

INTEGRASI PENAFSIRAN CITRA DAN GEOLISTRIK UNTUK USULAN PENGEMBANGAN SUMBER DAYA AIR PULAU KECIL; STUDI KASUS PULAU NUNUKAN DAN SEBATIK.

I.Hadi S¹ dan Yugo Kumoro¹

¹ Puslit Geoteknologi – LIPI, Jln Sangkuriang, Bandung 40135

Phone +62 (22) 2503654, Fax : +62 (22) 2504593

Email : ignahadi@geotek.lipi.go.id

Abstrak

Pulau Nunukan terletak di propinsi Kalimantan Timur paling utara yang langsung berbatasan dengan negara bagian Sabah, Malaysia. Daerah ini memiliki posisi strategis karena terletak di wilayah perbatasan, namun menghadapi permasalahan air dalam pemenuhan kebutuhan masyarakatnya. Untuk itu dilakukan analisa Citra Satelit yang di-integrasikan dengan data pengukuran geolistrik untuk perencanaan pengembangan sumberdaya air bersih, khususnya bagi air minum. Hasil analisa citra secara keseluruhan menunjukkan bahwa geologi daerah penelitian dapat dikelompokkan menjadi: Satuan batulempung pasir Formasi (F) Meliat, Satuan lempung (F. Tabul), kemudian satuan batupasir kuarsa (F. Sajau). Batuan tersebut diterobos oleh Intrusi batuan andesit dan terakhir ditutupi oleh endapan aluvial dengan material berukuran lempung hingga pasir yang bersifat lepas. Struktur yang berkembang adalah lipatan dengan kemiringan lapisan bervariasi antara 15 – 35°. Berdasarkan hasil geolistrik dengan asumsi lapisan akuifer dibentuk oleh batuan dengan besaran tahanan jenis 40 - 400 Ohm meter, maka daerah yang memiliki potensi air tanah terletak pada sisi timur laut Pulau Nunukan. Sedangkan pada Pulau Sebatik karakteristik ini tidak/jarang dijumpai, walaupun ada umumnya tipis, dekat permukaan, dan sangat lokal. Integrasi penafsiran citra dan data geolistrik menyimpulkan bahwa potensi lapisan akuifer terbesar dijumpai pada satuan pasir (Formasi Sajau) yang tampaknya hanya terletak di Pulau Nunukan. Kondisi lapangan menunjukkan bahwa ke arah timur-timur laut, lapisan pasir pada Formasi Sajau ini secara berangsur berubah menjadi perselingan tipis batupasir dan batulempung. P. Nunukan akan dapat memenuhi kebutuhan air minumnya tanpa tergantung pada daerah lain karena adanya lapisan akuifer yang dapat menyuplai air tanah. Sedangkan di Pulau Sebatik air tanah hanya dapat diperoleh dari air tanah bebas yang tentunya tergantung pada daerah imbuhan yang ada. Alternatif lain untuk pemenuhan kebutuhan air baik pada Pulau Nunukan maupun Pulau Sebatik adalah dengan menggunakan teknologi embung. Untuk itu perlu ditentukan DAS yang paling potensial bagi penggunaan embung tersebut.

Kata kunci: Pulau Nunukan, Sebatik, air tanah, geolistrik, penafsiran citra, integrasi

Abstract

Nunukan island is located in the most northern East Kalimantan Province that bordered directly with Sabah province in Malaya. This area has strategic position due to its location in border area, but it experiences supply water problems for its people. To solve the problem, an integrated research through combining satellite image processing and geo-electric method was conducted in order to plan a water resources development, especially drinking water. The image processing results show that geology of the area consists of sandy clay of Meliat Formation, clay unit of Tabul Formation, quartz sandstone unit of Sajau Formation. The rocks are intruded by andesitic intrusion and finally covered by alluvial composed by uncompact material with clay and sand in grain size. The structure is folding with dip ranging from 15 to 35 degree. Based on geo-electric data with assumption that the aquifer is composed by rock having resistivity values between 60 to 450 Ohm, it found out that the water potential area on the Nunukan island is located on the NW

side of the island. Meanwhile, on Sebatik island, this character is rare and if it is observed usually it occurs in thin layers, near surface and very locally. Integration of image processing data with geo-electric results leads to conclusion that significant potential aquifer is related to sandy unit of Sajau Formation that probably occurs only on Nunukan island. Field data indicates that this unit changes gradually towards E-NE to intercalation of thin layer of sandy and clay. Nunukan island seems to be able to supply the water need for the around people due to presence of the aquifer, while on Sebatik island the needs can be fulfilled only through free groundwater that depends on water recharge in the area. Another alternative for solving the problem on both islands is to build traditional water pool (called embung). For that purpose, it is necessary to localize the most potential water sheet area for building the embung.

