

Aplikasi Remote Sensing dan Sig Untuk Pemetaan dan Informasi Sumberdaya Lahan Subak Sawah di Kecamatan Kuta dan Kuta Utara, Kabupaten Badung

DEWA GEDE SUARJAYA
INDAYATI LANYA*)
I GUSTI PUTU RATNA ADI

Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Udayana
Jln. PB. Sudirman Denpasar 80231 Bali

*)Email: indahnet@yahoo.co.id

ABSTRACT

Application of Remote Sensing and GIS for Mapping and Information Resources in Wetland of Subak in Kuta and North Kuta, Badung Regency

Subak in this research is a wetland that has spatial data. Wetland subak during this uncharted spasioal basis and yet the existence of the information resources of subak. Subak database based information dan communication teknologi (ICT) is indispensable in agricultural development in general. This research was done in Kuta and North Kuta, Badung, Bali from September 2016 to March 2017. The research method includes : (1) library studies, (2) analysis of satellite imagery conducted using Quickbird 2012 and Quickbird 2017, (3) surveys, and (4) arrangement of database resource.

The result of digitized satellite images in 2017 retrieved 21 subak area of 1007.39 ha in Kuta and North Kuta. BPS data (Statistics Indonesia, 2016) retrieved 22 subak area of 1316 ha. Subak Ulun Tanjung located in the Legian Village has not paddy fields since 2006. Land resources information system of subak is very accessible and fast through the technology of Geografis Information Systems (GIS).

Keywords: *Information System of Subak, GIS*

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Informasi sumberdaya lahan sangat diperlukan dalam pembangunan pertanian pada umumnya. Era globalisasi seperti saat ini sangat diperlukan informasi yang akurat, mudah dan cepat untuk diakses masyarakat luas. Salah satu cara untuk menyampaikan informasi yang memenuhi syarat tersebut di atas yaitu menggunakan teknologi *remote sensing* (penginderaan jauh) dan sistem informasi geografis (SIG). *Remote sensing* adalah ilmu dan seni untuk memperoleh informasi tentang suatu objek, daerah, atau fenomena (geofisik) melalui analisis data yang diperoleh dengan suatu alat tanpa harus melakukan kontak langsung dengan objek, daerah atau

fenomena yang sedang dikaji. Sedangkan SIG merupakan suatu sistem yang mampu menyimpan, mengumpulkan, mentransformasi, memanipulasi, memadukan, pengolahan dan analisis data secara simultan serta mampu menyajikan data tersebut dalam sebuah informasi mengenai fenomena geografis suatu wilayah (Ekadinata dkk., 2008).

Saputra (2007) menyatakan bahwa teknologi *remote sensing* yang dilengkapi SIG mampu menghasilkan data lebih akurat, karena mampu mengumpulkan, menyimpan, mengolah dan menganalisis, serta menyajikan data dan informasi dari suatu objek atau fenomena. Kedua teknologi ini dapat digunakan dalam menginformasikan sumberdaya lahan sawah subak. Subak diartikan sebagai masyarakat hukum adat yang memiliki karakteristik *sosio-agraris-religius*, yang merupakan perkumpulan petani yang mengelola air irigasi di lahan sawah dengan berlandaskan pada konsep atau falsafah *Tri Hita Karana* (THK) (Windia, 2013).

Lahan sawah subak selama ini belum dipetakan secara spasial. Demikian pula data dan informasi sumberdaya subak : SDL, SDM dan kegiatan pertanian belum didata secara terintegrasi. Kedua data tersebut (data spasial dan informasi sumberdaya subak) sangat diperlukan dalam perencanaan, pelaksanaan, serta monitoring dan evaluasi pembangunan pertanian untuk menunjang program ketahanan pangan nasional dan pelestarian sumberdaya lahan pangan berkelanjutan. Berdasarkan uraian tersebut diatas maka pemetaan dan perhitungan lahan sawah subak secara teliti serta informasi potensi sumberdaya subak sangat diperlukan.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Bagaimana pola penyebaran lahan sawah subak secara spasial dan luasnya di Kecamatan Kuta dan Kuta Utara ?
2. Bagaimana menginformasikan *database* sumberdaya subak di Kecamatan Kuta dan Kuta Utara ?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini yaitu :

1. Membuat peta subak berbasis *remote sensing* dan SIG di Kecamatan Kuta dan Kuta Utara
2. Menyusun *database* SDL, SDM dan kegiatan pertanian di Kecamatan Kuta dan Kuta Utara berbasis teknologi SIG

1.4 Manfaat

Panelitian ini diharapkan mampu memberikan manfaat yaitu menyediakan data dan informasi kepada pemerintah daerah dan organisasi subak dalam menentukan kebijakan yang berkaitan dengan subak subak tersebut.

