

KONTRIBUSI FOTO UDARA DALAM IDENTIFIKASI KARAKTERISTIK HIDROLOGI DI DAERAH PARANGTRITIS DAN SEKITARNYA KABUPATEN BANTUL DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA

Oleh
Totok Gunawan*

INTISARI

Penelitian ini dilakukan di daerah Parangtritis dan sekitarnya, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kontribusi foto udara dalam identifikasi karakteristik hidrologi. Permasalahan yang dihadapi di daerah Parangtritis adalah masalah ketersediaan sumberdaya air akibat semakin meningkatnya kebutuhan air domestik. Pertanyaan yang timbul adalah berapa besar ketersediaan sumberdaya air dan sejauh mana sumbangan foto udara untuk menduga potensi sumberdaya air melalui identifikasi karakteristik hidrologi. Metode penelitian yang digunakan adalah metode interpretasi citra penginderaan jauh, foto udara yang digunakan adalah foto udara pankromatik hitam putih berskala 1:25 000 dan 1:10 000, sedang data bantu yang digunakan meliputi peta geologi, peta kontur muka air tanah, dan data pengukuran geolistrik dari data sekunder. Prinsip dasar yang digunakan dalam interpretasi foto udara untuk kajian hidrologi didasarkan pada hubungan antara kenampakan-kenampakan bentanglahan dan proses hidrologi.

Pendekatan-pendekatan hidromorfometri, hidrogeomorfologi dan hidrogeologi digunakan untuk menjelaskan hubungan tersebut. Hasil identifikasi kenampakan-kenampakan bentanglahan dapat disajikan dalam bentuk peta meliputi: peta ekosistem bentanglahan (hasil tumpangtindih peta bentuklahan dan penggunaan lahan), peta daerah aliran sungai (DAS), dan peta hidrogeomorfologi. Karakteristik hidrologi yang dapat diidentifikasi meliputi: (1) tiga jenis pemunculan air : mataair Bito pada ujung pemunculan aliran sungai, mataair Parangtritis dan Parangwedang pada zone atau jalur patahan, mataair beji pada perubahan lereng antara perbukitan batuan gamping dan breksi vulkanik, (2) sepuluh sub DAS yang dapat dipetakan berada diatas perbukitan batuan gamping dan kipas aluvial mampu berfungsi sebagai daerah umpan air (Recharge area), (3) tiga lokasi cadangan air tanah potensial yang dapat diidentifikasi : daerah Tirtoharjo, Kretek dan Parangtritis. Evaluasi kontribusi foto udara dalam identifikasi karakteristik hidrologi menunjukkan bahwa foto udara berskala 1:25 000 lebih menonjolkan kenampakan fisik bentanglahan, sedang skala 1:10 000 lebih menonjolkan detil kenampakan bentuk penutup lahan/penggunaan lahan.

* Dr. Totok Gunawan, M.S. staf pengajar Jurusan Kartografi dan Penginderaan Jauh Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada Yogyakarta

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Secara administratif, Parangtritis termasuk ke dalam wilayah Kabupaten Bantul yang terletak pada bagian paling selatan dan merupakan salah satu desa pesisir di Daerah Istimewa Yogyakarta. Secara geomorfologis, daerah Parangtritis bagian barat berupa dataran aluvial yang berbatasan dengan sungai Opak, sedang di bagian timur merupakan perbukitan Baturagung yang tersingkap setempat-setempat masih tertutup oleh batu gamping karst. Salah satu permasalahan umum yang dihadapi di wilayah pesisir selatan Daerah Istimewa Yogyakarta seperti juga di daerah pesisir Parangtritis adalah masalah ketersediaan sumberdaya air, akibat dari semakin bertambahnya jumlah penduduk dan meningkatnya intensitas pemanfaatan lahan, lebih ditunjang lagi oleh belum mantapnya rencana detil tata ruang kawasan wisata pesisir Parangtritis. Dari permasalahan tersebut timbul pertanyaan sejauh mana tingkat atau potensi ketersediaan sumberdaya air di wilayah pesisir, oleh karena itu perlu diteliti mengenai potensi sumberdaya air wilayah pesisir Parangtritis.

Penelitian-penelitian hidrologi melalui survei lapangan di pesisir selatan Daerah Istimewa Yogyakarta telah banyak dilakukan, tetapi penelitian melalui teknik penginderaan jauh belum banyak dilakukan. Pada dasarnya data yang diperoleh dari hasil interpretasi foto udara dalam kajian hidrologi belum mendapatkan data hidrologi yang dapat digunakan secara langsung, namun masih harus dilakukan analisis dan sintesis dengan data bantu lain untuk melakukan pendugaan-pendugaan maupun pemodelan hidrologi. Pertanyaan yang timbul kemudian sejauh mana kemampuan citra penginderaan jauh dapat digunakan untuk menduga besarnya potensi ketersediaan sumberdaya air (hidrologi), oleh karena itu dalam penelitian ini mencoba meneliti tentang sejauh mana kontribusi foto udara dalam identifikasi karakteristik hidrologi.

Konsep dasar yang digunakan sebagai prinsip interpretasi foto udara untuk kajian hidrologi didasarkan pada hubungan antara kenampakan-kenampakan bentanglahan dan proses hidrologi, sesuai dengan lingkup kajian hidrologi, mulai dari skala mikro aspek geometri saluran hingga skala tinjau analisis dan evaluasi sumberdaya air secara regional. Pendekatan-pendekatan yang digunakan untuk menilai hubungan antara kenampakan-kenampakan bentanglahan dan proses hidrologi digunakan pendekatan-pendekatan hidromorfometri, hidrogeomorfologi, dan hidrogeologi. Satuan wilayah hidrologi air permukaan yang umum digunakan sebagai satuan analisis adalah satuan daerah aliran sungai (DAS), sedang untuk hidrologi air tanah digunakan satuan wilayah akuifer.

Semenjak berkembangnya teknologi citra penginderaan jauh, baik ditinjau dari aspek kemampuan resolusi spasial maupun resolusi temporal, banyak aplikasi yang telah menunjukkan keberhasilannya. namun khususnya dalam bidang hidrologi masih perlu ditingkatkan. Oleh karena itu, penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui sejauh mana kontribusi citra penginderaan jauh dalam identifikasi karakteristik hidrologi

berdasarkan hasil analisis dan sintesis hubungan kenampakan-kenampakan bentanglahan terpilih, dengan mengambil kasus di daerah Parangtritis dan sekitarnya.

Tujuan Penelitian

Penelitian hidrologi dengan bantuan citra penginderaan jauh berskala besar dikategorikan dalam survei hidrologi khusus. Secara rinci tujuan penelitian ini dapat dijelaskan sebagai berikut.

- 1) Mengetahui sejauh mana kemampuan citra penginderaan jauh untuk interpretasi kenampakan-kenampakan bentanglahan yang terkait dengan proses hidrologi yang dapat digunakan untuk identifikasi karakteristik hidrologi.
- 2) Pemetaan karakteristik hidrologi hasil pendugaan hubungan antara kenampakan-kenampakan bentanglahan terpilih dan proses hidrologi.
- 3) Pendugaan potensi hidrologi secara kualitatif berdasarkan hasil analisis dan sintesis karakteristik hidrologi dan data sekunder.

TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian-penelitian hidrologi dengan bantuan citra penginderaan jauh sampai saat ini dapat dikatakan belum banyak, hal ini juga didukung oleh kenyataan bahwa literatur-literatur tentang aplikasi penginderaan jauh untuk kajian hidrologi masih termasuk langka, sehingga merupakan tantangan sekaligus peluang bagi peneliti-peneliti bidang hidrologi. Beberapa publikasi yang merupakan hasil penelitian yang dapat dipakai sebagai referensi dalam penelitian ini antara lain: Meijerink (1970, 1974, 1975, 1982), Sugeng Martopo dan Sutanto (1975), Sukwardjono, Sutikno, dan Totok Gunawan (1979), Suratman (1981), Totok Gunawan (1985, 1991, 1997), serta Engman dan Gurney (1991).

Meijerink (1970) melakukan interpretasi hidrologi melalui foto udara dengan pendekatan geomorfologi, untuk menduga besarnya limpasan permukaan dengan cara analisis dan sintesis parameter-parameter kenampakan bentanglahan. Meijerink (1974) dalam penelitiannya melakukan interpretasi hidrologi melalui foto udara secara tinjau, pendekatan survei terintegrasi digunakan sebagai dasar interpretasi foto udara untuk kajian hidrologi, dimulai dari interpretasi geomorfologi dan geologi serta interpretasi tanah dan vegetasi penutup, konsep ini kemudian dikembangkan di Indonesia melalui seminar oleh Meijerink (1975). Selanjutnya Meijerink (1982) menggunakan pendekatan hidrogeomorfologi untuk mengkaji hubungan antara relief, kemiringan lereng, pola dan kerapatan aliran, dan jenis batuan dikaitkan dengan kejadian debit puncak (banjir).

Sugeng Martopo dan Sutanto (1975) menggunakan foto udara untuk interpretasi hidrologi di lereng selatan gunungapi Merapi dan gunungapi Slamet Jawa Tengah. Pendekatan hidrogeomorfologi digunakan sebagai dasar interpretasi, kenampakan-kenampakan bentanglahan yang mempunyai hubungan erat dengan proses hidrologi digunakan untuk menjelaskan hubungan tersebut. Suratman (1981) menggunakan metode Bransby dan Williams untuk menduga besarnya limpasan

permukaan, informasi dinamik seperti bentuk penggunaan lahan dan vegetasi diperoleh dari interpretasi foto udara.

Sukwardjono, Sutikno dan Totok Gunawan (1979) menggunakan citra Landsat MSS yang dibesarkan menjadi berskala 1:500 000 band 4, 5, 6, dan 7 untuk pemetaan air tanah secara regional Jawa Tengah. Citra landsat MSS bermanfaat dalam deliniasi batas wilayah akuifer, sedang wilayah air tanah potensial (kuantitatif dan kualitatif) dianalisis dengan data bantu dari data sekunder. Totok Gunawan (1985) mengkaji hubungan antara morfometri saluran dengan karakteristik hidrologi dengan mengambil kasus di Daerah Aliran Sungai Cikapundung Jawa Barat, menggunakan pendekatan hidromorfometri, seperti yang dikembangkan oleh Gray (1961), Yamamoto dan Orr (1972), Seyhan (1977a, 1977b), serta Seyhan dan Hope (1983). Totok Gunawan (1991) menggunakan foto udara berskala besar (1:10 000) untuk kajian hidrologi, menggunakan metode Cook untuk pemetaan limpasan permukaan dan menggunakan metode Rasional untuk estimasi debit puncak yang dicobakan pada 15 Sub DAS kecil (5 km persegi hingga 50 km persegi) di DAS Bengawan Solo Hulu. Metode Cook dikembangkan dari Chow (1964) dan Meijerink (1970), sedang metode Rasional dikembangkan dari Chow (1964). Pendekatan hidrogeomorfologi juga digunakan untuk interpretasi infiltrasi tanah berdasarkan pada hubungan antara bentuklahan dan kemampuannya untuk meresapkan air hujan ke dalam tanah (Meijerink, 1982).

