



**PEMANFAATAN CITRA LANDSAT 8 UNTUK PEMETAAN
POTENSI MINERALISASI EMAS DI KABUPATEN
TAPANULI SELATAN, SUMATERA UTARA**

SKRIPSI

Oleh

**Shofitri Zuhannisa'
NIM 141810201010**

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2018**



**PEMANFAATAN CITRA LANDSAT 8 UNTUK PEMETAAN
POTENSI MINERALISASI EMAS DI KABUPATEN
TAPANULI SELATAN, SUMATERA UTARA**

SKRIPSI

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan studi pada Program Studi Fisika (S-1) dan mencapai gelar Sarjana Sains

Oleh

Shofitri Zuhannisa'
NIM 141810201010

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2018**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk :

1. Kedua orang tua tercinta, bapak Muh.Sho'im dan ibu Siti Nurunnikmah, terimakasih atas do'a, kasih sayang, perhatian dan pengorbanan yang telah diberikan, semoga Allah SWT. selalu melindungi mereka;
2. kedua adik tersayang, Isnaini Nuril Fahmi dan Rahma Ramadhani;
3. guru-guruku baik formal maupun non formal;
4. almamater Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember.

MOTO

Demi masa! Sesungguhnya manusia berada dalam kerugian. Kecuali orang-orang yang beriman dan mengerjakan kebajikan serta saling menasihati untuk kebenaran dan saling menasihati untuk kesabaran
(terjemahan *Surat Al-Ashr* ayat 1-3)^{*)}

Gantungkan cita-citamu setinggi langit! Bermimpilah setinggi langit. Jika engkau jatuh, engkau akan jatuh diantara bintang-bintang
(Ir. Soekarno)^{**)}



^{*)} Kementerian Agama Republik Indonesia. 2012. *At-Thayyib: Al-Qur'an Transliterasi Per Kata dan Terjemahan Per Kata*. Jakarta : Cipta Bagus Segara.

^{**)} Zaluchu, F. 2014. *Bermimpilah Terus Bersekolah*. Medan : Indomedia Press.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Shofitri Zuhannisa'

NIM : 141810201010

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul "Pemanfaatan Citra Landsat 8 untuk Pemetaan Potensi Mineralisasi Emas di Kabupaten Tapanuli Selatan, Sumatera Utara" adalah benar-benar karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Penelitian ini merupakan bagian dari penelitian bersama dosen dan mahasiswa dan hanya dapat dipublikasikan dengan mencantumkan nama dosen pembimbing.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, November 2018

Yang menyatakan,

Shofitri Zuhannisa'

NIM 141810201010

SKRIPSI

**PEMANFAATAN CITRA LANDSAT 8 UNTUK PEMETAAN
POTENSI MINERALISASI EMAS DI KABUPATEN
TAPANULI SELATAN, SUMATERA UTARA**

Oleh

**Shofitri Zuhannisa'
NIM 141810201010**

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Bowo Eko Cahyono, S.Si., M.Si., Ph.D.

Dosen Pembimbing Anggota : Nurul Priyantari, S.Si., M.Si.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Pemanfaatan Citra Landsat 8 untuk Pemetaan Potensi Mineralisasi Emas di Kabupaten Tapanuli Selatan, Sumatera Utara”, karya Shofitri Zuhannisa’ telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal :

tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas
Jember

Tim Penguji:

Ketua,

Anggota I,

Bowo Eko Cahyono, S.Si., M.Si., Ph.D.

Nurul Priyantari, S.Si., M.Si.

NIP. 19720210 199802 1 001

NIP. 19700327 199702 2 001

Anggota II,

Anggota III,

Dr. Edy Supriyanto, S.Si., M.Si.

Agung T. Nugroho, S.Si., M.Phil., Ph.D.

NIP. 19671215 199802 1 001

NIP. 19681219 199402 1 001

Mengesahkan

Dekan FMIPA Universitas Jember,

Drs. Sujito, Ph.D.

NIP. 19610204 198711 1 001

RINGKASAN

Pemanfaatan Citra Landsat 8 untuk Pemetaan Potensi Mineralisasi Emas di Kabupaten Tapanuli Selatan, Sumatera Utara; Shofitri Zuhannisa', 141810201010; 2018; 65 halaman; Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Kabupaten Tapanuli Selatan, Sumatera Utara secara geologi merupakan daerah vulkanik tua dan disertai dengan adanya sesar yang mengindikasikan adanya batuan teralterasi hidrotermal yang dapat menjadi salah satu indikator potensi keberadaan logam salah satunya emas. Emas merupakan bahan galian tambang yang banyak dinikmati oleh masyarakat. Keberadaan emas saat ini banyak dimanfaatkan sebagai perhiasan, campuran mata uang, medali, dan sebagai media investasi. Secara geologi, emas merupakan mineral logam yang berkaitan erat dengan proses magmatik dan lingkungan pembentukannya berada di dalam batuan vulkanik. Kegiatan eksplorasi emas saat ini banyak dilakukan dengan metode pemetaan lapang, akan tetapi metode tersebut mempunyai kendala dimana memerlukan biaya, energi, dan waktu yang relatif tinggi. Oleh karena itu, diperlukan metode untuk memudahkan eksplorasi emas di Tapanuli Selatan, Sumatera Utara salah satunya yakni dengan penginderaan jauh.

Tujuan dari penelitian ini adalah melakukan pemetaan lokasi potensi mineralisasi emas di Kabupaten Tapanuli Selatan, Sumatera Utara, dengan cara mengetahui zona alterasi hidrotermal dan *lineament* (kelurusan) yang ada di lokasi penelitian. Setelah didapatkan lokasi potensi mineralisasi emas, maka dilakukan pengukuran terhadap luasan wilayah yang diketahui mengandung mineralisasi emas di Kabupaten Tapanuli Selatan, Sumatera Utara.

Metode dalam penelitian ini menggunakan metode penisbahan saluran (*band ratios*) yaitu metode membagi nilai *Digital Number* (DN) suatu *band* dengan nilai DN *band* yang lain untuk memperjelas kenampakan suatu objek dipermukaan yang sulit atau tidak dapat dilihat oleh *band* tunggal. Metode *band ratios* dalam penelitian ini digunakan untuk memperoleh zona alterasi

hidrotermal. Selain zona alterasi, dilakukan juga ekstraksi *lineament* untuk memperoleh *lineament* (kelurusan). Penelitian ini memanfaatkan teknologi penginderaan jauh dengan memanfaatkan data citra Landsat 8.

