

PENGELOLAAN SUMBER DAYA AIR BERKELANJUTAN DI BALI BAGIAN SELATAN

**Titi Surti Nastiti², I Made Geria², Atina Winaya², Ni Putu Eka Juliawati², Harry Octavianus Sofian³,
Retno Handini², I Gusti Made Suarbhawa¹, Unggul Wibowo⁴, I Wayan Windia⁵, Suyarto⁵ ****

¹*Pusat Riset Arkeologi Prasejarah dan Sejarah, Organisasi Riset Arkeologi, Bahasa, dan Sastra,
Badan Riset dan Inovasi Nasional, Indonesia*

²*Pusat Riset Arkeologi Lingkungan, Maritim, dan Budaya Berkelanjutan, Organisasi Riset
Arkeologi Prasejarah dan Sejarah, Badan Riset dan Inovasi Nasional, Indonesia*

³*Pusat Riset Arkeometri, Organisasi Riset Arkeologi, Bahasa, dan Sastra, Badan Riset dan Inovasi Nasional, Indonesia*

⁴*Museum Geologi, Kementerian Energi Sumber Daya Mineral, Indonesia*

⁵*Fakultas Pertanian, Universitas Udayana
tsnastiti@gmail.com*

Abstract. Sustainable Water Resources Management in South Bali. The ancient Bali inscriptions inform that the Balinese people had developed water management based on their local wisdom since at least the 11th century. The agricultural irrigation system called Subak has existed even further since the 8th century. The water management system in Balinese society accentuates revering and honoring the water and its natural surroundings by applying the Tri Hita Karana concept in everyday life, which consists of Parhyangan, Pawongan, and Palemahan. Parhyangan is related to the belief in revering the water through ritual ceremonies. Pawongan is associated with the traditional village residents who managed water resources following agreed rules (*awig-awig*). Finally, Palemahan is related to spatial management by considering water conservation areas, vegetation areas, and occupancy areas with its water source's sustainability. The study aims to identify the local knowledge in water management practices and determine the continuity status of its constancy. The data collection uses literature study, survey, descriptive analysis, and Multi-Dimensional Scaling analysis. The results represent that the sustainability status of water management has a relatively high score in the social-culture dimension. In contrast, it has a relatively low score in the economy and ecology dimensions. Therefore, it needs policy strategies to balance every extent of Bali's water management so it can be optimized, especially in the South Bali area.

Keywords: water management, cultural sustainability, Bali

Abstrak. Berdasarkan sumber prasasti, diketahui bahwa kearifan lokal masyarakat Bali dalam mengelola sumber daya air setidaknya telah ada sejak abad ke-11. Adapun pertanian dengan sistem subak muncul sejak abad ke-8. Pengelolaan sumber daya air dalam masyarakat Bali berpijak pada pemuliaan air dan alam sekitarnya yang berpedoman pada konsep *Tri Hita Karana* yang terdiri atas *Parhyangan*, *Pawongan*, dan *Palemahan*. *Parhyangan* berkenaan dengan kepercayaan pemuliaan air melalui upacara ritual. *Pawongan* berkenaan dengan warga desa adat yang mengelola sumber daya air sesuai aturan yang disepakati (*awig-awig*). Kemudian *palemahan* berkenaan dengan pengelolaan tata ruang yang mempertimbangkan resapan air, pemuliaan vegetasi, pengaturan pola hunian, dan keselarasannya dengan sumber air. Tujuan penelitian adalah mengidentifikasi nilai-nilai kearifan di dalam pengelolaan sumber daya air di Bali beserta status keberlanjutannya. Adapun metode yang digunakan adalah studi kepustakaan, survei, analisis deskriptif, serta analisis keberlanjutan dengan metode *Multi Dimensional Scalling* (MDS). Hasil analisis menunjukkan bahwa status keberlanjutan pengelolaan air mempunyai nilai relatif tinggi pada dimensi sosial-budaya dan nilai relatif rendah pada dimensi ekonomi-ekologi. Oleh karena itu, perlu dilakukan perbaikan melalui strategi kebijakan guna menyelaraskan setiap dimensi pembangunan berkelanjutan agar peradaban pengelolaan air di Bali, khususnya di Bali Selatan, dapat berlangsung optimal.

Kata Kunci: pengelolaan air, budaya berkelanjutan, Bali

1 ** Semua penulis adalah kontributor utama.

DOI: 10.55981/amt.v40i1.18

Diterima: 2021-07-23

Diperiksa: 2022-04-21

Disetujui: 2022-07-01

25



1. Pendahuluan

Masyarakat Bali telah mengelola sumber daya air sejak masa lampau. Perilaku mereka terhadap sumber daya air dapat dicermati melalui tiga elemen. Elemen pertama, yaitu masyarakat Bali menganut agama dan sistem kepercayaan yang kuat, bahwa seluruh ciptaan Tuhan di dunia ini harus diperlakukan dengan harmonis. Elemen kedua, yaitu hubungan sosial dengan konsep *tat twam asi* yang berarti “aku adalah kamu” dan sebaliknya, merupakan wujud dari kesetaraan yang direalisasikan dalam pengorganisasian sistem desa adat dan *awig-awig* (aturan hukum adat). Kemudian elemen ketiga, yaitu upaya harmonisasi yang diimplementasikan dalam perilaku terhadap lingkungan, serta sarana pengelolaan lingkungan dengan mempertimbangkan keselarasan dan keberlanjutan.

Pemikiran tersebut juga terpola dalam konsep ekologi yang mengisyaratkan adanya tata hubungan fungsional timbal balik yang harmonis dan tidak terpisahkan antara komponen-komponen lingkungan budaya, makhluk hidup (manusia), dan lingkungannya. Hal itu tercermin dalam konsep *buana agung* (alam semesta) serta *buana alit* (manusia) yang menyelaraskan keseimbangan alam dan manusia melalui ritual, misalnya perayaan *tumpek kandang* (pemuliaan terhadap binatang), *tumpek uduh* (pemuliaan terhadap pohon), dan sebagainya (Nastiti, Geria, et al. 2019).

Sumber air yang dimuliakan banyak ditemui di wilayah Bali bagian Selatan, di antaranya berada di Kabupaten/Kota Denpasar, Badung, Gianyar, Tabanan, serta di sepanjang daerah aliran sungai (DAS) Pakerisan dan Patanu. Tinggalan arkeologi di Sungai Pakerisan sudah disebutkan dalam prasasti Tengkulak A (945 Śaka/1023 Masehi) (Nastiti et al. 2019, 3). Tinggalan tersebut memiliki kemiripan dengan tinggalan arkeologi di DAS Petanu yang berasal dari abad ke-11. Situs-situs arkeologi tersebut memperlihatkan adanya pengelolaan lingkungan DAS beserta ekosistemnya. Hal itu dianggap penting karena sungai memberikan kontribusi dalam kelangsungan daur hidrologi dan pelestarian sumber daya alam.

Kesadaran terhadap pentingnya makna dan fungsi air bagi kehidupan seluruh makhluk itulah yang melandasi perilaku memuliakan air oleh masyarakat Bali. Berbagai ritual yang berkenaan dengan pemuliaan air dilakukan dalam waktu tertentu secara terus-menerus. Sumber mata air dikeramatkan agar tidak dirusak oleh pihak yang tidak bertanggung jawab. Setiap ritual tersebut diawali dan diakhiri dengan air suci yang dinamakan *tirtha*. Oleh karena itu, air dalam peradaban Bali menjadi hal yang amat esensial, yakni merupakan lambang kesucian sekaligus kesucian itu sendiri.

