

## ANALISIS DATA PENGINDERAAN JAUH DAN SIG UNTUK STUDI SUMBERDAYA AIR PERMUKAAN DAS RAWA BIRU MERAUKE PAPUA

Hartono\*, Th. Barano SS Meteray\*\*, Nur Muhammad Farda\* dan Muhammad Kamal\*

Fakultas Geografi UGM\* dan WWF Region Sahul Papua\*\*  
Telp. 0274.; 512400; 902345; Hp. 0811268894; Fax. 0274. 589595  
E-mail : hartono@geo.ugm.ac.id; geografi@ugm.ac.id

### ABSTRAK

Penelitian ini terkait dengan kajian ekosistem air permukaan di daerah Merauke Papua dengan menggunakan data penginderaan jauh, multisource dan multistage, dengan membedakan menjadi dua kajian berdasarkan luas daerah kajian. Pertama adalah untuk analisis spasial dalam skala besar dan studi yang lebih detil, yang dikhususkan terhadap DAS Rawa Biru-Torasi. Kedua untuk analisis keruangan dengan skala kecil atau kajian secara makro/regional dilakukan untuk *ecoregion* Transfly atau daerah *floodplain* Merauke. Pendekatan multispektral dilakukan pada pengolahan citra Landsat, yang diikuti dengan survey lapangan pada daerah terpilih. Sumberdata lain, peta, dokumen digunakan sebagai penambah informasi tentang daerah kajian. Diskusi dan wawancara dengan instansi terkait (*Taman Nasional Wasur, PDAM, Pemda, Dinas Kehutanan*) memperkaya hasil penelitian. Hasil penelitian menunjukkan bahwa citra penginderaan jauh bermanfaat dalam kajian air permukaan di daerah penelitian. Selain hal itu, juga diuraikan informasi tentang kondisi fisik DAS Rawa Biru-Torasi, analisis vegetasi dengan menggunakan data multitemporal dan tipe lahan basah di wilayah Transfly dan proses hidrologi di daerah floodplain transfly. Rawa Biru sebagai sumber air bagi pemenuhan kebutuhan air bersih kota Merauke mengalami degradasi lingkungan, oleh karena adanya invasi spesies dan pendangkalan dasar rawa, dengan suksesi *hydrophilla*, *tebu rawa*, *rumpun pisau*, dan *Mellaleuca*. DAS Rawa Biru-Torasi, bagian hulu, masuk ke wilayah Papua Nugini, yang dalam jangka panjang, dalam rangka pengelolaan sumberdaya air, perlu adanya satu kesatuan daerah penangkapan air (*recharge area*) bagi DAS tersebut.

### I. PENDAHULUAN

Permasalahan pemanfaatan sumberdaya air yang sering terjadi adalah masalah kelebihan air (banjir) dan masalah kekurangan air (kekeringan). Kedua masalah tersebut terjadi sebenarnya akibat dari suatu kejadian yang berkesinambungan : banjir terjadi pada musim hujan, dan sebaliknya kekeringan pada musim kemarau. Kejadian banjir dan kekeringan di suatu Daerah Aliran Sungai (DAS) sebenarnya memiliki fenomena yang tidak sesederhana. Iklim sebagai input alami, bersama-sama dikontrol oleh pengelolaan wilayah dan penerapan teknologi dalam DAS yang dapat mengganggu keseimbangan ekosistem.

Berbagai strategi telah dihasilkan untuk pemecahan problema banjir dan kekeringan melalui pengembangan metodologi yang bersifat kuantitatif maupun kualitatif, pengukuran dan penyuluhan kepada masyarakat, dan rekayasa teknologi, yang hingga kini belum memberikan hasil yang memuaskan. Banjir dan kekeringan masih terjadi dimana-mana, bahkan di Indonesia, kedua hal tersebut menimbulkan agenda tahunan. Pemecahan masalah DAS, melalui program pengendalian banjir harus melalui pendekatan sistem yang terpadu dari aspek

sosio-biofisikal. Pendekatan sistem DAS sebagai total lingkungan yang mencakup aspek abiotik, biotik dan kultural sebagai model pengendalian banjir dan kekeringan dengan satuan wilayah geografis DAS.

Teknologi penginderaan jauh merupakan teknologi yang mempunyai dapat mengikuti perkembangan kebutuhan masyarakat. Kemampuan penyediaan data dan informasi kebumih yang bersifat dinamik bermanfaat dalam pembangunan di era Otonomi Daerah. Data dan informasi mutakhir sangat diperlukan. Ketersediaan data dan informasi yang diimbangi dengan pengolahan data menjadi informasi wilayah dapat dilakukan dengan sistem informasi geografis (SIG).

Pemanfaatan data penginderaan jauh dan SIG untuk kajian sumberdaya air dapat diterapkan untuk mempelajari ketersediaan air permukaan dan problema lingkungan yang terjadi, dengan pendekatan spasio-temporal, memanfaatkan data multi sumber. Pada kesempatan ini, telah dilakukan aplikasi teknologi penginderaan jauh dan SIG untuk kajian air permukaan di DAS Rawa Biru Torasi di Merauke Papua. Problema utama di daerah tersebut adalah kekawatiran terjadinya kelangkaan sumber air bersih untuk kebutuhan domestik, karena makin menyempitnya badan Rawa Biru akibat invasi

vegetasi liar di badan air. Makin lama volume air menyusut, yang menyebabkan menurunnya cadangan air bersih di Merauke. Selama ini kebutuhan tersebut tercukupi dari akuifer local (beting gisik) dan dari Rawa biru. Untuk itulah, maka penelitian ini dilakukan.

