

PEMODELAN LAHAN RAWA PASANG SURUT MENGUNAKAN TEKNOLOGI PENGINDERAAN JAUH DAN GIS UNTUK PENENTUAN ZONA HIDROTOPOGRAFI (Studi Kasus: Delta Pulau Petak Kalimantan)

Ferry Sobatnu¹, Achmad Rusdiansyah¹, Mahmud¹

sobatnu@yahoo.co.id achmadrusdiansyah@ymail.com, mahmudratu@yahoo.com

(1.) Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Banjarmasin

Ringkasan

Pengembangan lahan rawa berarti mengubah lahan rawa sedemikian rupa sehingga tercipta suatu lingkungan baru yang cocok untuk pengembangan budidaya pertanian dan pemukiman. Proses pengembangan lahan dapat memanfaatkan teknologi penginderaan jauh dan geography information system (GIS) untuk membuat digital elevation model (DEM). Pembuatan model menerapkan metode interpretasi dan rektifikasi citra dengan cara interpolasi irregular pada tiap rona pixel citra dan mengacu pada data perwakilan dilapangan. Zona-zona hidrotopografi di dapat dengan menganalisis model lahan komparatif terhadap komponen elevasi muka air. Hasil pemodelan menunjukkan karakteristik lahan Delta Pulau Petak terbentuk dari dua sungai besar, Sungai Barito sepanjang 139,58 km dan Sungai Murung-Kapuas sepanjang 120,30 km. Batas ketinggian berjumlah 18 klaster dengan ketinggian maksimum mencapai +4 meter dan ketinggian minimum mencapai -18 meter terhadap muka air rerata. Luas lahan 284.936,81 ha dan jarak keliling 298,04 km. Relief topografi lahan relatif datar. Luas wilayah terluapi air pasang berdasarkan bagian zona hidrotopografi untuk zona A mencapai 35% dengan ketinggian air 0,39 meter, zona B mencapai 61% dengan tinggi air 0,96 meter dan zona C mencapai 4% dengan tinggi air 1,32 meter. Kegunaan lain dari model ini dapat membuat sistem manajemen basis data jaringan irigasi pulau petak. Validasi model ini telah dilakukan dilapangan dengan hasil memuaskan.

Kata Kunci: Delta Pulau Petak, Hidrotopografi, DEM, Penginderaan Jauh, GIS

1. PENDAHULUAN

Kegiatan kajian di bagian rekayasa pengembangan lahan rawa maupun pekerjaan reklamasi lahan rawa selalu tidak lepas dari keperluan informasi berupa topografi dan hidrotopografi lahan yang menjadi sasaran (objek). Untuk mendapatkan informasi yang baik maka, suatu keharusan menggunakan metode pengumpulan data yang baik pula. Salah satu cara untuk memperoleh data *Digital elevation model* (DEM) saat ini adalah dengan pemanfaatan teknologi penginderaan jauh *remote sensing* dan GIS (*geography information system*) seperti contohnya interferometri SAR (*synthetic aperture radar*) merupakan salah satu algoritma untuk membuat data DEM. Citra radar yang digunakan dalam proses interferometri diperoleh dari satelit SRTM (*shuttle radar topographic mission*) dengan misi untuk membuat data topografi secara digital. Prahasta (2008). Metode yang umum digunakan untuk mengumpulkan data

topografi adalah melakukan survey teresterial. Metode ini pada beberapa literatur dikatakan sebagai metode konvensional dengan pembiayaan dan resiko dilapangan yang sangat tinggi. Pemikiran inilah yang menjadi alasan mengembangkan metode pengumpulan data, guna mendapatkan informasi tentang permukaan bumi dengan memanfaatkan teknologi penginderaan jauh dan GIS dalam membangun *digital elevation model* sehingga dapat menganalisis zona hidrotopografi pada lahan rawa.

2. RUMUSAN MASALAH

Bagaimana proses membuat model elevasi digital menggunakan teknologi penginderaan jauh yang berorientasi terhadap data perwakilan dilapangan?

Bagaimana menganalisis zonasi hidrotopografi lahan rawa delta pulau petak dengan memanfaatkan model elevasi digital

dan nilai pasang surut dengan menggunakan GIS (*geography information system*)?