Air merupakan syarat utama dibangunnya suatu bangunan suci. Kerap disebut *tirtha*, yaitu suatu tempat berupa sungai, danau, atau pantai (Kramrisch 1946, 4)². Pentingnya peranan air disebutkan dalam Kitab *Manasara-Silpapraśā* yang menyatakan bahwa lokasi bangunan suci harus berdekatan dengan sumber air karena air diyakini dapat membersihkan, menyucikan, dan menyuburkan (Mundardjito 2002, 11). Sampai saat ini, pengelolaan air di Bali dapat dilihat dalam kearifan lokal masyarakat setempat. Misalnya, pemanfaatan parit (*jelinjingan*) untuk drainase; pengaturan irigasi sawah dengan melibatkan organisasi adat (*subak*); pelestarian sempadan sungai (*bibih tukad*); serta pengelolaan air bawah tanah dengan membuat kolam resapan (*bulakan*). Di lokasi sumber air, didirikan bangunan suci yang bertujuan untuk menjaga kesucian sungai beserta vegetasi dan lingkungan sekitarnya.

Kearifan lokal dalam pengelolaan sumber daya air di Bali merupakan prospeksi budaya berkelanjutan yang perlu dilestarikan untuk menjaga keberlangsungan hidup generasi yang akan datang. Istilah berkelanjutan (*sustainability*) merupakan pembangunan kesepakatan multidimensional guna mencapai kualitas hidup yang lebih baik bagi masyarakat (Bond, et al. 2001). Definisi lainnya, yakni berkelanjutan membutuhkan pengelolaan terhadap skala keberlanjutan ekonomi dan dukungan sistem ekologi, serta distribusi sumber daya dan kesempatan antara generasi sekarang dan

2 Pengertian *tirtha* Kramisch ini berbeda dengan pengertian masyarakat Bali yang mengartikannya sebagai air suci, karena penyebutan air dalam masyarakat Bali adalah *toya* atau *yeh*.

mendatang secara berimbang, adil, dan efisien (Meppem dan Gill 1998).

Seringkali tanpa disadari, degradasi lingkungan terjadi akibat tidak mengindahkan praktik kearifan lokal yang dilakukan masyarakat sejak lampau. Penelusuran tersebut tidak semata-mata mengungkap peradaban masa lalu, tetapi juga menjadi ukuran arkeolog dalam menilai perubahan lingkungan yang terjadi pada masa sekarang. Dari semua yang pernah melakukan studi mengenai pengelolaan air di Bali, seperti yang dilakukan oleh (Geertz 1972), (Lansing 1987), (Wardi 1999), (Suarjana 2003), (Suantra dan Muliarsa 2006), (Setiawan 2016), (Windia dan Wiguna 2013), serta (Sutaba 2014), tidak satu pun yang menulis mengenai keberlanjutan tata kelola sumber daya air di Bali. Oleh karena itu, studi keberlanjutan mengenai pengelolaan sumber daya air di Bali merupakan kebaruan dalam penelitian ini. Berdasarkan uraian tersebut, terdapat dua masalah pokok yang dapat dirumuskan, yaitu:

1. Apa saja bukti-bukti peradaban Bali bagian selatan dalam pengelolaan air, baik dari masa lalu maupun masa kini?
2. Bagaimana status keberlanjutan peradaban Bali bagian selatan dalam pengelolaan air?

Tujuan penelitian ini adalah (1) mengetahui dan mengidentifikasi sejumlah kearifan lokal dalam pengelolaan sumber daya air di Bali bagian selatan; (2) mengetahui esensi dan status keberlanjutan pengelolaan sumber daya air di Bali bagian selatan; serta (3) mengaktualisasikan dan memanfaatkan nilai-nilai luhur yang sudah teruji dapat memproteksi kerusakan lingkungan. Nilai-nilai luhur tersebut perlu direvitalisasi karena keberlanjutannya dapat memberikan keharmonisan dalam kehidupan masyarakat di masa mendatang. Selain itu, penelitian ini dapat mendukung penerapan *Sustainable Development Goals* (SDGs), khususnya mengenai pengelolaan sumber daya air di Bali secara umum.

2. Metode Penelitian

Metode pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian adalah studi kepustakaan dan survei. Studi kepustakaan bertujuan untuk

menelusuri literatur yang berkaitan dengan tujuan penelitian. Adapun survei dilakukan untuk mengidentifikasi pengelolaan lingkungan yang masih berlanjut hingga sekarang.

Metode analisis data menggunakan analisis deskriptif dan analisis keberlanjutan dengan metode *Multi Dimensional Scalling* (MDS). Analisis deskriptif dilakukan dengan cara mendeskripsikan data yang telah terkumpul sebagaimana adanya. Adapun analisis keberlanjutan MDS digunakan untuk mengetahui status keberlanjutan dan faktor sensitif yang menjadi penguang keberlanjutan yang perlu diperbaiki (*leverage*). Analisis keberlanjutan dalam pengelolaan air dilakukan secara bertahap, yaitu pertama, tahap penentuan atribut fungsi dalam pengelolaan sumber daya air yang meliputi enam dimensi, yaitu (1) ekologi, (2) ekonomi, (3) sosial-budaya, (4) sumber daya manusia, (5) teknologi-infrastruktur, dan (6) hukum-kelembagaan.

Penentuan atribut itu dihubungkan dengan tiga pilar utama pembangunan berkelanjutan, yakni (1) ekonomi, (2) ekologi, dan (3) sosial-budaya. Pilar ekonomi fokus terhadap perolehan pendapatan berbasis sumber daya yang efisien. Pilar ekologi menekankan pada urgensi pelestarian keanekaragaman hayati yang berdampak pada keseimbangan ekosistem dunia. Adapun pilar sosial-budaya mengedepankan pemeliharaan sistem sosial-budaya yang harmonis. Ketiga pilar tersebut terintegrasi dalam suatu perspektif tunggal yang terpadu. Berdasarkan pendapat para ahli, status keberlanjutan pengelolaan air lintas wilayah dapat diidentifikasi melalui lima dimensi, yakni ekonomi, ekologi, sosial budaya, infrastruktur-teknologi, serta hukum-kelembagaan (Bakeri, *et al.* 2012).

Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan, setiap atribut diberikan skor atau peringkat yang mencerminkan keberlanjutan dari dimensi pengelolaan yang bersangkutan. Skor ini menunjukkan nilai yang “buruk” di satu ujung dan nilai “baik” di ujung yang lain. Nilai “buruk” mencerminkan kondisi yang paling tidak menguntungkan bagi keberlanjutan fungsi-fungsi pengelolaan air. Sebaliknya, nilai “baik” mencerminkan kondisi yang paling

menguntungkan. Di antara dua ekstrim nilai ini terdapat satu atau lebih nilai antara tergantung dari jumlah peringkat pada setiap atribut.

Selanjutnya, nilai skor dari masing-masing atribut dianalisis secara *multi dimensional* untuk menentukan satu atau beberapa titik yang mencerminkan posisi keberlanjutan peradaban Bali dalam pengelolaan air yang dikaji relatif terhadap dua titik acuan, yaitu titik “baik” (“good”) dan titik “buruk” (“bad”). Proses perhitungan dilakukan dengan bantuan aplikasi komputer agar lebih akurat, cepat, dan tepat. Hasil analisis perbandingan keberlanjutan antardimensi kemudian divisualisasikan dalam bentuk diagram layang-layang (*kite diagram*) (Fauzi 2006). Skala indeks keberlanjutan fungsi-fungsi pengelolaan air mempunyai selang 0 persen sampai dengan 100 persen (0%--100%). Jika sistem yang dikaji mempunyai nilai indeks lebih dari 50 persen (>50%), fungsi tersebut berkelanjutan (*sustainable*), dan sebaliknya jika kurang dari 50 persen (<50%), sistem tersebut belum berkelanjutan (*unsustainable*).