## II. TUJUAN PENELITIAN

Penelitian ini memiliki dua tujuan yaitu (1) mengkaji perubahan ekosistem Rawa Biru melalui pemanfaatan data penginderaan jauh multi temporal dan (2) memberikan alternatif solusi adanya sumberdaya air permukaan yang dapat digunakan untuk kebutuhan domestik di Merauke.

## III. TINJAUAN PUSTAKA

### 3.1 Kondisi Ekosistem Rawa Biru – Torasi

Sudibyakto, dkk (2003) melaporkan bahwa DAS berdasarkan batas administrasi DAS Rawa Biru-Torasi terbagi dalam dua negara yaitu bagian hilir hingga tengah termasuk wilayah Republik Indonesia dan bagian hulu masuk wilayah Papua New Guinea (PNG). Aliran sungai Torasi dari utara di wilayah PNG mengalir ke selatan dan bercabang ke Rawa Biru di wilayah Indonesia. Kedua sungai tersebut bermuara ke laut Arafura. Muara sungai Torasi merupakan salah satu titik ikat garis batas kedua wilayah Negara tersebut.

Peneliti yang sama menyatakan bahwa tipe vegetasi penyusun DAS Rawa Biru-Torasi terdiri dari hutan monsoon, hutan jarang lahan kering, padang rumput lahan basah, grup tumbuhan mengapung (*floating plant*), grup tumbuhan yang sebagian tubuhnya muncul dipermukaan (*emergence plant*), grup tumbuhan yang seluruh tubuhnya di bawah permukaan air (*submerged plant*). Hutan monsoon dicirikan dengan adanya tumbuhan palem dan rotan hutan (*Flageria indica*). Hutan jarang di cirikan dengan dominasi tumbuhan dari family Myrtacea seperti *Melaleuca* spp. Grup tumbuhan mengapung didominasi oleh tebu rawa (*Hanguana malayana*). Grup tumbuhan yang menonjol dipermukaan seperti teratai dan rumput pisau. Grup tumbuhan yang seluruh tubuhnya di bawah air seperti *Hydrilla* spp. Tutupan vegetasi tersebut hidup pada ekosistem lahan basah, yang perkembangannya mengikuti perkembangan dasar perairan. Adanya pedangkalan dasar rawa dapat menyebabkan perubahan tutupan tanaman tersebut, dengan perubahan pola vegetasi dari lahan basah ke lahan kering.

### 3.2 Data Satelit Landsat dan Aplikasinya

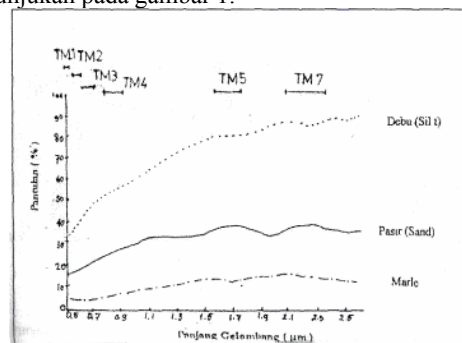
Landsat TM 5 masih berfungsi optimal sampai dengan Maret 1996. Landsat TM 5 merupakan satelit

generasi ke 2 yang menggunakan sensor *Thematic Mapper*, adapun Landsat 7 baru diluncurkan April 1999, dengan sensor ETM (*Enhanced Thematic Mapper*). Satelit Landsat TM 5 mempunyai 7 saluran elektromagnetik, yaitu saluran biru memiliki panjang gelombang (0,45 – 0,52  $\mu\text{m}$ ), saluran hijau (0,52 – 0,60  $\mu\text{m}$ ), saluran merah (0,63 – 0,69  $\mu\text{m}$ ), saluran inframerah dekat (0,76 – 0,90  $\mu\text{m}$ ), saluran inframerah dekat 2 (1,55 – 1,75  $\mu\text{m}$ ), saluran inframerah tengah (2,08 – 2,23  $\mu\text{m}$ ), saluran inframerah termal (10,4 – 12,50  $\mu\text{m}$ ).

Transformasi citra banyak digunakan untuk pengolahan citra satelit, misalnya adalah transformasi Tasseled Cap Kauth – Thomas (1976), yang memanfaatkan feature space tiga saluran, yang menghasilkan sumbu kecerahan (*brightness*), kehijauan (*greenness*), kelayuan (*yellowness*), dan ketidaktentuan (*noneesuch*). Crist – Cicone (1984) melakukan modifikasi Tasseled Cap untuk 6 saluran pada Landsat TM yaitu saluran 1 - 5 dan 7. Hasilnya adalah indeks kecerahan (*brightness index*), indeks kebasahan (*wetness index*), dan indek kehijauan (*greenness index*). James (1996) menyatakan “indeks vegetasi” merupakan suatu ukuran kuantitatif berdasarkan nilai digital citra satelit untuk mengukur biomasa suatu vegetasi. Salah satu indeks vegetasi adalah *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) yang merupakan kombinasi antara tehnik penisbahan dengan tehnik pengurangan citra, yang dirumuskan sebagai berikut:

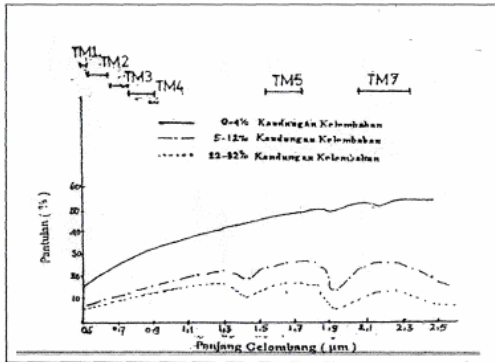
Walsh dalam Suriadi dan Arsyad (1999) melakukan penelitian tentang (*drought severity index, DSI*), indeks kelembaban tanaman (*crop moisture indeks*), dan defisit hidrologi (*hidrologi deficit*). Citra yang digunakan adalah citra Satelit NOAA-AVHRR saluran 1 dan 2. Data hujan didapatkan dari 181 stasiun pengamat hujan. Hasil penelitian dapat diperoleh sebaran indeks kekeringan mulai dari 0 (kondisi normal), - 1 (agak kuning), - 2 (kekeringan sedang), - 3 (sangat kekeringan), - 4 (kekeringan sangat parah).