2. MAKSUD DAN TUJUAN PENELITIAN

Maksud penelitian ini adalah pemodelan lahan rawa pasang surut pulau petak berbasis teknologi penginderaan jauh dan GIS. Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan zona hidrotopografi berdasarkan pemodelan elevasi permukaan tanah terhadap elevasi permukaan air hasil analisis pasang surut serta pembuatan sistem manajemen basis data jaringan irigasi yang sudah ada di lahan pulau petak.

3. MANFAAT PENELITIAN

1. Menjadi metode alternatif untuk melakukan kajian terhadap karakteristik dan fenomena lahan rawa pasang surut.
2. Tersedianya komponen utama spasial dalam pengembangan perangkat *database managemen system* (DBMS) dalam pengelolaan lahan rawa Delta Pulau Petak.
3. Tersedianya metadata lahan rawa Delta Pulau Petak yang berguna dalam melakukan rancang bangun (rekayasa) infrastruktur dan bentuk reklamasi lahan dimasa mendatang.

4. METODOLOGI

1. Asumsi

Teknologi penginderaan jauh dikembangkan dengan konsep sebagai perangkat observasi tentang kebumihan beserta sumberdaya alamnya termasuk lahan rawa. Penelitian ini bertitik tolak dari pemikiran untuk melakukan kajian lahan rawa delta pulau petak dengan membuat model elevasi digital yang berorientasi terhadap data perwakilan (*specimen*) dilapangan.

2. Objek Penelitian

Pemilihan objek penelitian spesifik diarahkan pada kajian lahan rawa di Indonesia yaitu, lahan rawa di pulau Kalimantan yang berada di estuari Sungai Barito dan Sungai Murung-kapuas dan membentuk delta. Daerah ini masuk dalam kategori lahan rawa pasang surut dikarenakan masih terpengaruh oleh intrusi air laut.

3. Pengumpulan Data

Penelitian ini menunjukkan serangkaian survei di lapangan masih diperlukan

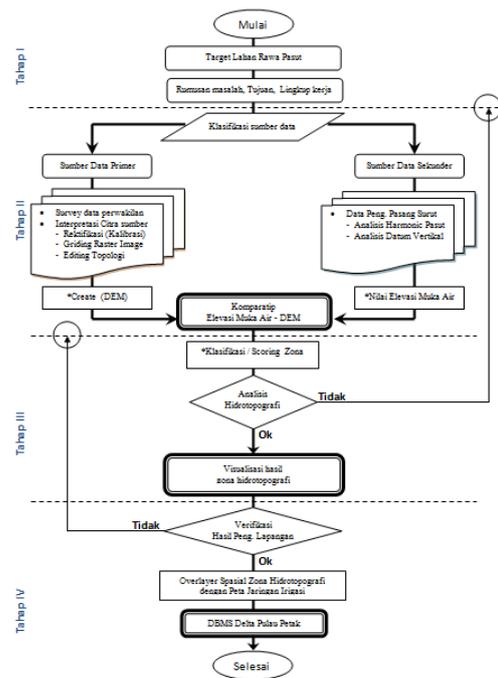
sebagai pengambilan data referensi (acuan). Kegiatan pengukuran topografi pada sebagian kecil lahan pulau petak yang di nilai refrensentatif, dalam hal ini lokasi yang dipilih adalah wilayah muara saluran primer unit Tabunganen seluas 4,5 hektar dan wilayah anjir serapat. Metode pengukuran secara umum menerapkan standarisasi pemetaan topografi. Survei Bathymetri juga dilakukan pada lokasi yang sama yaitu saluran primer unit Tabunganen. Kegiatan ini bertujuan untuk mendapatkan nilai kedalaman dasar perairan sebagai acuan. Teknik yang diterapkan yaitu pemeruman dengan menggunakan perum gema (*Acoustic*).

4. Analisis

Kajian dimaksud berupa analisis elevasi lahan rawa menggunakan model digital terhadap elevasi muka air hasil analisis pasang surut sehingga menghasilkan informasi baru berupa zonasi hidrotopografi lahan.

5. Kerangka Kerja

Penyusunan kerangka kerja dalam melakukan kajian hidrotopografi lahan rawa menggunakan teknologi penginderaan jauh (*remote sensing*) secara sistematis seperti Gb(1)



Gambar 1. Kerangka Kerja Kajian Hidrotopografi Lahan Rawa Menggunakan Teknologi Penginderaan Jauh

Secara keseluruhan uraian sistematika pemodelan yang telah dibuat dan dijalankan terbagi dalam empat tahapan. Penulisan sistematika ini bertujuan sebagai acuan atau kerangka kerja sehingga dapat diterapkan pada penelitian wilayah lahan rawa lainnya.