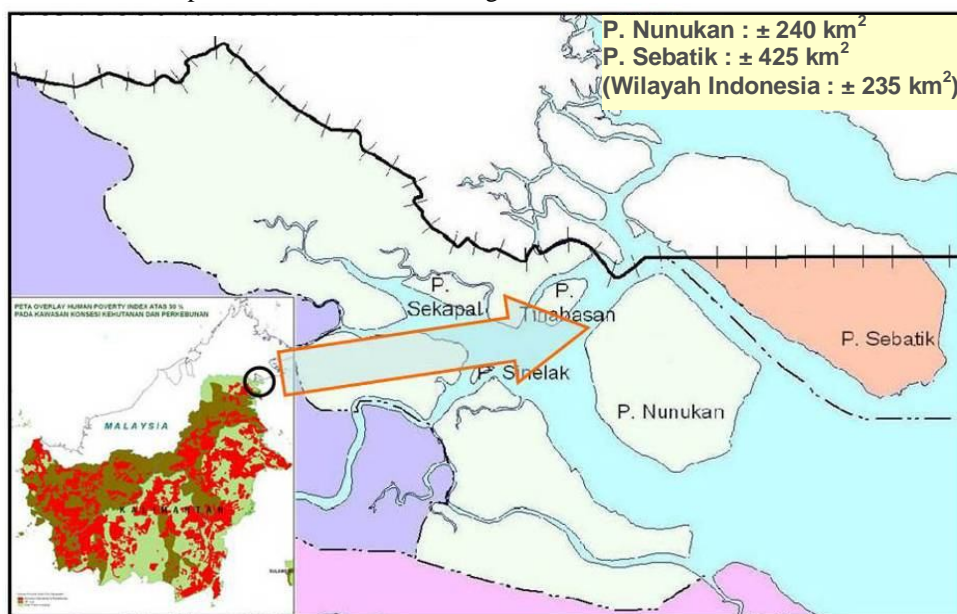
Keywords : Nunukan island, Sebatik, ground water, geo-electric, image processing, integration

PENDAHULUAN

Pulau Nunukan dan Sebatik terletak di propinsi Kalimantan Timur paling utara yang langsung berbatasan dengan negara bagian Sabah, Malaysia (Gambar1). Seperti juga daerah terluar lainnya, Pemerintah melalui BAPPENAS telah menyusun program nasional berkenaan dengan pengembangan wilayah daerah terluar perbatasan berupa *Kebijakan dan Strategi Nasional Pengelolaan Kawasan Perbatasan Antarnegara di Indonesia* (Anonim, 2004), dimana isu strategis dan mendesak khususnya untuk Pulau Nunukan dan Sebatik salah satunya adalah berkaitan dengan sumber daya air.

Atas dasar di atas, Puslit Geoteknologi LIPI pada tahun 2008 telah melakukan penelitian berkenaan dengan sumber daya air di kedua pulau tersebut.

Penelitian tersebut secara garis besar bertujuan untuk menyusun arahan perencanaan pengembangan sumberdaya air bersih untuk memenuhi kebutuhan masyarakat di Pulau Nunukan dan Sebatik dengan sasaran mengetahui potensi sumberdaya air di pulau nunukan dan sebatik berdasarkan interpretasi citra satelit dan data geolistrik.