Hoffer (1978) menyatakan bahwa karakteristik pantulan tanah yang tampak menonjol pada bagian spektrum tampak dari inframerah dekat, seperti ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Kurva Pantulan Spektral tiga tipe tanah pada kondisi kandungan kelembaban rendah

Pada gambar terlihat bahwa debu (*silt*) mempunyai reflektansi lebih besar dibandingkan dengan pasir (*sand*). Hal ini karena debu memiliki ukuran partikel yang lebih kecil (0,002 - 0,05 mm) daripada partikel pasir (0,05 - 2 mm). Hubungan antara peningkatan kandungan kelembaban dengan penurunan pantulan pada tanah dengan tekstur geluh debu pada berbagai saluran serapan air, ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar.1.2. Kurva pantulan untuk debu dalam tiga kelompok kandungan kelembaban (Hoffer,1978)

Dari gambar tersebut Hoffer (1978) dapat menyimpulkan bahwa:

1. Diperoleh 5 faktor yang mempengaruhi karakteristik pantulan spektral tanah, yaitu: kandungan kelembaban tanah, bahan organik tanah, tekstur tanah, dan kandungan oksida besi tanah.
2. Kandungan kelembaban tanah yang meningkat akan menyebabkan penurunan pantulan pada band-band bagian spektrum reflektif terutama pada band-band serapan air.
3. Tekstur tanah mempengaruhi reflektansi spektral tanah, yaitu karena kemampuan menyimpan kelembaban dan ukuran partikel tanah.

Dirgahayu dan Carolita (1996) memanfaatkan Citra Landsat TM untuk mendeteksi kelengasan tanah menggunakan transformasi matematis. Metode transformasi matematis digunakan untuk mencari nilai indeks vegetasi melalui indeks kelengasan dan indeks kecerahan. Kelengasan tanah (KL) dapat ditentukan dari indeks kelengasan tanah (IKL) dengan rumus:  $KL = 18,8163 + 0,084 \text{ Exp} (IKL)$ , dimana  $sd = 3,8$ ;  $r = 0,93$ ; dan  $r^2 = 0,96$ . Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat korelasi yang tinggi antara kelengasan tanah dengan indeks kecerahan, indeks vegetasi, dan indeks kebasahan)

Bakosurtanal-PUSPICS UGM (2002) melakukan penelitian mengenai prediksi banjir dengan pendekatan penginderaan jauh multispektral. Dengan menggunakan citra multispektral dilakukan pemrosesan digital kombinasi antar saluran untuk menghasilkan nilai-nilai baru. Algoritma untuk pendekatan terhadap resiko banjir dalam hal ini dipilih tiga macam yaitu indeks kecerahan, indeks

kebasahan, dan indeks kelengasan dengan formula berikut ini:

$$1. \text{Indeks Kecerahan} = (0.33183*b1)+(0.331221*b2)+(0.55177*b3)+(0.42514*b4) +(0.48047*b5)+(0.25252*b7)$$

$$2. \text{Indeks Kebasahan} = (0.13929*TM1)+(0.22490*TM2)+(0.40359*TM3) + (0.25178*TM4)- (0.70133*TM5)-(0.45732*TM7)$$

$$3. \text{Indeks Kelengasan} = (\text{Indeks Kebasahan} + \text{Indeks Kehijauan}) / \text{Indeks Kecerahan}$$

Hasil pengolahan dari setiap Algoritma diklasifikasikan ulang sehingga diperoleh gambaran spasial berbagai kelas resiko banjir.

### 3.3 Limpasan Permukaan

Arsyad (1985 dalam Gunawan, 1991) menyatakan bahwa pendugaan debit puncak dengan menggunakan metode rasional  $Q_p = 0,278 \text{ C.I.A}$  merupakan penyederhanaan besaran-besaran terhadap suatu proses penentuan aliran permukaan yang rumit akan tetapi metode tersebut dianggap akurat untuk menduga aliran permukaan dalam rancang bangun yang relatif murah, sederhana dan memberikan hasil yang relatif mudah diterima (*reasonable*).

Cook (1940 dalam Chow, 1964) mengembangkan metode empiris untuk menduga besarnya koefisien limpasan permukaan puncak, dengan mengkaitkan faktor-faktor relief atau lereng, infiltrasi tanah, vegetasi penutup, dan timbunan air permukaan. Parameter karakteristik DAS tersebut diklasifikasikan kemudian diberi nilai skor secara proporsional menurut kuat lemahnya pengaruh terhadap aliran permukaan untuk mendapatkan koefisien limpasan permukaan (C).