Hasil penelitian ini diperoleh beberapa wilayah yang terdapat potensi mineralisasi emas yang tersebar di tujuh kecamatan berbeda di Kabupaten Tapanuli Selatan, yakni di Kecamatan Batang Toru, Kecamatan Angkola Sangkunur, Kecamatan Sipirok, Kecamatan Angkola Timur, Kecamatan Aekbilah, Kecamatan Batang Angkola, dan Kecamatan Sayurmatinggi. Lokasi-lokasi yang berhasil dipetakan tersebut melengkapi lokasi potensi mineralisasi emas yang pernah dipetakan oleh Harahap dan Danoedoro (2016) serta data bahan tambang emas dari Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Tapanuli Selatan. Berdasarkan pemetaan potensi mineralisasi emas yang telah dilakukan, maka dapat diketahui luasan wilayah yang terdapat potensi mineralisasi emas dengan membuat *polygon area*. Luasan potensi mineralisasi emas ini dihitung luasan total di setiap kecamatannya. Maka didapatkan luas total potensi mineralisasi emas di Kecamatan Batang Toru adalah 6,10 km², di Kecamatan Sipirok seluas 0,69 km², di Kecamatan Aekbilah seluas 0,32 km², di Kecamatan Angkola Sangkunur seluas 0,27 km², di Kecamatan Sayurmatinggi seluas 0,14 km², di Kecamatan Angkola Timur seluas 0,07 km², dan yang paling kecil di Kecamatan Batang Angkola yakni seluas 0,03 km². Berdasarkan luasan tersebut, diperoleh kesimpulan bahwa potensi mineralisasi emas di Kabupaten Tapanuli Selatan yang paling luas terdapat di Kecamatan Batang Toru. Keberadaan potensi mineralisasi emas yang besar di Kecamatan Batang Toru tersebut juga ditunjukkan dengan adanya aktivitas pertambangan emas resmi yang beroperasi di wilayah Batang Toru.

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT. atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pemanfaatan Citra Landsat 8 untuk Pemetaan Potensi Mineralisasi Emas di Kabupaten Tapanuli Selatan, Sumatera Utara”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S-1) pada Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada :

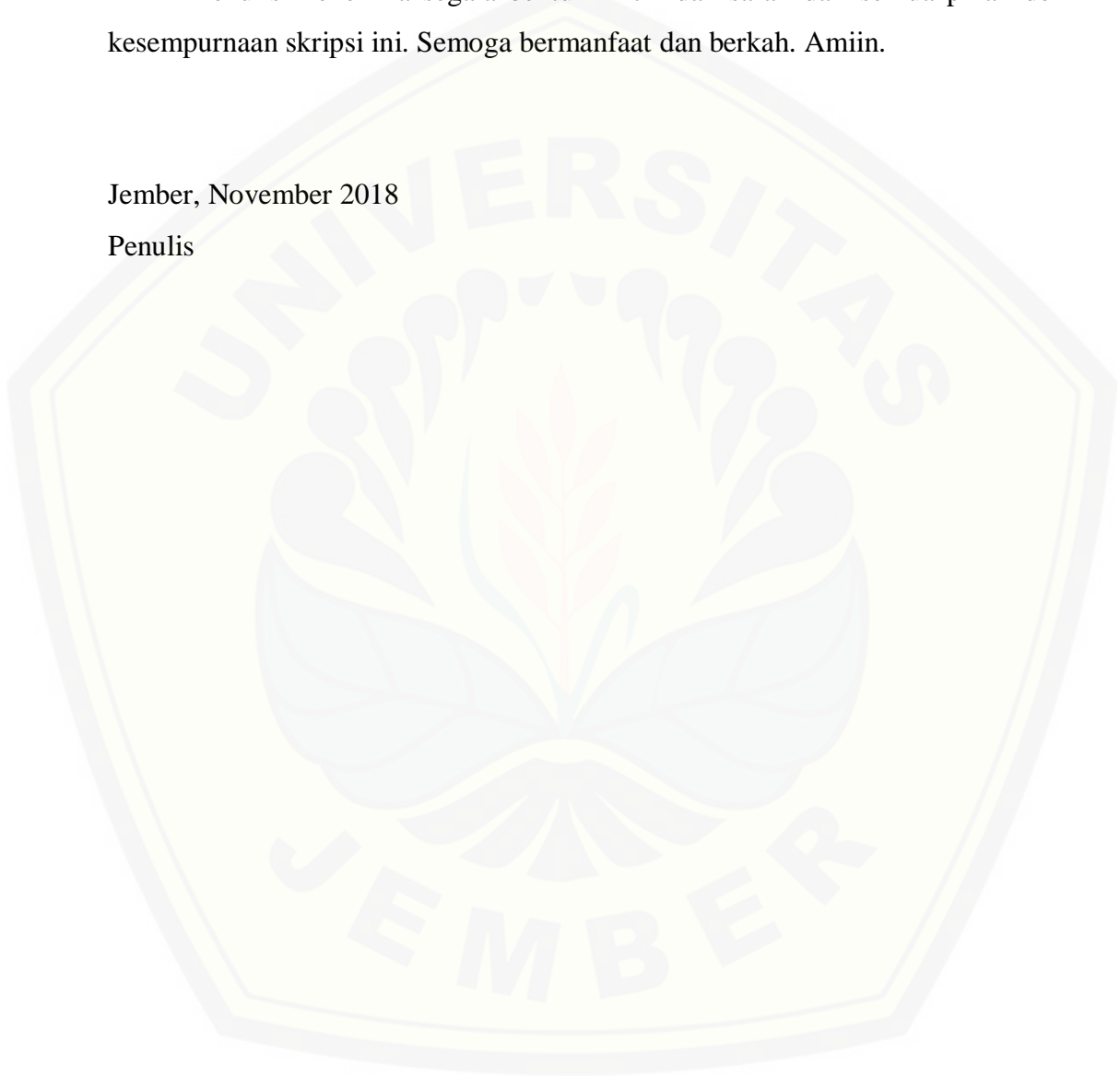
1. Bowo Eko Cahyono, S.Si., M.Si., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing Utama dan Nurul Priyantari, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Anggota sekaligus Dosen Pembimbing Akademik yang telah meluangkan waktu, pikiran serta perhatiannya dalam membimbing penulisan skripsi ini;
2. Dr. Edy Supriyanto, S.Si., M.Si., dan Agung Tjahjo Nugroho, S.Si., M.Phil., Ph.D., selaku Dosen Penguji yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan kritik dan saran untuk penulisan skripsi ini;
3. Segenap dosen dan karyawan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;
4. Bapak Drs. K.H. Hamam, M.Hi. dan Ibu Nyai Hj. Isniatul Ulya selaku pengasuh PPM. Al-Husna yang telah memberikan ilmu, bimbingan, dan do'a selama penulis menjadi santri.
5. Kedua sepupu tercinta, Mas Tegar Setia Budi dan Mas Teguh Dwi Sholihuddin yang telah memberikan dukungan, do'a serta bantuan selama ini;
6. Sahabat-sahabatku tercinta, “*Nine Girls*” (Yossika, Zakiyah, Ismuna, Binti, Ella, Laily, Alfia dan Asih) yang telah memberikan dukungan, keceriaan, bantuan, do'a dan pengalaman yang menakjubkan.
7. Tim *remote sensing* 2018 (Faiz, Ira, Nindi, Ulfa) yang telah memberikan bantuan serta masukan selama proses penelitian;
8. Teman-teman seperjuangan Jurusan Fisika angkatan 2014 (Graphytasi'14) yang tercinta;