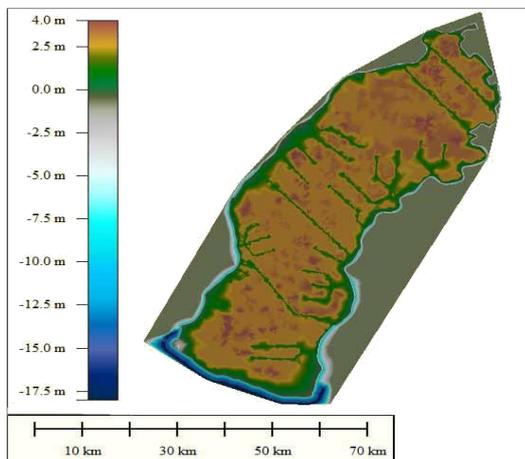
Klasifikasi titik ketinggian hasil interpretasi pixel citra satelit berjumlah 18 klaster, ketinggian maksimum yang ditemukan berada pada elevasi 4 meter dan ketinggian minimum yang ditemukan mencapai -18 meter. Klasifikasi elevasi tanah ini berfungsi sebagai batasan ukuran dalam menentukan zona hidrotopografi lahan, tabel (1) berikut memperlihatkan hasil klasifikasi titik ketinggian lahan pulau petak

5. HASIL PENELITIAN

Tabel 1. Daftar Klasifikasi Titik Ketinggian Hasil Interpretasi Pixel Citra Pulau Petak

No.	Elevasi (m)	Jumlah titik	No.	Elevasi (m)	Jumlah titik
1	4	1.297	10	-4	5.888
2	3	4.935	11	-5	2.944
3	3,5	1.916	12	-6	2.803
4	2	6.701	13	-8	1.480
5	1	6.651	14	-10	393
6	-0,5	2.944	15	-12	394
7	-1	2.944	16	-14	383
8	-2	2.944	17	-16	378
9	-3	2.944	18	-18	372
		Total			48.311

Hasil Pemodelan elevasi digital DEM memperlihatkan relief dari lahan rawa delta Pulau Petak secara jelas dengan degradasi perubahan warna yang dapat disesuaikan (memenuhi unsur kartografi). Gb (2) terlihat jelas wilayah ataupun jalur aliran air melalui saluran irigasi yang telah dibuat dengan wilayah yang tidak tergenang air



Gambar 2. DEM Hasil Interpretasi Pixel Citra Pulau Petak

Karakteristik lahan rawa Pulau Petak menurut bentang alam adalah daerah rawa pasang surut. Model menunjukkan hasil jarak bentang horisontal dari arah selatan-barat (SW) menuju utara-timur (NE) lebih dari 100 kilometer dan jarak vertikal mencapai ketinggian 4 meter diatas permukaan air rata-rata sehingga dengan asumsi nilai tersebut maka kemiringan lahan dihitung secara linier adalah 4×10^{-3} atau (0,004%). Sedangkan dari arah utara-barat (NW) menuju timur-selatan (SE) topografi lahan Pulau Petak relatif datar. Luas lahan mencapai 2.849,37 km² atau 284.936,81 hektar dengan jarak keliling 298,04 km. Panjang bentang pulau terukur mencapai 104 km dengan bentang lahan di sisi pesisir pantai mencapai 32 km. Panjang sungai barito yang meliputi lahan mencapai 139,58 km dan panjang sungai murung yang meliputi lahan mencapai 120,30 km.

Penelitian ini melakukan pengamatan pasang surut di tiga titik pada wilayah Sungai Barito. Analisis harmoni komponen pasut menggunakan metode *least square*. Hasil analisis harmonik digunakan sebagai komponen menentukan datum vertikal yang menjadi referensi ketinggian elevasi permukaan air merambat dipermukaan lahan. tabel (2) berikut menunjukkan hasil perhitungan dari tiga stasiun.