Gunawan (1991) telah melakukan penelitian di DAS Bengawan Solo Hulu untuk menduga debit puncak dengan pendekatan karakteristik DAS dengan menggunakan foto udara pankromatik hitam putih skala 1:10.000 tahun 1983 dan skala 1:50.000 tahun 1981, dan foto udara inframerah berwarna skala 1:30.000 tahun 1981. Metode pendekatan yang digunakan adalah metode rasional  $Q_p = 0,278 \text{ C.I.A}$  yang dikembangkan oleh Australian Water Resources Council (1980). Pendugaan faktor koefisien limpasan permukaan (C) dilakukan dengan menggunakan metode Cook. Data karakteristik lingkungan fisik DAS yang diperoleh dari penelitiannya melalui interpretasi foto udara meliputi (1) morfometri DAS; (2) penutup lahan/penggunaan lahan; (3) bentuklahan; (4) kemiringan lereng; (5) infiltrasi tanah; (6) alur-alur sungai serta geometrinya. Hasil penelitiannya tersebut memberikan nilai ketelitian lebih dari 80%.

Pada penelitian ini, tidak semua cara yang diungkapkan oleh para peneliti di atas diterapkan, mengingat data dan kondisi ekosistem yang berbeda.

## IV. METODE PENELITIAN

Penelitian menerapkan pendekatan *landscape approach* dengan menggunakan data penginderaan jauh multitemporal, diikuti dengan kerja lapangan, penyusunan basisdata dan diakhiri dengan penyelesaian, berupa penyusunan laporan dan analisis hasil penelitian. Selain citra, juga digunakan data sekunder tersedia dari instansi terkait. Analisis perubahan vegetasi dari data citra satelit telah dilakukan dengan menggunakan citra Landsat TM and ETM multitemporal. Data citra yang digunakan hasil perekaman 10 November 1990, 31 May 1997, dan 25 Oktober 2001. Jenis perangkat lunak yang digunakan terdiri dari program pengolahan data raster yaitu *software* ENVI dan program pengolahan data vektor yaitu ArcView. Pengolahan citra Landsat dilakukan dengan mengikuti proses pengolahan secara digital, meliputi tahapan sebagai berikut, yaitu: koreksi geometrik dan radiometrik, komposit citra, penajaman dan klasifikasi multispektral. Metode klasifikasi spektral yang digunakan adalah *minimum distance classification*. Area kajian secara khusus dilakukan hanya pada wilayah badan air Rawa Biru.

## V. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil kajian eksosistem air permukaan di daerah Merauke dibedakan menjadi dua berdasarkan luas area studi. Untuk analisis spasial dalam skala besar atau studi yang lebih detil, dikhususkan terhadap DAS Rawa Biru-Torasi. Sebaliknya untuk analisis keruangan dengan skala kecil atau kajian secara makro/regional dilakukan untuk ecoregion Transfly atau daerah *floodplain* Merauke.

### 5.1 DAS Rawa Biru – Torasi

Rawa Biru terletak di distrik Sota Luas DAS rawa biru 4.791,671 km<sup>2</sup>. Berdasarkan hasil perhitungan luas badan air aktual, badan air potensial dan DAS Rawa Biru-Torasi, sebagai berikut: Luas badan air aktual adalah **95 ha** (warna biru/ titik kuning). Luas badan air potensial adalah **88.180 ha** (warna biru muda). Luas DAS Rawa Biru –Torasi adalah **479.167 ha** (warna orange). Jumlah penduduk yang tinggal di kampung-kampung dalam DAS Rawa Biru adalah sebagai berikut. Desa rawa biru sejumlah 174 orang, desa Yanggandur 234 orang, Desa Sota 683 orang, desa Tomerau 192 orang, dan Kondo 238 orang. Hasil klasifikasi citra satelit ditunjukkan bahwa pada tahun 1990 telah terjadi penutupan tumbuhan Tebu Rawa di dekat pulau Kelapa, dan daerah ujung selatan badan Rawa Biru.

Pada tahun 1997 (gambar 4) telah terjadi perubahan dengan terbukanya kembali badan air. Kondisi ini relatif sama dengan citra hasil perekaman tahun 2001 (gambar 5). Adanya perubahan permukaan air yang semula tertutup oleh tebu rawa

menjadi badan air yang terbuka disebabkan oleh hasil program pengendalian populasi tebu rawa, yang telah dilakukan sebelum Mei 1997. Fenomena perubahan vegetasi juga nampak pada perubahan luas populasi rumput pisau. Pada citra tahun 1990 tampak pada daerah selatan dekat ujung rawa biru dan P. Kelapa populasi rumput pisau relative rapat dan tampak dominan.

Tahun 1997 mulai terjadi perubahan dan tahun 2001 perubahan komposisi species yang semakin tegas dari species dominan menjadi co-dominan. Perubahan ini dalam gambar 4-5 ditandai dengan adanya perubahan blok warna hijau menjadi hijau muda. Perubahan lain yang juga nampak dari ketiga citra berbeda waktu adalah perubahan kedalaman Rawa Biru. Pada tahun 1990 saat musim kemarau badan air rawa biru masih nampak dalam, kondisi ini dicirikan oleh nilai pantulan spektrum tampak merah (band 3) yang relatif rendah. Begitu pula pada tahun 1997 diakhir musim hujan, nampak badan air yang tetap gelap. Tetapi pada kemarau tahun 2001 nampak badan air yang mulai berubah dari warna gelap menjadi biru muda (gambar 5). Adanya perubahan warna air hasil klasifikasi ini disebabkan oleh adanya peningkatan nilai pantulan spektrum tampak merah (band 3). Perbedaan antara musim kemarau (citra 1990 –2001) dan musim hujan (citra 1997) juga nampak jelas dari hasil klasifikasi. Pada saat musim hujan citra 1997 (gambar 4), didominasi oleh air yang dipresentasikan oleh warna hitam dan biru muda.

