

**PEMETAAN PREDIKSI LOKASI MINERAL URANIUM  
DENGAN CITRA LANDSAT 7 ETM+  
(STUDI KASUS : KABUPATEN KETAPANG, KALIMANTAN BARAT)**

**Kholid Noor Syamsa\*, Bangun Muljo Sukojo\*, M.Nurcahyadi\*, Kurnia Setiawan W \*\*,  
Sukentyas Estuti Siwi\*\*\***

\* Program Studi Teknik Geomatika ITS, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

\*\* Badan Tenaga Atom Nasional, Pusat Pengembangan Bahan Galian Nuklir, Lebak Bulus, Jakarta Selatan

\*\*\* Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional, Jalan Lapan, Pasar Rebo, Jakarta Timur

Email : lookhed\_syam@yahoo.com

**Abstrak**

*Mineral Uranium merupakan salah satu sumber energi alternatif yang selama ini belum maksimal pelayannya, dikarenakan keterbatasan data dan informasi cadangan mineral uranium, dengan menggunakan teknologi penginderaan jauh (remote sensing) dan survei geofisika diharapkan mampu menyediakan data spasial yang memadai dalam inventarisasi sumber cadangan.*

*Satelit yang mendukung penyediaan data spasial untuk pemetaan ini adalah LANDSAT 7 ETM+ yang menghasilkan citra multi band dan memiliki resolusi spasial 30x30 m dengan luas liputan 185 km. Dalam penelitian ini digunakan metode color composit untuk klasifikasi citra, dan menggabungkan data anomali radiometri batuan dari alat SPP2NF.*

*Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa mineralisasi U diduga terdapat pada satuan batuan malihan pinoh dan urat reolit, dengan nilai rata-rata anomali radiometri lapangan tertinggi 500 c/s dengan sebaran yang tidak merata, karakteristik seperti ini belum cukup untuk dijadikan sebagai daerah prospek uranium. Hasil yang didapatkan berupa peta prediksi mineral uranium daerah Ketapang, Kalimantan Barat.*

***Kata kunci : Mineral uranium, Anomali Radiometri, Landsat 7 ETM+, reolit, SPP2NF.***

**PENDAHULUAN**

Republik Indonesia merupakan bangsa yang mempunyai kekayaan sumber daya alam yang sangat melimpah dan beraneka ragam, seiring dengan meningkatnya pembangunan terutama pembangunan di sektor industri, pertumbuhan ekonomi dan pertumbuhan penduduk, kebutuhan akan energi listrik terus meningkat. Sampai saat ini, minyak bumi masih merupakan sumber energi yang utama dalam memenuhi kebutuhan energi di dalam negeri, dan semakin menipis. Sehingga perlu adanya diversifikasi pemanfaatan sumber energi primer lainnya, antara lain energi nuklir.

Pengelolaan energi nuklir selama ini kurang maksimal, karena *pro-kontra* dimana-mana

akibat tingkat resiko yang tinggi, juga tidak tersedianya data dan informasi mengenai potensi cadangan uranium wilayah Indonesia. Karena kurangnya data dan informasi tersebut menyebabkan potensi uranium tidak dapat dimanfaatkan secara optimal.

Dengan perkembangan teknologi terutama satelit LANDSAT 7 dan wilayah Indonesia yang begitu luas, penyediaan data dan informasi awal mengenai potensi uranium dapat diperoleh dengan metode penginderaan jauh (*remote sensing*). Sehingga lebih efektif dan efisien dalam menginventaris dan mengolah cadangan mineral uranium di wilayah Indonesia.

## Batasan Masalah

1. Penelitian dilakukan dengan menggunakan data citra satelit *Landsat7 ETM +* tahun 2002 dan 2003.
2. Objek penelitian diambil di daerah Ketapang dan sekitarnya – Kalimantan Barat, dengan koordinat  $1^{\circ}30'00'' - 2^{\circ}45'0''$  LS dan  $110^{\circ}15'00'' - 111^{\circ}15'00''$  BT
3. Objek yang ditentukan adalah mineral uranium

## Tujuan Penelitian

Tujuan daripada penelitian ini adalah untuk mengetahui prediksi lokasi mineral uranium dengan menggabungkan data citra satelit Landsat 7 ETM dan data anomali radiometri, dan memetakannya.