Totok Gunawan (1997) meneliti tentang kontribusi foto udara untuk pemetaan batas daerah tangkapan air (DTA) sungai bawah tanah Bribin Wonosari Yogyakarta menggunakan foto udara infra merah berwarna berskala 1:30 000 melalui analisis manual. Penentuan batas daerah tangkapan air (DTA) pada wilayah batuan gamping pada dasarnya tidak dapat dilakukan, karena igir-igir perbukitannya tidak dapat berfungsi sebagai batas topografi pemisah air. Hasil interpretasi foto udara dapat diidentifikasi beberapa jenis pemunculan air (mataair dan rembesan) dan dapat dibedakan antara pemunculan air sebagai aliran sungai bawah tanah yang keluar dari mulut gua dan yang keluar sebagai mataair. Engman dan Gurney (1991) mengemukakan bahwa pemanfaatan data penginderaan jauh akan lebih efektif apabila diintegrasikan dengan prosedur Sistem Informasi Geografis (SIG). Dalam identifikasi pemunculan mataair menerapkan pendekatan yang dikembangkan Todd (1959) dan Fetter (1988) sebagai kunci interpretasi pemunculan air (mataair dan rembesan) dalam interpretasi foto udara, antara lain: adanya perubahan kemiringan lereng yang memotong muka air tanah, vegetasi yang menggerombol dan keluar aliran sungai, jalur patahan (sesar).

Daerah Parangtritis mempunyai kondisi geologi dan geomorfologi yang cukup unik sehingga menarik untuk diteliti. Batuan gamping sisa masih banyak dijumpai di atas perbukitan Baturagung yang mampu sebagai media meresapnya air hujan ke dalam lapisan tanah/batuan kemudian membentuk air tanah yang menjadi cadangan bagi masyarakat Parangtritis dan sekitarnya (Sutikno dan Suprpto Dibyosaputro, 1988).

METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi : (1) Foto udara pankromatik hitam putih berskala 1:25 000 tahun 1992, berskala 1:10 000 tahun 1996 dan foto udara yang diperbesar secara fotografis hingga berskala 1:5 000, (2) Peta dasar (*Basemap*) hasil pemrosesan kartografis berskala 1:20 000 lembar Parangtritis (Sukwardjono dan Totok Gunawan, 1999), (3) Peta bentuklahan berskala 1:20 000 daerah Parangtritis (Sukwardjono dan Totok Gunawan, 1999), (4) Peta geologi Parangtritis dan sekitarnya berskala kurang lebih 1:20 000 (MacDonald and Partners, 1984), (5) Peta kontur kedalaman muka air tanah daerah dataran aluvial Parangtritis berskala 1:25 000 (Sukma Ralunawati, 1998), (6) Peta Geologi Lembar Yogyakarta berskala 1:100 000 tahun 1977 (Direktorat Geologi Bandung), (7) Data dan grafik hasil pengukuran geolistrik di daerah Parangtritis (Setiawan Purnama, 1993).

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi : (1) Stereoskop cermin merk Topcon digunakan untuk interpretasi foto udara di laboratorium, (2) Kaca pembesar (*Loupe*) digunakan untuk interpretasi foto udara monoskopik di lapangan, (3) Alat penentuan posisi (sampel) dengan menggunakan GPS (*Global Position System*) model Garmin di lapangan, (4) *Abney level*, alat yang digunakan untuk pengukuran kemiringan lereng di lapangan, (5) *Rol-meter*, alat yang digunakan untuk pengukuran kedalaman muka air sumur dangkal di lapangan, (6) *Electrical conductivity (EC)* meter, alat yang digunakan untuk pengukuran daya hantar listrik air di lapangan, (7) *pH stick universal indicator merck*, alat yang digunakan untuk pengukuran tingkat keasaman air di lapangan, (8) *Stop watch*, alat yang digunakan untuk mengukur kecepatan aliran saluran dan mataair di lapangan.

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian yang digunakan sebagai studi kasus untuk penelitian hidrologi dengan bantuan foto udara berskala besar (1:5 000, 1:10 000 dan 1:25 000) adalah daerah Parangtritis dan sekitarnya, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta, seperti ditunjukkan pada Peta 1 (Gambar 1). Satuan pemetaan hidrologi yang digunakan sebagai satuan analisis adalah satuan daerah aliran sungai (DAS), maka batas daerah penelitiannya tidak dapat tepat dengan batas administrasi Kabupaten Bantul, namun termasuk sedikit meliputi daerah sekitar Parangtritis yang termasuk dalam wilayah Kabupaten Gunung Kidul, yaitu sebagian desa Panggang bagian barat.

Jalan Penelitian

1) Pekerjaan Laboratorium.

Persiapan dalam interpretasi foto udara antara lain meliputi persiapan peta dasar (*basemap*) berskala 1:20 000, kunci-kunci interpretasi, klasifikasi yang digunakan, dan perlengkapan interpretasi. Penentuan parameter-parameter kenampakan bentanglahan

terpilih yang dapat diinterpretasi pada foto udara didasarkan pada asumsi keeratan hubungan antara kenampakan-kenampakan bentanglahan dan proses hidrologi. Parameter-parameter kenampakan bentanglahan yang dapat diinterpretasi pada foto udara secara langsung antara lain meliputi: bentuklahan, pola dan kerapatan jaring-jaring aliran, batas daerah aliran sungai (DAS) yang berupa igir-igir perbukitan, dan kemiringan lereng. Parameter-parameter tersebut merupakan peubah-peubah morfologi permukaan dan morfometri DAS yang dapat dikaitkan dengan proses hidrologi menggunakan pendekatan hidromorfometri dan hidrogeomorfologi. Kenampakan-kenampakan struktur seperti bentuk-bentuk patahan (sesar), kelurusan, retakan, dan pola dan kerapatan jaring-jaring aliran merupakan peubah-peubah geometri yang dapat dikaitkan dengan proses hidrologi menggunakan pendekatan hidrogeologi. Sifat fisik tanah (tekstur dan tebal solum), penggunaan lahan dan vegetasi penutup merupakan komponen lahan yang erat kaitannya dengan proses terjadinya limpasan permukaan dan meresapnya air hujan ke dalam lapisan tanah (infiltrasi tanah). Langkah-langkah interpretasi untuk identifikasi karakteristik hidrologi dapat dijelaskan sebagai berikut :

- a) Morfometri DAS : Interpretasi morfometri DAS meliputi jaring-jaring aliran sungai dan igir-igir perbukitannya untuk deliniasi batas DAS menggunakan foto udara berskala 1:25 000. Hasil interpretasi pada tahap ini dapat disajikan peta pola aliran dan daerah aliran sungai (DAS). Berdasarkan pengukuran panjang sungai total dapat digunakan untuk mengukur besarnya nilai kerapatan aliran untuk masing-masing DAS. Data pola aliran, kerapatan aliran, bentuk dan luas DAS digunakan untuk identifikasi karakteristik hidrologi air permukaan.
- b) Morfologi DAS : Interpretasi morfologi permukaan dilakukan pada foto udara berskala 1:25 000 untuk mengamati bentuk tiga dimensi kenampakan-kenampakan bentanglahan secara keseluruhan di wilayah kajian. Peta bentuklahan hasil penelitian sebelumnya (Sukwardjono dan Totok Gunawan, 2000) digunakan sebagai referensi dalam interpretasi foto udara untuk pemetaan bentuklahan. Hasil pemetaan bentuklahan ditumpangsusunkan dengan hasil pemetaan penggunaan lahan dapat diasumsikan sebagai peta ekosistem bentanglahan dari aspek campurtangan manusia. Tinjauan aspek ekosistem bentanglahan dapat digunakan untuk membantu melakukan deskripsi kondisi kejadian limpasan permukaan yang menyebabkan terjadinya banjir dan kondisi konservasi tanah dan air yang mendukung fungsi lahan sebagai umpam air tanah.
- c) Penggunaan Lahan DAS : Interpretasi bentuk penggunaan lahan dilakukan pada foto udara berskala 1:10 000 dengan menggunakan klasifikasi penggunaan lahan yang diusulkan untuk Indonesia (Malingreau, 1977). Peta penggunaan lahan ditumpangsusunkan dengan peta bentuklahan membentuk peta ekosistem bentanglahan yang mencerminkan aktivitas manusia (sosial ekonomi), dalam identifikasi karakteristik hidrologi peta ekosistem bentanglahan tersebut digunakan untuk membantu mendeskripsikan pengaruhnya terhadap besarnya limpasan permukaan ataupun kecepatan meresapnya air hujan ke dalam lapisan tanah.

Bentuk penggunaan lahan dalam penelitian ini lebih dianggap sebagai kondisi penutup lahan (*landcover*) sebagai faktor kekasaran permukaan.

- d) Pemunculan Mataair dan Rembesan : Kejadian pemunculan air , baik yang berupa mataair maupun rembesan merupakan salah satu kejadian dalam proses hidrologi yang merupakan salah satu karakteristik hidrologi. Kunci pengenalan mengenai kejadian pemunculan air telah banyak dikemukakan oleh banyak ahli hidrologi, seperti kejadian pemunculan mataair pada zone atau jalur patahan , pada kejadian vegetasi yang menggerombol kemudian diikuti oleh terjadinya aliran sungai, perubahan kemiringan lereng yang memotong muka air tanah. Pendekatan hidrogeomorfologi dan hidrogeologi digunakan dalam interpretasi foto udara 1:25 000. Hasil identifikasi pemunculan mataair disajikan dalam peta hidrogeomorfologi. Pembuktian kebenaran interpretasi kejadian pemunculan air dilakukan dengan cara membandingkan antara kenampakannya pada foto udara dan kenampakan pemunculan mataair di lapangan.
- e) Hidrologi Air Permukaan : Identifikasi karakteristik hidrologi air permukaan didasarkan pada analisis dan sintesis data hasil interpretasi morfometri DAS dan hasil pemetaan ekosistem bentanglahan. Ketiga data dan informasi tersebut secara terintegrasi digunakan untuk menjelaskan karakteristik hidrologi air permukaan dengan menggunakan satuan DAS. Dalam penelitian ini besarnya limpasan permukaan digunakan untuk mendukung dalam identifikasi karakteristik hidrologi air permukaan mengenai besarnya potensi aliran permukaan yang menyebabkan terjadinya banjir.
- f) Hidrologi Air Tanah : Identifikasi karakteristik hidrologi air tanah dilakukan dengan cara analisis dan sintesis data dan informasi karakteristik hidrologi air permukaan, peta hidrogeomorfologi yang mengandung informasi pemunculan mataair dan litologi/batuan, peta kontur kedalaman muka air tanah hasil pengukuran muka air tanah di lapangan dan hasil analisis data sekunder, dan data hasil pengukuran geolistrik dari penelitian sebelumnya. Hasil analisis dan sintesis data dan informasi tersebut dapat dilakukan pendugaan wilayah-wilayah akuifer yang mampu sebagai cadangan air tanah.

2) Pekerjaan Lapangan.

Orientasi lapangan sebelum melakukan interpretasi foto udara merupakan pekerjaan lapangan awal yang harus dilakukan untuk mengetahui gambaran secara keseluruhan wilayah dan untuk mengetahui karakteristik /ciri khas wilayah kajian. Pekerjaan lapangan dibagi menjadi dua bagian, yaitu : (1) uji lapangan terhadap kebenaran hasil interpretasi foto udara, dan (2) pengamatan dan pengukuran lapangan terhadap data yang tidak dapat diinterpretasi pada foto udara. Pengambilan sampel untuk uji dan pengukuran lapangan dilakukan secara "*purposive random sampling*" didasarkan pada satuan bentuklahan. Pengamatan dan pengukuran kejadian hidrologi di lapangan meliputi pengamatan kejadian pemunculan air dan kondisi aliran sungai serta pengukuran besarnya debit mataair, pengukuran kedalaman muka air tanah dan

fluktuasinya. Kenampakan-kenampakan lain yang diamati meliputi : bentuk-bentuk patahan (sesar), retakan, jenis litologi/batuan, jenis tanah, dan bentuk penggunaan lahan.