Vegetasi berwarna hijau tumbuh diatas lahan gambut ditengah badan rawa. Berbeda dengan citra yang direkam pada musim kemarau daerah dataran banjir (*flood plain*) nampak berwarna kuning-orange (gambar 3, 5). Pada saat musim kemarau daerah bekas genangan menjadi area padang rumput (*grassland*) yang sangat disukai kelompok mamalia herbivora di kawasan Taman Nasional Wasur.

Penutupan lahan DAS Rawa Biru dilakukan dengan menggunakan citra Landsat band 4,3,2. Kombinasi ketiga band tersebut menampilkan vegetasi yang berwarna merah. Dalam gambar 6, vegetasi rapat berwarna merah tua, sedangkan vegetasi jarang berwarna merah muda dan daerah padang rumput berwarna keabuan. Pola vegetasi ada yang mengikuti alur-alur sungai sehingga membentuk pola memanjang dan ada yang mengelompok sebagai blok hutan yang utuh.

Berdasarkan informasi citra Landsat dan hasil cek lapangan dilakukan pengelompokan vegetasi berdasarkan tingkat kerapatan, sehingga diperoleh peta penutupan lahan pada gambar 7. Hasil klasifikasi diperoleh 6 klas yaitu hutan rapat, hutan jarang, hutan bush, padang rumput, lahan gambut dan badan air. Kategori penutupan lahan hutan memiliki peranan penting dalam mengatur tata air di DAS Rawa Biru. Semakin rapat vegetasi semakin baik untuk memperlambat aliran permukaan. Begitu pula pada daerah-daerah rawa dan aliran sungai yang dangkal ditutupi oleh tumbuhan akuatik. Akibatnya aliran air

dari dan ke dalam badan rawa atau sungai menjadi terhambat. Salah satu fenomena yang sangat nyata adalah adanya pertumbuhan tebu rawa, rumput pisau dan rumput kasim yang sangat rapat menutupi daerah aliran dari sisi selatan rawa biru ke arah Ukra.

Survei dampak ruas jalan Trans Irian terhadap alur-alur hulu sungai ke DAS Rawa Biru dan DAS Maro juga telah dilakukan. Hasil analisis dari data satelit dan cek lapangan menunjukkan bahwa adanya perubahan aliran alur-alur sungai. Air hujan yang jatuh disepanjang ruas jalan dan dari hutan-hutan di sisi kiri kanan jalan tertutup oleh tanah bahan galian jalan. Akibatnya aliran air permukaan yang seharusnya terus mengalir ke DAS Rawa Biru dan ke DAS Maro terhambat di kolam-kolam sepanjang ruas jalan Trans Irian. Untuk itu restorasi terhadap aliran jalan di Trans Irian perlu dilakukan, sehingga tidak terjadi penggenangan-penggenangan air disepanjang tepi jalan. Jika aliran-aliran ini diperbaiki akan memiliki dua manfaat yaitu untuk menata kembali aliran air ke Rawa Biru dan kedua untuk menjaga ketahanan badan jalan akibat adanya genangan air disepanjang kiri kanan jalan yang kadang berselang seling.

Saat dilakukan survey lapangan dijumpai titik-titik air tanah yang cukup baik, terutama di di kampung Yanggandur dan Tomerau. Hasil interpretasi citra menunjukkan bahwa kampung Yanggandur berada di ujung dari percabangan Rawa Biru, sehingga memiliki pengaruh terhadap potensi air tanah dari Rawa Biru. Sedangkan kampung Tomerau terletak di beting pantai tua yang membentuk pola memanjang. Beting pantai tua ini merupakan daerah potensi air tanah bebas yang dapat digunakan terbatas untuk rumah tangga. Tipe air tanah bebas dari beting pantai tua merupakan sumber air tanah potensial untuk memuhi kebutuhan air bersih di wilayah Merauke. Contoh pemanfaatan potensi air tanah bebas yang telah digunakan di sepanjang jalan Raya Mandala.

Hasil kajian DAS Rawa Biru menunjukkan : ada tiga faktor utama yang sangat berpengaruh terhadap keberlangsungan Rawa Biru. Ketiga faktor tersebut adalah pemanfaatan air yang lebih besar selama musim kemarau, adanya perubahan tatanan air permukaan dan hutan jarang yang mengalami perubahan fungsi. Pemanfaatan air rawa biru adalah penggunaan air dan proses evaporasi yang terjadi selama musim kemarau. Adanya perubahan lama genangan dari waktu banjir ke periode kering, mengakibatkan vegetasi akuatik yang dulunya terkontrol oleh tinggi muka air menjadi peluang untuk tumbuh. Kondisi ini memberi kesempatan dalam proses suksesi bagi tumbuhan akuatik di Rawa Biru.

Perubahan aliran air permukaan yang masuk ke Rawa Biru disebabkan oleh adanya hambatan aliran