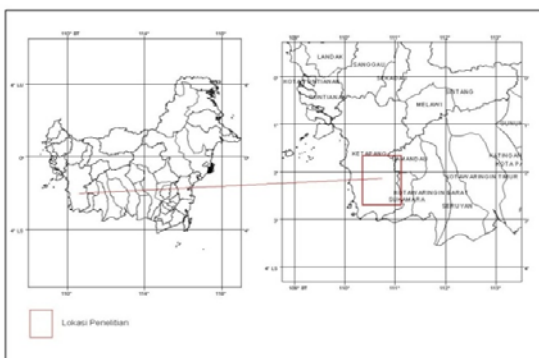
## Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah efisiensi dalam menginventarisasi dan pengolahan sumber daya alam di Indonesia terutama Uranium dan mineral radioaktif lainnya.

## METODOLOGI PENELITIAN

### Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini di daerah Ketapang dan sekitarnya, Kabupaten Ketapang, Propinsi Kalimantan Barat. Secara geografis daerah studi terletak pada  $1^{\circ}30'00'' - 2^{\circ}45'0''$  LS dan  $110^{\circ}15'00'' - 111^{\circ}15'00''$  BT.



**Gambar 1 Lokasi Penelitian**

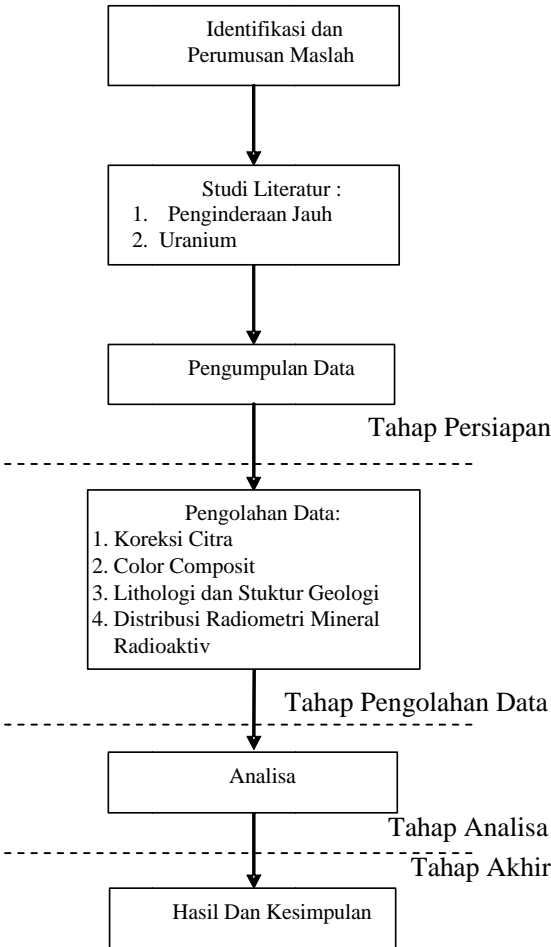
## Data

1. Citra satelit Landsat 7 ETM+ Kabupaten Ketapang dengan *path/row* 120/61 tanggal 05 Agustus 2002 dan 120/62 tanggal 28 Januari 2003 level 1G terkoreksi radiometrik dan geometrik, resolusi spasial 30m (multispektral) dan 15m (pankromatik), resolusi temporal 16 hari. Dari Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN).
2. Citra satelit Landsat 7 ETM+ *Ortho* Kabupaten Ketapang *path/row* 120/61 tanggal 14 Mei 2001 dan 120/62 tanggal 13 Agustus 1999. Untuk koreksi geometrik dengan *GCP*. Dari Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN).
3. Peta Geologi Regional tahun 1993 skala 1 : 250.000 dari Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi (P3G) yang sekarang bernama Pusat survey Geologi (PSG) sebagai data pembantu analisa struktur Geologi dan Lithologi pada citra ,
4. Peta Singkapan dan Radiometri tahun 1996/1997, skala 1 : 10.000 dan Peta Radiometri dan Kadar "U" Lumpur Mineral Berat Soil tahun 1996/1997 skala 1 : 10.000, Lokasi Ketapang Kalimantan Barat. dari Pusat Pengembangan Geologi Nuklir (PPGN) BATAN.
5. Laporan Akhir Inventarisasi sektor potensial U Riam, Ketapang Kalimantan Barat Tahapan Prospeksi Detil, Dari PPGN-BATAN tahun 1996.

