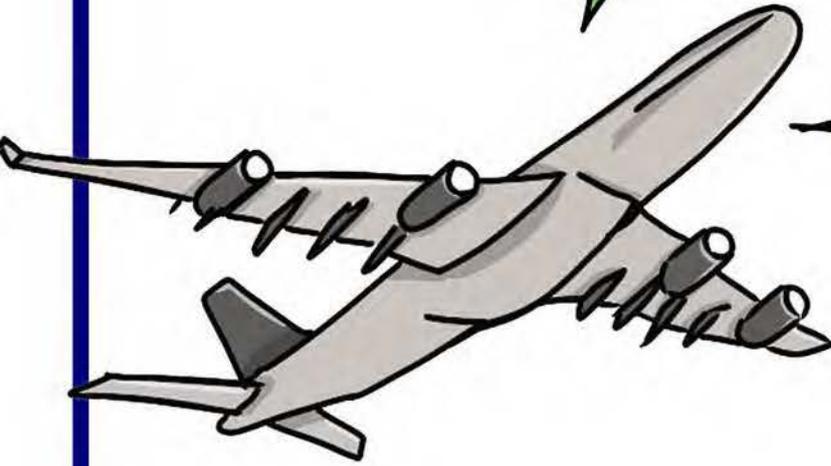
digital ticket

Siapkan tiket digital dulu

Akhirnya pesawat mereka pun berangkat

Aku tidur dulu, Rin

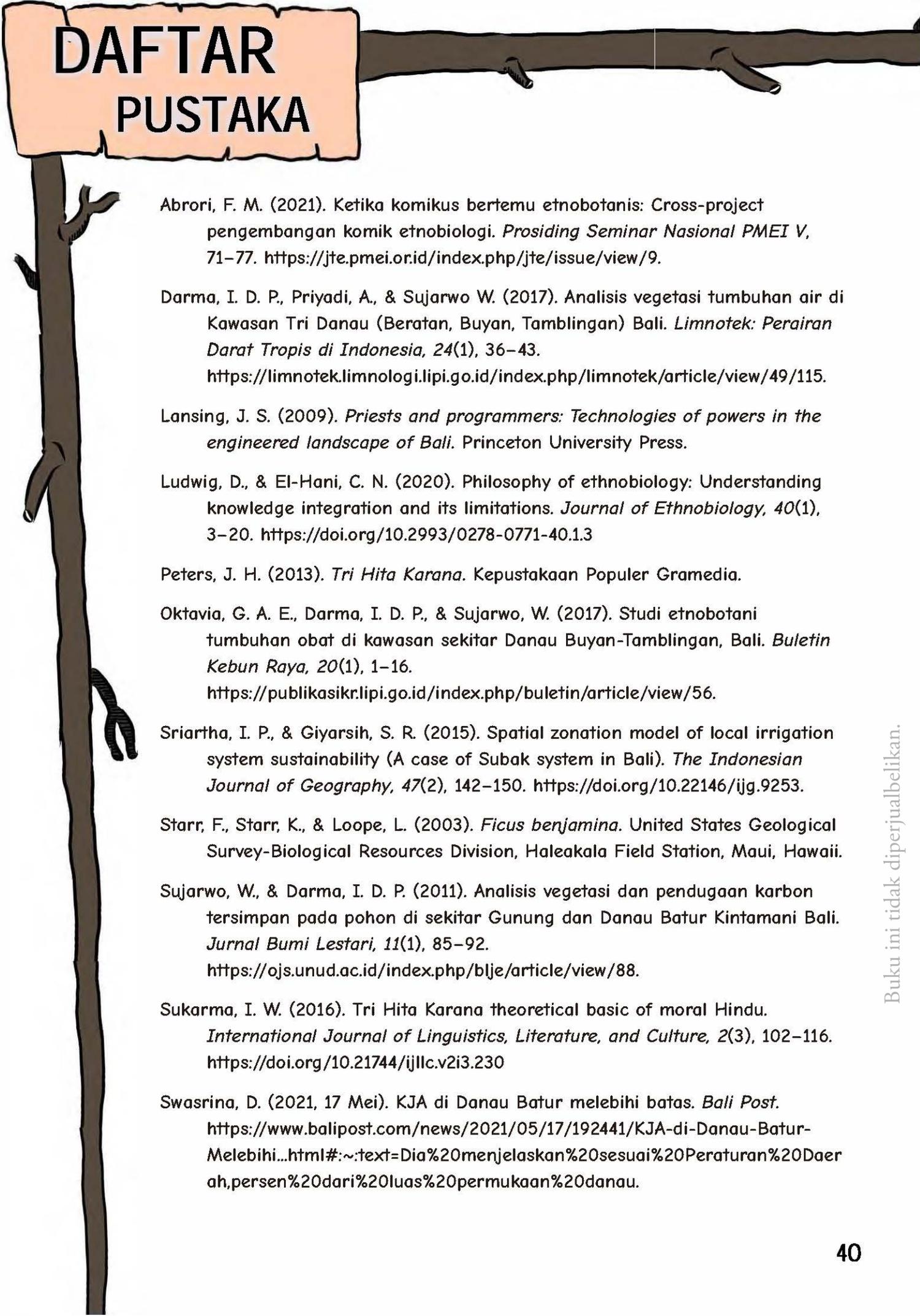
Kebiasaan kamu Nes, tidur terus. Nanti ku bangunin kalau sudah akan mendarat.