9. Kawan-kawanku LPMM ALPHA yang telah memberikan banyak pelajaran berharga dan membuat penulis menjadi lebih bermanfaat;
10. Teman-temanku kamar i4 (Khuzaimah, Dian, Titik, Sholik) yang tersayang;
11. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menerima segala bentuk kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Semoga bermanfaat dan berkah. Amiin.

Jember, November 2018

Penulis



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PENGESAHAN	iv
RINGKASAN	vi
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah	5
1.4 Tujuan	5
1.5 Manfaat	5
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Kondisi Geografi	6
2.2 Mineral Emas	7
2.3 Alterasi Hidrotermal	8
2.4 <i>Lineament</i>	9
2.5 Gelombang Elektromagnetik	10
2.6 Penginderaan Jauh	12
2.6.1 Teknik Penginderaan Jauh.....	13
2.6.2 Sistem Energi Penginderaan Jauh.....	15
2.7 Konsep Resolusi	16
2.8 Citra Satelit	17
2.8.1 Citra Landsat	17

2.8.2 Karakteristik Landsat 8	18
2.9 Koreksi Citra	19
2.10 Band Ratios.....	20
2.11 Peta Rupa Bumi	21
BAB 3. METODE PENELITIAN.....	22
3.1 Rancangan Penelitian	22
3.2 Jenis dan Sumber Data.....	23
3.3 Definisi Operasional Variabel	24
3.3.1 Variabel Bebas	24
3.3.2 Variabel Terikat.....	24
3.4 Kerangka Pemecahan Masalah	25
3.5 Prosedur Penelitian.....	26
3.5.1 Tahap Persiapan	26
3.5.2 Tahap Pengolahan	27
3.6 Metode Analisa Data.....	28
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	29
4.1 Perolehan dan Seleksi Data	29
4.2 Koreksi Geometrik dan Radiometrik	30
4.2.1 Koreksi Geometrik	30
4.2.2 Koreksi Radiometrik	31
4.3 Alterasi Hidrotermal	33
4.4 Lineament	35
4.5 Pemetaan Potensi Mineralisasi Emas.....	37
4.6 Tutupan Lahan dan Jenis Batuan di Lokasi Potensi Mineralisasi Emas	42
4.6.1 Tutupan Lahan	42
4.6.2 Jenis Batuan.....	43
4.7 Sebaran Luasan Potensi Mineralisasi Emas	46
BAB 5. PENUTUP	47
5.1 Kesimpulan	47
5.2 Saran	47

DAFTAR PUSTAKA	48
LAMPIRAN	53



DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Spesifikasi sensor Landsat 8.....	19
4.1 Luasan potensi mineralisasi emas di Kabupaten Tapanuli Selatan	46



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Wilayah Tapanuli Selatan	6
2.2 Kelurusan (garis merah) pada citra Landsat 8 komposisi <i>band</i> RGB 567 di Kabupaten Mamuju, Sulawesi Barat.....	10
2.3 Gelombang elektromagnetik	10
2.4 Spektrum gelombang elektromagnetik	12
2.5 Sistem penginderaan jauh	14
2.6 Sistem sensor	15
2.7 Reflektansi dari mineral alterasi hidrotermal	21
3.1 Rancangan penelitian	22
3.2 Kerangka pemecahan masalah	25
4.1 Citra Landsat 8 <i>Full Scene</i>	30
4.2 Keterangan GCP citra Landsat 8 pada metadata.....	31
4.3 Citra Landsat 8 <i>true color</i> (RGB 432) sebelum koreksi radiometrik	32
4.4 Citra Landsat 8 <i>true color</i> (RGB 432) setelah koreksi radiometrik	33
4.5 Peta alterasi Kabupaten Tapanuli Selatan	34
4.6 <i>Overlay lineament</i> ekstraksi dengan <i>lineament</i> peta geologi	36
4.7 <i>Overlay lineament</i> dengan alterasi	38
4.8 Peta potensi mineralisasi emas di Kabupaten Tapanuli Selatan	39
4.9 Potensi mineralisasi emas di Kecamatan Batang Toru	41
4.10 Tutupan lahan di lokasi yang terdapat potensi mineralisasi emas di Kecamatan Batang Toru	42
4.11 Geologi jenis batuan di lokasi yang berpotensi terdapat mineralisasi emas di Kecamatan Batang Toru	44

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
4.1 Metadata citra Landsat 8.....	53
4.2 Potensi Mineralisasi Emas di Kecamatan Angkola Sangkunar, Aekbilah, Sipirok, Angkola Timur, Batang Angkola dan Sayurminatingi.....	58
4.3 Data BPS untuk Jenis, Lokasi, Dan Kegunaan Bahan Tambang Menurut Jenis Bahan Tambang Di Kab. Tapanuli Selatan, 2015	61
4.4 Peta Rupabumi Indonesia Penutup Lahan Kabupaten Tapanuli Selatan	62
4.5 Tutupan Lahan di Lokasi yang Terdapat Potensi Mineralisasi Emas di Kecamatan.....	63
4.6 Peta Geologi Lembar Padangsidempuan dan Sibolga	64
4.7 Batuan di Daerah Potensi Mineralisasi Emas	65

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pulau Sumatera merupakan salah satu pusat tambang emas tertua di Nusantara. Jalur emas Sumatera berhimpitan dengan garis patahan karena adanya peristiwa geologi, sehingga sepanjang bukit barisan di Pulau Sumatera memiliki potensi emas yang melimpah. Sebagian besar emas epitermal terakumulasi pada daerah busur magmatik. Salah satu daerah yang terdapat pada jajaran busur magmatik adalah Kabupaten Tapanuli Selatan, Sumatera Utara (Harahap dan Danoedoro, 2016). Kabupaten Tapanuli Selatan secara geologi merupakan daerah vulkanik tua dan disertai dengan adanya sesar yang mengidentifikasi adanya batuan teralterasi hidrotermal. Adanya batuan teralterasi hidrotermal dapat menjadi salah satu indikator potensi keberadaan mineral logam salah satunya emas (Wiguna, 2012).