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pemanfaatan Air

Air tidak hanya sebagai kebutuhan paling utama dalam memenuhi hajat kehidupan sehari-hari, tetapi juga mempunyai peran penting dalam upacara keagamaan di Bali. Jika tidak dijaga, air bisa mengalami kerusakan dengan mengeringnya mata air dan menurunnya kualitas air. Salah satu faktor utama penyebab kerusakan sumber daya air di Bali adalah perkembangan industri yang begitu pesat. Industri pariwisata dan pertanian yang mendominasi mengakibatkan terjadinya erosi serta kontaminasi limbah industri.

Pentingnya peran air dalam kehidupan telah disadari oleh masyarakat Bali sejak dulu, sehingga mereka menjaganya dengan aturan yang formal seperti yang terdapat dalam *awig-awig* ataupun aturan informal seperti kearifan lokal yang diwariskan secara turun-temurun. Hampir seluruh aktivitas umat Hindu di Bali menghadirkan air sebagai bagian dari prosesnya, baik sakral maupun profan. Hal itu berkenaan erat dengan konsep Agama Tirtha yang dianut

oleh umat Hindu. Disebut Agama Tirtha, karena *pedanda* banyak menggunakan air suci atau *tirtha* dalam upacara ritual (Covarrubias 1937). Sejalan dengan Covarrubias, terdapat pendapat lain yang menyebutkan pemercikan *tirtha* merupakan bagian penting dari upacara di Bali, sehingga tepat jika disebut sebagai Agama Tirtha (Belo and Hooykaas 1966). Oleh karena itu, pemanfaatan air telah diatur menurut hirarki dan kepentingannya sejak ratusan tahun lalu.

Ada tiga tingkatan atau hirarki dalam proses pengelolaan air berdasarkan peruntukannya. Sumber air berupa mata air yang terdapat di pura maupun tempat lainnya ditampung dalam kolam penampungan. Air yang dialirkan melalui pancuran tersebut khusus dipakai untuk upacara ritual. Kemudian, air yang mengalir dari pancuran itu dialirkan juga ke pancuran tingkat kedua untuk keperluan manusia sehari-hari (minum, masak, mandi, dan sebagainya), *melukat*, dan *melasti*. *Melukat* adalah menyucikan diri untuk memperoleh kebaikan (Anadhi 2016, 106), sedangkan *melasti* adalah menyucikan *pralingga* dan *pratima* atau arca yang berada di pura (Sudianta 2012, 3). Pada tingkat ketiga, air yang telah dipakai untuk *melukat* atau *melasti* dialirkan ke subak untuk keperluan pertanian, air minum hewan, dan sebagainya.

Ketiga tingkatan pengelolaan air berdasarkan peruntukannya bisa disaksikan di Pura Mengening, Pura Tirtha Empul, dan Pura Mumbul. Pura Mengening yang diperkirakan dibangun pada abad ke-11 mempunyai pancuran dekat dengan mata air pada tingkat atas yang digunakan untuk kepentingan ritual keagamaan. Pancuran pada tingkat bawah digunakan untuk melakukan mandi suci atau *melukat* (Gambar 1). Sebelum melakukan *pelukatan*, dilakukan persembahyangan terlebih dulu untuk memohon anugerah dan keselamatan. Pancuran selanjutnya dipakai untuk mandi profan yang hingga kini masih digunakan oleh penduduk di sekitar Pura Mengening. Buangan air dari Pura Mengening mengalir ke sungai yang kemudian dimanfaatkan untuk mengairi sawah, yakni sawah yang berada di Kawasan Subak Kulub (Kulub Atas dan Bawah). Sebagai ungkapan rasa terima kasih atas air yang mengalir sawah mereka, warga Subak

Kulub mempunyai tanggung jawab moral untuk mempersembahkan uang, barang, dan tenaga pada saat upacara *piodalan* di Pura Mengening yang dilaksanakan setahun sekali (*Purnama Kasa*) dan setiap enam bulan sekali (*Soma ribek*). Saat *Purnama kasa*, Subak Kulub wajib menyerahkan 1 ekor babi dengan berat 75 kg dan beras. Mereka juga wajib membuat *bale tetaring* dan terlibat dalam pemeliharaan balai.



Gambar 1. Mata air yang berada di bawah Pura Mengening
(Sumber: Pusat Penelitian Arkeologi Nasional 2019)

Mata air yang terdapat pada Pura Tirtha Empul diyakini masyarakat setempat sebagai air yang dapat memberikan kehidupan dan kemakmuran. Berdasarkan prasasti Manukaya yang berangka tahun 844 Śaka (962 Masehi) diketahui bahwa Tirtha Empul sudah ada sebelum prasasti Manukaya dikeluarkan oleh Sang Ratu Śrī Candrabhagasingha Warmadewa. Isinya

menyebutkan bahwa Tirtha Empul atau *Air Mpul* diperbaiki karena rusak yang disebabkan aliran air pada tahun 962 Masehi. Tirtha Empul (Gambar 2) memiliki mata air surya, bulan, dan bintang. Ketiga mata air tersebut dialirkan ke lima kolam suci. Dari kelima kolam suci itu hanya empat pancuran yang digunakan untuk upacara *Yadnya*, yaitu *Tirtha Panglebur Ipian Hala*, *Tirtha Pangentas*, *Tirtha Pabersihan*, *Tirtha Pasiraman Bhatara ring Bayung*, serta sisanya dipakai untuk *melukat*. Air pembuangan kolam dialirkan ke Sungai Pakerisan yang letaknya sangat dekat dengan Tirtha Empul yang kemudian dipakai untuk mengairi Subak Pulagan dan Subak Kumba. Selain untuk pemanfaatan *melukat*, air di Pura Tirtha Empul juga dipakai sebagai bahan baku air minum PDAM Kabupaten Gianyar dan kebutuhan air untuk Istana Presiden Tampaksiring (Sudita dan Antara 2006).

Meskipun hirarki penggunaan air tidak begitu jelas tingkatannya seperti di Pura Mengening, masih tampak adanya perbedaan peruntukan air, yaitu diawali untuk fungsi upacara, keperluan sehari-hari, *melukat* dan *melasti*, serta terakhir untuk irigasi Subak Pulagan dan Subak Kumba. Anggota Subak Pulagan mempunyai kewajiban untuk memberikan sebagian dari hasil panen dalam jumlah tertentu ke Pura Tirtha Empul yang disebut *swinih* (Permana 2016, 226-227).

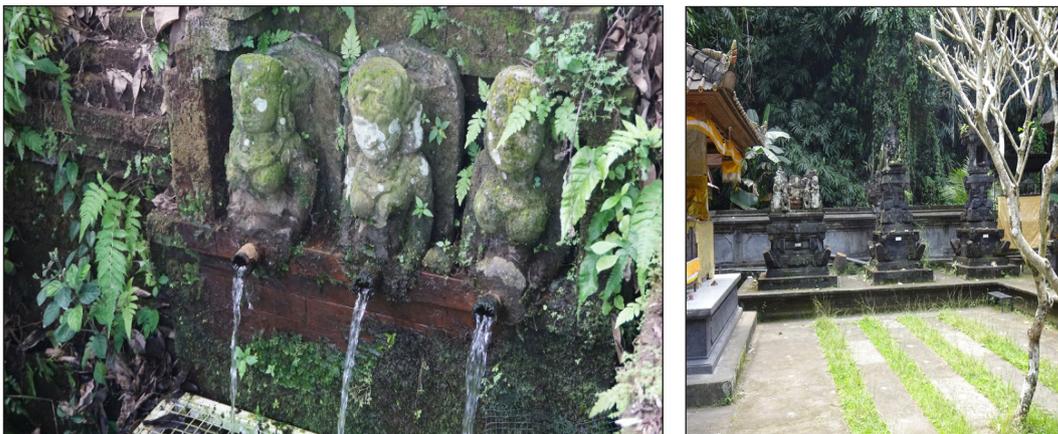
Konsep serupa dapat diamati di Pura Tirtha Taman Mumbul di Desa Sangeh, Kecamatan Abiansemal, Kabupaten Badung. Berdasarkan arca pancuran yang terdapat di Pura Tirtha Taman