3) *Pengolahan Data dan Analisis Hasil.*

- a) *Pengolahan Data* : Untuk menjelaskan kondisi dan potensi ekosistem bentanglahan wilayah kajian diperlukan data hasil pengukuran luas satuan bentuk lahan dan penggunaan lahan pada masing-masing DAS dan dilakukan setelah selesai interpretasi dan uji lapangan. Pemetaan muka air tanah pada peta dasar didasarkan pada hasil pengukuran muka air tanah di lapangan. Pengolahan data untuk menjelaskan hubungan antara kenampakan bentanglahan dan proses hidrologi berdasarkan pada satuan sub DAS dan untuk identifikasi karakteristik hidrologi wilayah kajian digunakan tabel silang dan analisis peta-peta tematik.
- b) *Analisis Hasil* : Analisis keruangan (*Spatial distribution*) untuk menjelaskan hasil identifikasi karakteristik hidrologi wilayah kajian berdasarkan pada satuan sub daerah aliran sungai (DAS). Karakteristik hidrologi yang dapat dijelaskan meliputi potensi hidrologi air permukaan, potensi hidrologi air tanah, dan kejadian pemunculan air. Satuan daerah aliran sungai (Unit DAS) digunakan sebagai satuan analisis hidrologi secara keruangan dalam rangka pengembangan dan konservasi sumberdaya air wilayah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kenampakan-Kenampakan Bentanglahan Terpilih Dalam Kaitannya Dengan Proses Hidrologi

1) *Morfometri Daerah Aliran Sungai (DAS) :*

Berdasarkan hasil interpretasi jaring-jaring aliran sungai dapat dipetakan 10 aliran sungai yang mengalir dari perbukitan Baturagung ke dataran aluvial, khususnya pada musim hujan di dataran aluvial tidak dijumpai jaring-jaring aliran yang efektif. Batas daerah aliran sungai didelineasi melalui igir-igir perbukitan yang memisahkan antara bukit satu dengan bukit yang lain, sehingga dapat dipetakan 10 satuan daerah aliran sungai (DAS), seperti ditunjukkan pada Peta 2 (Gambar 2). Pada foto udara berskala 1:25 000 sebenarnya dapat dikenali sampai dengan alur-alur aliran dan dapat didelineasi batas sub DAS orde 1 (satu), namun dalam penelitian ini data morfometri rinci tersebut kurang representatif disajikan dalam peta. Kerapatan aliran masing-masing DAS dihitung berdasarkan perbandingan antara panjang total alur sungai dalam DAS dibagi dengan luas DAS, hasil pemetaan DAS dan perhitungan kerapatan aliran masing-masing DAS dapat diperiksa pada Tabel 1. Khususnya di daerah dataran aluvial yang sering mengalami genangan pada musim hujan, maka jaring-jaring aliran sungai tidak tampak jelas pada foto udara, sedang alur aliran sungai yang tampak jelas hanya dijumpai pada batas antara dataran aluvial dan gumpul pasir di bagian selatan.

Tabel 1. Panjang total alur sungai, luas, dan kerapatan aliran pada setiap DAS di daerah Parangtritis dan sekitarnya.

NO.	NAMA DAS	PANJANG ALUR TOTAL (M)	LUAS DAS (HA)	KERAPATAN ALIRAN (KM/KM ²)
1	Sendang	750	8,20	9,15
2	Glapan	825	7,28	11,33
3	Duwuran	1700	12,62	13,47
4	Ngringin	2500	32,04	7,80
5	Warakan	1775	32,04	5,54
6	Mrangi	4625	52,54	8,80
7	Dadap	4750	106,00	4,48
8	Bibis	4225	54,16	7,80
9	Belik	6500	80,69	8,06
10	Porongan	16425	392,54	4,18

Sumber: Hasil interpretasi foto udara 1:25 000 dan uji lapangan April 2000

2) Morfologi Daerah Aliran Sungai (DAS).

Interpretasi morfologi permukaan yang dimaksudkan dalam penelitian ini lebih diutamakan pada kenampakan bentuklahan wilayah kajian. Interpretasi bentuklahan dilakukan pada foto udara berskala 1:25 000, karena pada foto udara skala ini tampak lebih menonjolkan kenampakan fisik bentanglahan. Interpretasi bentuklahan pada foto udara dalam penelitian ini menggunakan panduan referensi peta bentuklahan hasil penelitian sebelumnya (Sukwardjono dan Totok Gunawan, 2000). Hasil interpretasi bentuklahan dimasukkan ke dalam peta dasar 1:20 000 ditumpangsusunkan dengan hasil interpretasi bentuk penggunaan lahan sebagai peta ekosistem bentanglahan berskala 1:20 000, seperti ditunjukkan pada Peta 3 (Gambar 3). Pada garis besarnya wilayah kajian terdiri atas empat bentukan asal, yaitu: bentukan asal denudasional, bentukan asal fluvial, bentukan asal batuan gamping dan bentukan asal marin. Dalam pemetaan bentuklahan digunakan klasifikasi bentuklahan berskala 1:50 000, secara kartografis masih memenuhi syarat untuk penyajian peta akhir berskala 1:20 000. Khususnya untuk bentukan asal marin dibedakan antara gumuk pasir aktif (M7) dan tidak aktif (M8), perbedaannya didasarkan pada kondisi penutup lahan sebagai faktor penghambat meresapnya air hujan ke dalam gumuk pasir. Hasil pemetaan bentuklahan dan perhitungan luasnya pada masing-masing DAS disajikan pada Tabel 2. Pada Tabel 2 terlihat bentuklahan lereng perbukitan (D7) menempati lahan paling luas 459,68 ha (59%), kemudian kipas aluvial (D11) seluas 195,12 ha (25%), dan dataran nyaris (D5) seluas 78,80 ha (10%), sedang bentuklahan yang lain (dataran aluvial, perbukitan batuan gamping, gumuk pasir) kurang dari 10%.

3) *Penggunaan Lahan Daerah Aliran Sungai (DAS).*

Interpretasi penggunaan lahan untuk tujuan identifikasi karakteristik hidrologi pada dasarnya tidak perlu sampai dengan fungsi penggunaan lahan tersebut, tetapi lebih dititikberatkan pada peranannya sebagai penghambat air hujan yang akan menjadi limpasan permukaan ataupun yang akan meresap ke dalam lapisan tanah. Mengingat daerah kajian tidak begitu luas maka foto udara yang sesuai adalah foto udara berskala besar (1:10 000), sehingga detil kondisi permukaan lahan seperti lahan berpasir yang terbuka (gumuk pasir aktif) dan yang berpenutup rumput/semak ataupun tanaman perdu (gumuk pasir tidak aktif) mudah dibedakan dan didelineasi. Hasil interpretasi bentuk penggunaan lahan disajikan ke dalam bentuk peta satuan ekosistem bentanglahan berskala 1:20 000 hasil tumpang susun dengan peta bentuk lahan, seperti ditunjukkan pada Peta 3 (Gambar 3). Hasil pemetaan bentuk penggunaan lahan dan perhitungan luasnya pada masing-masing DAS disajikan pada Tabel 2. Pada Tabel 2 terlihat bentuk penggunaan lahan kebun campuran (Kbc) menempati lahan yang paling luas 276,36 ha (35,5%), kemudian lahan tegalan (Tg) seluas 272,98 ha (35%), lahan permukiman (P) seluas 101,34 ha (13%), lahan hutan (H) dan belukar (Bl) seluas 87,70 ha (11,27%), dan lahan sawah (S) hanya seluas 55,56 ha (7,1%).

Identifikasi Karakteristik Hidrologi dan Pendugaan Potensi Hidrologi

1) *Pemunculan Mataair dan Rembesan*

Hasil interpretasi foto udara berskala 1:25 000 melalui identifikasi kenampakan bentuk lahan beserta jenis batuan yang dikaitkan dengan kondisi hidrologinya, diperoleh satuan-satuan pemetaan yang kemudian disajikan sebagai peta hidrogeomorfologi berskala 1:20 000, seperti ditunjukkan pada Peta 4 (Gambar 4). Hasil pemetaan hidrogeomorfologi tersebut kemudian digabungkan dengan hasil interpretasi alur-alur sungai dan bentuk-bentuk kelurusan, digunakan untuk identifikasi mataair dan rembesan. Foto udara berskala 1:10 000 digunakan untuk membantu identifikasi detil pemunculan mataair dengan mendasarkan pada kunci-kunci interpretasi. Pada foto udara berskala 1:10 000 mataair-mataair Sendang, Glapan dan Bito muncul pada awal aliran sungai itu terjadi akibat torehan/kikisan pada permukaan lahan dan pada umumnya ditumbuhi oleh vegetasi yang menggerombol. Pemunculan mataair tersebut tampak lebih jelas setelah dilihat pada foto udara yang diperbesar menjadi berskala 1:5 000 (Gambar 1a) dan sebagai pembuktiannya dapat dilihat kenampakannya di lapangan (Gambar 1b).

Mataair-mataair Parangwedang dan Mancingan (Parangtritis) pada foto udara berskala 1:10 000 muncul pada zone atau jalur patahan (sesar) yang oleh para ahli geologi dikategorikan sebagai patahan dalam, sehingga pemunculan mataair yang terjadi termasuk kategori mataair permanen dan bahkan mataair asin. Kedua mataair tersebut tampak lebih jelas pada foto udara yang dibesarkan menjadi berskala 1:5 000 (Gambar 2a dan 3a), pemunculan mataair tersebut kenampakannya di lapangan dapat dilihat pada Gambar 2b dan 3b. Mataair-mataair Mudal, Gembriowati dan Beji pada foto udara yang dibesarkan menjadi berskala 1:5 000 muncul pada perubahan lereng perbukitan batuan

gamping dan breksi vulkanik banyak ditumbuhi oleh vegetasi yang menggerombol, di lapangan mataair-mataair tersebut muncul diantara sela-sela batuan gamping yang didasari oleh batuan breksi vulkanik (Gambar 4a dan 4b).

2) Hidrologi Air Permukaan

Berdasarkan hasil pemetaan morfometri DAS dapat diketahui terdapat 8 Sub DAS yang berbentuk memanjang (Sendang, Glapan, Duwuran, Ngringin, Warakan, Dadap, Bibis dan Belik), sedang 2 Sub DAS berbentuk hampir segitiga terbalik (Mrangi dan Porongan), seperti ditunjukkan pada Tabel 2 dan Peta 2 (Gambar 2). Pada Tabel 2 juga terlihat bahwa hasil pemetaan morfologi permukaan DAS ditunjukkan bahwa 2 Sub DAS (Sendang dan Glapan) sebagian besar lahan (42,5%) berupa dataran nyaris (D5), sedang 7 Sub DAS (Duwuran, Ngringin, Warakan, Mrangi, Dadap, Bibis, Belik) sebagian besar lahan (35%) berupa kipas aluvial (D11) dan Sub DAS Porongan sebagian besar lahan (84%) berupa lereng perbukitan (D7). Pada Tabel 2 dan Peta 3 (Gambar 3) juga terlihat bahwa hasil pemetaan penggunaan lahan menunjukkan bahwa sebagian besar atau 8 Sub DAS (Sendang, Glapan, Duwuran, Warakan, Mrangi, Dadap, Bibis, Belik) sebagian besar lahan (35,5%) berupa kebun campuran (Kbc), sedang khusus untuk Sub DAS Ngringin sebagian besar lahan (51%) berupa tegalan (Tg) dan Sub DAS Porongan sebagian besar lahan berupa kebun campuran dan tegalan mempunyai luas yang hampir sama (42,5%).