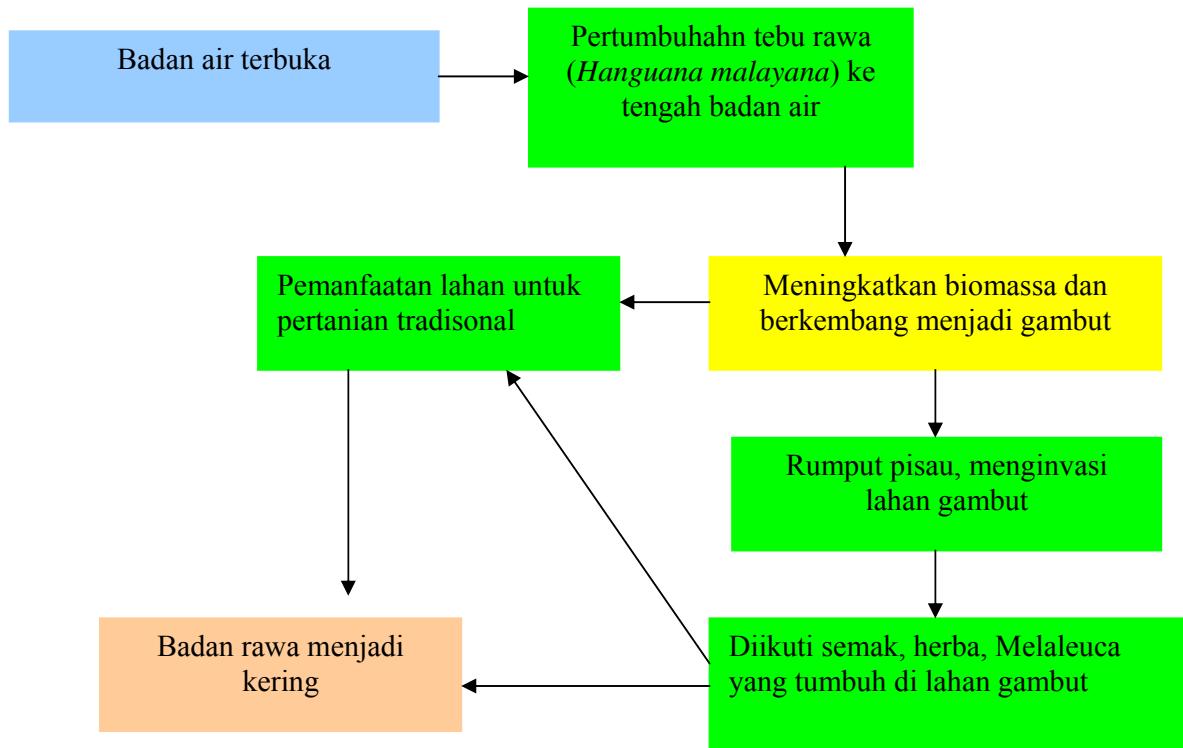
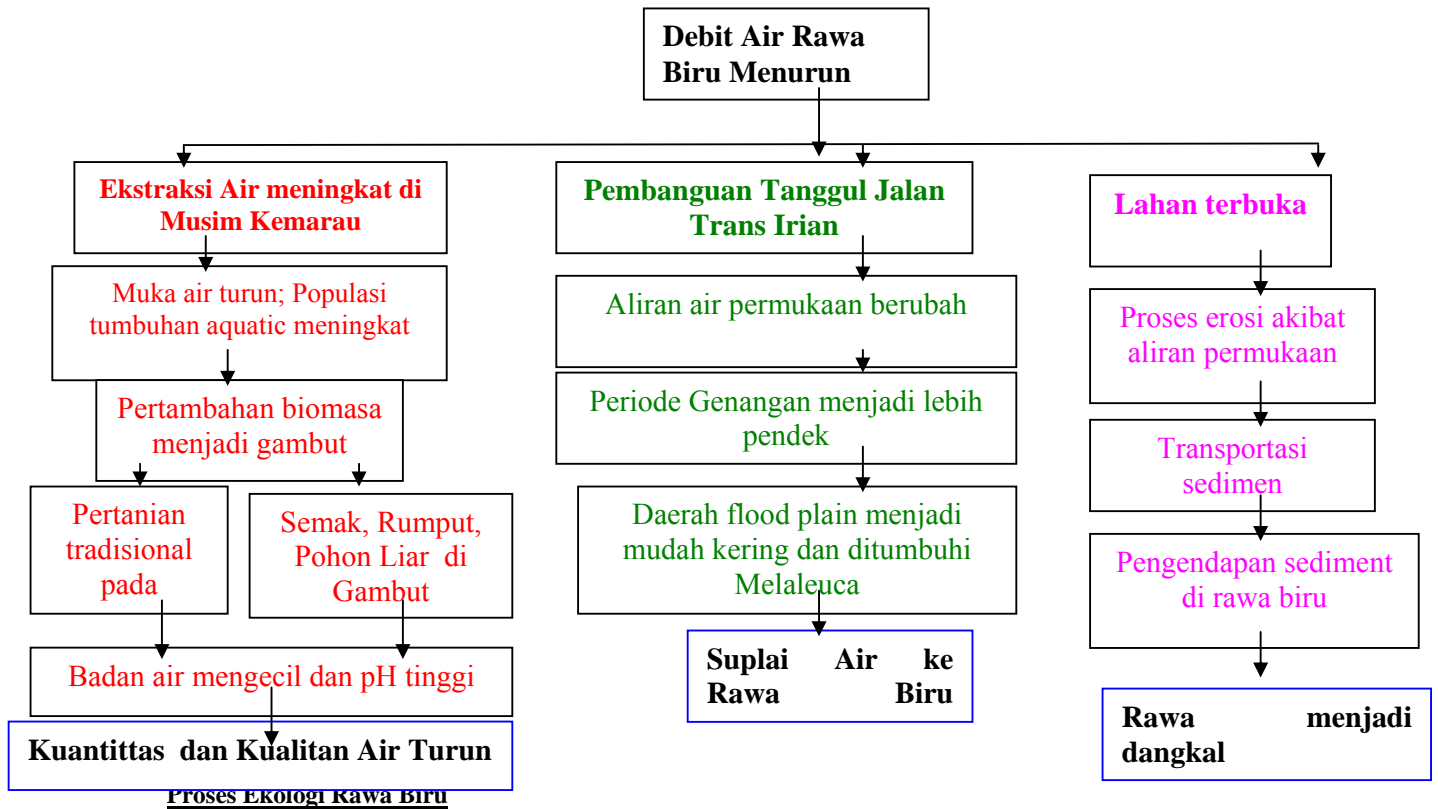
air ke Rawa Biru. Hambatan fisik ini disebabkan oleh sisa-sisa kayu yang tumbang, maupun akibat tumpukan tanah hasil galian pembangunan jalan Trans Irian. Akibatnya aliran air permukaan mengalami perubahan arah dan terjadi area genangan baru di sekitar jalan Trans Irian. Hutan jarang yang lebih luas dibandingkan vegetasi rapat mengakibatkan potensi erosi yang cukup tinggi, walaupun ini merupakan kondisi vegetasi alami. Tingkat erosi dipengaruhi laju aliran air permukaan. Akibatnya jumlah sedimentasi akan meningkat ketika musim hujan.