2. Metode Penelitian

2.1 Waktu dan Tempat penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Kecamatan Kuta dan Kuta Utara dari bulan September 2016 hingga Maret 2017. Digitasi citra satelit dan analisis data dilaksanakan di Laboratorium Manajemen Sumber Daya Lahan, Konsentrasi Ilmu Tanah dan Lingkungan, Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Udayana.

Secara geografis Kecamatan Kuta dan Kuta Utara terletak diantara $08^{\circ}38'44,2''$ - $08^{\circ}43'32,6''$ LS dan $115^{\circ}10'39,2''$ - $115^{\circ}38'42,3''$ BT. Secara administratif, lokasi penelitian di sebelah Utara berbatasan dengan Kecamatan Mengwi, di sebelah timur berbatasan dengan Kota Denpasar, di sebelah selatan berbatasan dengan Kecamatan Kuta Selatan dan di sebelah barat berbatasan dengan Kecamatan Mengwi dan Samudra Hindia.

2.2 Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu Citra Satelit *Quickbird* Kabupaten Badung Tahun 2012 (Lanya dkk., 2015) dan Citra Satelit *Quickbird* Tahun 2017 (*Google Earth*, 2017), Peta Rupa Bumi Digital Indonesia Lembar 1707-332 Denpasar (Badan Koordinasi Survey dan Pemetaan Nasional, 1999), Peta Jenis Tanah (Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, 1994), Peta Kesesuaian Lahan (Lanya dkk., 2015), data luas subak dari data BPS Kabupaten Badung Tahun 2016, data sumberdaya subak (sumberdaya lahan, sumberdaya manusia dan kegiatan pertanian) hasil wawancara pekaseh serta *hardcopy* Citra *Quickbird* Tahun 2012.

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu seperangkat komputer, *software* QGIS 2.10.1, *software* Ms. Excel 2010, GPS, kompas dan alat tulis.

2.3 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan beberapa metode yaitu studi pustaka, analisis citra satelit dengan digitasi *on screen* dan interpretasi citra visual, survei lapang dan penyusunan *database* dan atribut sumberdaya subak berbasis SIG.

2.3.1 Studi Pustaka

Studi pustaka yaitu metode pengumpulan data sekunder dari pustaka-pustaka berupa informasi yang berkaitan dengan daerah penelitian dan bahan penulisan skripsi.

2.3.2 Analisis Citra Satelit

Citra satelit yang digunakan yaitu citra *Quickbird* Kabupaten Badung tahun 2012 yang didapat dari penelitian Lanya dkk. (2015) dan citra *Quickbird* tahun 2017 diperoleh dari *Google Earth* (2017). Citra *Quickbird* diinput ke dalam QGIS 2.10.1 dan dilakukan registrasi citra untuk memperoleh skala sebenarnya. Citra *Quickbird* tersebut dicetak dengan ukuran A0. Tahap selanjutnya dilakukan identifikasi dan

deliniasi yaitu pengelompokan dan pembatasan lahan sawah berupa garis. Kemudian memberi atribut lain pada citra seperti jalan dan sungai dengan mengamati peta Rupa Bumi Digital Indonesia.

2.3.3 Survei Lapang

Survei lapang dilakukan untuk mendapatkan data potensi sumberdaya di masing-masing subak. Pada penelitian ini dilakukan pengumpulan data yang bersifat kualitatif dan kuantitatif dengan metode wawancara secara terstruktur dengan jumlah responden sebanyak 22 orang yang mewakili masing-masing subak, dan dalam hal ini adalah pekaseh sebagai orang yang paling mengetahui karakteristik subak.