Berdasarkan hasil analisis ekosistem bentanglahan (tumpangtindih antara peta bentuklahan dan penggunaan lahan) seperti ditunjukkan pada Tabel 2 dan Peta 3 (Gambar 3) tersebut dikaitkan dengan luas dan bentuk DAS pada setiap satuan DAS, dapat dikemukakan beberapa parameter bentanglahan terpilih yang dapat dikaitkan dengan proses hidrologi. Dari 8 Sub DAS yang dapat dipetakan berbentuk memanjang dapat diketahui terdapat 6 Sub DAS (Duwuran, Ngringin, Warakan, Dadap, Bibis, Belik) yang sebagian besar menempati lahan berupa kipas aluvial (D11) dan menempati dibawah bentuk penggunaan lahan berupa kebun campuran (Kbc). Berdasarkan data potensi ekosistem bentanglahan tersebut dapat diidentifikasi bahwa daerah antara Desa Kretek dan Grogol berdasarkan karakteristik biosifiknya mempunyai potensi hidrologi besar, upaya konservasi tanah dan air yang dilakukan dengan cara pemanfaatan lahan sebagai kebun campuran memberikan kesempatan air hujan untuk meresap ke dalam lapisan tanah. Hasil kunjungan lapangan (Juni 2000) dan wawancara dengan penduduk dapat diketahui bahwa pada musim kemarau masih dijumpai pemunculan mataair seperti mataair Sendang, Glapan, Warakan, Sumber (Bito), Parangwedang dan Parangtritis. Beberapa sungai yang masih mengalir walaupun kecil debitnya pada musim kemarau antara lain sungai-sungai Warakan, Bibis, Belik dan Porongan. Khususnya sungai Bibis, Belik dan Porongan masih mempunyai aliran cukup karena disamping adanya penutupan vegetasi yang cukup baik di bagian hulu, juga mempunyai sisa lapisan batuan gamping yang tebal yang mampu meresapkan air hujan sampai dengan lapisan batuan breksi vulkanik yang mendasarinya. Hal ini juga dibuktikan oleh mataair Parangwedang di Sub DAS Bibis dan mataair Parangtritis di Sub DAS Belik yang muncul dan mengalirkan air secara permanen.

Tabel 2. Ekosistem Bentanglahan yang Tersusun Dari Bentuklahan Dan Penggunaan Lahan Pada Setiap Satuan DAS

No.	Nama Sungai	DAS		Karakteristik Ekosistem Bentang Lahan DAS														Bentuk DAS		
		Nama	Luas(Ha)	Luas Bentuk Lahan (Ha)							Luas Penggunaan Lahan (Ha)									
				M8	F1	D5	D7	D11	K1	P	S	Ig	Kbc	BL	H					
1	Sungai Sendang		8,2		2,4	3,52	0,42	1,86				1,36	2,4	2,04	2,4					memanjang
2	Sungai Glapan		7,28		0,56	3,04	1,48	2,2				1,96	1,52	1,92	1,88					memanjang
3	Sungai Duwuran		12,62			2,04	2,72	7,04		0,82		2,68		3,02	5,52					1,4 memanjang
4	Sungai ngringin		32,04		4,26	7,68	9,62	9,96		0,52		3,2	1,72	16,48	5,16					5,48 memanjang
5	Sungai warakan		32,04		4,26	7,68	9,62	9,96		0,52		8,28	4,48	5,2	11,64					2,44 memanjang
6	Sungai Mrangi		52,54		3,96	12,8	14,76	16,4		4,62		20,16	3,42	32,76	43,6	9,52				13 segitiga terbalik
7	Sungai Dadap		106		3,16	22,24	36,84	40,6		3,18		33,66	2,38	9,56	17,92	5,16				memanjang
8	Sungai Bibis		54,16			10,72	20,28	23,2				8,48	13,04	2,36	55,64	17				memanjang
9	Sungai Belik		80,69			6,84	32,48	37		4,32		2,52	9	199,6	132,6	33,7				memanjang
10	Sungai Porongan		392,54			2,24	331,5	46,9		3,12		19,04	17,6							segitiga terbalik
	jumlah		778,11		8,8	18,6	78,8	459,7	195	17,1		101,3	55,56	273	276,36	65,3				22,4
	%		100		1,1	2,4	10	59	25	2,2		13	7,1	35	35,5	8,4				2,9

Sumber : Peta Pola Aliran dan DAS, Peta Bentuk Lahan, dan Peta Penggunaan Lahan

3) Hidrologi Air Tanah

Berdasarkan hasil identifikasi karakteristik hidrologi air permukaan dan hasil pemetaan hidrogeomorfologi, seperti ditunjukkan pada Peta 4 (Gambar 4) dapat diketahui bahwa 3 Sub DAS (Warakan, Mrangi, Dadap) berdasarkan potensi ekosistem bentanglahan (Tabel 2) berupa perbukitan berbatuan gamping (K1) seluas 8,32 ha (4,4%) dan lereng perbukitan breksi vulkanik (D7) seluas 66,94 ha (35%) mampu sebagai daerah umpan air tanah. Berdasarkan hasil analisis dan sintesis antara peta geologi dan peta ekosistem bentanglahan (Peta 3) pada Gambar 3, lapisan akuifer yang mampu menyimpan air tanah berada dibawah lahan kipas aluvial (D11) seluas 61,22 ha (32%) dan dibawah lahan dataran nyaris (D5) dan dataran aluvial (F1) seluas 54,10 ha (28%). Berdasarkan hasil pengukuran geolistrik (Setiawan Purnama, 1993) di daerah dataran aluvial (F1) lapisan akuifer yang terdiri dari pasir dan lempung di jumpai pada kedalaman 22,9 m di bawah permukaan tanah mempunyai nilai resistiviti sebesar 13,0. Berdasarkan hasil pengukuran muka air tanah dilakukan pemetaan muka air tanah, yaitu dengan mendasarkan pada hasil pengukuran muka air tanah masing-masing sampel sumur. Berdasarkan analisis dan sintesis data dan informasi karakteristik hidrologi air permukaan, peta hidrogeomorfologi, hasil pengukuran geolistrik, dan hasil pemetaan muka air tanah, dapat diketahui terdapat tiga lokasi cadangan air tanah yaitu daerah Tirtoharjo, Kretek, dan Parangtritis yang diperkirakan cukup potensial. Dari ketiga lokasi cadangan air tanah tersebut yang direkomendasikan untuk dapat diturap adalah di daerah Tirtoharjo mengingat daerah tersebut menempati bentanglahan kipas aluvial. Berdasarkan estimasi secara kasar cadangan air tanah selama 1 tahun (berdasarkan data fluktuasi air tanah) hasil pengukuran lapangan (Lampiran 1), di daerah Tirtoharjo mempunyai cadangan sebesar 8,4 juta meter kubik, daerah Kretek sebesar 336.000 meter kubik, dan daerah Parangtritis sebesar 64.000 meter kubik.

Evaluasi Kontribusi Foto Udara untuk Identifikasi Karakteristik Hidrologi

1) Foto udara pankromatik hitam putih berskala 1:25 000.

Foto udara pankromatik hitam putih berskala 1:25 000 hasil pemotretan bulan Nopember 1992 dengan nomor Y18-Yo.3 -16 dan 17 mempunyai kualitas cukup baik dengan rona cukup kontras. Obyek-obyeck yang berbentuk linier seperti jalan, sungai kenampakan kelunisan mudah dikenali dan didelineasi. Penutup lahan yang berupa vegetasi, baik lahan permukiman, kebun campuran, belukar maupun hutan digambarkan sebagai kenampakan yang menggerombol mempunyai tingkat kerapatan berbeda dengan rona kelabu sampai gelap. Penggunaan lahan yang berupa lahan sawah, tegalan dan bahkan lahan kosong digambarkan dalam bentuk petak-petak dengan ukuran berbeda kurang teratur dengan rona kelabu sampai cerah/putih. Relief atau bentuklahan dengan tingkat resistensi berbeda dapat dikenali dan didelineasi dengan tegas dan lebih menonjol dari pada kenampakan bentuk penggunaan lahan. Melalui kenampakan fisik bentanglahan lperbukitan berbatuan gamping dapat dibedakan dengan perbukitan berbatuan non gamping.

2) *Foto udara pankromatik hitam putih berskala 1:10 000.*

Foto udara pankromatik hitam putih berskala 1:10 000 hasil pemotretan tahun 1996 mempunyai kualitas cukup baik dengan rona cukup kontras. Obyek-obyek yang ber bentuk linier seperti jalan, sungai, bentuk-bentuk patahan, kelurusan tampak lebih rinci dan lebih jelas. Pada foto udara berskala 1:10 000 kenampakan vegetasi dapat dibedakan antara tanaman keras yang mempunyai strata lebih tinggi dan tanaman semusim yang mempunyai strata yang lebih rendah, tanaman keras pada foto udara tampak dengan tajuk membulat dan lebih jelas lagi jika keberadaannya menggerombol. Bentuk-bentuk kelurusan yang membentuk garis lurus yang berupa kenampakan jalur patahan (sesar) tampak jelas pada foto udara berskala 1:10 000 membentuk lembah memanjang mengikuti lembah sungai ataupun tebing perbukitan.

3) *Foto Udara pankromatik hitam putih yang dibesarkan menjadi berskala 1:5 000.*

Foto udara pankromatik hitam putih berskala 1:5 000 yang digunakan adalah hasil pembesaran secara fotografis foto udara pankromatik hitam putih berskala 1:10 000 tahun 1996. Foto udara pankromatik hitam putih berskala 1:5 000 terutama digunakan untuk menunjukkan kenampakan pemunculan air (mataair dan rembesan) berdasarkan kunci-kunci interpretasi. Mataair-mataair Parangwedang dan Mancingan (Parangtritis) muncul pada jalur patahan (sesar), mataair Bitu muncul pada ujung munculnya aliran sungai Warakan. Mataair Mudal, Gembirowati dan Beji ditunjukkan muncul pada perubahan lereng perbukitan batuan gamping, yaitu diantara sela-sela batuan gamping dan batuan breksi vulkanik yang mendasarinya.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

- 1) Foto udara pankromatik hitam putih berskala 1:25 000 mempunyai kenampakan spasial lebih luas dibanding foto udara berskala 1:10 000 dalam menggambarkan kenampakan fisik bentanglahan, sehingga sangat membantu dalam deskripsi kondisi fisik untuk melakukan analisis keruangan di wilayah kajian.
- 2) Foto udara pankromatik hitam putih berskala 1:10 000 mempunyai kemampuan tingkat kerincian tinggi dan lebih menonjol dalam menggambarkan kenampakan bentuk penggunaan lahan, sehingga sangat membantu dalam kegiatan-kegiatan seperti upaya konservasi tanah dan air, evaluasi pemanfaatan lahan dan penyusunan rencana tata ruang wilayah pesisir.
- 3) Hasil identifikasi kenampakan-kenampakan bentanglahan melalui foto udara berskala 1:25 000 dan 1:10 000 dapat disajikan dalam bentuk peta yang meliputi: peta ekosistem bentanglahan (hasil tumpang-susun antara peta bentuklahan dan

- penggunaan lahan), peta pola aliran dan daerah aliran sungai, peta hidrogeomorfologi dan peta kontur kedalaman muka air tanah.
- 4) Hasil identifikasi karakteristik hidrologi yang didasarkan pada analisis dan sintesis data dan informasi kenampakan-kenampakan bentanglahan terpilih diperoleh bahwa di wilayah kajian dapat diperoleh temuan-temuan sebagai berikut.
 - a) tiga jenis pemunculan mataair : mataair bito muncul pada ujung aliran sungai, mataair Parangwedang dan Parangtritis muncul pada zone atau jalur patahan, dan mataair beji muncul pada perubahan lereng diantara sela-sela batuan gamping dan breksi vulkanik yang mendasarinya.
 - b) sepuluh Sub DAS yang dapat dipetakan berada diatas perbukitan batuan gamping dan kipas aluvial yang mampu berfungsi sebagai daerah umpan air tanah.
 - c) tiga lokasi cadangan air tanah yang meliputi daerah Tirtoharjo, daerah Kretek dan daerah Parangtritis.
 - 5) Berdasarkan hasil perhitungan secara kasar yang didasarkan pada luas satuan wilayah akuifer dan data fluktuasi muka air tanah, diperkirakan daerah Tirtoharjo mempunyai cadangan air tanah sebesar 8,4 juta meter kubik, daerah Kretek sebesar 336.000 meter kubik, dan daerah Parangtritis sebesar 64.000 meter kubik.
 - 6) Hasil evaluasi manfaat foto udara menunjukkan bahwa foto udara berskala 1:25 000 lebih menonjolkan kenampakan fisik bentanglahan dengan kenampakan spasialnya, foto udara berskala 1:10 000 lebih menonjolkan kenampakan bentuk penggunaan lahan secara rinci, sedang foto udara pembesaran fotografis menjadi skala 1: 5 000 menunjukkan kenampakan pemunculan mataair secara jelas.