## Peralatan

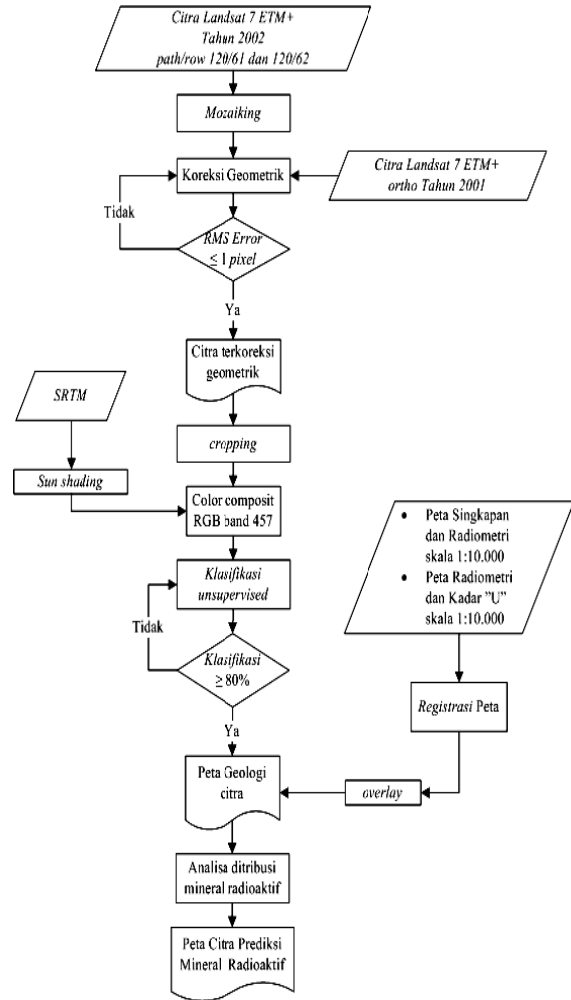
1. Personal komputer (PC).
2. *Software ER Mapper 7.1* untuk pengolahan citra.
3. *Software Arcview GIS 3.3* untuk analisa Citra dan pembuatan layout peta geologi dan peta citra.
4. *Software Matlab 7* untuk analisa sof
5. *Microsoft Word 2003* untuk penulisan laporan.
6. *Scanner* digunakan untuk menyiam peta Geologi dan Peta Radiometri hard copy menjadi data raster.

### Tahapan Penelitian



Gambar 2 Diagram Alir Kegiatan Penelitian

### Diagram Pengolahan Data



Gambar 3 Diagram Alir Pengolahan Citra

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Koreksi Geometrik

Hasil koreksi geometrik pada citra yang telah di mosaik diperoleh nilai rata-rata  $RMS_{error}$  sebesar 0,190, hal tersebut berarti bahwa pergeseran rata-rata setelah dilakukan rektifikasi adalah sebesar  $0,190 \times 30 \text{ m} = 5,7 \text{ m}$ , Nilai ini memenuhi batas toleransi yang disyaratkan untuk koreksi geometrik Citra Landsat 7 ETM+ dengan resolusi 30 m , toleransi kesalahan yang diperbolehkan adalah maksimal 1 piksel (30 m)

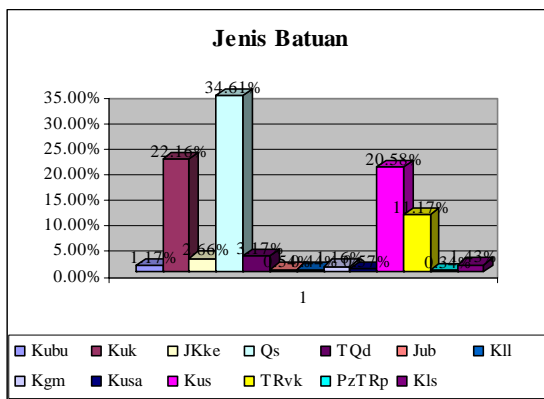
### Strength of Figure (SOF)