Menurut sumber datanya pengumpulan data dalam penelitian ini menggunakan data primer dan sekunder. Data primer didapat dari pekaseh subak untuk memperoleh batas-batas subak dan informasi mengenai sumberdaya di masing-masing subak. Data batas subak diperoleh dengan menunjukkan cetakan citra yang telah dideliniasi dan menunjukkan batas administratif, kemudian dilakukan pembatasan di cetakan citra. Data sumberdaya yang didapat dari hasil wawancara kemudian diinput kedalam tabel manual. Data sekunder didapat dari BPS Kabupaten Badung Tahun 2016 dan penelitian Lanya (2015) dikumpulkan dan diinput ke dalam tabel manual.

Adapun data dan informasi yang akan diamati dalam lokasi penelitian adalah meliputi data: (1) sumberdaya lahan, terdiri atas nama subak, letak subak, luas subak, sistem irigasi, jenis tanah dan kesesuaian lahan (2) sumber daya manusia, terdiri atas nama pekaseh, jumlah total petani, jumlah petani penggarap, jumlah petani pemilik, kepemilikan lahan dan nama petugas penyuluh lapangan, pendidikan petani (3) kegiatan pertanian, terdiri dari data jenis tanaman, pola tanam, kali tanam, jenis pupuk, dosis pupuk, varietas padi, asal benih padi, hama dan pemasaran.

2.3.4 Penyusunan Database Sumberdaya Subak Berbasis SIG

Database sistem informasi terdiri dari data spasial dan data atribut. Penyusunan dilakukan dengan menggunakan *software* QGIS 2.10.1 dengan menginput citra dan tabel manual. Data spasial subak merupakan hasil interpretasi lahan sawah pada citra satelit *Quickbird* Tahun 2017 dan dipadu padankan dengan batas subak yang diperoleh dari wawancara pekaseh pada masing-masing subak. Luas subak hasil digitasi dihitung melalui menu *calculate*. Sedangkan data atribut yang berupa tabel manual dimasukkan ke dalam *software* QGIS dengan melakukan *joint atribut* dengan menggunakan id yang sama.

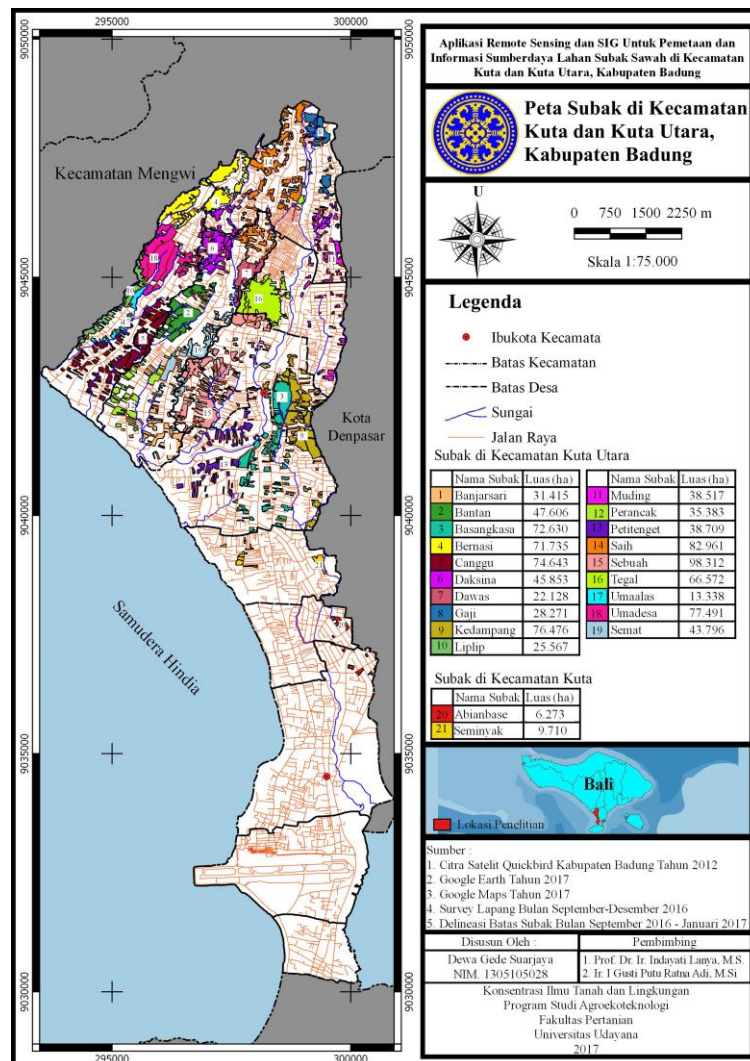
3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil

Penggunaan citra satelit *Quickbird* yang dilengkapi dengan peta Rupa Bumi sangat memudahkan dalam pengamatan lapang, menelusuri, mengidentifikasi sawah dan pola penyebaran sawah serta mendiskusikan dengan pekaseh mengenai batas-

batas subak. Hal ini dikarenakan resolusi citra *Quickbird* sebesar 60 x 60 cm, sehingga petak-petak sawah, sungai, saluran irigasi dan jalan raya terekam dengan jelas (Purwadi dkk., 2015). Kemudahan identifikasi objek atau data tersebut memudahkan dalam mendelineasi batas subak sesuai dengan yang diinformasikan oleh pekaseh.

Analisis citra satelit, survei lapang dan wawancara pekaseh menghasilkan data spasial sebaran subak yang dicantumkan pada Gambar 1 dan data luas subak disajikan pada Tabel 1. Berdasarkan Gambar 1 dan Tabel 1 menunjukkan perbedaan jumlah dan luas lahan subak. Jumlah subak di Kecamatan Kuta dan Kuta Utara menurut data BPS sebanyak 22 subak, sedangkan hasil dari wawancara kepada pekaseh dan survei lapang terdapat 21 subak yang masih aktif. Luas lahan sawah subak hasil digitasi lebih rendah dibandingkan dengan data luas subak dari BPS Kabupaten Badung Tahun 2016, dimana luas keseluruhan subak di Kecamatan Kuta dan Kuta Utara sebesar 1007,39 ha dan dari data BPS sebesar 1316,00 ha.



Gambar 1. Peta Subak di Kecamatan Kuta dan Kuta Utara

Tabel 1. Perbandingan Luas Subak dari BPS, Hasil Digitasi Citra dan Data Pekaseh

No	Kecamatan/ Nama Subak	Luas Subak dari BPS (ha) *	Luas Subak dari Digitasi Citra (ha) **	Luas Subak dari Pekaseh (ha) ***	Besar Perbedaan (ha) ****	Persentase Perbedaan (%) ****
1	2	3	4	5	6 = Δ 3-4	7 = 6/3x100
I. Kecamatan Kuta						
1	Subak Seminyak	12,00	9,71	11,25	2,29	19,08
2	Subak Ulun Tanjung	0,06	0,00	0,00	0,06	100,00
3	Subak Abianbase	8,00	6,27	8,70	1,73	21,59
II. Kecamatan Kuta Utara						
4	Subak Basangkasa	80,00	72,63	75,00	7,37	9,213
5	Subak Kedampang	89,00	76,47	90,00	12,52	14,072
6	Subak Petitenget	45,00	38,71	35,00	6,29	13,98
7	Subak Sebuah	97,00	98,31	97,00	-1,31	-1,35
8	Subak Tegal	70,00	66,57	70,00	3,43	4,90
9	Subak Muding	48,00	38,52	52,00	9,48	19,76
10	Subak Banjarsari	46,00	31,42	45,00	14,58	31,71
11	Subak Semat	82,00	43,80	71,00	38,20	46,59
12	Subak Perancak	44,00	35,38	44,35	8,62	19,58
13	Subak Bantan	58,00	47,61	55,00	10,39	17,92
14	Subak Daksina	62,00	45,85	60,00	16,15	26,04
15	Subak Dawas	33,00	22,13	32,85	10,87	32,95
16	Subak Cunggu	98,00	74,64	98,00	23,36	23,83
17	Subak Liplip	51,00	25,57	51,00	25,43	49,87
18	Subak Umaalas	17,00	13,34	17,00	3,66	21,54
19	Subak Umadesa	87,00	77,49	87,00	9,51	10,93
20	Subak Bernasi	101,00	71,73	101,00	29,27	28,97
21	Subak Saih	116,00	82,96	116,00	33,04	28,48
22	Subak Gaji	72,00	28,27	77,00	43,73	60,74
Total		1316,00	1007,39	1293,53		

*Sumber : Data BPS Tahun 2016 (Badung Dalam Angka, 2016)