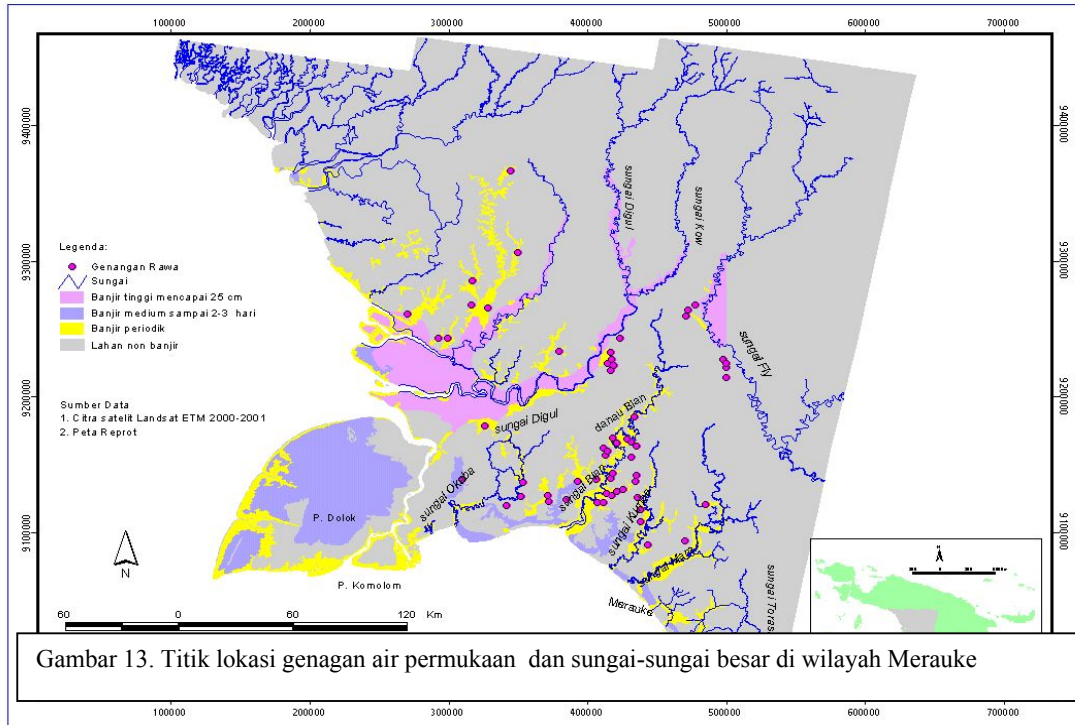
Hasil kajian menunjukkan bahwa problema lingkungan terkait keberadaan air permukaan di DAS Rawa Biru – Torasi dapat ditunjukkan dengan diagram berikut. Penurunan debit air Rawa Biru antara lain disebabkan oleh pengambilan air yang makin banyak di musim kemarau, pembangunan tanggul jalan trans Irian dan meingkatnya lahan terbuka. Pengambilan air di musim kemarau adalah untuk kebutuhan masyarakat, pembangunan tanggul jalan trans Irian menutup aliran permukaan anak sungai dari sungai Torasi dan meningkatnya lahan terbuka menyebabkan berkurangnya recharge area. Kondisi tersebut diikuti dengan perubahan lingkungan dalam DAS, dapat menyebabkan pendangkalan rawa, menurunnya debit, serta penurunan kualitas dan kuantitas air. Proses ekologis yang terjadi di Rawa Biru, disajikan pada diagram di bawah ini.

## **5.2 Solusi Alternatif Sumberdaya Air di Merauke Papua**

Analisis air permukaan juga dilakukan untuk wilayah di luar Rawa Biru dengan menggunakan citra satelit. Dalam gambar berikut menunjukkan lokasi-lokasi rawa yang merupakan daerah genangan permanen dan semi permanen. Manfaat rawa-rawa ini dapat sebagai sumber air lokal mengingat debit air yang sangat fluktuatif jika terjadi perubahan musim dan relatif kecil. Selain daerah rawa, sungai merupakan potensi sumber air minum jangka panjang. Tiga sungai besar yang sangat potensial adalah sungai Maro, sungai Bian dan sungai Digul. Jika dilihat dari lokasi air sungai Maro dan Bian memiliki kesamaan yaitu sangat dipengaruhi oleh hutan dataran rendah Muting. Berbeda dengan sungai Digul yang hulu sungainya berada di pegunungan tengah. Sesuai dengan kondisi DAS maka, DAS digul lebih *sustain* untuk sumber air jangka panjang.