Emas merupakan mineral logam yang berkaitan erat dengan proses magmatik. Lingkungan pembentukannya yang berada di dalam batuan vulkanik (*volcanic heasted rocks*) sering ditemukan di berbagai endapan. Endapan emas dalam batuan vulkanik pada umumnya terdapat dalam bentuk urat-urat tipis sebagai penyusupan larutan air panas (*hydrothermal*) yang mengandung mineral ke celah-celah, kemudian karena proses pendinginan, terjadi pengendapan di celah tersebut. Batuan vulkanik yang menjadi tempat dari endapan tersebut biasanya terdiri dari breksi kemudian berinteraksi dengan lava, sehingga menghasilkan intrusi. Intrusi ini menyebabkan terbentuknya retakan/celah-celah di sekitar zona intrusi (Paraditya dan Purwanto, 2012).

Secara ekonomis emas merupakan bahan galian tambang yang banyak dinikmati oleh masyarakat. Mayoritas keberadaan emas saat ini dimanfaatkan sebagai perhiasan, bahan kosmetik, campuran mata uang, dan media investasi. Keberadaan emas sangat berharga, akan tetapi ketersediaannya di alam relatif sedikit. Oleh karena itu, teknologi dalam proses penambangan emas terus dikembangkan agar eksplorasi emas dapat lebih efektif dan efisien (Harahap dan Danoedoro, 2016).

Kegiatan eksplorasi tambang khususnya tambang emas saat ini banyak dilakukan dengan metode pemetaan geologi, parit uji, dan metode geokimia tanah/endapan sungai yang dimaksudkan untuk mengetahui kondisi geologi lokal, melokalisir penyebaran dan menafsirkan model/tipe pembentukan emas di wilayah kajian (Tampubolon, 2006). Eksplorasi yang dilakukan tersebut mempunyai kendala yaitu pada tahap pemetaan lapangan memerlukan biaya, energi, dan waktu yang relatif tinggi. Melihat kendala tersebut, saat ini terus dikembangkan metode untuk memudahkan eksplorasi emas termasuk teknologi penginderaan jauh (Harahap dan Danoedoro, 2016).

Penginderaan jauh (*remote sensing*) merupakan ilmu atau seni untuk mendapatkan informasi tentang suatu obyek, daerah, atau fenomena melalui analisis data yang diperoleh dengan suatu alat tanpa kontak langsung dengan obyek, daerah, atau fenomena yang dikaji (Lillesand dan Keifer, 1997). Teknologi penginderaan jauh atau yang juga disebut dengan inderaja, kini semakin berkembang melalui kehadiran berbagai satelit dengan berbagai misi dan teknologi sensor. Aplikasi satelit penginderaan jauh telah mampu memberikan data/informasi tentang sumberdaya alam daratan dan sumberdaya alam kelautan secara teratur dan periodik (Martono, 2008).

Teknologi penginderaan jauh yang digunakan untuk memetakan potensi mineralisasi emas tidak lepas dari pemahaman mengenai kondisi geologi daerah kajian. Selain itu, struktur geologi yang juga menjadi pertimbangan dalam penentuan lokasi mineralisasi emas adalah *lineament* (kelurusan) dan patahan/sesar. Pola-pola *lineament* yang ada dapat menunjukkan adanya zona alterasi. Pada zona alterasi inilah terjadi perubahan komposisi mineral batuan. Perubahan komposisi mineral dapat terjadi dari proses kimia maupun dari pengaruh proses magmatisme. Pada zona alterasi umumnya terdapat potensi mineralisasi emas, terutama yang terletak pada daerah patahan dan batuan terobosan (Paraditya dan Purwanto, 2012). *Lineament* terutama patahan menjadi faktor dominan dalam pembentukan emas karena patahan merupakan jalur mengalirnya fluida hidrotermal ke permukaan. Faktor geologi lain yang juga mempunyai kontrol penting dalam kaitannya dengan mineralisasi emas adalah

litologi (batuan). Litologi menjadi penting karena fluida hidrotermal yang naik ke permukaan akan memilih zona-zona litologi yang cenderung lemah sehingga relatif mudah ditembus (Wiguna, 2012).

Penelitian sebelumnya yang membahas mengenai pemetaan potensi mineralisasi emas menggunakan teknologi penginderaan jauh adalah Paraditya dan Purwanto (2012). Mereka melakukan pemetaan potensi mineralisasi emas di kawasan Gunung Dodo, Kabupaten Sumbawa, Nusa Tenggara Barat dengan menggunakan citra Landsat 7 ETM+. Metode penginderaan jauh yang diterapkan dalam penelitian tersebut yaitu metode penisbahan saluran (*band ratios*) yang digunakan untuk mengetahui zona alterasi. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa pengolahan citra digital dan interpretasi visual pada citra Landsat 7 ETM+ cukup baik untuk memperoleh data geologi, zona alterasi, kelurusan (*lineament*) dan geomorfologi. Namun, penelitian tersebut masih menggunakan citra Landsat 7 ETM+ yang hanya memiliki 8 *band*, dimana saat ini telah ada citra Landsat generasi terbaru yakni Landsat 8 yang memiliki 11 *band*, sehingga kualitas citra semakin bagus.

Penelitian lain mengenai pemetaan potensi mineralisasi emas juga telah dilakukan oleh beberapa orang. Wiguna (2012), melakukan penelitian mengenai sebaran potensi emas epitermal di Cibalong, Pandeglang, Banten. Citra yang digunakan dalam penelitian tersebut yaitu citra ASTER. Metode yang digunakan dalam penelitian tersebut yaitu metode *band ratios* dan *Direct Principal Component Analysis* (DPCA) untuk memetakan zona alterasi, serta *Weights of Evidence* untuk melihat asosiasi spasial antara emas epitermal dengan litologi dan struktur geologi (patahan). Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa ketiga lokasi potensi emas epitermal yang telah terpetakan berada di dalam dan di luar area Kuasa Pertambangan (KP) eksploitasi. Namun, metode yang digunakan dalam penelitian Wiguna tersebut memiliki proses yang panjang.