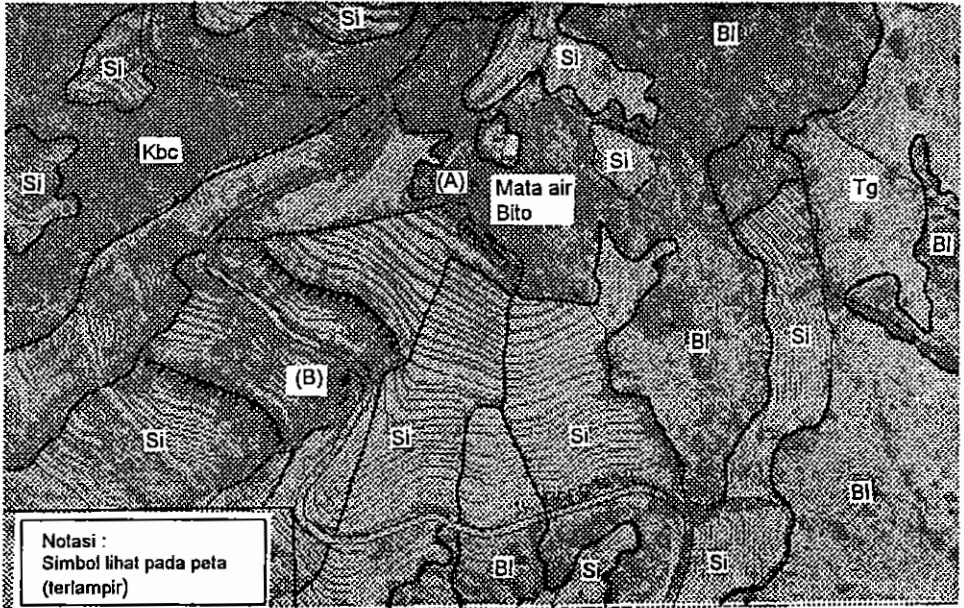
Saran

- 1) Penelitian hidrologi dengan bantuan citra penginderaan jauh berskala besar (1:25 000 dan 1:10 000) yang dilakukan di daerah pesisir Parangtritis yang dicirikan oleh gumpul pasir belum mewakili daerah pesisir secara umum, oleh karena itu perlu dicoba untuk daerah pesisir lain yang mempunyai ciri khas yang berbeda.
- 2) Hasil temuan cadangan air tanah potensial di daerah Tirtoharjo perlu ditindaklanjuti untuk dikembangkan sebagai cadangan air baku daerah Parangtritis, mengingat semakin berkembangnya daerah tersebut sebagai daerah tujuan wisata (DTW).

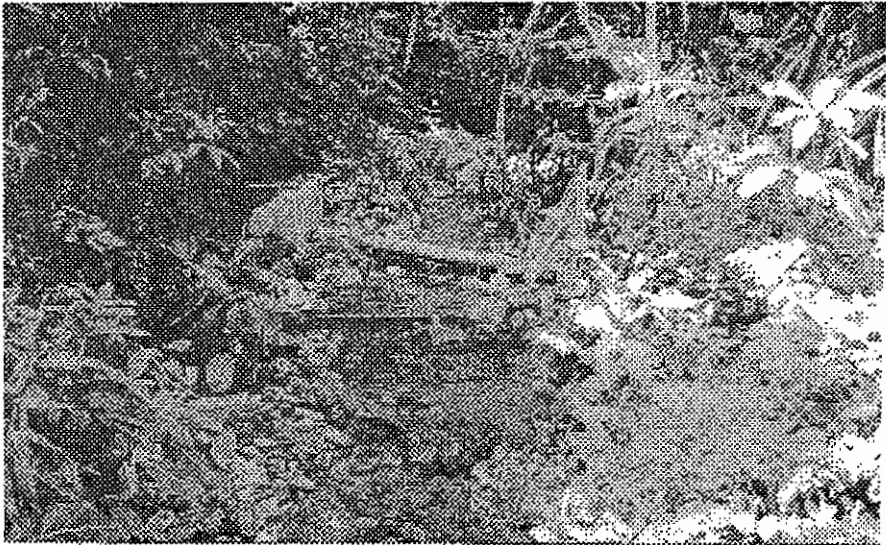
DAFTAR PUSTAKA

- Chow, V. T. 1964. Handbook of Applied Hydrology, A Compendium of Water-Resources Technology. McGraw-Hill Book Company, New York.
- Engman, E. T. and Gurney, R. J. 1991. Remote Sensing in Hydrology. Chapman and Hall, London-New York.
- Fetter, C. W. . 1988. Applied Hydrogeology. Second Edition. Macmillan Publishing Company. New York.
- Gray, D. M. 1961. Interrelationships of Watershed Characteristics. *Journal of Geophysical Research*. Volume 66 (4) : 1215-1223. Ames, Iowa.
- MacDonal, M. and Partners. 1984. Greater Yogyakarta, Groundwater Resources Study Volume 3 Groundwater. P2AT- Ministry of Public Works, Jakarta, Indonesia.
- Malingreau, J. P. 1977. A Proposed Land Cover/Land Use Classification and its use with Remote Sensing Data in Indonesia. *The Indonesian Journal of Geography*. Vol. 7 No. 33 pp. 5-27.
- Meijerink, A. M. J. 1970. Photo-Interpretation in Hydrology, A Geomorphological Approach. ITC- Delft, Amsterdam.
- Meijerink, A. M. J. 1974. Photo-hydrological Reconnaissance Survey. ITC, Enschede, Netherlands.
- Meijerink, A. M. J. 1975. Basic Principles of Interpretation of Imagery for Hydrologic Surveys with examples of Interpretation of MSS Satellite Imagery. In : *Proceedings of the Joint UN and FAO Regional Seminar on Remote Sensing Applications*. Lapan, Jakarta, Indonesia.
- Meijerink, A. M. J. 1982. Hydrogeomorphology. *Lecture Notes*. Department of Geomorphology. ITC, Enschede, Netherlands.
- Setiawan Purnama. 1993. Studi Air Tanah Dungeon Menggunakan Teknik Geolistrik di Graben Bantul, Yogyakarta. *Laporan Penelitian*. Fakultas Geografi UGM, Yogyakarta.
- Seyhan, E. 1977a. The Watershed as an Hydrologic Unit. Publicatie uit het Geografisch Instituut der Rijksuniversiteit Utrecht, Utrecht, Amsterdam.
- Seyhan, E. 1977b. A Morphometrical Analysis in the Ardeche River Basin Southern France. Geografisch Instituut Rijksuniversiteit Utrecht. Utrecht, Amsterdam.
- Seyhan, E. and Hope, A. S. 1983. Calculating Runoff from Catchment Physiography in South Africa. In : *Introduction to Multivariate Statistical Analysis in Hydrology*. 2nd ed. Institute of Earth Sciences, Free University, Amsterdam.
- Sugeng Martopo and Sutanto. 1975. Remote Sensing for Hydrological Study of two Volcanoes Slamet and Merapi Central Java. In : *Proceedings of the Joint UN and FAO Regional Seminar on Remote Sensing Applications*. Lapan, Jakarta, Indonesia.

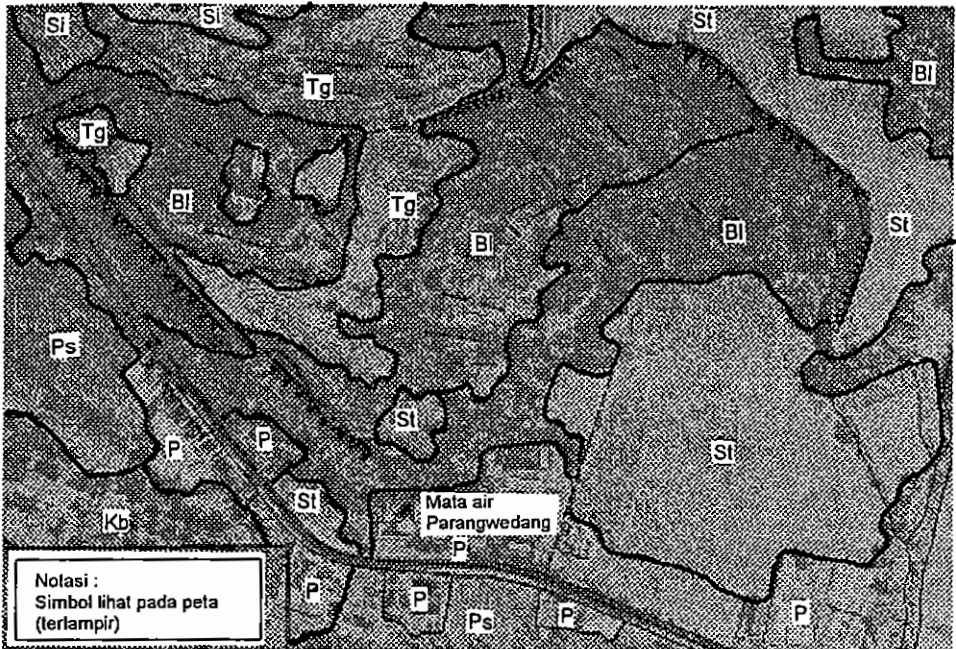
- Sukma Rahmawati. 1998. **Studi Kualitas Airtanah Bebas Daerah Parangtritis Kabupaten Bantul dan Sekitarnya Daerah Istimewa Yogyakarta. Skripsi.** Fakultas Geografi UGM, Yogyakarta.
- Sukwardjono, Sutikno, dan Totok Gunawan. 1979. **Penggunaan Citra Landsat untuk Pemetaan Wilayah Air Tanah Secara Regional Daerah Jawa Tengah. Laporan Penelitian.** Lembaga Penelitian UGM, Yogyakarta.
- Sukwardjono dan Totok Gunawan. 1999. **Zonasi Wilayah Ekosistem dan Upaya Pemanfaatan Lahan dengan Teknik Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis di Parangtritis Yogyakarta. Laporan Penelitian.** Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Suratman. 1981. **Perkiraan koefisien aliran melalui foto udara. Seminar Penginderaan Jauh dan Survei Terpadu.** Fakultas Geografi UGM, Yogyakarta.
- Sutikno and Suprpto Dibyosaputro. 1988. **Coastal Geomorphology of Parangtritis, Yogyakarta. Paper Pre 26 th International Geographical Congress Symposium Working Group on Geomorphological Surveying and Mapping, Gadjah Mada University, Yogyakarta, Indonesia.**
- Todd, D. K., 1959. **Groundwater Hydrology.** Toppan Company Ltd. Tokyo, Japan.
- Totok Gunawan. 1985. **Studi Karakteristik Hidrologi Daerah Aliran Sungai Cikapundung Jawa Barat dengan bantuan Teknik Penginderaan Jauh. Tesis.** Fakultas Pasca Sarjana, IPB, Bogor.
- Totok Gunawan. 1991. **Penerapan Teknik Penginderaan Jauh untuk Menduga Debit Puncak Menggunakan Karakteristik Lingkungan Fisik DAS, Studi Kasus di Daerah Aliran Sungai Bengawan Solo Hulu, Jawa Tengah. Disertasi.** Fakultas Pasca Sarjana, IPB, Bogor.
- Totok Gunawan. 1997. **The Contribution of Aerial Photographs in Evaluation of Bribin Catchment Area, Gunung Kidul, Yogyakarta, Indonesia. The Indonesian Journal of Geography.** Volume 29, No. 73, pp. 49-65
- Yamamoto. T. and Orr. H. K.. 1972. **Morphometry of Three Small Watersheds, Black Hills, South Dakota, and Some Hydrologic Implications.** Fort Collins, Colorado.