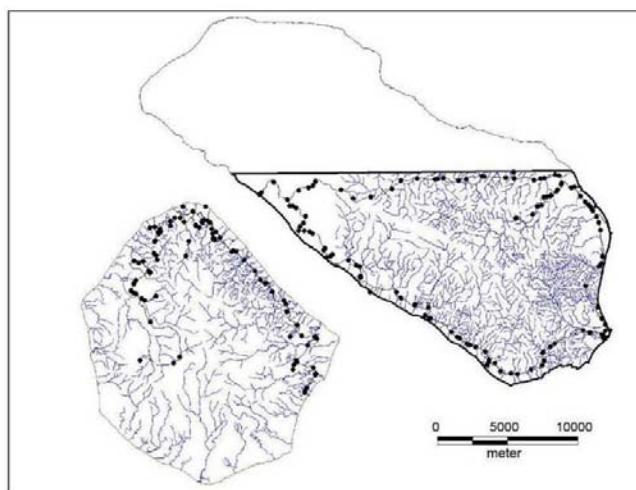
Gambar 1. Peta lokasi penelitian

METODOLOGI

Penelitian pada Pulau Nunukan dan Sebatik secara garis besar mengacu pada kegiatan yaitu penafsiran citra satelit, pengamatan lapangan dan analisa geolistrik, dengan lintasan yang ditunjukkan oleh Gambar 2.

Penafsiran citra satelit bagi kepentingan eksplorasi mineral dan sumber daya air telah lama dikenal, dapat dikatakan kegiatan tersebut muncul bersamaan dengan berkembangnya penafsiran penginderaan jauh. Sejumlah literatur yang menjelaskan kegiatan tersebut di antaranya adalah seperti Lillesand, T.M. dan R.W. Kiefer (1994), Sabin, Floyd,F., (1997) dan Meijerink, (A.M., 2007). Dasar utama dari penafsiran tersebut adalah konsep *terrain*, yaitu bentuk bentang alam yang kemudian dikaitkan dengan perubahan tona/rona citra.

Selanjutnya dengan munculnya citra SRTM yang memuat informasi data permukaan, integrasinya dengan sejumlah citra satelit lain telah lebih mengoptimalkan hasil penafsiran citra tersebut terutama berkenaan dengan studi sumber daya air.



Gambar 2. Peta lintasan dan titik pengamatan lokasi penelitian.

Geolistrik umumnya dilakukan dalam rangka studi terutama berkenaan dengan kondisi geologi bawah permukaan. Dalam hal ini kondisi lapisan bawah permukaan dicerminkan oleh nilai tahanan jenis (R) yang diperoleh dari hasil pengukuran lapangan. Menurut Bernard, J. (2003) tahanan jenis batuan dipengaruhi berbagai faktor lain, diantaranya :

- Kandungan air
- Tahanan jenis air
- Kandungan lempung
- Kandungan mineral logam

Berdasarkan tahanan jenis Bernard, J. (2003), mengelompokkan batuan / mineral menjadi beberapa kelompok seperti tercantum pada tabel di bawah

Tabel 1. Klasifikasi batuan atau mineral berdasarkan tahanan jenis

Harga Resistivitas	Klasifikasi
0.1 ohm.m	SALTED WATER
1 ohm.m	MASSIVE SULPHIDE
10 ohm.m	CLAY
100 ohm.m	SAND, MARL
1000 ohm.m	DRY SAND, LIMESTONE
10000 ohm.m	HARD GRANITE, BASALT

Sumber : Bernard, 2003

GEOLOGI UMUM

Sejauh ini terdapat sejumlah publikasi dan laporan yang berkenaan dengan kondisi geologi daerah Pulau Nunukan dan Sebatik. Beberapa di antaranya adalah seperti, Van Benmellen R.W, (1949), Hidayat, Amiruddin dan Satrianas, D, (1995), A. Sanusi Halim, dkk, (2004), Triono, Untung, (2005).

Hasil studi publikasi dan laporan di atas secara garis besar menunjukkan bahwa geologi pada Pulau Nunukan dan Sebatik dapat dinyatakan sebagai berikut :

Formasi Meliat : terdiri dari perselingan batupasir, batulempung dan serpih dengan sisipan batubara. Batupasir terkadang memiliki sisipan batulempung, batulanau konglomerat dan batubara. Formasi ini berumur Miosen Tengah, dan hanya tersingkap di Pulau Sebatik.

Formasi Tabul : terdiri dari perselingan antara batulempung, batu lumpur, batupasir, batugamping dan batubara pada bagian atas. Formasi ini terletak selaras di atas Formasi Meliat dan berumur berumur Miosen Tengah.

Formasi Sajau : terdiri dari dari batupasir kuarsa, batu lempung, batulanau, lignit dan konglomerat. Formasi ini terletak tidak selaras di atas Formasi Tabul dan berumur Pliosen-Plistosen.