Harahap dan Danoedoro (2016), juga melakukan penelitian mengenai pemetaan potensi keberadaan emas epitermal dengan memanfaatkan data citra Landsat 8 OLI dan SRTM 30 meter di sebagian Kabupaten Tapanuli Selatan, Sumatera Utara. Metode yang digunakan dalam penelitian tersebut yaitu

menggunakan metode *fuzzy logic* dimana zona alterasi, struktur geologi, batuan (litologi), dan bentuk lahan digunakan sebagai input datanya. Penggunaan metode *fuzzy logic* mampu memberikan informasi potensi keberadaan emas epitermal dengan tingkat keakuratan dari model zonasi alterasi hidrotermal yaitu sebesar 80 persen. Kelemahan dalam penelitian Harahap dan Danoedoro ini yakni tidak mampu menghasilkan zona alterasi secara langsung, karena zona alterasi dalam penelitian tersebut diketahui berdasarkan interpretasi visual melalui analisis pendekatan litologi, bentuk lahan, dan struktur geologi. Selain itu, Harahap dan Danoedoro hanya memetakan potensi mineralisasi emas hanya di sebagian Kabupaten Tapanuli Selatan saja, tidak mencakup seluruh wilayah Kabupaten Tapanuli Selatan.

Pada penelitian ini, penulis melakukan pemetaan terhadap potensi mineralisasi emas di Kabupaten Tapanuli Selatan, Sumatera Utara dengan melihat adanya alterasi hidrotermal dan *lineament* (kelurusan) di lokasi penelitian. Alterasi hidrotermal dalam penelitian ini dapat diketahui keberadaannya dengan menggunakan metode penisbahan saluran (*band ratios*). Metode penisbahan saluran (*band ratios*) dapat digunakan secara langsung dalam memperoleh zona alterasi hidrotermal. Mengacu pada penelitian yang pernah dilakukan oleh Putra, dkk. (2017), zona alterasi hidrotermal yang diperoleh dari proses *band ratios* didasarkan pada rona/warna yang terlihat pada citra hasil pengolahan. Data citra satelit yang digunakan adalah citra Landsat 8. Citra Landsat 8 digunakan untuk mengekstrak informasi mengenai zona alterasi dan *lineament* (kelurusan) dengan berbagai pengolahan citra digital.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pemetaan lokasi potensi mineralisasi emas di Kabupaten Tapanuli Selatan, Sumatera Utara dengan citra Landsat 8 menggunakan metode *band ratios* ?

2. Berapa luasan daerah yang dapat diketahui berpotensi mengandung mineralisasi emas di Kabupaten Tapanuli Selatan, Sumatera Utara?

1.3 Batasan Masalah

Penelitian pemanfaatan citra Landsat 8 untuk pemetaan potensi mineralisasi emas di Kabupaten Tapanuli Selatan, Sumatera Utara dibatasi pada hal-hal berikut ini :

1. Metode transformasi yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan metode penisbahan saluran (*band ratios*);
2. Kelurusan (*lineament*) yang digunakan dalam mengidentifikasi potensi mineralisasi emas adalah *lineament* yang terletak di zona alterasi.

1.4 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian pemanfaatan citra Landsat 8 untuk pemetaan potensi mineralisasi emas di Kabupaten Tapanuli Selatan, Sumatera Utara adalah:

1. Melakukan pemetaan lokasi potensi mineralisasi emas di Kabupaten Tapanuli Selatan, Sumatera Utara dengan citra Landsat 8 menggunakan metode *band ratios*;
2. Mengetahui luasan daerah yang diketahui mengandung mineralisasi emas di Kabupaten Tapanuli Selatan, Sumatera Utara.

1.5 Manfaat

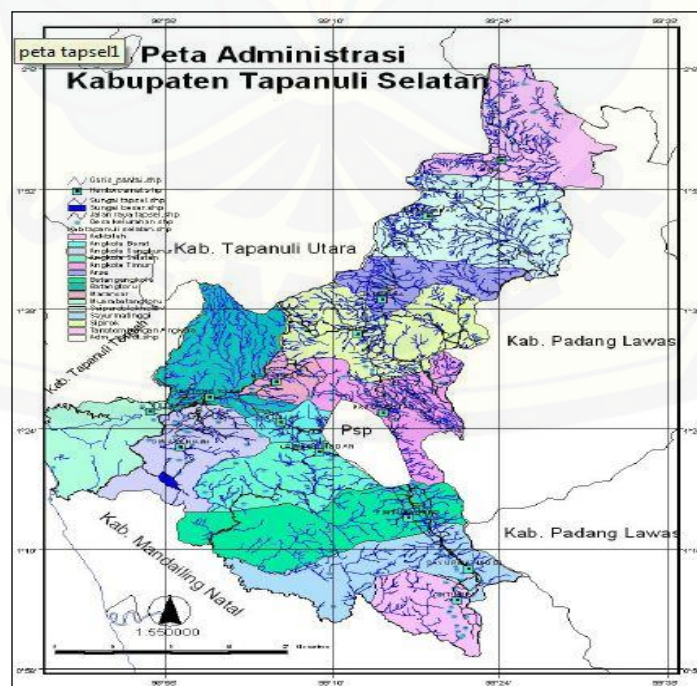
Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan pengetahuan tambahan mengenai pemanfaatan teknologi penginderaan jauh untuk memetakan potensi mineralisasi emas;
2. Dapat membantu eksplorasi dalam bidang pertambangan emas dengan memberikan informasi secara cepat dalam penentuan lokasi potensi mineralisasi emas sehingga dapat diolah secara tepat dengan tidak merusak alam.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kondisi Geografi

Kabupaten Tapanuli Selatan merupakan salah satu kabupaten di Provinsi Sumatera Utara yang letak geografisnya berada pada $0^{\circ}58'35''$ - $2^{\circ}7'33''$ Lintang Utara dan $98^{\circ}42'50''$ - $99^{\circ}34'16''$ Bujur Timur. Luas wilayah Kabupaten Tapanuli Selatan adalah 4.367,05 km² dan terdiri dari 14 kecamatan (Anonim, 2011). Wilayah Tapanuli Selatan berada pada tepian kerak Benua Asia yang bertumbukan dengan kerak Benua India-Australia sejak jaman Eosen. Daerah ini memiliki beberapa macam sumber daya geologi yang cukup penting. Berdasarkan data geologi, di daerah ini terdapat dua buah cekungan dan dua zona mineralisasi. Cekungan tersebut adalah cekungan tersier Barumon dan Siais, sedangkan mineralisasi sebagai hasil magmatisme tersier dan kuartar Bukit Barisan. Zona Bukit Barisan yang dibangun oleh perulangan intrusi (*multiple intrusions*) memiliki potensi kandungan logam, diantaranya prospek emas Martabe di Batang Toru dan beberapa prospek emas tambang sedimenter di Sibuhuan (Sulistiyawan dan Harahap, 2013).