Gambar 2. Mata air Pura Tirtha Empul dan pancuran yang dimanfaatkan turis untuk *melukat*
(Sumber: Pusat Penelitian Arkeologi Nasional 2019)

Mumbul, pura ini diperkirakan berasal dari abad ke-12 (Gambar 3). Masyarakat Mumbul memiliki konsep pembagian air menjadi tiga jenis, yaitu “*tirtha*, *toya*, dan *yeh*”. *Tirtha* merupakan air yang digunakan untuk kepentingan keagamaan (sakral). Adapun *toya* merupakan bahasa Bali halus dari *yeh* (air) yang berarti air untuk kepentingan manusia (profan), serta *yeh* berarti air untuk alam dan binatang. Di Pura Tirtha Taman Mumbul terdapat *tirtha* yang hanya dipakai untuk kegiatan sakral, serta *toya* untuk keperluan sehari-hari, *melukat* dan *melasti*. Tempat untuk *melukat* di pura ini dikenal dengan nama Pancoran Solas (Gambar 4). Sementara itu, upacara *melasti* oleh 27 desa di wilayah Abiansemal dan 7 desa di Kecamatan Petang dilakukan di sumber air di wilayah tersebut. Ritual *magpag toya* yang merupakan upacara yang berkaitan dengan subak serta *mulang pekelem* (melarung kurban hewan) dilakukan sebagai ungkapan terima kasih karena kolam-kolam itu mengairi sawah sekitar 250 hektar di kawasan subak Blahkiuh dan subak Sangeh. Selanjutnya air sebagai *toya* dimanfaatkan untuk konsumsi sehari-hari tanpa dimasak lagi. Pengecekan dilakukan oleh dinas terkait secara rutin untuk memastikan kualitas air layak untuk diminum. Penduduk dapat mengambil air hanya dengan menghaturkan *punia* atau donasi seikhlasnya. Terakhir, air sebagai *yeh* digunakan untuk mengairi sawah atau digunakan oleh subak.

Tingkatan pengelolaan air berdasarkan peruntukannya dapat dilihat pula di Pura Taman Ayun. Pura tersebut dikelilingi kolam buatan yang dibangun oleh penguasa Kerajaan Mengwi. Kolam yang mengelilingi pura tidak hanya berfungsi estetika, tetapi berperan penting sebagai sumber irigasi bagi subak-subak yang berada di sekitarnya (Widiarta 2016, 124). Selain itu, terdapat bendungan sebagai penampungan air yang berasal dari Sungai Batan Badung. Air dari bendungan itu dialirkan ke Subak Batan Badung. Masyarakat setempat meyakini bahwa air yang terdapat di wilayah Badung berasal dari Danau Beratan yang berada di sebelah utara. Hingga kini, pihak kerajaan mengatur pengelolaan sumber daya air di wilayahnya untuk kepentingan domestik masyarakat. Sebagai tanda terima kasih, masyarakat Subak Batan Badung mengadakan upacara *piodalan* di Pura Taman Ayun setiap enam bulan sekali pada hari Selasa Kliwon, *Wuku Anggarkasih Madangsia*. Upacara tersebut diampu oleh keluarga Puri Gede Mengwi dan 36 desa adat se-Kecamatan Mengwi yang wakil-wakilnya tergabung dalam kelompok masyarakat *penyungsong* yang disebut Mangun Kertha Mandala. Selain itu, mereka juga diberikan kesempatan untuk ikut kegiatan *ngayah* persiapan *piodalan* yang dilakukan seminggu sebelumnya (Widiarta 2016, 130). Campur tangan pihak



Gambar 3. Arca pancuran yang berasal dari abad ke-12 (kiri) dan *palingih* yang di atasnya terdapat arca dan jaladwara yang mungkin berasal dari abad yang sama dengan arca pancuran (kanan)
(Sumber: Pusat Penelitian Arkeologi Nasional 2019)



Gambar 4. Umat Hindu yang melakukan sembahyang sebelum *melukat* (kiri) dan Pancoran Solas tempat untuk *melukat* (kanan)
(Sumber: Pusat Penelitian Arkeologi Nasional 2019)

kerajaan dalam pengelolaan air dapat dimaknai dari aspek ekologi, politik, dan sosial-budaya.

Tradisi masyarakat Bali lainnya yang menarik perhatian adalah adanya pemuliaan terhadap batu-batu megalit. Batu-batu megalit tersebut dapat dijumpai di sumber-sumber air, baik mata air, sungai, maupun persawahan. Batu megalit yang berasal dari masa prasejarah merupakan bagian dari kehidupan tradisi masyarakat Bali. Banyak batu megalit yang diberi kain putih atau kuning dan diletakkan di atas tahta batu (Gambar 5).

3.2 Air dan Subak

Telah dijelaskan sebelumnya bahwa air bekas *melukat* dan *melasti* di pura dialirkan untuk irigasi sawah yang diatur oleh subak. Subak merupakan sistem organisasi sosial masyarakat Bali yang mengatur pengairan sawah. Sistem tersebut diperkirakan sudah dilakukan sejak abad ke-8 atau mungkin jauh sebelumnya, yakni sejak zaman megalitik (Tarawiguna 2019) (Goris 1954). Prasasti-prasasti dari abad ke-11, seperti prasasti Pandak Badung (1071 Masehi) dan Klungkung (1072 Masehi), memuat kata *kasuwakan* yang sudah umum dipakai. Kata *kasuwakan*, berasal dari kata *suwak* yang sama dengan kata subak sekarang. Organisasi subak sangat bergantung pada ketersediaan air. Dengan demikian, sistem pengairan tersebut perlu diatur guna memastikan air tetap tersedia dan tidak menimbulkan konflik

di kemudian hari. Masyarakat Bali percaya bahwa desa adat dan subak adalah dua hal yang saling melengkapi dan tidak dapat dipisahkan. Desa adat merupakan simbol laki-laki atau *purusa*, sedangkan subak adalah simbol perempuan atau *pradana*.

Selain itu, subak merupakan implementasi ajaran *Tri Hita Karana* yang terdiri dari (1) *Parhyangan*, yakni hubungan harmonis antara manusia dengan Sang Pencipta; (2) *Pawongan*, yakni hubungan harmonis antara manusia dengan sesamanya; serta (3) *Palemahan*, yakni hubungan harmonis antara manusia dengan lingkungannya. Berkenaan dengan subak, *Parhyangan* tercermin dalam berbagai ritual yang dilakukan warga subak di setiap tahap proses penanaman padi, baik dalam skala komunal ataupun individu. *Palinggih sanggah catu* di masing-masing sawah didedikasikan untuk Bhatara Sri sebagai Dewi Padi. Pura Subak atau *ulunsuwi* merupakan pura milik subak sebagai implementasi *parahyangan* di tingkat komunal. Kemudian, *Pawongan* tercermin dalam organisasi subak itu sendiri, dimana manusia berkumpul untuk keperluan dan tujuan yang sama guna mencapai keharmonisan dalam pembagian air. Subak juga memiliki aturan atau *awig-awig* yang harus ditaati oleh anggotanya. Toleransi juga nampak dengan adanya saling pinjam air antarwarga subak. Adapun *Palemahan* tercermin melalui aktivitas manusia dalam melestarikan alamnya, termasuk



Gambar 5. Batu megalit yang diletakkan di atas tahta batu di Pura Luhur Sri Rambut Sedana (kiri); dan batu megalitik yang diletakkan di luar pura (kanan)
(Sumber: Pusat Penelitian Arkeologi Nasional 2019)

sawah dan lingkungannya, serta hal-hal yang berkaitan dengan artefak atau kebendaan dalam sistem subak seperti bendungan, *empelan*, *tembuku*, dan sebagainya (Windia dan Wiguna 2013). Warga subak percaya bahwa kelancaran dan kebaikan hasil pertanian selain disebabkan oleh kinerja petani itu sendiri, juga disebabkan oleh kebaikan Tuhan melalui manifestasi sebagai Bhatari Sri. Oleh sebab itu, upacara ritual wajib dilakukan untuk memohon agar padi yang ditanam menghasilkan beras yang melimpah dan terbebas dari gangguan hama.