Aluvial : terdiri dari lumpur, lanau, pasir, kerikil dan kerakal. Umumnya terdapat pada daerah pantai dan bagian muara sungai.

Selain itu pada Pulau Nunukan dan Sebatik dijumpai adanya sejumlah intrusi batuan beku andesit dan diorit.

Adapun struktur tektonik yang berkembang di daerah ini selain sejumlah sesar, juga terdapat gejala pelipatan.

ANALISA DAN PEMBAHASAN

PENAFSIRAN CITRA.

Informasi geologi.

Adapun citra satelit yang digunakan meliputi citra LANDSAT (2003 dan 2007), Quickbird (untuk Pulau Nunukan), SPOT, dan juga citra yang berasal dari Google Earth. Adapun penafsiran dilakukan dengan teknik visualisasi. Khususnya untuk ketinggian, peta DEM dibuat dengan menggunakan citra SRTM (Gambar 4).

Hasil penafsiran pada sejumlah citra yang dilengkapi dengan dengan pengujian lapangan selanjutnya menunjukkan bahwa batuan yang terdapat di Pulau Nunukan dan Sebatik dapat dikelompokkan sebagai berikut :

- Satuan batulempung pasiran.

Satuan ini dicirikan dengan rona kelabu hingga kelabu terang, dengan tekstur sedang yang homogen dan bentuk permukaan yang tegas, memiliki kontras yang cukup menonjol dibandingkan dengan satuan batuan yang lain. Pada satuan ini masih dapat dideteksi adanya kelurusan-kelurusan yang mencerminkan bidang perlapisan. Lapisan lempung masih dapat dipisahkan dengan ciri rona yang lebih gelap, dan tekstur yang lebih halus. Satuan ini diperkirakan mewakili Formasi Meliat.

- Satuan lempung.

Pada citra satuan ini dicirikan dengan rona tak begitu tegas, tekstur halus dan topografi melandai dengan corak permukaan yang kabur. Satuan ini menempati morfologi perbukitan memanjang dan kaya akan torehan pendek, rapat dan memencar. Satuan di tafsirkan mewakili Formasi Tabul.

- Satuan batu pasirlempungan.

Pada citra satuan ini dicirikan rona kelabu hingga terang, tekstur relatif kasar dengan corak gradual, setempat sering menunjukkan nilai kontras yang tinggi. Torehan yang berkembang tegas dan rapat. Pada pulau Sebatik satuan ini tekstur secara berangsur berubah menjadi sedang hingga halus. Satuan ini diperkirakan mewakili Formasi Sajau

- Endapan aluvial.

Pada citra, endapan aluvial ini sangat mudah dikenali dari teksturnya yang halus dan seragam (Sabins Jr.,F.F., 1997), yang umumnya muncul di daerah pantai maupun muara sungai. Perbedaan rona disini tampaknya lebih banyak dipengaruhi oleh perbedaan tutupan lahan.

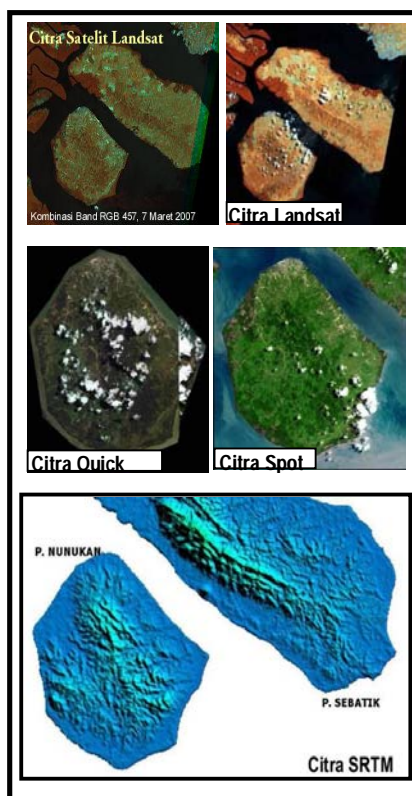
- Intrusi batuan beku.

Penafsiran intrusi batuan beku disini sangat dibantu oleh hasil citra SRTM. Pada Pulau Sebatik, batuan beku disini masih belum terlalu terganggu, hasil citra menunjukkan adanya tonjolan yang berdiri sendiri (*isolated*). Sedang pada Pulau Nunukan batas-batas sebaran batuan beku di permukaan lebih banyak ditentukan oleh perubahan kontras garis kontur dibandingkan pola umum yang berkembang pada umumnya.