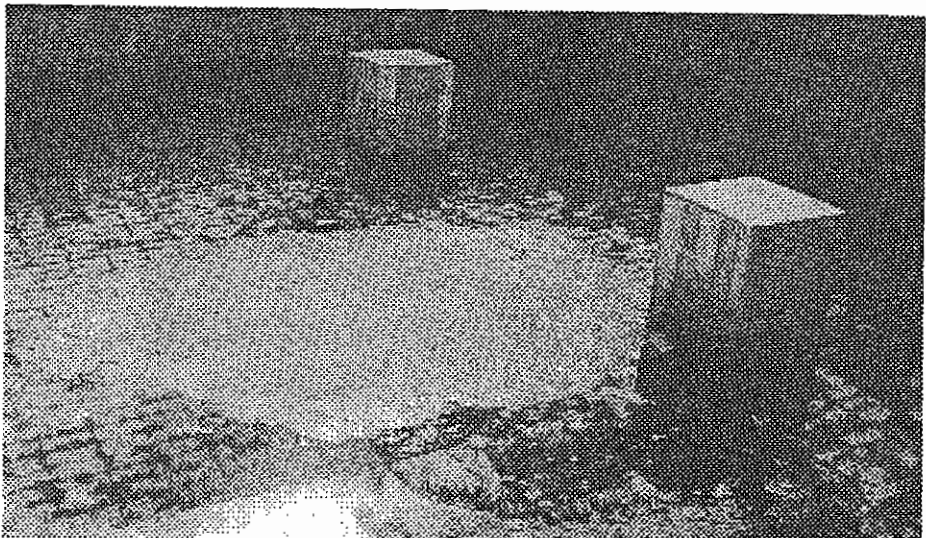
Gambar 1a. Kejadian pemunculan air (Mataair) akibat perubahan Kemiringan Lereng dan Umumnya sebagai ujung-ujung sungai (sumber : Foto udara Pankromatik Hitam Putih Skala Diperbesar hingga $\pm 1:5000$)



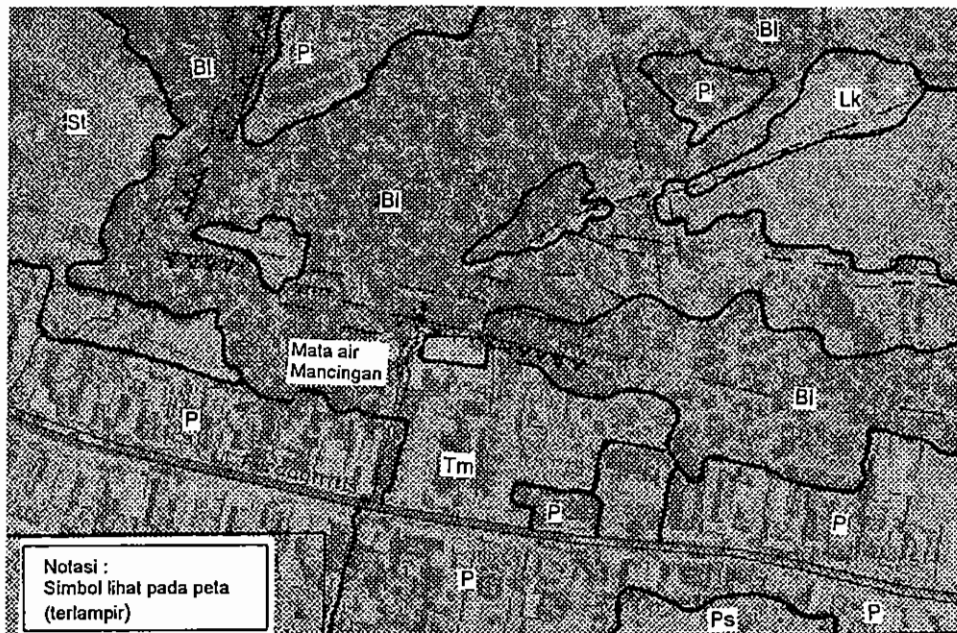
Gambar 1b. Kenampakan mataair di lapangan sebagai mataair Bito termasuk dalam sub-DAS Warakan (foto lapangan diambil bulan Juni 2000)



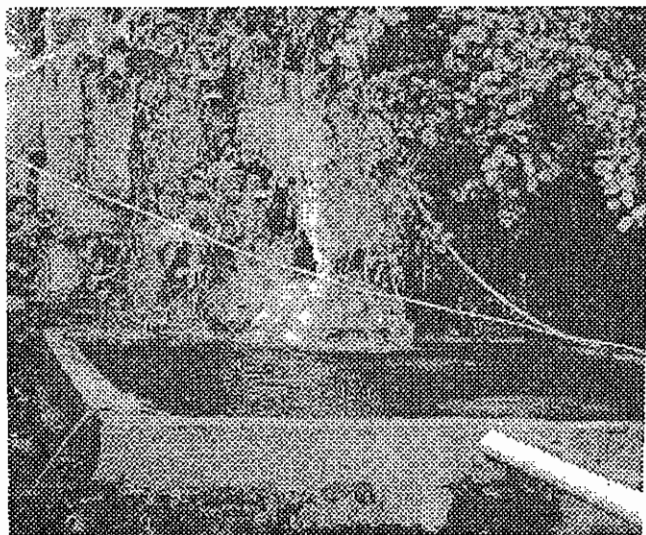
Gambar 2a. Kejadian pemunculan air (Mataair) pada jalur patahan (Sesar) pada foto udara Pankromatik hitam putih skala diperbesar hingga $\pm 1 : 5000$



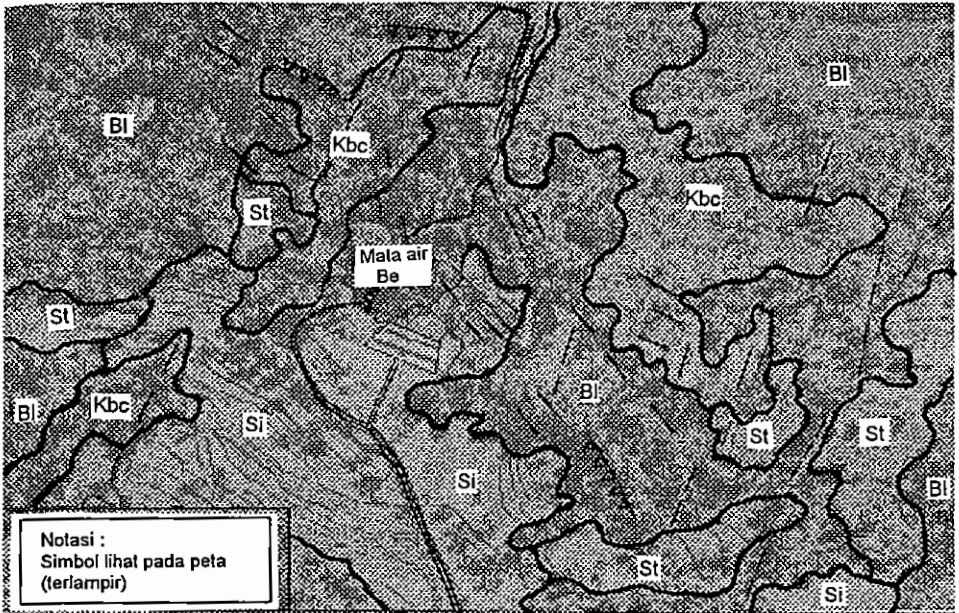
Gambar 2b. Kenampakan mataair di lapangan sebagai mataair parangwedang yang dicirikan oleh air panas dan asin (foto diambil bulan Juni 2000)



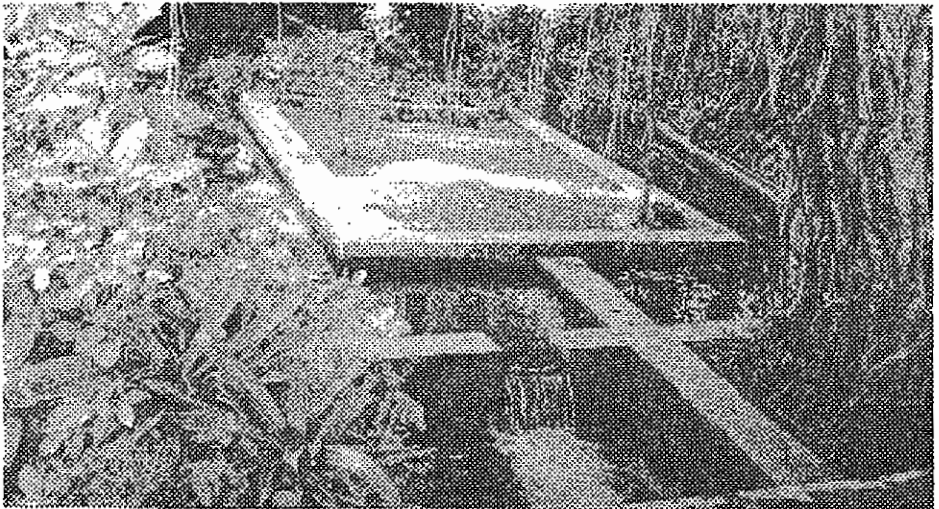
Gambar 3a. Kejadian pemunculan air (Mataair) pada jalur patahan (Sesar) pada foto udara Pankromatik hitam putih skala diperbesar hingga $\pm 1 : 5000$