Nilai *SOF* yang diperoleh dari bentuk desain jaring diatas adalah sebesar 0.0005. Menurut ( Abidin, 2002 ) bahwa nilai *Strength of Figure* yang memenuhi syarat adalah kurang dari 1, artinya semakin kecil faktor bilangan *Strength of Figure* maka semakin baik pula konfigurasi jaringan dari jaring tersebut dan sebaliknya

## Klasifikasi citra

Berdasarkan hasil klasifikasi pada citra Batuan-batuan di daerah penelitian dapat dikelompokkan menjadi 13 satuan batuan, sbb :

1. Batuan Gunung api kerabai (Kuk)
2. Endapan Talus (Qs)
3. Komplek Ketapang (JKke)
4. Basal Bunga (Kubu)
5. Formasi Dohor (TQd)
6. Granit Baleban (Jub)
7. Granit Laur (Kll)
8. Granit Mandahan (Kgm)
9. Granit Sangiyang (Kusa)
10. Granit Sukadana (Kus)
11. Komplek Matan (TRvk)
12. Malihan Pinoh (PzTRp)
13. Tonalit Sepauk (Kls)



**Gambar 4 Diagram Luasan Jenis Batuan (Litology)**

## Uji Ketelitian

Uji ketelitian pemetaan satuan batuan adalah dengan membandingkannya dengan peta geologi yang telah di publikasikan dan dikeluarkan oleh lembaga yang berwenang, dalam hal ini PSG (Pusat Survei Geologi). Daerah yang bertampalan dengan satuan batuan yang sama dianggap akurat, sedangkan daerah yang tidak bertampalan dianggap tidak akurat.

Dari hasil uji ketelitian keseluruhan tersebut dapat disimpulkan bahwa telah memenuhi syarat klasifikasi yaitu lebih dari 80%, karena hasil uji ketelitian yang didapatkan adalah

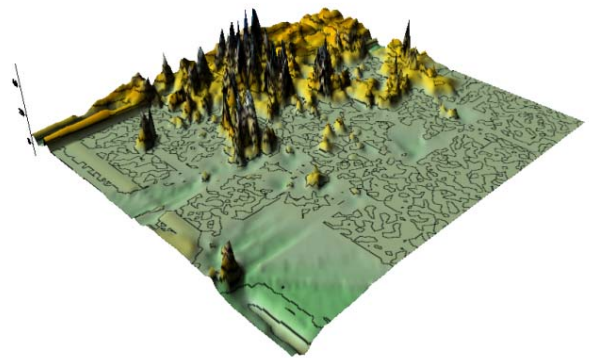
81%. Sehingga proses klasifikasi yang dilakukan sudah terkelaskan dengan benar.

**Tabel 1 Hasil Uji Ketelitian**

FORMASI	Luasan jenis batuan pada citra (Ha)	Luasan jenis batuan pada peta geologi (Ha)	Luas Tampilan (Ha)	% tampilan
Basal Bunga	14.263,59	13.464,68	12.637,30	94%
Batuan Gunungapi Kerabai	269.154,99	269.042,70	193.591,23	72%
Komplek Ketapang	32.295,92	30.532,62	21.352,80	70%
Endapan Talus	420.317,72	424.235,67	340.720,41	80%
Formasi Dahor	38.485,84	37.584,62	30.845,37	82%
Granit Baleban	6.584,21	6.754,49	5.752,82	85%
Granit Laur	5.338,80	5.354,32	4.945,45	92%
Granit Mandahan	14.117,40	16.723,48	13.664,46	82%
Granit Sangiyang	6.912,43	6.951,95	5.504,08	79%
Granit Sukadana	249.907,63	236.984,62	194.517,41	82%
Komplek Matan	135.616,09	128.663,28	106.864,59	83%
Malihan Pinoh	4.176,10	4.021,22	2.767,20	69%
Tonalit Sepauk	17.387,02	15.837,30	13.657,57	86%
			946.820,69	81%