Tabel 2. Nilai Rata-rata Datum Vertikal Pulau Petak

DATUM	Barito Muara	Tabungan anen	Marabahan	Rerata	Delta MS L
[HAT]	260,65	359,01	217,9	279,19	132,61
[MHW S]	223,68	320,56	184,7	242,98	96,40
[MHW L]	161,28	259,96	135,5	185,58	39,00
[MSL]	130,01	179,63	130,1	146,58	0,0
[MLW L]	98,74	99,3	124,7	107,58	39,00
[MLW S]	36,34	38,7	75,5	50,18	96,40
[LAT]	-0,63	0,25	42,3	13,97	132,61

Unit centimeter (cm), MHWS (Main Hight Water Spring), MHWL (Main Hight Water Lowerst), MLWL (Main Low Water Lowerst), MLWS (Main Low Water Spring)

Hasil rata-rata datum vertikal ini digunakan sebagai acuan analisis spasial Pulau Petak dalam mengklasifikasi zona atau kategori

wilayah hidrotopografi terhadap nilai elevasi muka air. Ketinggian muka air rerata (MAR) berada pada 146,58 centimeter dibulatkan menjadi 1,5 meter, muka air pasang tinggi rerata (MAPTR) mencapai 214,28 centimeter dibulatkan menjadi 2,14 meter dan muka air surut rendah rerata (MASRR) 78,88 centimeter dibulatkan menjadi 0,79 meter, Sedangkan nilai Formzal (F) dapat dipahami memiliki tipe pasut adalah campuran dengan kecenderungan harian tunggal. Dalam hal ini dapat dipahami persamaan konotasi yang digunakan nilai rerata elevasi muka air adalah,

1. MAR = MSL
2. MAPTR = 0,5 x (MHWS + MHWL)
3. MASRR = 0,5 x (MLWL + MLWS)

Berdasarkan dengan literatur Direktorat Rawa (1992), Rifani (1998), Chandrawidjaja (2011) maka, hasil analisis hidrotopografi menunjukkan lahan rawa Pulau Petak meliputi tiga kategori (zona) yaitu A, B dan C. Analisis secara dinamis perubahan elevasi muka air di atas permukaan lahan dapat dilakukan dengan tersedianya model elevasi digital ini. Gambar 3 memperlihatkan analisis secara visualisasi perubahan elevasi muka air yang merambat di permukaan lahan. Pada kedudukan muka air mencapai ketinggian 2,5 meter luas wilayah yang terluapi mencapai 35%, dan kedudukan muka air mencapai ketinggian 3,5 meter luas wilayah yang terluapi mencapai 96% dari luas wilayah keseluruhan seperti tabel (3).

Tabel 3. Analisis Zona Hidrotopografi Pulau Petak

No	Kategori	Section Area		Luas Luapan		Elevasi Tanah (m)	Muka air (m)
		(Ha)	(%)	(Ha)	(%)		
1	Zona A	98.847,77	35	98.847,77	35	0 – 2,5	0,39
2	Zona B	174.423,93	61	273.271,70	61	2,5 – 3,5	0,96
3	Zona C	11.665,11	4	284.936,81	100	> 3,5	1,32

Hasil verifikasi menunjukkan kesamaan fixcel rona wana pada DEM dengan kenyataan dilapangan menunjukkan karakteristik lahan secara alami berada di elevasi diatas 2,5 meter sampai 6 meter dari permukaan air rerata, yang artinya berada di zona B dan C. Dataran lahan persawahan pada wilayah dimaksud hanya dapat terluapi air hujan sesaat dan atau melalui proses rekayasa

pengaliran irigasi ke dalam lahan persawahan, sedangkan jarak permukaan tanah terhadap permukaan air tanah yang dapat terjadi di dalam saluran tersier adalah 20 samapi 30 centimeter dan ketinggian air dapat mencapai 50 centimeter seperti Gb (4).