**Sumber: Hasil digitasi citra *Quickbird* (*Google Earth*, 2017)

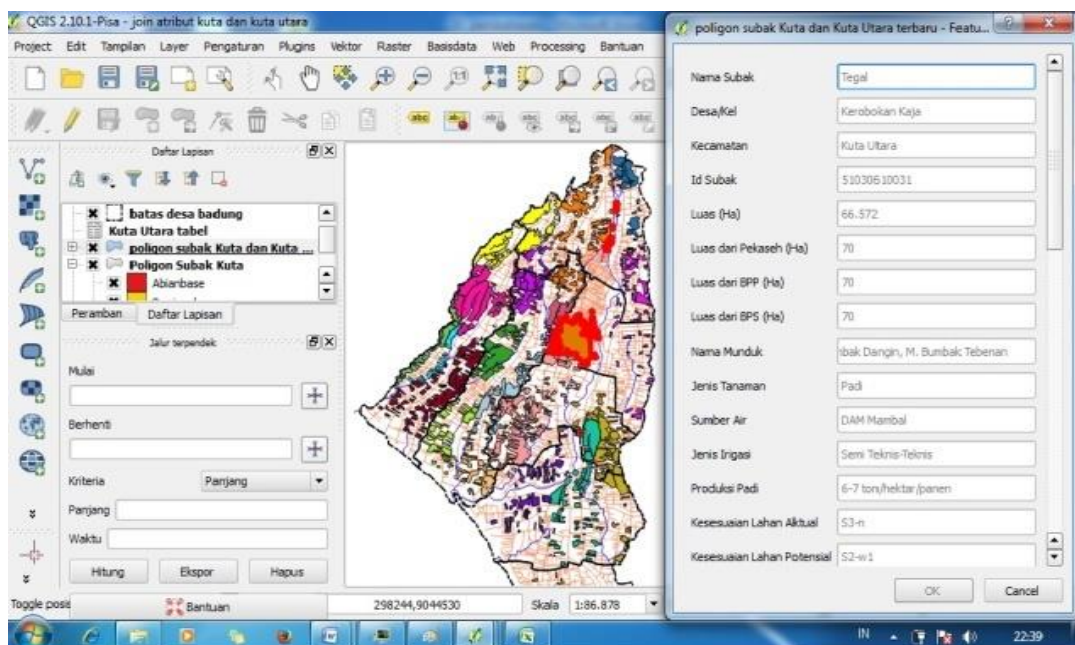
***Sumber: Wawancara 22 pekaseh di Kecamatan Kuta dan Kuta Utara

****Perbandingan data luas subak hasil digitasi citra satelit dengan data BPS Tahun 2016

Sistem informasi sumberdaya subak dapat dilakukan baik secara manual maupun digital yang berbasis teknologi SIG. *Database* pada sistem informasi secara manual terpisah antara data spasial dan data atribut. Data spasial berupa peta subak tersendiri, data atribut potensi sumberdaya subak dalam bentuk tabel. Berbeda dengan cara digital, kedua data (spasial dan atribut) dapat digabungkan melalui *joint*

atribut pada id yang sama (Mahardika, 2015). Sehingga memudahkan memanggil data atribut potensi sumberdaya subak melalui program *QGIS*. Program ini pada umumnya dapat menyimpan, mengolah, menganalisis dan menyajikan *database* sumberdaya subak secara cepat dan mudah dibanding dengan cara manual. Cara manual memerlukan proses tahapan analisis lebih lama dan menginformasikan sumberdaya subak yang lebih rumit, karena diperlukan pencarian data dalam bentuk peta dan tabel yang terpisah.

Karakteristik lahan sawah subak dapat di informasikan melalui SIG. Penampilan data sumberdaya lahan, sumberdaya manusia dan kegiatan pertanian dapat dilakukan dengan cara meng-klik salah satu poligon kemudian akan muncul jendela data atribut subak yang dipilih seperti pada Gambar 2. Sistem informasi sumberdaya subak yang berbasis SIG memberikan hasil yang informatif, mudah dan cepat untuk diakses masyarakat.