## Geomorfologi

Berdasarkan data kontur dari *SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission)*, daerah penelitian di bagian utara termasuk daerah bermorfologi perbukitan sedang dengan ketinggian 5 - 50 m dari permukaan air laut dan kemiringan lereng 0,31°- 1,87°, batuan penyusun berupa granit, sedangkan di bagian selatan berupa dataran dengan ketinggian 2 - 5 m di atas permukaan laut, batuan penyusunnya berupa batu pasir, *tuff*, dan sedikit granit. Pada daerah ini mempunyai pola aliran sungai subdendritik,



**Gambar 5 Morfologi Daerah Penelitian**

## Struktur Geologi

Gejala tektonik sangat mempengaruhi daerah ini, baik sesar maupun kekar-kekar yang berukuran puluhan meter. Kekar yang di jumpai mempunyai arah yang bervariasi secara umum berarah Timur tenggara – Barat Barat laut, Utara Barat laut – Selatan Tenggara dan Barat laut – Tenggara. Sebagian kekar-kekar terisi urat *reolit* dan *kuarsa* dengan tebal 5 cm - 15 cm.

## Radiometri

Pengukuran radioaktivitas batuan dilakukan dengan detektor sinar gamma SPP 2 NF pada semua jenis batuan yang dijumpai di lapangan. Berdasarkan jenis batuan yang terdapat di daerah penelitian, dibuat evaluasi radiometrinya dan di ketahui radiometri tertinggi dari singkapan batuan seperti yang diuraikan di bawah ini (tabel 2).

Tabel 2. Kisaran Radiometri Batuan

No	Jenis	SIM	JML	Radiometri (CS)			Nmr contoh
				Lebar	Kisaran	Tinggi	
1	Granit porfir	hpt	49	20	200-500	50	40B
2	Granit		16	20	100-300	-	-
3	Reolit		4	30	300-1200	1200	35B
4	Urat Kuarsa		2	30	300-350	-	-
5	Andesit		2	150	150-450	450	84B
6	Batu pasir		9	150	150-250	-	-
7	Tuf		3	150	150-300	-	-

Berikut ini merupakan contoh analisa anomali radiometri dari beberapa sampel yang telah diambil, pada umumnya sampel diambil pada daerah aliran sungai, hal ini dilakukan karena untuk memudahkan melihat formasi batuan di daerah tersebut. Biasanya batuan tersingkap secara jelas tanpa tertutup oleh tanah yang tebal, sehingga tanpa harus menggali terlebih dahulu.

1. Anomali Kal.03/04/B/SM/96 (S.Buyuk)  
Terdapat pada granit porfir, tersingkap agak lapuk dengan luas  $\pm (2 \times 2.5) \text{ m}^2$ , Anomali radiometri sebesar 500 c/s (hanya satu titik), dan harga rata-rata dari anomali radiometri yang terdapat pada sungai buyuk sebesar 300 c/s, sehingga U dalam batuan tersebut tersebar merata.

2. Anomali Kal.03/45/B/SM/96 (S. Sekemabing)

Terdapat pada granit porfir, singkapan agak lapuk dengan luas  $\pm (1 \times 0.75) \text{ m}^2$ , Hasil analisis total batuan terambil 9.83 ppm U. Anomali radiometri terdapat hanya satu titik, yaitu sebesar 500 c/s, dan rata-rata nilai radiometrinya sebesar 250 c/s, diduga U dalam batuan tersebut tersebar tidak merata.

3. Anomali Kal.03/84b/B/SM/96 (S.Puduk)  
Terdapat pada batuan korok andesit dengan tebal 5 cm, luas singkapan  $\pm (3.5 \times 3) \text{ m}^2$ , Radiometri mencapai 450 c/s dengan kadar U mencapai 1.24 ppm, diduga radiometri bukan dari andesit tersebut, tetapi dari kontak antara andesit dengan granit porfir yang terakumulasi akibat larutan panas pada waktu pembentukan andesit, yang menyebabkan elemen U pada granit porfir terkumpul pada kontak kedua batuan tersebut.
4. Anomali Kal.03/35a/B/SM/96 (S.Sana)

Terdapat pada korok reolit, tebal 5 – 17 cm, luas singkapan  $\pm (2 \times 1.5) \text{ m}^2$ , Anomali radiometri tertinggi sebesar 1200 c/s, sedangkan radiometri rata – rata sebesar 500 c/s. Hasil analisis contoh batuan terambil 11.00 ppm U. Diduga radiometri dan kadar U tinggi disebabkan kandungan U terdapat pada urat reolit sebagai hasil dari larutan hidrotermal yang mengisi retakan.