Perlindungan Mata Air di Bali merupakan bentuk kecintaan masyarakat untuk melindungi mata air di danau-danau, agar keindahannya bisa dinikmati di masa depan.

Mari selalu lindungi mata air dengan menjadi manusia yang bijak dalam mengelola lingkungan.





DAFTAR PUSTAKA

- Abrori, F. M. (2021). Ketika komikus bertemu etnobotanis: Cross-project pengembangan komik etnobiologi. *Prosiding Seminar Nasional PMEI V*, 71–77. <https://jte.pmei.or.id/index.php/jte/issue/view/9>.
- Darma, I. D. P., Priyadi, A., & Sujarwo W. (2017). Analisis vegetasi tumbuhan air di Kawasan Tri Danau (Beratan, Buyan, Tamblingan) Bali. *Limnotek: Perairan Darat Tropis di Indonesia*, 24(1), 36–43. <https://limnotek.limnologi.lipi.go.id/index.php/limnotek/article/view/49/115>.
- Lansing, J. S. (2009). *Priests and programmers: Technologies of powers in the engineered landscape of Bali*. Princeton University Press.
- Ludwig, D., & El-Hani, C. N. (2020). Philosophy of ethnobiology: Understanding knowledge integration and its limitations. *Journal of Ethnobiology*, 40(1), 3–20. <https://doi.org/10.2993/0278-0771-40.1.3>
- Peters, J. H. (2013). *Tri Hita Karana*. Kepustakaan Populer Gramedia.
- Oktavia, G. A. E., Darma, I. D. P., & Sujarwo, W. (2017). Studi etnobotani tumbuhan obat di kawasan sekitar Danau Buyan-Tamblingan, Bali. *Buletin Kebun Raya*, 20(1), 1–16. <https://publikasikr.lipi.go.id/index.php/buletin/article/view/56>.
- Sriartha, I. P., & Giyarsih, S. R. (2015). Spatial zonation model of local irrigation system sustainability (A case of Subak system in Bali). *The Indonesian Journal of Geography*, 47(2), 142–150. <https://doi.org/10.22146/ijg.9253>.
- Starr, F., Starr, K., & Loope, L. (2003). *Ficus benjamina*. United States Geological Survey-Biological Resources Division, Haleakala Field Station, Maui, Hawaii.
- Sujarwo, W., & Darma, I. D. P. (2011). Analisis vegetasi dan pendugaan karbon tersimpan pada pohon di sekitar Gunung dan Danau Batur Kintamani Bali. *Jurnal Bumi Lestari*, 11(1), 85–92. <https://ojs.unud.ac.id/index.php/blje/article/view/88>.
- Sukarma, I. W. (2016). Tri Hita Karana theoretical basic of moral Hindu. *International Journal of Linguistics, Literature, and Culture*, 2(3), 102–116. <https://doi.org/10.21744/ijllc.v2i3.230>
- Swasrina, D. (2021, 17 Mei). KJA di Danau Batur melebihi batas. *Bali Post*. <https://www.balipost.com/news/2021/05/17/192441/KJA-di-Danau-Batur-Melebihi...html#:~:text=Dia%20menjelaskan%20sesuai%20Peraturan%20Daerah,persen%20dari%20luas%20permukaan%20danau>.