Gambar 2.1 Wilayah Tapanuli Selatan (Sumber : Nasution, dkk., 2011)

2.2 Mineral Emas

Emas ialah unsur kimia dalam sistem periodik unsur dengan simbol Au (*Aurum*) dengan nomor atom 79. Emas merupakan logam lembut, berkilat, berwarna kuning, padat, dan tidak banyak bereaksi dengan kebanyakan bahan kimia, walau dapat bereaksi dengan klorin, fluorin, dan aqua regia. Logam ini ada dalam bentuk bongkahan dan butiran batuan maupun dalam pendaman alluvial (Esna, 1988). Emas terbentuk dari proses magmatisme atau pengkonsentrasian di permukaan. Beberapa endapan terbentuk karena proses metasomatisme kontak dan larutan hidrotermal, sedangkan pengkonsentrasian secara mekanis menghasilkan endapan letakan (*placer*). Emas di alam ada dua tipe deposit, yang pertama sebagai urat (*vein*) dalam batuan beku, kaya besi dan berasosiasi dengan urat kuarsa. Kedua yaitu endapan atau *placer* deposit, dimana emas dari batuan asal yang tererosi terangkut oleh aliran sungai dan terendapkan karena berat jenis yang tinggi. Emas terbentuk karena adanya kegiatan vulkanisme, bergerak berdasarkan adanya *thermal* atau panas di dalam bumi (Latif, 2011).

Emas umumnya didapatkan dari batuan atau mineral hasil mineralisasi. Mineralisasi merupakan suatu proses masuknya mineral ke dalam batuan. Mineral ikutan emas umumnya adalah kuarsa, karbonat, turmalin, *flourpar*, *electrum*, emas telurida, dan sejumlah kecil mineral non logam. Namun, karena sifat kimia dari emas yang tidak reaktif maka emas dapat ditemukan dalam bentuk *nativ* atau bentuk murninya. Sejumlah paduan dan senyawa emas juga dapat ditemukan dengan unsur-unsur belerang, antimin, dan selenium. Potensi endapan emas terdapat di hampir setiap daerah di Indonesia, seperti di Pulau Sumatera, Kepulauan Riau, Pulau Kalimantan, Pulau Jawa, Pulau Sulawesi, Nusa Tenggara, Maluku, dan Papua (Setiabudi dan Tjahjono, 2005).

Logam emas merupakan logam yang tahan akan korosi, mudah ditempa dan relatif stabil di alam karena tidak banyak bereaksi dengan kebanyakan bahan kimia. Oleh karena itu, logam ini banyak dimanfaatkan di berbagai kehidupan manusia. Pada saat ini, emas banyak digunakan sebagai perhiasan, cadangan kekayaan negara, medali, elektroda, dan komponen di dalam komputer. Oleh karena itu, emas memiliki nilai ekonomi yang tinggi (Latif, 2011).

2.3 Alterasi Hidrotermal

Alterasi hidrotermal merupakan proses yang melibatkan perubahan mineralogi, kimiawi dan tekstur yang dihasilkan dari interaksi larutan hidrotermal dengan batuan yang dilaluinya. Perubahan tersebut tergantung pada karakteristik batuan sampling, sifat larutan, kondisi tekanan dan temperatur pada saat reaksi berlangsung, konsentrasi dan lama aktivitas hidrotermal (Artadana dkk., 2011). Alterasi dan mineralisasi adalah suatu bentuk perubahan komposisi pada batuan baik itu kimia, fisika, ataupun mineralogi sebagai akibat pengaruh cairan hidrotermal pada batuan. Perubahan yang terjadi dapat berupa rekristalisasi, penambahan mineral baru, larutnya larutan yang telah ada, penyusunan kembali komponen kimia atau perubahan fisik seperti permeabilitas dan porositas batuan (Pirajno, 1992). Mineralisasi terindikasi pada wilayah-wilayah yang lemah sehingga mudah diterobos oleh larutan hidrotermal (Yetkin, 2003).

Alterasi hidrotermal merupakan gejala umum dari proses mineralisasi yang dapat digunakan untuk menentukan atau melokalisir daerah mineralisasi. Proses ini bisa mengakibatkan adanya perubahan warna, warna bisa menjadi bertambah terang atau memudar yang disebabkan oleh melimpahnya mineral berwarna terang seperti lempung, alunit, kuarsa dan karbonat, dan bisa juga bertambah gelap (oksidasi) akibat banyaknya oksidasi pirit seperti limonit dan hematit. Selain itu, tipe alterasi tertentu dicirikan dengan hadirnya suatu kumpulan mineral yang khas sebagai pencirinya (Muslim, 2008).

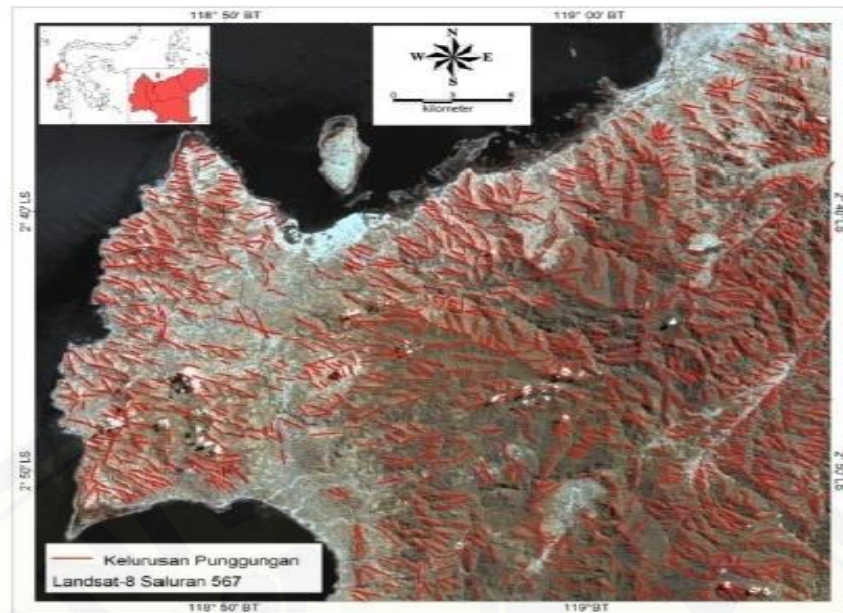
Zona alterasi sangat berguna dalam menentukan lokasi deposit. Jenis alterasi utama yang terkait dengan kejadian emas terdiri dari, antara lain serisitasi, oksidasi, silisifikasi, karbonisasi, dan amonasi. Produk perubahan dari proses ini meliputi jenis mineral, seperti muskovit, kaolinit, klorit, alunit, buddingtonit, dan oksida besi (gossans) dan hidroksida (Vincent, 1997). Terubahnya mineral-mineral primer pada proses alterasi hidrotermal terjadi ketika fluida hidrotermal melakukan reaksi dengan batuan pada pH dan suhu yang berbeda, sehingga akan menghasilkan mineral yang berbeda-beda. Beberapa mineral primer yang umum dijumpai pada suatu daerah yang tersusun atas batuan vulkanik dan mineral alterasinya adalah Ilmenit, Magnetit, Olivin, Piroksen, Amfibol, Feldspar, dan

Kuarsa, dengan mineral hasil alterasi hidrotermal yang dapat dijumpai antara lain Zeolit, Kuarsa, Kalsit, Pirit, Hematit, Epidot, Albit, Adularia, Illit, dan lain-lain (Putra, dkk., 2017).