## Geokimia

Analisis kadar U diambil dari beberapa contoh dari lumpur sungai, mineral berat, tanah dan batuan. Pengambilan contoh lumpur sungai pada sungai aktif di daerah penelitian berjumlah 333 contoh. Setelah di lakukan analisis geokimia U mobil diperoleh hasil kadar U berkisar antara (0,28 – 40,14 ppm). Pengambilan contoh mineral berat pada sungai aktif sebanyak 190 contoh, diperoleh kadar U berkisar antara (1,18 – 696,67 ppm). Pengambilan contoh tanah di lembah-lembah kering hulu sungai sebanyak 54 contoh, diperoleh kadar U berkisar antara (0,40 – 20,01 ppm). Sedangkan analisis kadar U total

batuan dilakukan terhadap 11 contoh, seluruhnya batuan beku terdiri dari 3 contoh granit porfir (5,04 – 20,05 ppm), 3 contoh granit (10,00 – 12,61 ppm), 3 contoh *reolit* (8,04 – 11,0 ppm) dan 2 buah contoh *andesit* (1,24 ppm) 1 contoh batu pasir *Tufaan* ( 4,05 ppm) dan 1 contoh *tuff* (10,04 ppm) kadar U tertinggi 20,05 ppm pada contoh granit porfir.

### Analisa Distribusi Mineralisasi U

Dari hasil klasifikasi citra diatas bahwa daerah ketapang sebagian besar merupakan dataran *alluvial*, Bagian timur mulai berangsur menjadi wilayah yang bergelombang, yang didominasi oleh batuan granit dan gunung api.

Menurut Basham et al. (1982) tipe batuan *biotit* yang favorabel dan tidak favorabel untuk uranium diklasifikasikan menjadi dua tipe yaitu tipe I dan tipe S, dari klasifikasi tersebut hanya tipe S yang merupakan granit *fertil* atau favorabel untuk uranium.

Dari klasifikasi pada citra dan data-data geologi (PUSLITBANG GEOLOGI) bahwa satuan batuan yang favorabel untuk uranium adalah satuan batuan malihan pinoh, karena citra komposit warna *band 457* menghasilkan korelasi spasial antara penutup vegetasi sedang dengan batuan yang memiliki rasio batu pasir sedang terhadap batu lumpur di mana deposit uranium berasosiasi, satuan ini mengandung sedikit *biotit* dan *hornblenda* dengan *Mg/Fe* yang rendah, disamping itu jenis batuan ini terjadi karena proses granitisasi dari batuan sedimen, dan terdapat rekahan yang biasanya mineral uranium terkumpul/cebakan didalamnya, uranium sebagai uraninit miskin thorium.

Sedangkan satuan batuan yang lainnya tergolong tipe I karena terjadi dari pembekuan magma, hal ini dapat dilihat dari banyak mengandung mineral *biotit*, *ilmenit*, *hematit*, *pirit*, *sfen*, *epidot* dengan *Mg/Fe* yang tinggi. sehingga satuan batuan yang lain selain malihan pinoh dikatakan tergolong granit *steril* dan uranium sebagai uraninit kaya thorium.

Mineral radioaktif yang terdapat di daerah ketapang antara lain berupa *kuarsa*, *k.feldspar*, *plagioklas*, *muskovit*, *biotit* dan mineral opak mineral-mineral tersebut umumnya berasosiasi dengan *pirit*, dan oksida besi. Sebaran lokasi anomali terdapat pada urat riolit dan tersebar pada batuan granit porfir. Selain itu beberapa mineralisasi juga terjadi pada rekahan-rekahan yang tidak menerus.