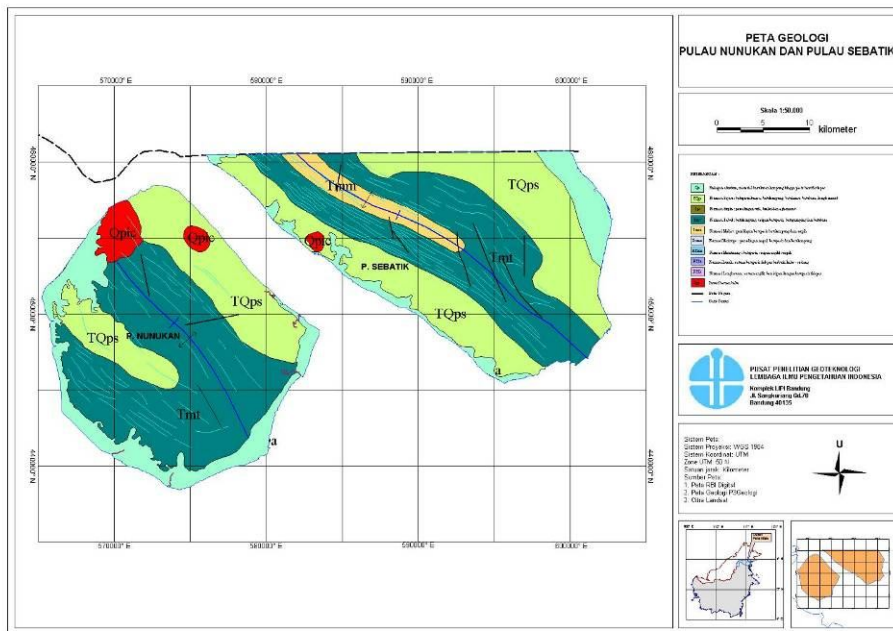
Pada citra, pola kelurusan yang ada umumnya lebih mencerminkan pola pelapisan dari masing-masing formasi batuan yang umumnya searah pulau. Walaupun begitu masih dijumpai adanya pola kelurusan yang dapat dirafsiran sebagai gejala sesar.

Seperti yang diutarakan di atas, hasil penafsiran selanjutnya dilengkapi dengan sejumlah pengamatan lapangan dengan lintasan seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 2.

Kompilasi seluruh data yang ada selanjutnya disajikan kembali sebagai peta geologi seperti yang tercantum pada Gambar 6



Gambar 3. Sejumlah citra yang digunakan dalam penelitian.

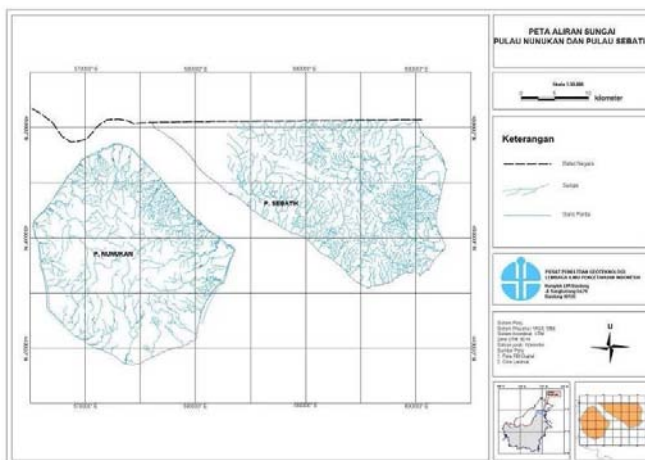


Gambar 4. Peta Geologi hasil penafsiran citra daerah penelitian.