(a) = 0 meter

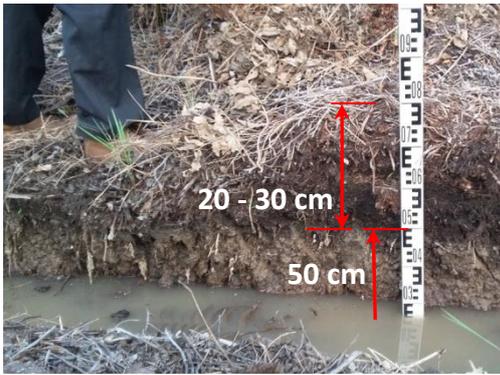


(b) = 2,5 meter



(c) = 3,5 meter

Gambar 3.. Analisis Luapan Air Dipermukaan Lahan Pulau Petak



Gambar 4. Verifikasi Lapangan Zona C Jarak Air Tanah 50 cm

Hasil inventarisasi infrastruktur jaringan irigasi dan jaringan sungai yang ada dilakukan proses secara digital dengan bantuan komputer menggunakan teknik digitasi *on screen* yaitu proses pengkonversian data *raster* menjadi data *vector*. Manfaat tersedianya peta digital jaringan irigasi secara satu kesatuan ini adalah untuk pembuatan sistem manajemen basis data Pulau Petak sehingga memberikan kelebihan dalam pengelolaan yang dilakukan secara berkesinambungan yaitu kemampuan SIG dalam melakukan penambahan *updating* dan perubahan ataupun penyesuaian *editing* terhadap setiap objek keruangan maupun atribut secara digital. Disamping itu piranti ini dapat melakukan analisis aritmatik berdasarkan nilai yang terkandung dalam tabulasi masing-masing data spasialnya. Gb (5) dan tabel (4) memperlihatkan DBMS Delta Pulau Petak.



Gambar 5. DBMS Delta Pulau Petak

Tabel 4. Basis Data Jaringan Irigasi Primer Pulau Petak

FID	Shape	Id	Sistem	Nama	Admin	Teknologi	Lebar	Pign_total
0	Polygon	0	Sistem Garpu dan Sistem Sisir	Tabunganan	Marabahan_Kalsel	Kolam cuci	0	0
1	Polygon	0	Sistem Handi / Tatah		Kapuas_Kalteng		0	0
2	Polygon	0	Sistem Handi / Tatah	Tamban Lupak	Kapuas_Kalteng		0	0
3	Polygon	0	Sistem Handi / Tatah		Kapuas_Kalteng		0	0
4	Polygon	0	Sistem Handi / Tatah		Kapuas_Kalteng		0	0
5	Polygon	0	Sistem Handi / Tatah		Kapuas_Kalteng		0	0
6	Polygon	0	Sistem Handi / Tatah				0	0
7	Polygon	0	Sistem Garpu dan Sistem Sisir	Tamban Luar	Kapuas_Kalteng	Kolam cuci	0	0
8	Polygon	0	Sistem Handi	Sei Imdhur	Marabahan_Kalsel	Kolam cuci	0	0
9	Polygon	0	Sistem Kanalisasi	Tamban Kanal	Lintas_propinsi		0	0
10	Polygon	0	Sistem Handi	Serapat	Marabahan_Kalsel	Kolam cuci	0	0
11	Polygon	0	Sistem Kanalisasi	Taliran Kanal	Lintas_propinsi		0	0
12	Polygon	0	Sistem Handi / Tatah	Kanal	Lintas_propinsi		0	0
13	Polygon	0	Sistem Garpu dan Sistem Sisir	Beramalai	Marabahan_Kalsel	Kolam cuci	0	0
14	Polygon	0	Sistem Garpu dan Sistem Sisir	Tatas	Kapuas_Kalteng	Kolam cuci	0	0
15	Polygon	0	Sistem Garpu dan Sistem Sisir	Jelapat	Marabahan_Kalsel	Kolam cuci	0	0
16	Polygon	0	Sistem Garpu dan Sistem Sisir	Sakalagun	Kapuas_Kalteng	Kolam cuci	0	0
17	Polygon	0	Sistem Garpu dan Sistem Sisir	Belawan dan Sei Seluan	Marabahan_Kalsel	Kolam cuci	0	0
18	Polygon	0	Sistem Kanalisasi	Serapat Kanal	Lintas_propinsi		0	0

Sebagai salah satu alat kelengkapan data untuk mengambil keputusan dalam rangka rekayasa pengelolaan lahan rawa Pulau Petak maka, *database management system* Pulau Petak mampu mencetak dan mempublikasikan peta seperti Gb (6)