Gambar 2. Hasil *Print Screen* Sistem Informasi

3.2 Pembahasan

Berdasarkan Gambar 1 dan Tabel 1 menunjukkan Subak Ulun Tanjung yang berada di Kelurahan Legian, Kecamatan Kuta sudah tidak aktif sejak tahun 2006 dan saat ini hanya masih tersisa pura subak dan balai subak. Hal ini disebabkan karena pada tahun 2006 dilakukan pembongkaran DAM Tukad Mati Legian yang merupakan sumber air irigasi Subak Ulun Tanjung. Selain itu alih fungsi lahan Subak Ulun Tanjung juga disebabkan karena dibukanya akses jalan dan pembuatan LC (*Land Consolidation*). Subak di Kecamatan Kuta dan Kuta Utara yang memiliki luas subak hasil digitasi citra satelit tertinggi yaitu Subak Sebuah (98,31 ha) yang terletak di Kelurahan Kerobokan, Kuta Utara dan paling rendah yaitu Subak Subak

Abianbase (6,27 ha) yang terletak di Kelurahan Kuta. Secara administratif, batas-batas subak di Kecamatan Kuta dan Kuta Utara dapat dibagi menjadi dua jenis yaitu : (1) Lahan sawah subak yang berada didalam satu desa/kelurahan seperti Subak Seminyak, Subak Petitenget, Subak Banjarsari, Subak Perancak, Subak Bantan, Subak Gaji, Subak Dawas, Subak Umadesa, Subak Umaalas, Subak Liplip dan Subak Cunggu, (2) Lahan sawah subak yang berada di lebih dari satu desa/kelurahan seperti Subak Abianbase (Kuta dan Legian), Subak Kedampang (Kerobokan Kelod dan Kerobokan), Subak Basangkasa (Kerobokan Kelod dan Kerobokan), Subak Semat (Tibubeneng dan Kerobokan), Subak Muding (Kerobokan Kaja dan Dalung), Subak Sebuah (Kerobokan dan Kerobokan Kelod), Subak Saih (Dalung dan Tibubeneng), Subak Tegal (Kerobokan Kaja dan Dalung), Subak Bernasi (Dalung dan Cunggu) dan Subak Daksina (Tibubeneng dan Dalung).

Data sumberdaya lahan, sumberdaya manusia dan kegiatan pertanian merupakan *database* sistem informasi subak. Masing-masing subak dibagi menjadi beberapa munduk/tempek. Subak di Kecamatan Kuta dan Kuta Utara yang memiliki munduk paling banyak yaitu Subak Semat sebanyak 17 munduk, sedangkan subak dengan jumlah munduk paling sedikit yaitu Subak Umadesa sebanyak tiga munduk. Jenis irigasi subak di Kecamatan Kuta dan Kuta Utara yaitu semi teknis-teknis dan air irigasi bersumber dari DAM Mambal. Jenis tanah subak di Kecamatan Kuta dan Kuta Utara berdasarkan Peta Tanah Semi Detil Daerah Nusadua-Padangbai Provinsi Bali (Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, 1994) yaitu sub grup tanah Aeric Trophaquepts, Vertic Trophaquepts, Typic Psammaquents, Aeric Epiaquerts, Typic Argiudolls dan Typic Epiaquerts. Kesesuaian lahan untuk tanaman padi secara aktual yaitu agak sesuai (S3) dengan faktor pembatas ketersediaan hara (n).

Setiap subak dipimpin oleh seorang pekaheh dan dibantu oleh petajuh, petengen, kesinoman serta petugas penyuluh lapangan. Subak yang memiliki jumlah petani terbanyak yaitu Subak Bernasi berjumlah 283 orang, sedangkan subak yang memiliki jumlah petani paling sedikit yaitu Subak Abianbase berjumlah 16 orang. Jumlah petani penggarap terbanyak yaitu pada Subak Kedampang (206 orang) dan Jumlah petani pemilik terbanyak pada Subak Bernasi (249 orang). Kepemilikan lahan sawah subak di Kecamatan Kuta dan Kuta Utara hampir seluruhnya adalah milik pribadi (1272,78 ha), sisanya merupakan tanah milik Pemprov (5,77 ha) dan Laba Pura (1,5 ha). Pendidikan terakhir petani di Kecamatan Kuta dan Kuta Utara pada umumnya pada tingkat sekolah dasar (SD).