3.3 Kearifan Lokal dalam Pemuliaan Air

Masyarakat Bali amat menjaga kelestarian sumber air. Mereka membuat *palinggih* di setiap sumber air untuk menghaturkan *sesajen* atau persembahan, serta mengadakan upacara keagamaan pada hari tertentu. Beberapa mata air di Kawasan Jatiluwih Kabupaten Tabanan, seperti Suranadi dan Ulun Campuhan Gunung Sari, masih menyimpan bukti tradisi megalitik berupa batu besar ditutupi kain putih atau kuning yang diletakkan dekat mata air. Batu tersebut disakralkan sebagai tempat untuk menghaturkan *sesajen*. Seiring perkembangan zaman, beberapa tinggalan megalitik tersebut diganti dengan *palinggih* dari beton.

Masyarakat menyucikan sumber-sumber air dengan tidak mengotorinya dan menggunakannya sesuai tingkat peruntukannya. Mata air utama dimanfaatkan untuk upacara ritual. Setelah itu, air dialirkan ke penampungan berikutnya untuk tujuan domestik sehari-hari. Perempuan

yang sedang datang bulan tidak diperbolehkan memasuki area mata air karena dianggap sedang berada dalam keadaan ‘kotor’ atau *cuntaka*.

Selain itu, terdapat larangan menebang pohon jenis tertentu atau kewajiban menanam kembali jika menebang pohon. Pohon mempunyai peranan penting dalam menjamin ketersediaan air. Pemuliaan terhadap pohon-pohon besar dimaknai sebagai upaya melestarikan hutan guna menyimpan cadangan air dan menahan erosi. Aturan tersebut merupakan salah satu upaya proteksi vegetasi yang baik (Geria 2016, 61).

Hingga kini, Pura Besi Kalung di Desa Jatiluwih mengadakan pemujaan terhadap dewa yang ber-*stana* di *alas puun* (hutan terbakar). Hal tersebut merupakan konsep kearifan dalam menjaga kelestarian hutan agar tidak terbakar (rusak). Kawasan hutan tutupan juga terdapat di sekitar Pura Batukaru yang diyakini sebagai pusat kawasan *catur angga*, Petali Temu Waras, dan Pucak Sari (Geria 2007, 43). Kemudian, masyarakat Sangeh percaya bahwa air berasal dari Hutan Sangeh. Salah satu jenis pohon, yakni pohon pala (*Myristica fragans*), dikeramatkan oleh warga setempat. Warga dilarang untuk memungut buah yang jatuh di tanah dengan harapan dapat menjadi benih bagi tumbuhnya pohon-pohon baru. Pemuliaan salah satu jenis pohon serta membiarkan biji yang jatuh menjadi tumbuh merupakan daur hidrologi yang mungkin tidak disadari oleh masyarakat. Pohon-pohon yang dibiarkan tumbuh dan tidak ditebang menjadi tempat penyimpanan air sehingga area

di sekitar hutan Sangheh tidak pernah mengalami kekeringan.

Begitu pula dengan keberadaan situs arkeologi di sepanjang DAS Pakerisan di Kabupaten Gianyar, yakni Pura Tirtha Empul, Candi Gunung Kawi, Candi Pengukur-Ukuran dan Goa Garbha, serta Candi Tegallinggah. Beberapa situs tersebut merupakan candi tebing dan ceruk-ceruk pertapaan yang masih lestari sejak abad ke-11. Pemanfaatan tebing breksi sebagai candi dan pertapaan yang disucikan hingga kini menyebabkan masyarakat tidak berani menambanginya. Hal itu tentu menyelamatkan lingkungan dari kerusakan dan ancaman erosi akibat eksploitasi sumber daya alam secara berlebihan. Contoh yang memprihatinkan ditemui di Pura Bhet Gedong sebagai salah satu mata air yang kondisi alamnya sudah terbuka. Kondisi itu menunjukkan kekuatan lereng yang lemah karena tidak adanya vegetasi penguat permukaan tanah. Perlu dilakukan penanaman jenis-jenis pohon asli, seperti pohon ara dan terep, keduanya termasuk famili *Moraceae*, di kawasan tersebut guna menciptakan ekosistem yang stabil, karena kedua jenis pohon tersebut dapat mengikat tanah.

Pelestarian lingkungan tidak terlepas dari munculnya berbagai mitos yang tumbuh di tengah masyarakat. Misalnya, kepercayaan terhadap adanya “penunggu” atau dewa yang ber-*stana* di pohon besar, sehingga masyarakat tidak berani

untuk mengotori dan menebang pohon secara sembarangan. Perlakuan terhadap pohon besar sangat menarik untuk diamati, misalnya dengan pemberian kain berwarna putih-kuning atau putih-hitam (*poleng*) (Gambar 6). Hal itu secara tidak langsung dapat melindungi keanekaragaman hayati.

Hal lain yang menarik untuk diketahui adalah kepercayaan masyarakat lokal terhadap mata air yang berasal dari danau yang terdapat di daerah pegunungan atau dataran tinggi yang terpaut jarak cukup jauh. Misalnya saja, warga subak Jatiluwih Tabanan percaya bahwa sumber air yang berada di Candi Kuning berasal dari Danau Tamblingan, sehingga mereka membuat *Pasimpangan* Danau Tamblingan (Gambar 7). Demikian pula dengan masyarakat Tampak Siring yang percaya bahwa DAS Pakerisan berhulu di Danau Batur, serta sumber air di Kabupaten Badung diyakini berasal dari Danau Beratan.

Kepercayaan masyarakat yang tanpa dasar ilmiah tersebut diteliti kebenarannya melalui kajian geologi dan hidrologi. Ternyata hal yang diyakini itu dapat dibuktikan secara ilmiah. Analisis geologi membuktikan Sungai Yeh Ho yang mengalir di Jatiluwih berhulu di Danau Tamblingan. Demikian pula Sungai Pakerisan yang berasal dari Danau Batur. Adapun analisis hidrologi memperlihatkan bahwa sumber air Tirta Empul berasal dari Gunung Batur dan berumur



Gambar 6. Pohon beringin yang dimuliakan masyarakat di Pura Dalem Sinunggal, Pura Tirtha Beji, Mengwi, Badung
(Sumber: Pusat Penelitian Arkeologi Nasional 2019)



Gambar 7. Pura Beji Kuning yang terletak di tengah kolam yang dianggap sebagai Pura *Pasimpangan* Danau Tamblingan (Sumber: Pusat Penelitian Arkeologi Nasional 2019)

paling tua dibandingkan dengan sumber air lainnya di situs arkeologi yang berada di sepanjang Sungai Pakerisan (Nastiti, *et al.* 2020) (Gambar 8 dan 9). Hal itu sesuai dengan keterangan dalam prasasti Manukaya yang menyebutkan bahwa *Air Mpul* (Tirta Empul) diperbaiki pada tahun 962 Masehi, yang menunjukkan bahwa pura itu sudah berdiri sebelumnya dan merupakan pura tertua di Bali.