Dari sebaran mineralisasi tersebut dapat diinterpretasikan bahwa proses pembentukan dan keberadaan uranium dikontrol oleh dua faktor, yaitu kontrol litologi dan proses badan kontrol tektonik.

#### a) Kontrol Litologi

Mineralisasi U di Daerah Ketapang terdapat pada *lava* riolit. Pada litologi selain riolit umumnya memiliki nilai radioaktivitas rendah, yaitu pada batuan granit porfir, *tuff*, batu pasir, urat *kuarsa*, *andesit* dan granit. Batuan *piroklastik* yang merupakan anggota dari satuan batuan *riolit* juga tidak terdapat anomali radiometri.

Dari kenampakan lapangan yaitu kecepatan aliran sungai yang pada umumnya mengalir dengan kecepatan sedang, tidak ada material organik/sisa tumbuhan dalam contoh lumpur dan tidak ada kontaminasi. Maka anomali merupakan anomali murni.

#### b) Kontrol Tektonik

Keberadaan uranium pada rekahan/ kekar terjadi setelah proses *volkanisme riolit* dan masih terjadi proses *hidrotermal* menyebabkan rekahan terisi oleh mineral sekunder (*Ano Sana, Ano Padak*)

## KESIMPULAN

1. Hasil klasifikasi citra Landsat 7 ETM membagi litologi daerah Ketapang terdiri dari 13 satuan batuan yaitu : Satuan batuan gunung api kerabai 269.154,99 hektar, endapan talus 420.317,72 hektar, kompleks ketapang 32.295,92 hektar, basal bunga 14.263,59 hektar, granit baleban 6.584,21

- hektar, formasi dohor 38.485,84 hektar, granit laur 5.338,80 hektar, granit sukadana 249.907,63 hektar, kompleks matan 135.616,09 hektar, malihan pinoh 4.176,10 hektar, tonalit sepauk 17.387,02 hektar, granit sangiyang 6.912,43 hektar, granit mandahan 14.117,40 hektar. Sehingga dapat disimpulkan bahwa daerah ketapang sebagian besar merupakan daerah dengan dataran *alluvial*.
2. Koreksi geometrik pada citra yang telah di mozaik diperoleh nilai rata-rata  $RMS_{error}$  sebesar 0,190, sedangkan nilai  $SOF$  sebesar 0,0005. hasil uji ketelitian klasifikasi yang didapatkan adalah 81%. sehingga nilai tersebut memenuhi dari standar ketelitian yang di harapkan.
  3. Dilihat dari *SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission)* bagian utara termasuk daerah bermorfologi perbukitan sedang dengan ketinggian 5 - 50 m diatas permukaan air laut dan kemiringan lereng  $0,31^{\circ}$ -  $1,87^{\circ}$ , bagian selatan berupa dataran dengan ketinggian 2 – 5 m diatas permukaan laut.
  4. Daerah spekulatif mineral uranium *fertil* terdapat pada batuan malihan pinoh, hal ini dapat dilihat karena sedikit mengandung mineral *biotit* dan *muskovit* termasuk dalam kriteria *granitoid* seri *ilmenit*. Sedangkan untuk satuan batuan yang lain tergolong *granitoid* seri *magnetid* dalam hal ini mineral uranium bersifat *steril*.
  5. Karena sebagian besar satuan batuan tergolong *magnetid* maka daerah ketapang merupakan uranium sebagai uraninit kaya thorium.
  6. Anomali radiometri S. Buyuk (500 c/s), S. Sekamambing (250 c/s), S.Puduk (450 c/s), S. Sana (1200 c/s), dengan nilai anomali tertinggi 1200 c/s yang persebarannya tidak merata, daerah tersebut tidak dapat dijadikan sebagai daerah potensi mineral uranium.