2.4 Lineament

Pemetaan potensi mineralisasi emas tidak lepas dari pemahaman mengenai kondisi geologi daerah kajian. Selain itu, struktur geologi berupa *lineament* (kelurusan) dan patahan juga menjadi pertimbangan dalam penentuan lokasi mineralisasi emas (Paraditya dan Purwanto, 2012). Istilah “kelurusan (*lineament*)” merupakan salah satu istilah yang paling umum digunakan dalam kajian geologi yang menggambarkan sebuah kelurusan pada permukaan linier, seperti garis patahan, lipatan, atau garis retakan (Verdiansyah dan Hartono, 2017). Kelurusan dalam kerangka kerja penginderaan jauh diinterpretasikan dari ekspresi topografi atau morfologi yang terekam dalam sebuah citra. Perubahan-perubahan fitur topografi atau morfologi seperti perubahan kemiringan lereng yang mendadak pada lereng yang curam, punggung bukit/gunung, lembah, dan pola pengaliran akan tergambarkan oleh perubahan tonal/nilai keabuan yang mendadak sehingga membentuk fitur lurus dan dapat dikenali dalam sebuah citra (Lillesand & Keifer, 1994).

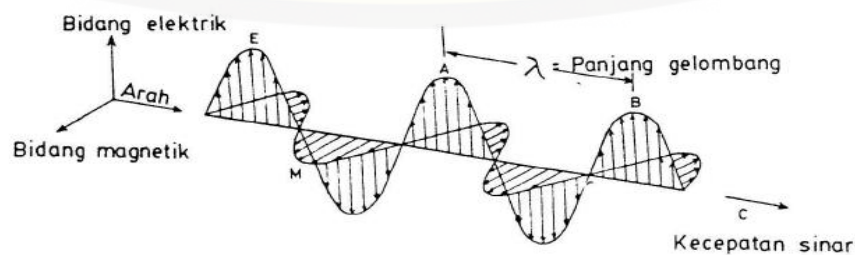
Kelurusan geologi bisa diasumsikan berupa unsur struktur geologi yang belum mengalami pergerakan (*displacement*), yang sudah mengalami pergerakan dinamakan sesar. Kelurusan (Gambar 2.2) merupakan cerminan pengaruh struktur dan resistensi batuan terhadap proses dari dalam bumi. Kelurusan dan sesar merupakan suatu zona lemah yang dapat ditembus oleh larutan magmatik atau larutan hidrotermal. Proses alterasi batuan yang membawa mineral akan terkonsentrasi dan dikontrol oleh keberadaan zona lemah tersebut (Indrastomo dkk., 2017).



Gambar 2.2 Kelurusan (garis merah) pada citra Landsat 8 komposisi *band* RGB 567 di Kabupaten Mamuju, Sulawesi Barat (Sumber : Indrastomo dkk., 2017)

2.5 Gelombang Elektromagnetik

Gelombang elektromagnetik merupakan komponen utama dari sistem penginderaan jauh, yaitu sebagai medium untuk pengiriman informasi dari target kepada sensor (Noor, 2012). Gelombang elektromagnetik merupakan gelombang yang tidak memerlukan medium untuk merambat. Sistem penginderaan jauh membutuhkan sumber energi untuk mendapatkan respon dari suatu obyek di permukaan bumi. Sumber energi bisa berasal dari matahari dalam bentuk radiasi gelombang elektromagnetik. Gelombang elektromagnetik adalah kombinasi medan listrik dan medan magnet yang bergerak dengan kecepatan cahaya pada frekuensi dan panjang gelombang tertentu seperti pada Gambar 2.3 (Sutanto, 1994).



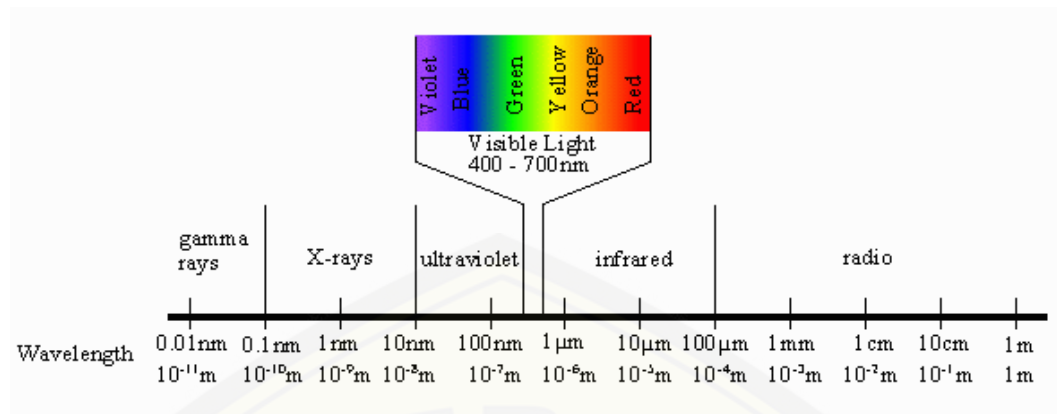
Gambar 2.3 Gelombang elektromagnetik (Sumber : Lillesand dan Kiefer, 1997)

Panjang gelombang (λ) adalah jarak dari satu puncak gelombang ke puncak gelombang berikutnya. Frekuensi (f) adalah jumlah puncak gelombang yang melewati satu titik tertentu per satuan waktu. Hubungan tersebut dapat terlihat dari persamaan berikut:

$$f = \frac{c}{\lambda} \quad (2.1)$$

dimana c adalah kecepatan cahaya ($3 \times 10^8 \text{ m/s}$). Terlihat jelas pada persamaan (2.1) bahwa frekuensi gelombang berbanding terbalik terhadap panjang gelombang dan berbanding lurus terhadap kecepatan rambatan gelombang (Lillesand dan Kiefer, 1997).