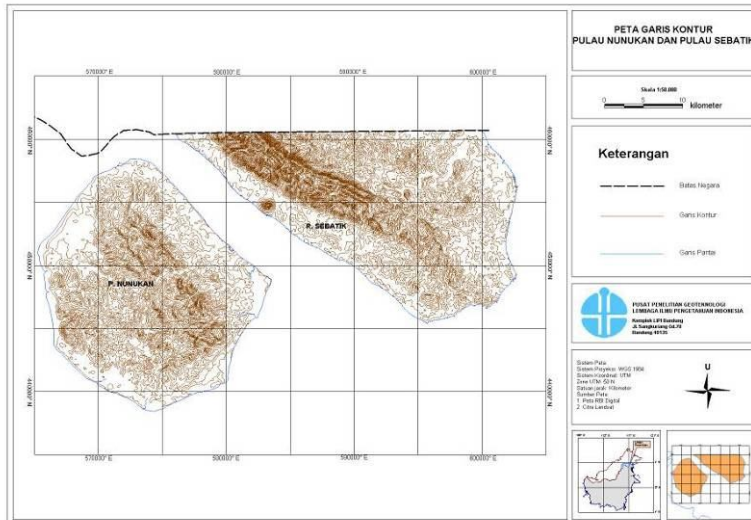
Hal yang menarik dijumpai ketika pengecekan lapangan (Gambar 2) yaitu dijumpainya lapisan batupasir kuarsa pada Formasi Sajau dengan ketebalan mencapai ± 5 m di Pulau Nunukan. Selain itu lintasan dengan berarah barat-timur pada Pulau Nunukan dan Sebatik ternyata menunjukkan kesan bahwa lapisan batupasir pada Formasi Sajau ini cenderung menipis dan menghilang di sisi timur Pulau Sebatik.

Informasi pola aliran sungai dan garis ketinggian.

Selain informasi satuan batuan, dari citra juga diperoleh informasi pola aliran sungai dan garis ketinggian (dari citra SRTM), seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 6 dan 7.



Gambar 5. Pola aliran sungai daerah penelitian



Gambar 6. Pola kontur interval 10 m daerah penelitian.

Pada kedua pulau ini terdapat sejumlah sungai utama dengan anak-anak sungainya yang berkembang secara homogen.

Walaupun pola kelurusan yang searah pulau berkembang secara intensif pada kedua pulau ini, namun sungai utama dan anak sungainya tidak selalu mengikuti pola kelurusan tersebut (Gambar 6). Tampaknya perkembangan sungai-sungai utama ini lebih banyak dipengaruhi oleh ketinggian dan kekerasan batuan.

Pengamatan lapangan menunjukkan sungai yang terdapat pada Pulau Nunukan dan Sebatik ini lebih banyak dikategorikan dengan sungai kecil, yang mana lebar sungai utama umumnya < dari 5 m.

Data ketinggian yang berasal dari citra SRTM dibuat dengan interval 10 m seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 7. Gambar tersebut menunjukkan bahwa pola kontur yang terdapat di kedua pulau tersebut cenderung mengikuti arah memanjangnya pulau dengan bagian tertinggi terdapat di bagian tengah. Untuk Pulau Nunukan garis kontur tertinggi mencapai 200 m, sedang pada Pulau Sebatik garis kontur tertinggi adalah 410 m.

ANALISA GEOLISTRIK.

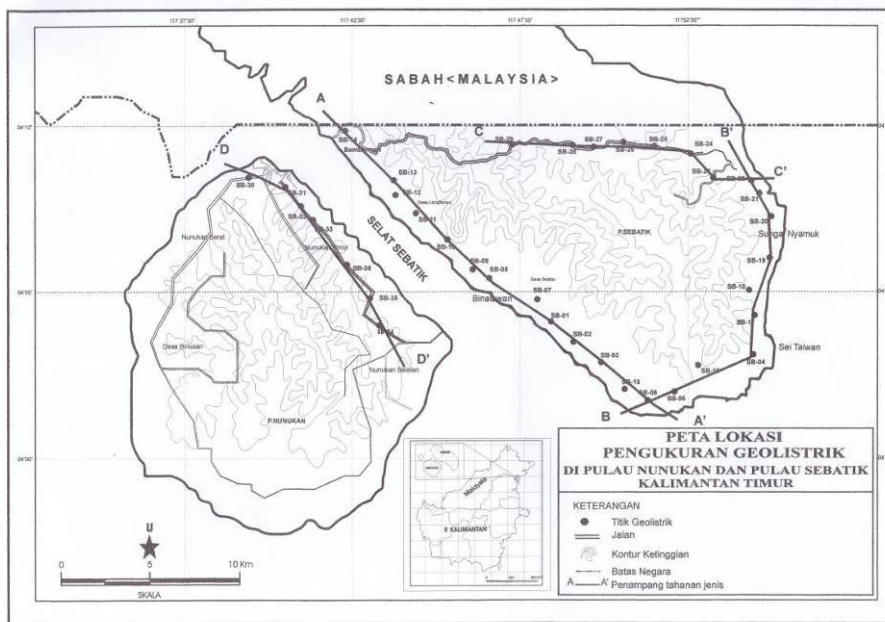
Pengukuran geolistrik di lapangan dilakukan dengan menggunakan metoda Schlumberger. Jumlah titik yang diukur sebanyak 36 buah (Gambar 7) dengan masing-masing bentangan yang dibuat sedemikian rupa hingga diharapkan dapat memberikan informasi bawah permukaan sampai pada kedalaman 150 m. Data pengukuran selanjutnya diproses dan disajikan sebagai penampang seperti yang ditunjukkan oleh gambar Gambar 8.