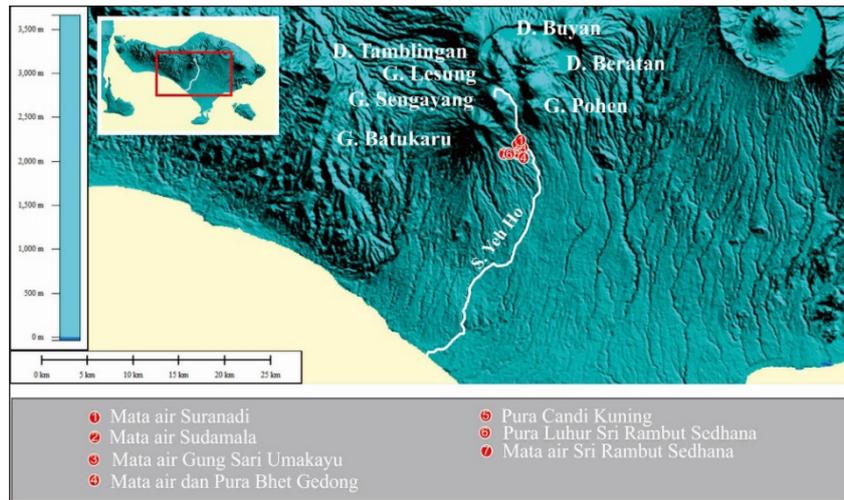
Pemuliaan air yang masih kental dalam tradisi masyarakat Bali ternyata belum cukup untuk menjaga keutuhan konservasi air secara optimal. Hal tersebut dikarenakan adanya alih fungsi lahan untuk perumahan, perkantoran, pertokoan, dan pemanfaatan lainnya yang telah mengusur subak. Akibat pesatnya alih fungsi lahan, Bali kehilangan tanah persawahan 800 hektar per tahun (Subadiyasa, Sardiana dan Lanya 2010). Alih fungsi lahan yang paling cepat terjadi di Kota Denpasar. Citra Landsat tahun 1992 hingga 2015 memperlihatkan kerusakan area persawahan mencapai 4.640,44 hektar atau 201,763 hektar/tahun. Perubahan penggunaan lahan pertanian di Kota Denpasar meningkat 2,18 % per tahun (Trigunasih 2015).

Alih fungsi lahan juga menyebabkan adanya degradasi kuantitas dan kualitas air. Menurut I Ketut Arnawa yang melakukan penelitian terhadap Subak Sangeh, Badung, dan

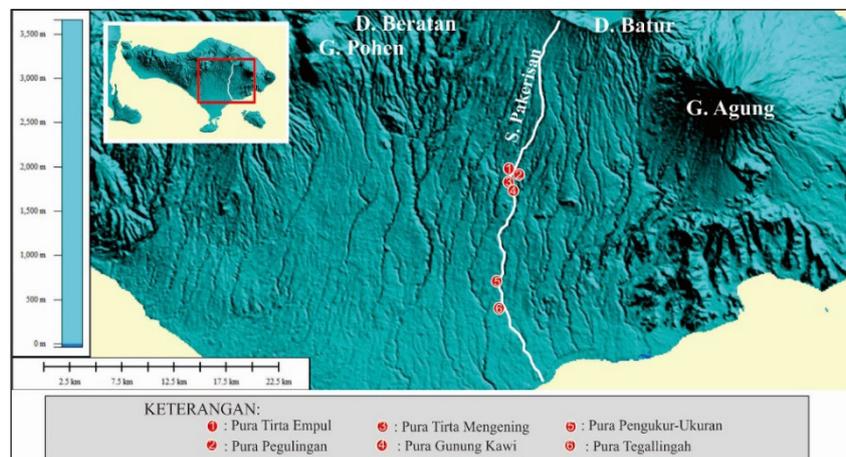
Bungan Kapal, air yang pada awalnya hanya dimanfaatkan untuk pertanian kini dimanfaatkan pula untuk keperluan lainnya seperti konsumsi rumah tangga dan akomodasi wisata. Hal tersebut menyebabkan kuantitas air irigasi semakin sedikit. Adapun dari segi kualitas, air irigasi sudah mulai membahayakan tanaman karena adanya pembuangan limbah industri ke sungai (Arnawa 2014, 4-8). Dalam penelitian di subak Jatiluwih dan Batan Badung, sudah nampak adanya alih fungsi lahan menjadi bangunan perumahan. Namun di subak Jatiluwih masih relatif sedikit apabila dibandingkan dengan subak Batan Badung.

3.4 Hasil Analisis MDS

Multi Dimensional Scaling, atau kerap disingkat MDS, merupakan suatu metode yang merepresentasikan kesamaan atau ketidaksamaan jarak perbedaan antarobjek. Semakin mirip suatu objek dengan objek lainnya, maka semakin dekat jarak kedua objek yang bersangkutan, sedangkan semakin berbeda kedua objek, maka menunjukkan jarak antar objek yang semakin jauh (Idrus 2006, 138). Awal mulanya, analisis MDS digunakan untuk riset dan identifikasi persepsi pemasaran dan preferensi konsumen (Bonebright 1996). Adapun kini, MDS digunakan pula untuk mengidentifikasi berbagai fenomena lainnya, seperti analisis keberlanjutan (Yusuf, *et al.* 2021)



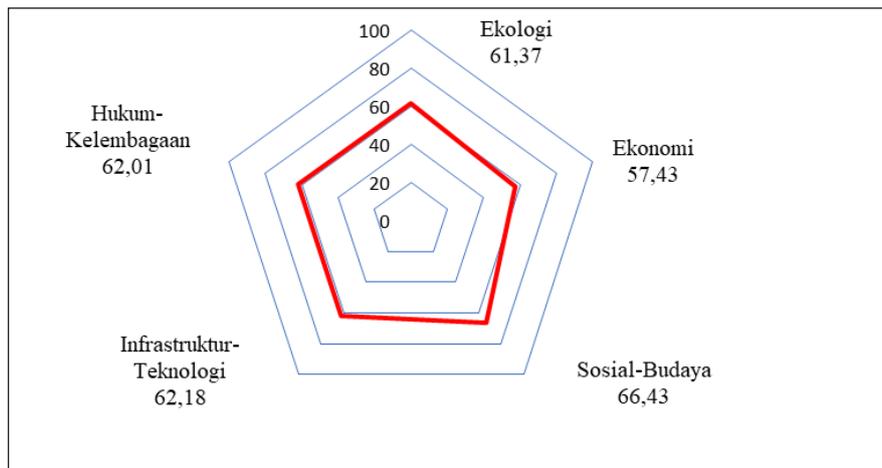
Gambar 8. Peta Sungai Yeh Ho yang mengarah ke Danau Tamblingan
(Sumber: Pusat Penelitian Arkeologi Nasional 2019)



Gambar 9. Peta Sungai Pakerisan yang berhulu di Danau Batur
(Sumber: Pusat Penelitian Arkeologi Nasional 2019)

dan analisis psikologi (Ding 2006). Dalam analisis keberlanjutan, MDS memberikan visualisasi rentang skala penilaian dari 0--100 persen (Zuhdi, *et al.* 2021). Semakin tinggi skor yang dihasilkan, maka menunjukkan proses keberlanjutan, begitu pula sebaliknya. Penilaian skor ini berdasarkan skala keberlanjutan dengan skala indeks 0-100 persen, jika nilai indeks lebih dari 75 persen (>75 persen), fungsi tersebut berkelanjutan; nilai indeks lebih dari 50 persen (>50 persen) maka fungsi tersebut berkelanjutan lemah; nilai indeks lebih dari 25 persen (>25 persen) maka fungsi tersebut kurang berkelanjutan dan nilai indeks kurang dari sama dengan dari 25 persen maka fungsi tersebut tidak berkelanjutan.