Pola tanam yang diterapkan oleh petani subak di Kecamatan Kuta dan Kuta Utara pada umumnya adalah padi-padi-padi dan padi-padi-palawija yang dalam setahun dapat menanam tanaman padi dua sampai tiga kali. Jenis tanaman lain yang ditanam yaitu kedelai, jagung, kangkung, kacang panjang, sawi hijau, bunga gumitir dan bunga pacar air. Benih padi yang digunakan yaitu varietas ciherang yang diperoleh dari PT. Pertiwi Tani (subsidi) dan toko pertanian (swadaya petani). Jenis pupuk yang digunakan yaitu Urea (200 kg ha^{-1}), Phonska (200 kg ha^{-1}) dan organik (500 kg ha^{-1}). Hama yang sering menyerang tanaman padi di Kecamatan Kuta dan

Kuta Utara yaitu keong, penggerek batang, kepiting, walang sangit, keong mas, wereng, tikus, burung belalang dan ulat. Rata-rata produksi padi di Kecamatan Kuta dan Kuta Utara sebesar 6 ton ha⁻¹. Gabah biasanya dijual langsung di lahan sawah kepada penebas dan beberapa bagian dibawa pulang untuk konsumsi sendiri.

4. Penutup

4.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari hasil dan pembahasan di atas sebagai berikut:

1. Lahan sawah subak hasil analisis citra satelit *Quickbird* 2017, survei lapang, dan SIG diperoleh 21 subak seluas 1007,39 ha. Data BPS Tahun 2016 masih tercantum 22 subak seluas 1316,00 ha (selisih 308,61 ha).
2. *Database* sumberdaya subak terdiri dari peta subak dan karakteristik potensi SDL, SDM, dan kegiatan pertanian di masing-masing subak dapat diinformasikan secara terintegrasi dengan menggunakan program QGIS (*joint atribut* dan identifikasi fitur).

4.2 Saran

Penyediaan *database* berbasis SIG sangat diperlukan dalam pembangunan pertanian. Peta Subak dan data luas subak diharapkan dapat dipergunakan Pemerintah Daerah dalam memperbaiki data BPS dan penetapan subak yang dilestarikan. Sehingga diharapkan subak yang merupakan salah satu Warisan Budaya Dunia tetap lestari.

Daftar Pustaka

- Badan Koordinasi Survey dan Pemetaan Nasional. 1999. *Peta Rupa Bumi Digital Indonesia Lembar 1707-332 Denpasar*. Bogor.
- Badan Pusat Statistik. 2016. *Badung dalam Angka Tahun 2016*. Pemerintah Kabupaten Badung.
- Ekadinata, A., S. Dewi, D.P. Hadi, D.K. Nugroho, F. Johana. 2008. *Sistem Informasi Geografis Untuk Pengelolaan Bentang Lahan Berbasis Sumberdaya Alam. Buku 1 : Sistem Informasi Geografis dan Penginderaan Jauh Menggunakan ILWIS Open Source*. World Agroforestry Center. Bogor.
- Lanya, I., N.N. Subadiyasa, K. Sardiana, I.G.P. Ratna Adi. 2015. *Strategi Penentuan dan Pengendalian Alih Fungsi Lahan Pertanian dalam Antisipasi dan Penanggulangan Dampak Negatif Pariwisata di Bali*. Laporan Akhir Penelitian Prioritas Nasional Masterplan Percepatan dan Perluasan Pembangunan Ekonomi Indonesia 2011 – 2025. Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Udayana. Bukit Jimbaran.
- Mahardhika, H. 2015. *QGIS vs ArcGIS*. Humanitarian OpenStreetMap Team Indonesia. Sumber : <https://openstreetmap.id/qgis-vs-arcgis/> (Diakses pada tanggal 2 Februari 2017)

- Nasoetion, Lutfi Ibrahim. 2003. *Konversi Lahan Pertanian : Aspek Hukum dan Implementasinya*. Prosiding Seminar Nasional Multifungsi dan Konversi Lahan Pertanian, pp 41-55. (Diakses pada tanggal 10 Februari 2017)
- Purwadhi, S.H., P. Kardono, A. Karsidi, N.S. Haryani, Rokhmatuloh. 2015. *Aplikasi Penginderaan Jauh Sistem Informasi Geografis untuk Pengembangan Wilayah*. Polimedia Publishing. Jakarta Selatan
- Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. 1994. Peta Tanah Semi Detil Daerah Nusadua - Padangbai, Provinsi Bali. Bogor.
- Saputra, G. 2007. *Sistem Irigasi Subak di Bali Berbasis Sistem Informasi Geografi*. Tesis Universitas Kristen Duta Wacana, Yogyakarta.
- Windia, Wayan dan Wayan Alit Artha Wiguna. 2013. *Subak Warisan Budaya Dunia*. Udayana University Press. Denpasar.