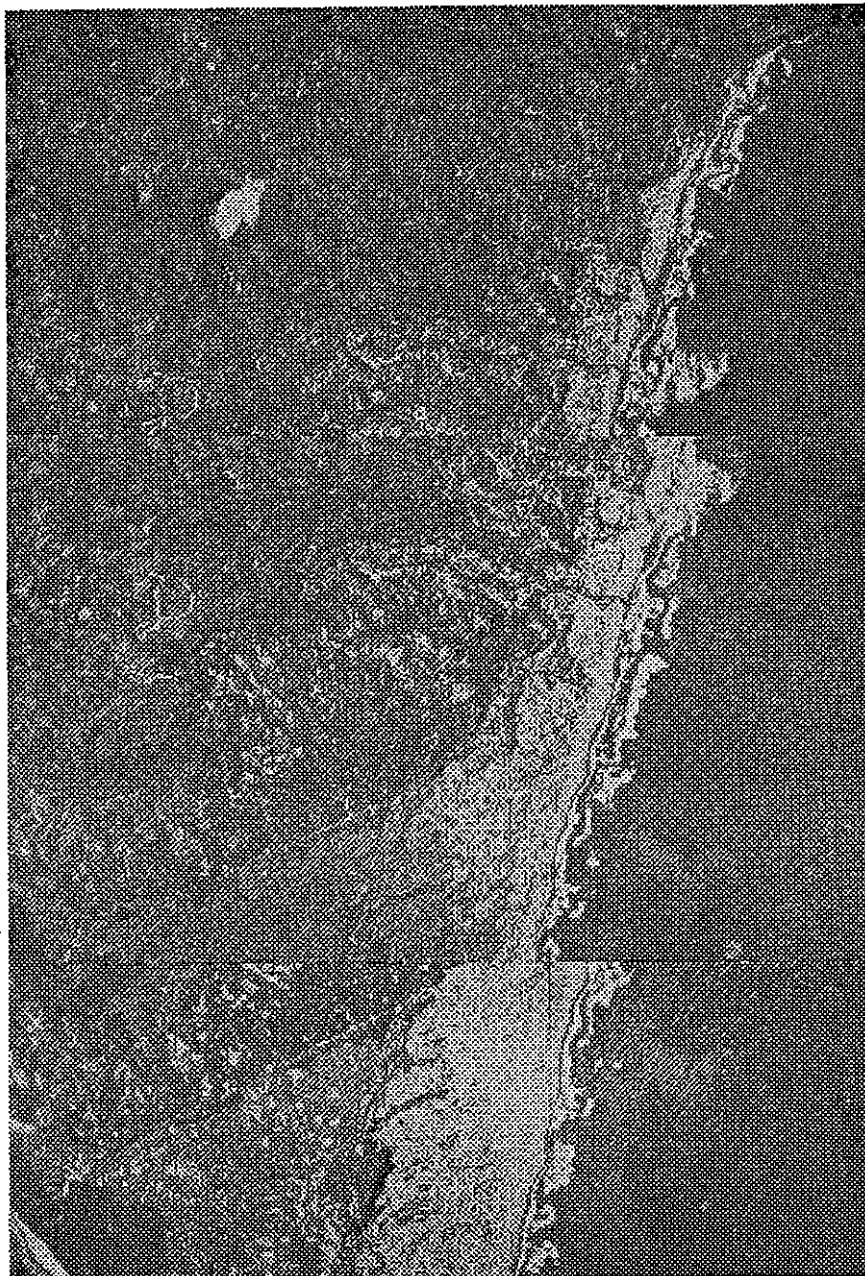
Gambar 3b. Kenampakan mataair di lapangan sebagai mataair Parangtritis (Mancingan), Foto diambil bulan Juni 2000



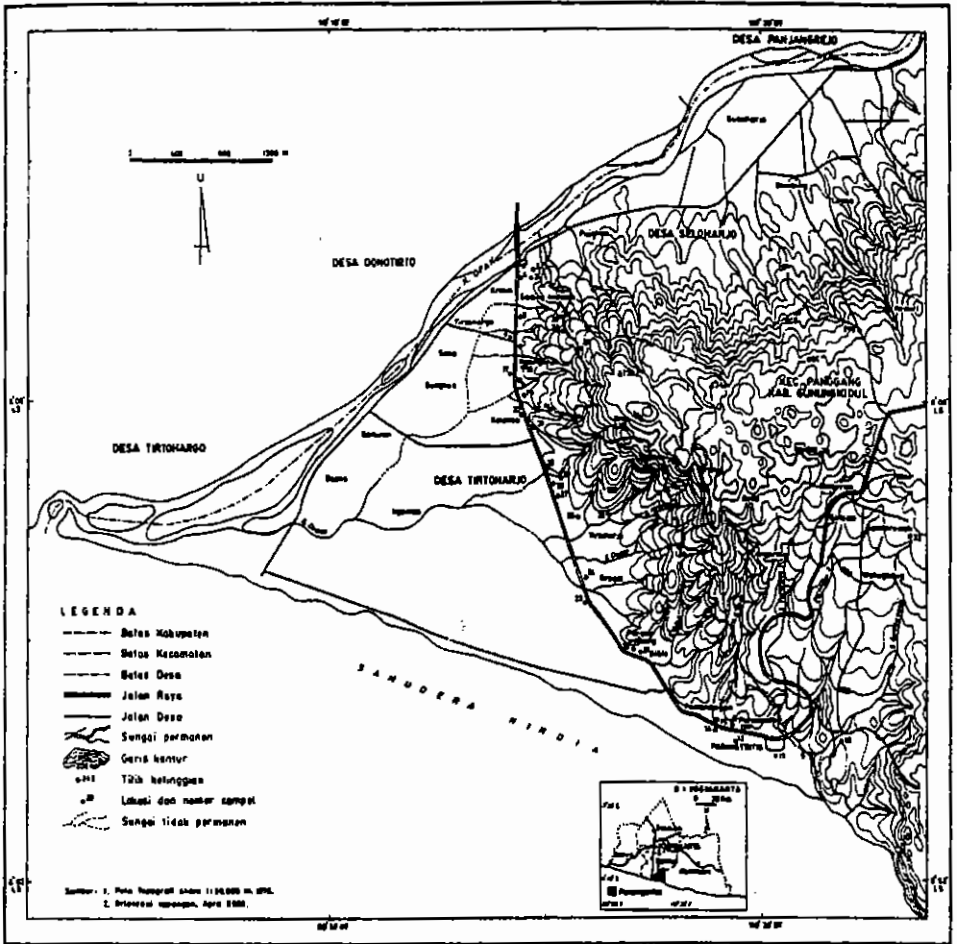
Gambar 4a. Kejadian pemunculan air (mataair) pada perubahan Lereng dan kontak batuan (Breksi Vulkanik – Batuan Gamping) dan banyak ditemukan Kelurusan
Sumber : Foto udara Pankromatik hitam putih skala diperbesar hingga $\pm 1 : 5000$



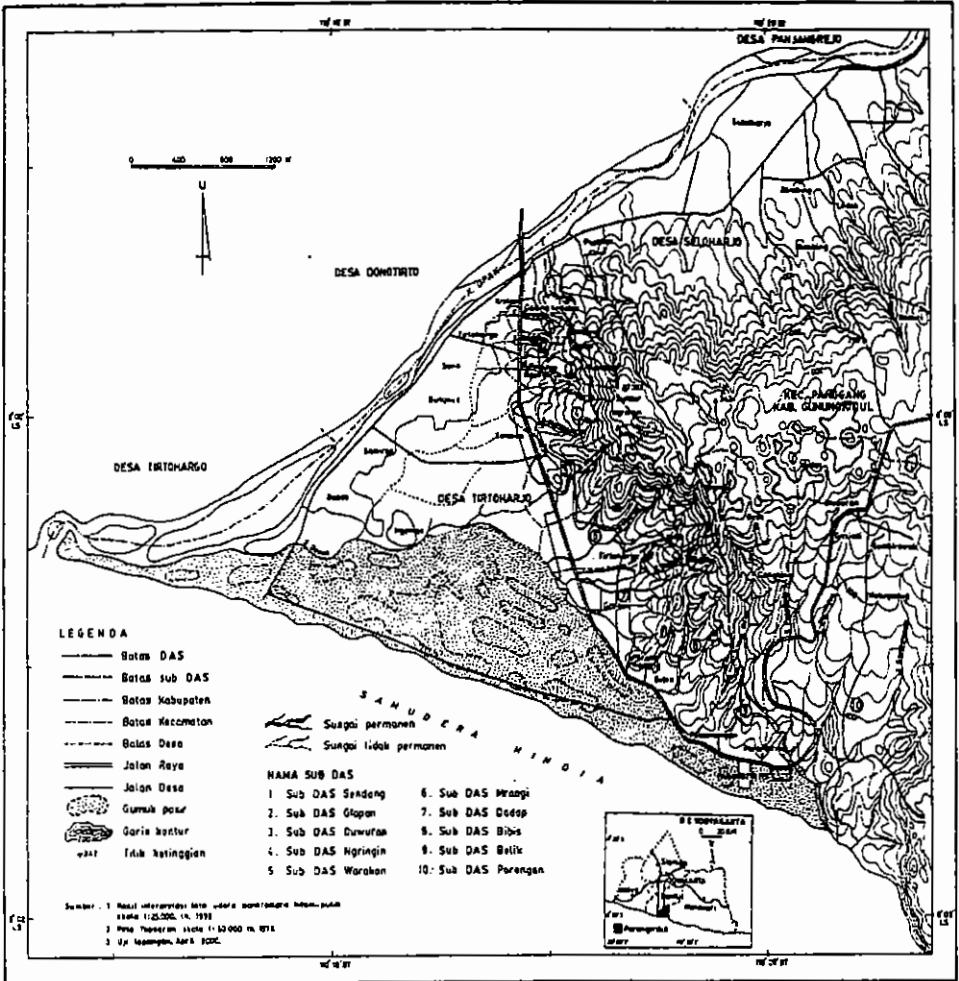
Gambar 4b. Kenampakan mataair di lapangan sebagai mataair Beji termasuk sub-DAS Beji (foto lapangan diambil bulan Juni 2000)

**Gambar 5**

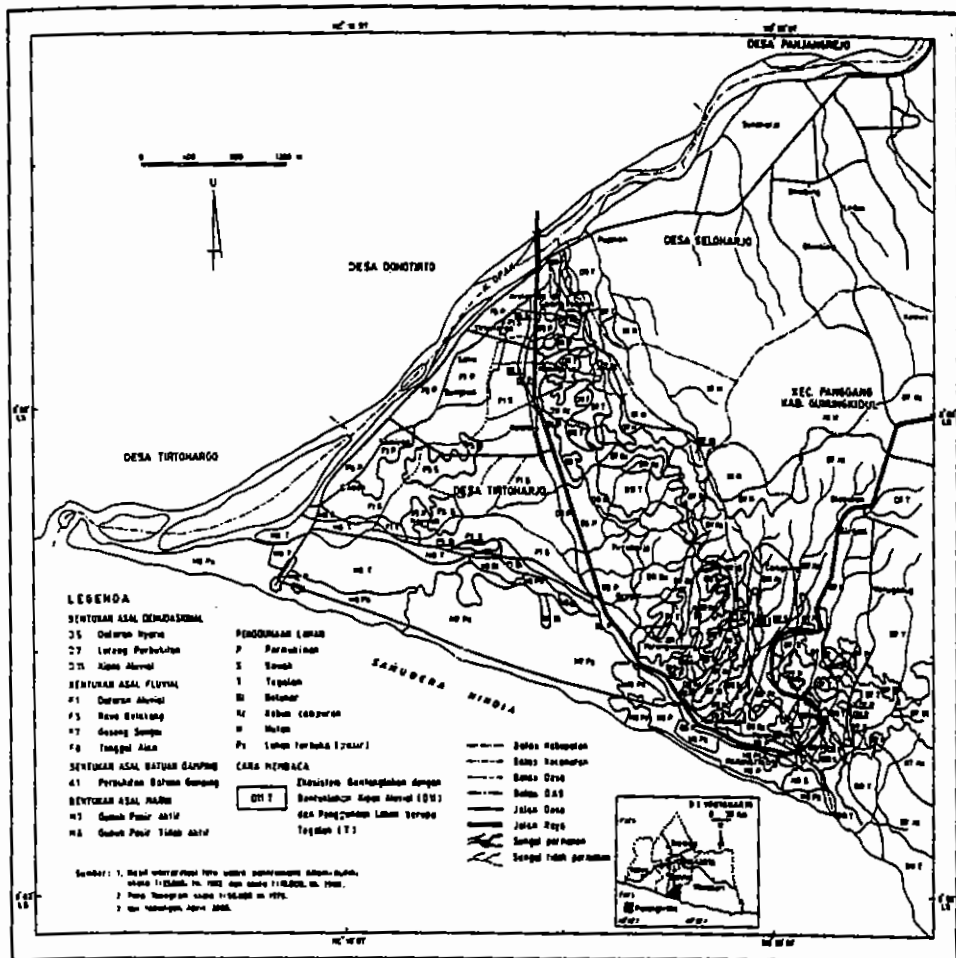
Stereogram Foto Udara Parangiritis dan Sekitarnya.
Pemotretan Bulan Nopember 1992