Selain sumber air permukaan, air tanah juga merupakan sumber air domestik utama, terutama pada pola beting gisik yang sejajar garis pantai, baik di Merauke maupun di dekat muara sungai Torasi. Air pada sumber-sumber ini, sebaiknya tidak diambil secara besar-besaran, mengingat posisinya yang rentan terhadap adanya intrusi air laut.





Gambar 13. Titik lokasi genangan air permukaan dan sungai-sungai besar di wilayah Merauke

### 5.3 Alternatif Solusi Remediasi Ekosistem DAS Rawa Biru dan Torasi

Agar kerusakan ekosistem di Rawa Biru tidak berlanjut, dimana hal ini membahayakan ketersediaan sumber air domestik, maka diusulkan adanya 5 solusi alternatif berikut :

1. Mechanical approach -> Penggunaan alat berat seperti traktor untuk membuka lahan yang telah dangkal
2. Biological control approach -> Mengembangkan insect atau ikan local yang dapat mengontrol populasi tumbuhan air
3. Hydrological solution -> Meningkatkan tinggi muka air dengan membangun tanggul di *outlet* utama rawa biru dan membuka kembali saluran dari sungai Torasi ke rawa biru.
4. Burning -> Selama musim kemarau pengendalian vegetasi dapat dilakukan dengan pembakaran, tetapi perlu dipertimbangkan efek terhadap kualitas air.
5. Economic approach -> Panen tumbuhan rawa untuk bahan baku kerajinan atau lainnya.

Kombinasi dari pendekatan hidrological, pembakaran terkontrol, dan pendekatan mekanik lebih memungkinkan untuk dilakukan dalam waktu yang singkat. Penentuan solusi ini didasarkan pada pertimbangan fungsi komponen utama ecologi. Selama musim banjir permukaan air rawa biru meningkat. Sebaliknya pada saat musim kemarau

potensi kebaran lebih mudah terjadi. Kedua komponen tersebut telah berhasil menjaga mosaik dan penyebaran vegetasi selama ini. Landscape yang dihasilkan merupakan proses pengendalian oleh api dan banjir selama ratusan tahun.

## VI. KESIMPULAN

Citra penginderaan jauh bermanfaat dalam kajian air permukaan di daerah penelitian. DAS Rawa Biru-Torasi, sedang mengalami perubahan ekosistem rawa, yang ditandai dengan okupasi vegetasi liar pada badan rawa dan berkurangnya volume air permukaan. Rawa Biru sebagai sumber air bagi pemenuhan kebutuhan air bersih kota Merauke mengalami degradasi lingkungan, invasi spesies dan pendangkalan dasar rawa, dengan suksesi *hydrophilla*, *tebu rawa*, *rumpun pisau*, dan *Mellaleuca*.

Solusi hidrologi dalam hal ini adalah meningkatkan tinggi muka air dengan membangun tanggul di *outlet* utama rawa biru dan membuka kembali saluran dari sungai Torasi ke Rawa Biru. DAS Rawa Biru-Torasi, bagian hulu, masuk ke wilayah Papua Nugini, yang dalam jangka panjang, dalam rangka pengelolaan sumberdaya air, perlu adanya satu kesatuan daerah penangkapan air (*recharge area*) bagi DAS tersebut.

## VII. DAFTAR PUSTAKA

Sudibyakto, dkk, 2003, STUDI FRESHWATER (MANAGEMENT PLAN) RAWA BIRU KABUPATEN MERAUKE PROVINSI PAPUA, yang dilakukan atas kerjasama antara Fakultas Geografi UGM dengan Yayasan WWF Indonesia Region Sahul Papua dan Pemerintah Daerah Kabupaten Merauke Papua.

Bakosurtanal-PUSPICS Fakultas Geografi UGM. 2001. *Pedoman Survei Cepat Terintegrasi, Inventarisasi Sumberdaya Alam Wilayah Pesisir*. Laporan Penelitian. Bakosurtanal, Jakarta.

Bakosurtanal-PUSPICS Fakultas Geografi UGM. 2002. Integrasi Inderaja dan SIG untuk Prediksi Banjir dan Kekeringan DAS Pemali – Comal, Jawa Tengah. Laporan Penelitian. Bakosurtanal, Jakarta.

Cousin, S.H., 1993. *Landscape Ecology and Geographic Information Systems*. Taylor and Francis. UK and USA.

Linsley, R.K., Kohler, M.A. and Paulus, J.L.H., 1975. *Hydrology for Engineers*. McGraw-Hill Book Company. New York.

PUSPICS Fakultas Geografi UGM. 1999. *Management Plan DAS Kaligarang Semarang Jawa Tengah*. Laporan Penelitian. PUSPICS Fakultas Geografi UGM – BAPPEDA Semarang.

Totok Gunawan. 1991. *Penerapan Teknik Penginderaan Jauh untuk Menduga Debit Puncak Menggunakan Karakteristik Lingkungan Fisik DAS, Studi Kasus di DAS Bengawan Solo Hulu, Jawa Tengah*. Disertasi. IPB Bogor.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Paper ini adalah sebagian kecil dari hasil kajian tentang STUDI FRESHWATER (MANAGEMENT PLAN) RAWA BIRU KABUPATEN MERAUKE PROVINSI PAPUA, yang dilakukan atas kerjasama antara Fakultas Geografi UGM dengan Yayasan WWF Indonesia Region Sahul Papua dan Pemerintah Daerah Kabupaten Merauke Papua. Terima kasih kami ucapkan kepada Dr. HA Sudibyakto, MS, selaku team leader, Drs. Benja, Ibu Dra. Lingke, Drs. Marco, pimpinan dan staf WWF Region Sahul Papua dan seluruh kru, yang telah membantu pelaksanaan penelitian ini.