## DAFTAR PUSTAKA

- Allum, J.A.E., 1966. Photogeology And Regional Mapping. Pergamon Press : Oxford
- Anonim, "Statistik Ekonomi Energi Indonesia 2004", Pusat Informasi Energi dan Sumber Daya Mineral, Jakarta, 2004.
- Anonim, \_\_, Landsat 7 Handbook, download dari [www.brsi.msu.edu](http://www.brsi.msu.edu)
- Anonim, 2001, Pemetaan Land Use Land Cover (LULC) dari Citra Penginderaan Jauh Landsat7 ETM+ untuk Wilayah Mamberamo dan Raja Ampat Provinsi Papua.
- Anonim, 2004. Modul/Utilitas pengolahan Data Satelit Penginderaan Jauh. Pare-pare.
- Blong, R.J., 1984. Volcanic Hazards : A Source Book O The Effects Of Eruption. Academic Press: Australia
- Danoedoro, P., 1996. pengolahan Citra Digital Teori dan Aplikasinya Dalam Bidang Penginderaan Jauh. Fakultas Geografi UGM. Yogyakarta
- Djalil, A., Sriyono, Sudarmadi, Sularto, P., 1996. Inventarisasi Sektor Potensial U Riam, Ketapang, Kalimantan Barat, Tahapan Prospeksi Detil. BATAN. Jakarta
- Heinrich E.Wm., 1958. Mineralogy and Geology of Radioactive Raw Material. Mc GRAW-Hill Book Company, inc. New York.
- Laksito, D., 1993. Skripsi Penggunaan Citra Radar (SAR) Band X untuk Pemetaan Geologi Daerah Kalitudu dan Sekitarnya Kab. Bojonegoro. Fakultas Geografi UGM. Yogyakarta
- Lillesand, T.M & Kiefer, R.W., 1990, Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra (terjemahan), Yogyakarta: Fakultas Geografi UGM.
- Munir, 1996. Geologi dan Minerology Tanah. Pustaka Jaya. Jakarta.
- Paine D.P., 1992, Fotografi Udara dan Penafsiran Citra Untuk Pengolahan Sumber Daya

- (terjemahan). Yogyakarta: Fakultas Kehutanan UGM.
- Purbowaseso, B. dan Sutanto. 1996. Penginderaan Jauh Terapan (terjemahan). Penerbit :Universitas Indonesia.
- Pearl R.M., 1955. How to Know the Mineral and Rocks. Mc GRAW-Hill Book Company,inc. New York.
- Ramadana, T. M., El Mongy, S. A . and. Salah El Deina, S, Journal of Exploration For Uranium And Thorium Mineralizations At Wadi Um Laseifa Area, Central Eastern Desert, Egypt: Using Remote Sensing Technique.
- Sinkankas J., 1964. Mineralogy for Amateurs. D.Van Nostrand Company.Inc. New Jersey.
- Sutanto, 1986, Penginderaan Jauh Jilid 1 dan 2, Gadjah Mada University Press: Yogyakarta
- Sutoto. 1995. Intepretasi Citra untuk Survei Geologi. Fakultas Geografi UGM-Bakosurtanal. Yogyakarta
- Syarbaini, 2004, Analysis Technique of Enviromental Radioactivity Samples, Jakarta.
- Widodo M., 1995, Klasifikasi Granitoid Dan Kaitannya Dengan Eksplorasi Uranium, Jakarta : PPGN BATAN
- [www.geoambiente.com.br/images/Documentos/Mineral\\_Exploration.pdf](http://www.geoambiente.com.br/images/Documentos/Mineral_Exploration.pdf) -
- [www.world-nuclear.org/info/inf02.html](http://www.world-nuclear.org/info/inf02.html)  
Dikunjungi pada tanggal 9 Agustus 2007 jam 12.30
- [www.bppt.go.id/](http://www.bppt.go.id/) Dikunjungi pada tanggal 18 Agustus 2007 jam 21.00
- [www.tekmira.esdm.go.id/html/Pemanfaatan Data Citra Landsat Dan Digital Elevation Model Dalam Analisis Morfometrik Tiga Dimensi Untuk Arahan Penataan Lahan Usaha Tambang.html](http://www.tekmira.esdm.go.id/html/Pemanfaatan_Data_Citra_Landsat_Dan_Digital_Elevation_Model_Dalam_Analisis_Morfometrik_Tiga_Dimensi_Untuk_Arahan_Penataan_Lahan_Usaha_Tambang.html) Dikunjungi pada tanggal 18 Agustus 2007 jam 20.30.
- Yustinus Suyatno Y, 2002. Catatan Kuliah petrografi. ITB. Bandung.