BIODATA PENULIS



Fadhlan Muchlas Abrori merupakan seorang Dosen di Universitas Borneo Tarakan dengan bidang keahlian pengembangan media visual terkait konten etnobiologi dan isu sosiosaintifik dalam kajian Biologi. Beberapa penelitiannya banyak memfokuskan tentang potensi edukasional komik pembelajaran baik dalam bentuk cetak dan juga digital. Selain itu, dia juga mulai banyak memperkenalkan pendekatan visual dalam mendiseminasikan hasil penelitian di bidang etnobiologi. Ia memperoleh gelar sarjana pada Program Studi Pendidikan Biologi, Universitas Muhammadiyah Malang, dan juga gelar Master di Universitas Negeri Malang. Saat ini, dia sedang menjalani PhD pada bidang STEM Education di Johannes Kepler University Linz di Austria dengan topik riset terkait digital comics pada pendidikan STEM (*Science, Technology, Engineering & Mathematics*). Email: fadhlan1991@gmail.com

Dr. Wawan Sujarwo adalah seorang Peneliti Ahli Utama dengan bidang kepakaran etnobotani di Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN). Ia juga menjabat sebagai Direktur Eksekutif Perhimpunan Masyarakat Etnobiologi Indonesia (PMEI) dan *editor-in-chief Journal of Tropical Ethnobiology*. Area penelitiannya adalah mempelajari hubungan antara tumbuhan dan komunitas masyarakat lokal. Ia telah banyak mendokumentasikan pengetahuan etnobotani Bali di banyak jurnal internasional. Sebelumnya, ia pernah menjabat sebagai Kepala Kebun Raya Cibodas, dan Kepala Jasa dan Informasi Kebun Raya Bali. Ia memperoleh gelar Sarjana dan Master Kehutanan dari Universitas Gadjah Mada, dan gelar PhD dalam bidang biodiversity and ecosystem analysis dari Università degli Studi Roma Tre, Italia. Email: wawan.sujarwo@brin.co.id



PERMATA

Perlindungan Mata Air di Bali

Air sebagai salah satu penyokong kehidupan manusia lambat laun semakin menurun kualitasnya. Penurunan kualitas disebabkan oleh tercemarnya mata air yang sebagian besar terjadi karena ulah dari manusia. Salah satu upaya untuk mencegah terjadinya pencemaran mata air adalah dengan kegiatan Perlindungan Mata Air (Permata).

Komik ini bercerita tentang dua orang mahasiswa yang melakukan studi lapangan terkait perlindungan mata air di Bali. Dari hasil studi lapang mereka, banyak ditemukan kasus pencemaran mata air karena faktor pencemaran yang bermula dari aktivitas manusia seperti limbah rumah tangga, pariwisata, pertanian, dan faktor penyebab lainnya. Beberapa upaya sudah dilakukan oleh masyarakat dan pemerintah di Bali dalam memperbaiki sekaligus melindungi sumber mata air, baik pelestarian lingkungan dan juga readaptasi budaya lokal Subak.



Diterbitkan oleh:
Penerbit BRIN, anggota Ikapi
Direktorat Repositori, Multimedia, dan Penerbitan Ilmiah
Gedung BJ Habibie, Jln. M.H. Thamrin No. 8,
Kb. Sirih, Kec. Menteng, Kota Jakarta Pusat,
Daerah Khusus Ibukota Jakarta 10340
E-mail: penerbit@brin.go.id
Website: penerbit.brin.go.id

DOI: 10.55981/brin.665



ISBN 978-623-8052-45-5



Buku ini tidak diperjualbelikan.