Dari penampang Gambar 8 diperkirakan bahwa potensi terbesar lapisan yang dapat bertindak sebagai akuifer adalah terdapat pada lapisan dengan tahanan jenis 48-367 Ohm-m. Adapun lapisan dengan tahanan jenis 18-39 Ohm-m masih dapat diharapkan menjadi akuifer dengan potensi yang lebih terbatas.

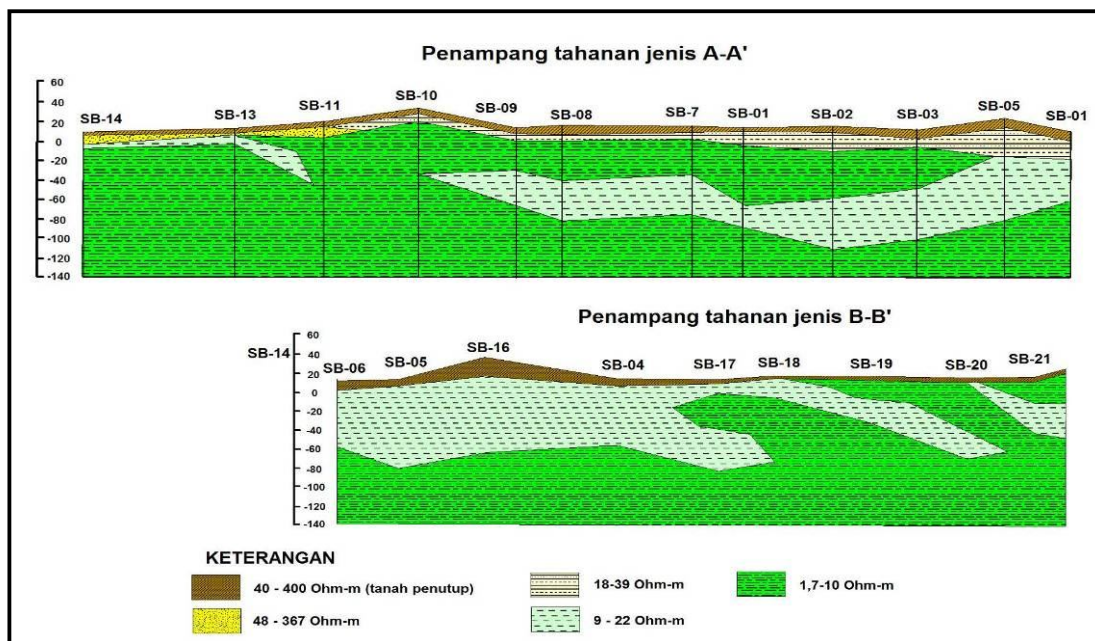
Potensi sumber daya air

- Potensi sumber daya air tanah.

Dari sejumlah pembahasan di atas, dapat diperkirakan bahwa dari ketiga formasi batuan



Gambar 7. Lintasan titik geolistrik pada daerah penelitian.



Gambar 7. Penampang geolistrik pada lintasan di Pulau Sebatik.

sedimen yang ada potensi terbesar mengenai keberadaan air tanah terdapat pada Formasi Sajau, terutama dengan adanya lapisan batupasir yang dapat berperan sebagai lapisan akuifer. Walaupun begitu, potensi tersebut tampaknya hanya dapat dijumpai pada Pulau Nunukan.

Pada Pulau Sebatik, lapisan batupasir pada Formasi Sajau ini cenderung menipis di sisi timur-tenggara pulau. Kondisi ini juga di dukung oleh hasil analisa geolistrik (Gambar 8).