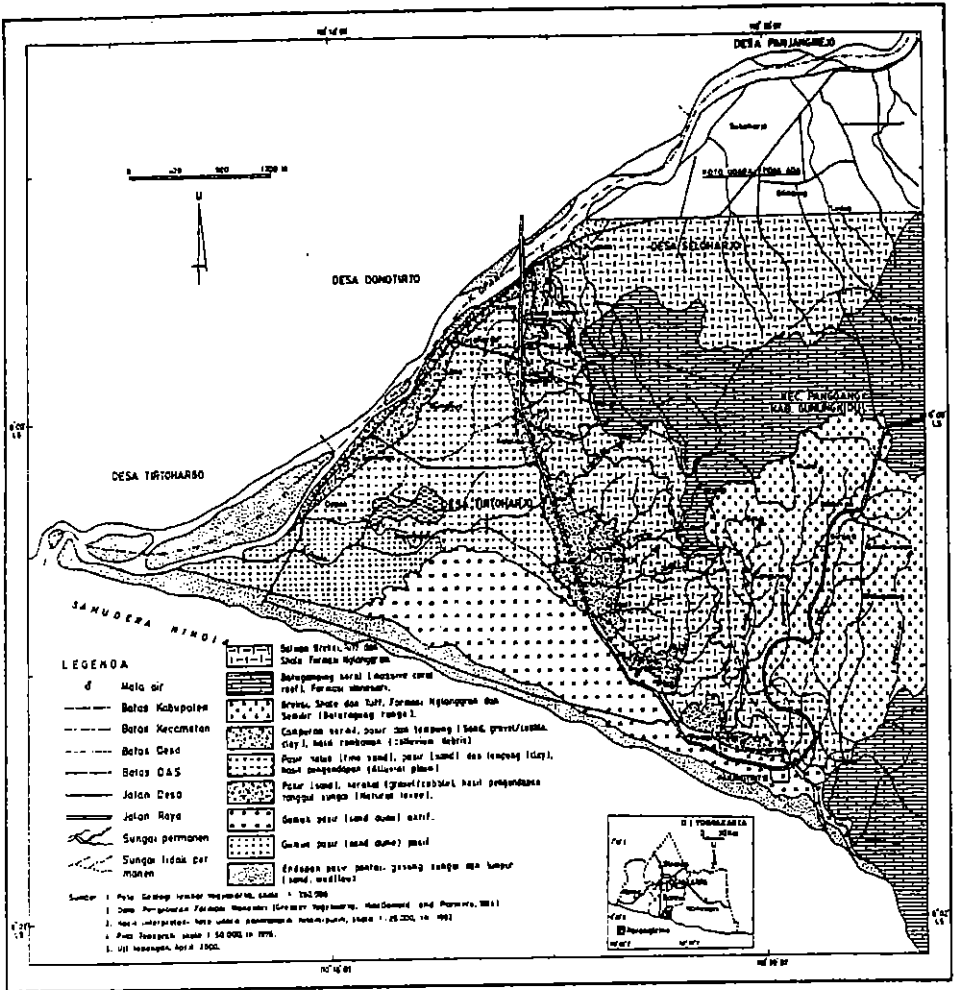
Gambar 1. Peta lokasi sampel daerah Parangtritis dan sekitarnya Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta



Gambar 2. Peta pola aliran dan Daerah Aliran Sungai Daerah Parangtritis dan sekitarnya Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta



Gambar 3. Peta ekosistem bentanglahan daerah Parangtritis dan sekitarnya Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta



Gambar 4. Peta hidrogeomorfologi daerah Parangtritis dan sekitarnya Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta

Lampiran I. Pengukuran Kedalaman Muka Air Dangkal di Daerah Parangtritis (April 200)

No	Lokasi sumur	Letak Astronomi		Pengukuran kedalaman sumur (dalam air di bawah permukaan tanah)				Keterangan
		Lintang	Bujur	Kedalaman muka air saat ini (m)	Kedalaman dasar sumur (m)	Kedalaman air muka hujan (m)	Fluktuasi Muka air (m)	
1	Kretek 1	7°59,494'	110°18,960'	4,30	7,30	2,30	2,00	Permukiman (dataran)
2	Kretek 2	7°59,533'	110°18,990'	2,60	4,90	1,60	1,00	Tegalan
3	Kretek 3	7°59,591'	110°18,988'	1,85	5,00	0,85	1,00	Tegalan
4	Kretek 4	7°59,561'	110°18,940'	3,62	6,80	2,50	1,12	Permukiman (dataran)
5	Sendangsari	7°59,561'	110°18,933'	4,10	7,40	2,10	1,00	Permukiman (dataran)
6	Sendangsari TPR	7°59,759'	110°18,992'	3,10	7,20	2,10	1,00	Permukiman (bergeombang)
7	Sendangsari TPR	7°59,808'	110°18,872'	3,15	6,90	2,15	1,00	Permukiman
8	Sungai Sendangsari	8°01,330'	110°19,997'	-	-	-	-	Permukiman
9	Sungai Gumbirowati	8°01,393'	110°20,191'	-	-	-	-	Permukiman (Parangtritis)
10	Jelok, Girijati Panggong	8°01,381'	110°20,273'	4,70	2,35	2,35	2,35	Permukiman (Bergeombang)
11	Parangtritis 1	8°01,437'	110°20,147'	0,97	0,50	0,50	0,47	Permukiman (dat pantai)
12	Parangtritis 2	8°01,340'	110°20,050'	0,56	0,25	0,25	0,31	Permukiman (dat pantai)
13	Parangtritis 3	8°01,416'	110°19,959'	0,77	0,36	0,36	0,41	Permukiman (dat pantai)
14	Parangtritis 4	8°01,317'	110°19,863'	5,40	8,40	4,20	1,20	Permukiman (landai)
15	Parangtritis 5	8°01,299'	110°19,842'	4,83	8,00	3,60	1,23	Permukiman (landai)
16	Duwuran 1	7°59,915'	110°18,946'	4,70	10,85	0,60	4,10	Permukiman (Bergeombang)
17	Duwuran 2	7°59,910'	110°18,907'	2,93	6,10	0,50	2,43	Permukiman (bergeombang)
18	Duwuran 3	7°59,934'	110°18,789'	1,50	6,90	0,60	0,90	Permukiman (bergeombang)
19	Duwuran 4	8°00,086'	110°18,929'	1,35	7,45	0,60	0,75	Permukiman (bergeombang)
20	Duwuran 5	8°00,110'	110°18,931'	3,25	7,25	0,60	2,65	Permukiman (bergeombang)
21	Parang-Wedong	8°01,240'	110°19,753'	1,20	3,23	0,40	0,80	Permukiman (bergeombang)
22	Mata air panas	8°01,200'	110°19,756'	-	-	-	-	Permukiman Di Parangwedang
23	Grogol 1	8°00,909'	110°19,314'	3,25	7,65	1,75	1,60	Permukiman (landai)
24	Grogol 2	8°00,847'	110°19,285'	1,10	6,85	0,50	0,60	Permukiman (landai)
25	Grogol 3	8°00,983'	110°19,243'	1,35	6,95	0,65	0,70	Permukiman (perbukitan)
26	Grogol 4	8°00,552'	110°19,240'	0,95	5,60	0,70	0,25	Permukiman (lereng bukit)
27	Grogol 5	8°00,681'	110°19,173'	1,15	5,40	0,55	0,60	Permukiman (lereng bukit)
28	Grogol 6	8°00,425'	110°19,229'	3,10	8,60	1,90	0,20	Permukiman (lereng bukit)
29	Grogol 7	8°00,300'	110°18,999'	0,95	5,35	0,25	0,70	Permukiman (lereng bukit)
30	Grogol 8	8°00,158'	110°18,961'	2,05	10,15	1,76	0,35	Permukiman (lereng bukit)

Lampiran 2. Pengukuran Sifat Fisik Air Sumur di Daerah Parangtritis (April 2000)

No	Jenis Sumber Air	EC Mikro Mhos/cm	PH	Bentuk Penggunaan Lahan	Bentuk Lahan
1	Kretek 1	709	6,0	Permukiman	Dataran Aluvial
2	Kretek 2	314	6,0	Tegalan	Kipas Aluvial
3	Kretek 3	640	6,0	Tegalan	Kipas Aluvial
4	Kretek 4	666	6,0	Permukiman	Dataran Aluvial
5	Sendangsari, Kretek	480	6,0	Permukiman	Dataran Nyaris
6	Sendangsari, TPR	620	6,5	Permukiman	Lereng Perbukitan
7	Sendangsari, TPR	620	6,5	Permukiman	Lereng Perbukitan
8	Sungai, Sendangsari	490	6,5	Permukiman	Lereng Perbukitan
9	Sungai, Gumbirowati	304	6,5	Permukiman	Dataran Pantai
10	Jelok, Girijati	500	6,5	Permukiman	Lereng Perbukitan
11	Parangtritis 1	402	6,0	Permukiman	Dataran Pantai
12	Parangtritis 2	537	6,5	Permukiman	Dataran Pantai
13	Parangtritis 3	727	6,5	Permukiman	Dataran Pantai
14	Parangtritis 4	263	5,5	Permukiman	Dataran Pantai
15	Parangtritis 5	323	6,0	Permukiman	Dataran Pantai
16	Duwuran 1	532	6,0	Permukiman	Kipas Aluvial
17	Duwuran 2	540	7,0	Tegalan	Kipas Aluvial
18	Duwuran 3	525	6,0	Permukiman	Kipas Aluvial
19	Duwuran 4	1087	7,0	Permukiman	Kipas Aluvial
20	Duwuran 5	598	6,0	Permukiman	Dataran Nyaris
21	Parang wedong 1	400	6,0	Permukiman	Lereng Perbukitan
22	Mata air panas	395	5,0	Permukiman	Lereng Perbukitan
23	Grogol 1	357	6,0	Permukiman	Kipas Aluvial
24	Grogol 2	614	6,0	Permukiman	Kipas Aluvial
25	Grogol 3	652	6,5	Permukiman	Perbukitan
26	Grogol 4	521	6,0	Permukiman	Kipas Aluvial
27	Grogol 5	426	6,5	Permukiman	Perbukitan
28	Grogol 6	935	7,0	Permukiman	Kipas Aluvial
29	Grogol 7	542	7,0	Permukiman	Dataran Nyaris
30	Grogol 8	498	6,5	Permukiman	Dataran Nyaris