Gambar 6. Peta Delta Pulau Petak

1. Kelebihan Model
 - a. Metadata hasil pemodelan merupakan daftar sebaran titik koordinat (*data vector*) seluruh wilayah Delta Pulau Petak yang terkalibrasi, sehingga data ini dapat dimanfaatkan untuk rancang bangun pada perencanaan teknis rekayasa lahan rawa Delta Pulau Petak, secara makro maupun mikro untuk berbagai tema dan keperluan lainnya.
 - b. Model lahan yang dibuat adalah model matematis secara digital, sehingga dapat dijadikan simulasi dasar (*base simulation*) dalam menganalisis cepat rambat air masuk ke dalam saluran maupun yang terluapi dipermukaan lahan.
 - c. Model lahan dapat digunakan sebagai peta dasar digital sehingga bermanfaat sebagai sumber basis data manajemen pengelolaan Delta Pulau Petak.
2. Kelemahan Model
 - a. Model yang dibuat khusus untuk lahan rawa pasang surut.
 - b. Sumber data primer yaitu, citra satelit yang digunakan bersifat arsip dari sumber terbuka (*open source*). Citra satelit dengan akuisisi terbaru dan bersifat premium akan memberikan tingkat akurasi yang lebih baik.
 - c. Sifat dari dua komponen utama pembuatan model yaitu, elevasi

permukaan tanah dan elevasi permukaan air bersifat dinamis atau dapat mengalami perubahan, sehingga zona hidrotopografi yang telah dibuat harus selalu menyesuaikan perubahan yang terjadi pada lahan

6. KESIMPULAN

1. Hasil pemodelan memperlihatkan karakteristik Delta Pulau Petak terbentuk dari dua sungai besar yang meliputinya yaitu, Sungai Barito dan sungai Murungkapuas. Luas lahan 284.936,81 ha dengan jarak keliling 298,04 km. Kenampakan relief topografi relatif datar, kemiringan lahan secara linier mencapai 4×10^{-3} atau (0,004%). Memiliki ketinggian 18 klaster dengan elevasi maksimal permukaan tanah 4 meter dari muka air rerata. Tipe pasut adalah campuran dengan kecenderungan harian tunggal dengan nilai datum vertikal yaitu, kedudukan muka air rerata 1,5 meter, muka air pasang tinggi rerata 2,14 meter dan muka air surut rendah rerata mencapai 0,79.
2. Hasil analisis hidrotopografi memperoleh tiga klasifikasi zona yaitu, zona A luas lahan terluapi mencapai (35%), Zona B luas lahan terluapi mencapai (61%) dan Zona C luas lahan terluapi mencapai (96%).
3. Sistem manajemen basis data jaringan irigasi Delta Pulau Petak adalah perpaduan data spasial dan data atribut. Objek spasial yang mewakili topologi masing-masing terdiri dari, batas wilayah pulau petak, sungai, jaringan irigasi dan desa serta zona hidrotopografi hasil analisis.

7. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Chandrawidjaja, R. 2011. *Reklamasi Rawa*. Cetakan I. Universitas Lambung Mangkurat Press. Banjarmasin
- [2] Chandrawidjaja, R. 2011. *Sistem Irigasi dan Drainase Daerah Rawa*. Cetakan I. Universitas Lambung Mangkurat Press. Banjarmasin.
- [3] Danoedoro, P. 2012. *Pengantar Penginderaan Jauh Digital*. Edisi I. Andi. Yogyakarta.
- [4] Prahasta, E. 2001. *Konsep-konsep Dasar Sistem Informasi Geografis*. Edisi I. Informatika. Bandung.

- [5] Prahasta, E. 2008. *Model Permukaan Dijital*. Cetakan I. Informatika. Bandung.
- [6] Prahasta, E. 2008. *Remote Sensing Praktis Penginderaan Jauh dan Pengolahan Citra Digital dengan Perangkat Lunak ER Mapper*. Cetakan I. Informatika. Bandung.
- [7] Kselik, R.A.L. Smilde, K.W, Ritzema, H.P, Subagyo, K., Saragi, S., Damanik, M., Suwardjo, H. 1993. *Integrated research on water management, soil fertility and cropping systems on acid sulphate soils in South Kalimantan Indonesia*.
- [8] Oosterbaan, R.J. 1990. Review of Water Management Aspects Pulau Petak South Kalimantan Indonesia, Mission Report 39, Research Project an Acid Sulphate (Sulfate) Soils in the Humid Tropics, International Institute of Land Reclamation and Improvement (ILRI), Wageningen, The Netherlands.
- [9] Subagyo, H., D.A.Suriadikarta, D.Setyorini, Abdurachman, dkk. 2006. *Karakteristik Dan Pengelolaan Lahan Rawa*, Edisi I. Balai Besar Penelitian Dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian Badan Penelitian Dan Pengembangan Pertanian Departemen Pertanian. Bogor.