Walaupun begitu, analisa geolistrik menunjukkan bahwa di Pulau Sebatik masih mungkin diperoleh air tanah pada lapisan dengan tahanan jenis 18-39 Ohm-m walaupun dengan potensi terbatas. Kondisi ini ditunjukkan dengan adanya sejumlah pemboran di daerah Ajikuning (daerah utara sisi timur pulau dekat perbatasan) dan Padaidi (sisi timur).

- Potensi sumber daya air permukaan.

Potensi sumber daya air permukaan di daerah penelitian ini sangat tergantung dengan air hujan, selain itu keberadaan air permukaan tersebut juga dipengaruhi oleh kondisi vegetasi setempat. Perbandingan antara citra Landsat 2003 dan Spot 2006 telah terjadi perubahan yang cukup intensif pada tutupan lahan di kedua pulau ini. Hal tersebut tentunya akan berpengaruh terhadap keberadaan sumber daya air permukaan yang ada (Tidak dibahas secara detail dalam tulisan ini).

Berkaitan dengan pemanfaatan sumber daya air permukaan pihak pemerintah setempat memang telah membangun dan merencanakan sejumlah dam seperti dam Sungai Bilal dan dam S. Bolong (Pulau Nunukan) serta dan dam Sepancang (Pulau Sebatik).

KESIMPULAN

Bahasan di atas menunjukkan bahwa bagi perencanaan pengembangan sumberdaya air khususnya pada Pulau Nunukan di sisi timur, pemanfaatan air tanah masih dimungkinkan, terutama untuk daerah-daerah yang terjangkau oleh jaringan PDAM. Untuk itu tentunya perlu dilihat kembali mengenai kualitas air yang ada.

Sedang pada Pulau Sebatik, pemanfaatan air tanah terutama pada sisi timur pulau lebih banyak dapat diharapkan pada air tanah bebas. Akibatnya perlu adanya penjagaan/konservasi vegetasi terutama pada daerah imbuhan (recharge) untuk air tanah tersebut.

Bagi pengembangan kedepan, tampaknya pemenuhan kebutuhan air bersih bagi kedua pulau ini lebih banyak di tentukan oleh pemanfaatan air permukaan dalam bentuk embung/dam. Di sisi lain, analisa citra satelit menunjukkan bahwa usaha-saha tersebut sangat dimungkinkan karena kondisi topografi dan geologi setempat.

DAFTAR PUSTAKA

A. Sanusi Halim, Sudirman Abdullah, Djadja Turdjaja, Sarino, 2004, Inventarisasi Dan Evaluasi Mineral Non Logam Di Kabupaten Bulungan Dan Nunukan, Provinsi Kalimantan Timur, Direktorat Inventarisasi Sumber Daya Mineral, Dirjen Geologi dan Sumber Daya Mineral, Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral, 13 hal.

Anonim, 2004, Kawasan Perbatasan, Kebijakan dan Strategi Nasional Pengelolaan Kawasan Perbatasan Antar negara di Indonesia, Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional Badan Perencanaan Pembangunan Nasional, 224 hal.

Bernard, J., 2003, Short Note On The Principles Of Geophysical Methods For Groundwater Investigations, www.iris-instruments.com, 8 p.

Hidayat, Amiruddin dan Satrianas, D, 1995, Geologi Lembar Tarakan dan Sebatik, Kalimantan, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.

Lillesand, T.M. and R.W. Kiefer, 1994, Remote Sensing and Image Interpretation, John Wiley & Sons Inc. New York, 642 p.

Meijerink, A.M., 2007, Remote Sensing Applications to Groundwater, UNESCO, France, 310 p.
Sabin, Floyd, F., 1997, Remote Sensing : Principles and interpretation, W.H Freeman & Co, New York, 494 p.

Triono, Untung, 2005, Inventarisasi Batubara Marginal Di Daerah Simenggaris Kabupaten Nunukan Provinsi Kalimantan Timur, Pemaparan Hasil Kegiatan Lapangan Subdit Batubara – 2005, Direktorat Inventarisasi Sumberdaya Mineral, ESDM, 8 hal.

Van Benmellen R.W, 1949, The Geology of Indonesia, Martinus Nijhoff The Hague, vol. IA.