Adapun hasil analisis MDS pengelolaan sumber daya air, dimensi sosial-budaya memperlihatkan nilai keberlanjutan sebesar 66.43. Hal itu menunjukkan bahwa budaya pengelolaan sumber daya air masih dipercayai masyarakat dalam menjaga alamnya. Dimensi infrastruktur-teknologi dan hukum-kelembagaan berada dalam rentang nilai yang sama. Sementara itu, dimensi ekologi dan ekonomi memperlihatkan nilai yang cenderung lebih rendah dengan nilai keberlanjutan sebesar 61.77 dan 57.43. Jika melihat skala berkelanjutan, pengelolaan sumber daya air berkelanjutan secara umum lemah pada setiap dimensi. Berdasarkan hal tersebut, semua dimensi keberlanjutan pengelolaan sumber daya



Gambar 10. Analisis keberlanjutan pengelolaan sumber daya air
(Sumber: Pusat Penelitian Arkeologi Nasional 2019)

air perlu ditingkatkan, terutama pada dimensi ekologi dan ekonomi. Hasil analisis perbandingan keberlanjutan antardimensi dapat dilihat dalam bentuk diagram layang-layang (*kite diagram*) sebagai berikut (Gambar 10).

Setelah dilakukan analisis keberlanjutan, terdapat faktor sensitif yang menjadi pengungkit keberlanjutan yang perlu diperbaiki (*leverage*) pada setiap dimensinya. Berdasarkan pengamatan yang dilakukan, diketahui terdapat sepuluh atribut yang berpengaruh terhadap pengelolaan sumber daya air, yaitu (1) penghasilan petani relatif kecil terhadap UMR; (2) tingkat penyerapan tenaga kerja; (3) tingkat alih fungsi lahan pertanian ke non pertanian; (4) keaktifan lembaga yang mengelola sumber daya air dalam kebermanfaatannya untuk masyarakat; (5) pencemaran sampah dan limbah; (6) tingkat terjadi konflik sumber daya air antara pengusaha dan subak; (7) potensi nilai tambah ekonomi terhadap pemanfaatan sumber daya air sebagai pariwisata; (8) kemudahan dalam memperoleh akses untuk mengetahui sumber daya air; (9) peran norma atau nilai kearifan lokal dalam konservasi sumber daya air; serta (10) kebaikan penggunaan teknologi dalam peningkatan standar mutu atau baku mutu air. Perlu diformulasikan strategi kebijakan guna memperbaiki kesepuluh atribut tersebut dalam rangka meningkatkan keberlanjutan pengelolaan sumber daya air di wilayah Bali bagian selatan.

4. Kesimpulan

Bukti tertulis berupa prasasti yang ditemui di Pura Tirtha Empul, Pura Yeh Mengening, Candi Gunung Kawi, dan Candi Tegallingah menjelaskan bahwa pengelolaan sumber daya air yang dilakukan oleh masyarakat Bali setidaknya telah ada sejak abad ke-11. Adapun umur subak diperkirakan lebih tua lagi, yakni berasal dari abad ke-8. Meskipun demikian, konsep pengelolaan air di Bali mungkin telah berlangsung sejak masa prasejarah apabila dilihat dari adanya tradisi pemuliaan batu megalitik di dekat sumber-sumber air yang masih dapat ditemui hingga kini.

Berdasarkan analisis *Multi Dimensional Scalling* (MDS) yang bertujuan untuk mengetahui status keberlanjutan dan *leverage*-nya, pengelolaan sumber daya air berkelanjutan secara umum lemah pada setiap dimensi. Dengan demikian, perlu disusun dan diterapkan berbagai strategi kebijakan untuk mempengaruhi dimensi-dimensi yang berdampak terhadap pengelolaan sumber daya air, khususnya di wilayah Bali bagian selatan. Berdasarkan hasil analisis berkelanjutan, diketahui terdapat sepuluh atribut *leverage* yang mempengaruhi berbagai dimensi, sehingga perlu ditangani dengan strategi kebijakan.

Strategi kebijakan diprioritaskan terhadap dimensi lingkungan, ekonomi, sosial-budaya, teknologi infrastruktur, serta hukum kelembagaan. Sebagai contoh, dalam dimensi

hukum kelembagaan yang berkaitan erat dengan dimensi ekonomi dan lingkungan, pemerintah daerah dapat melakukan intervensi melalui kekuatan hukumnya dengan mewajibkan seluruh perusahaan di Bali untuk mengadakan program *Corporate Social Responsibility* (CSR) yang berkenaan dengan upaya penyelamatan alam dan budaya Bali. Kerja sama antara pemerintah, pengusaha, dan masyarakat dalam melestarikan alam dan budaya Bali akan berdampak terhadap peningkatan kunjungan wisatawan yang perlu disokong pula dengan kebijakan strategis teknologi infrastruktur.

Contoh lainnya adalah strategi kebijakan dalam dimensi sosial-budaya. Selama ini, *awig-awig* hanya kuat dalam tatanan adat, namun lemah pada saat berhadapan dengan hukum agraria. Alih fungsi lahan dilakukan hanya melalui notaris dan saksi yang umumnya berasal dari dinas pemerintah. Proses tersebut tidak mengindahkan aturan dalam *awig-awig*. Padahal, urusan lahan irigasi di Bali secara teknis diatur oleh sistem subak dan seringkali terdapat konflik kepentingan, khususnya terkait penutupan saluran air oleh pengambil lahan. Berkaca pada pengalaman tersebut, sudah saatnya memasukkan unsur adat dalam proses alih fungsi lahan yang bersinergi dengan ketentuan hukum.

Sistem subak beserta nilai kearifan yang melingkupinya pada hakikatnya bertujuan untuk mempertahankan karakter keberlanjutan yang mengintegrasikan komponen alam, lingkungan, agama, dan budaya. Konsep tradisional tersebut tidak boleh rentan dalam menghadapi arus global dan urbanisasi yang kian lama membentuk tradisi Bali sebagai aset ekonomi. Prinsip *Tri Hita Karana* harus diupayakan bersama guna menguatkan dan menanamkan kembali nilai-nilai, agama, perilaku, agar peran kontrol sosial atas sumber daya alam dan budaya Bali dapat selalu terjaga.

Kebijakan strategis seperti pariwisata berbasis konservasi lingkungan sudah mulai dilakukan secara perlahan oleh beberapa daerah di Bali Selatan, salah satunya di daerah Jatiluwih, Kabupaten Tabanan. Tumbuhnya peluang tersebut sekaligus menciptakan lapangan pekerjaan bagi masyarakat setempat. Berbagai strategi itu

tentunya menjawab sejumlah tantangan Tujuan Pembangunan Berkelanjutan/*Sustainable Development Goals* (SDGs), di antaranya menyelamatkan sumber daya air, menerapkan konservasi lingkungan, serta meningkatkan kesejahteraan masyarakat melalui pariwisata berbasis ekologi.

Daftar Pustaka

- Anadhi, I Made Gede. 2016. "Wisata Melukat: Perspektif Air pada Era Kontemporer." *Jurnal Studi Kultural* 1(2): 105-109.
- Arnawa, I Ketut. 2014. "Degradasi Kuantitas dan Kualitas Air Irigasi Subak di Bali: Kajian dari Aspek Ekonomi Lingkungan." *Jurnal Agrimerta* 4(7): 1-10.
- Bakeri, Samsul, JP Yanuar, Ety Riani, dan Surjono H Sutjahjo. 2012. "Analisis MDS (*Multi Dimensional Scalling*) untuk Keberlanjutan Pengelolaan Air Lintas Wilayah Studi Kasus DKI Jakarta." *Jurnal Teknologi Lingkungan* 13 (1): 13-23.
- Belo, Jane, dan C Hooykaas. 1966. "Agama Tirtha: Five Studies in Hindu-Balinese Religion." *Man* 1 (2).
- Bond, Gerald, Bernd Kromer, Juerg Beer, Raimund Muscheler, Evans Michael N, William Showers, Sharon Hoffmann., Rusty Lotti-Bond, Irka Hajdas, dan Georges Bonani. 2001. "Persistent Solar Influence on North Atlantic Climate During the Holocene." *Science* 294 (5549): 2130-2136.
- Bonebright, T. L. 1996. "An Investigation of Data Collection Methods for Auditory Stimuli: Paired Comparisons Versus a Computer Sorting Task." *Behavior Research Methods, Instruments, and Computers* 28 (2): 275-278.
- Covarrubias, Miguel. 1937. *Island of Bali*. New York: Knopf A. Giddens.
- Ding, C. S. 2006. "Multidimensional Scaling Modelling Approach to Latent Profile Analysis in Psychological Research." *International Journal of Psychology* 41 (3): 226-238.
- Fauzi, Akhmad. 2006. *Ekonomi Sumber Daya Alam dan Lingkungan: Teori dan Aplikasi*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.

- Geertz, Clifford. 1972. "The Wet and the Dry: Traditional Irrigation in Bali and Morocco." *Human Ecology* 1 (1): 23-39.
- Geria, I Made. 2016. *Kearifan Subak Jatiluwih*. Jakarta: Pusat Penelitian Arkeologi Nasional.
- Geria, I Made. 2007. "Survey Tinggalan Arkeologi di Bentangan Alam Kawasan Jatiluwih (Cultural Landscape) Penebel, Tabanan, Bali". Laporan Penelitian Arkeologi. Denpasar: Balai Arkeologi Bali. Belum dipublikasikan.
- Goris, Roelof. 1954. *Prasasti Bali I dan II*. Bandung: Masa Baru.
- Idrus, Muhammad. 2006. "Mengenal Multi Dimensional Scaling." *Psikologika* XI (22): 137-148.
- Kramrisch, Stella. 1946. *The Hindu Temple*. Calcutta: University of Calcutta.
- Lansing, J Stephen. 1987. "Balinese Water Temples and the Management of Irrigation." *American Anthropologist* 89 (2): 326-341.
- Meppem, Tony, dan Roderic Gill. 1998. "Planning for Sustainability as a Learning Concept." *Ecological Economics* 26: 121-137.
- Mundardjito. 2002. *Pertimbangan Ekologis Penempatan Situs-Situs Masa Hindu-Buddha di Daerah Yogyakarta*. Jakarta: Wedatama Widya Sastra dan EFEO.
- Nastiti, Titi Surti, I Made Geria, Retno Handini, Harry Octavianus Sofian, Atina Winaya, Marsya Nisrina, dan I Gusti Made Suarbhawa. 2019. "Peradaban Bali dalam Pengelolaan Sumberdaya Air Tahap I (Sustainable Development Goals)". Laporan Penelitian Arkeologi. Jakarta: Pusat Penelitian Arkeologi Nasional. Belum dipublikasikan.
- Nastiti, Titi Surti, Made Geria, Retno Handini, Dewangga Eka Mahardian, Marsya Nisrina, Tyas Dena Dusita, Satrio, dan Hedwi Prihatmoko. 2020. "Peradaban Bali dalam Pengelolaan Sumber Daya Air Tahap II (Sustainable Development Goals)". Laporan Penelitian Arkeologi. Jakarta: Pusat Penelitian Arkeologi Nasional. Belum dipublikasikan.
- Permana, Setya Yogi. 2016. "Mampukah Subak Bertahan? Studi Kasus Sosial Komunitas Subak Pulagan, Gianyar, Bali." *Majalah Indonesia* 42 (2): 219-232.
- Setiawan, I Ketut. 2016. *Komodifikasi Pusaka Budaya Pura Tirta Empul dalam Konteks Pariwisata Global*. Disertasi. Denpasar: Universitas Udayana.
- Suantra, I Made, dan I Wayan Muliarsa. 2006. *Pura Pegulingan, Tirta Empul, dan Goa Gajah: Peninggalan Purbakala di Daerah Aliran Sungai Pakerisan dan Petani, Gianyar*. Denpasar: Balai Pelestarian Peninggalan Purbakala Bali.
- Suarjana, Gede. 2003. *Hubungan antara Pengetahuan, Sikap, dan Perilaku Penduduk dalam Pengelolaan dan Pengendalian Pencemaran Air Tukad Badung*. Tesis. Denpasar: Universitas Udayana.
- Subadiyasa, N. Netera, I Ketut Sardiana, dan Indayati Lanya. 2010. "Strategi Pengendalian Alih Fungsi Lahan Subak Berbasis Masyarakat dan Upaya Peningkatan Produktivitas Lahan di Kabupaten Tabanan, Bali". Laporan Penelitian. Denpasar: Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Udayana.
- Sudianta, I Putu. 2012. *Melasti: Upacara Ritual Masyarakat Hindu*. Skripsi. Gorontalo: Universitas Negeri Gorontalo.
- Sudita, Made, dan Made Antara. 2006. "Nilai Sosial-Ekonomi Air di Kawasan Pura Tirta Empul Desa Manukaya, Kabupaten Gianyar, Bali: Suatu Pendekatan Ekonomi Lingkungan." *SOCA Jurnal Sosial Ekonomi Pertanian* 6 (2).
- Sutaba, I Made. 2014. *Tahta Batu Prasejarah di Bali: Telaah tentang Bentuk dan Fungsinya*. Denpasar: Universitas Hindu Indonesia.
- Tarawiguna, I Gusti Ngurah. 2019. *Subak: Awal Perkembangannya dalam Lintasan Sejarah Bali*. Dalam *Sosialisasi Museum Subak: Memuliakan Subak Melalui Museum*. Belum dipublikasikan.
- Trigunasih, Ni Made. 2015. *Pemetaan Alih Fungsi Lahan Sawah untuk Kelestarian Subak dalam Menunjang Pertanian Pangan Berkelanjutan di Kota Denpasar*. Dalam *Seminar Nasional Sains dan teknologi II (Senastek II): Inovasi Humaniora*,

- Sains, dan Teknologi untuk Pembangunan Berkelanjutan*. Belum dipublikasikan.
- Wardi, I Nyoman. 1999. Pengembangan Sumberdaya Budaya Situs Purbakala Taman Ayun di Desa Mengwi, Kecamatan Mengwi, Kabupaten Badung (Studi Pariwisata Budaya Berwawasan Lingkungan). Tesis. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Widiarta, I Nyoman. 2016. "Pengelolaan Daya Tarik Wisata Pura Taman Ayun sebagai Bagian dari Warisan Budaya Dunia." *Jumpa* 2 (2): 124-142.
- Windia, I Wayan, dan Wayan Alit Artha Wiguna. 2013. *Subak Warisan Buidaya Dunia*. Denpasar: Udayana University Press.
- Yusuf, R. A., Indra Fuadi, Usman M Tang, Rahman Karnila, dan Usman Pato. 2021. "Biological and Management Design for Sustainable Wetland Rice Farming in Siak District, Riau, Indonesia." *Biodiversitas* 22 (5): 2803-2814.
- Zuhdi, Fadhlán, Achmad Saiful Alim, Fahroji, dan Viona Zulfia. 2021. "Analisis Keberlanjutan Usahatani Padi di Kabupaten Siak (Studi Kasus di Gapoktan Mekar Jaya, Kecamatan Sabak Auh." *EnviroScienteeae* 17 (3): 25-33.