Ilmu fisika menjelaskan bahwa gelombang elektromagnetik terdiri atas sekumpulan ‘pita’ (*band*) atau saluran/kanal dengan wilayah dan panjang gelombang yang berbeda-beda. Tiap wilayah elektromagnetik dengan panjang gelombang tertentu inilah yang disebut dengan spektrum. Setiap wilayah yang kita sebut warna itu adalah suatu wilayah spektrum dengan panjang gelombang tertentu (Danoedoro, 2012). Penggolongan gelombang elektromagnetik di dalam penginderaan jauh paling sering dilakukan menurut letak panjang gelombangnya di dalam spektrum elektromagnetik (Gambar 2.4). Bagian spektrum sinar tampak (*visible light*) hanya pada bagian yang kecil, karena kepekaan spektral mata manusia hanya berkisar antara $\pm 0,4 \mu\text{m}$ hingga sekitar $0,7 \mu\text{m}$. Warna “biru” terdapat kira-kira pada panjang gelombang $0,4 - 0,5 \mu\text{m}$, warna “hijau” antara $0,5 - 0,6 \mu\text{m}$, dan “merah” antara $0,6 - 0,7 \mu\text{m}$. Energi *ultraviolet* (UV) memiliki panjang gelombang yang lebih pendek dari sinar tampak sedangkan inframerah pantulan (IR) memiliki panjang gelombang yang lebih panjang dari sinar tampak (Lillesand dan Kiefer, 1997). Pada penginderaan jauh, daerah spektrum elektromagnetik yang biasa dimanfaatkan adalah spektrum tampak ($0,4 - 0,7 \mu\text{m}$), inframerah pantulan ($0,7 - 3,0 \mu\text{m}$), inframerah termal ($3,0 - 5,0 \mu\text{m}$ dan $8,0 - 14,0 \mu\text{m}$), dan daerah radar ($0,3 - 300 \mu\text{m}$) (Lo, 1996).



Gambar 2.4 Spektrum gelombang elektromagnetik (Sumber: Saefurahman, 2008)

Energi elektromagnetik jika mengenai suatu benda di muka bumi maka akan terjadi interaksi energi dengan benda, yaitu dipantulkan, diserap, atau ditransmisikan. Bagian energi yang dipantulkan, diserap dan ditransmisikan akan berbeda untuk obyek muka bumi yang berbeda, tergantung pada jenis materi dan kondisinya. Perbedaan inilah yang memungkinkan untuk membedakan obyek yang berbeda pada suatu citra (Lillesand dan Kiefer, 1997).

2.6 Penginderaan Jauh

Penginderaan jauh merupakan suatu ilmu dan seni untuk memperoleh informasi tentang suatu obyek, daerah, atau fenomena melalui analisis data yang diperoleh dengan suatu alat tanpa adanya kontak langsung dengan obyek, daerah, atau fenomena yang dikaji. Penginderaan jauh (*remote sensing*) dapat diartikan sebagai proses membaca. Berbagai sensor digunakan dalam mengumpulkan data dari jarak jauh yang dapat dianalisis untuk mendapatkan informasi tentang obyek, daerah, atau fenomena yang diteliti (Lillesand dan Kiefer, 1997).

Metode penginderaan jauh merupakan metode yang paling sering digunakan, karena hasil yang didapat akan menghasilkan data dengan cakupan yang sangat bervariasi. Yaitu, mulai dari wilayah luasan yang kecil hingga mencakup wilayah luasan yang besar, dapat memberikan gambaran unsur-unsur spasial yang komprehensif dengan bentuk-bentuk geometri yang sangat

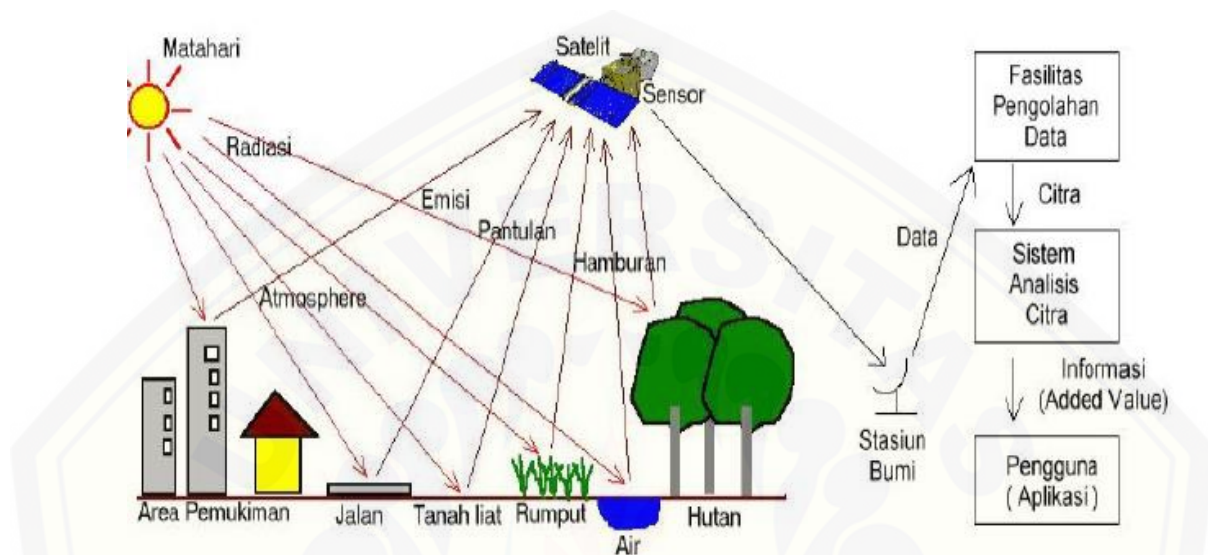
meyerupai aslinya, periode pengamatan yang relatif singkat dan dapat diulang kembali dengan cepat dan konsisten (presisi) (Prahasta, 2009).

2.6.1 Teknik Penginderaan Jauh

Teknik penginderaan jauh merupakan suatu teknik perekaman data menggunakan sensor sebagai alat perekam obyek bumi. Sensor dipasang pada wahana (*platform*) dan letaknya jauh dari obyek yang diamati, maka diperlukan energi elektromagnetik yang dipancarkan atau dipantulkan oleh obyek tersebut (Danoedoro, 2012). Komponen dasar dari sistem penginderaan jauh adalah obyek, sumber energi, alur transmisi, dan sensor. Komponen dalam sistem ini bekerja sama untuk mengukur dan mencatat informasi mengenai target tanpa menyentuh obyek tersebut. Sumber energi yang menyinari atau memancarkan energi elektromagnetik pada target mutlak diperlukan. Energi berinteraksi dengan target dan sekaligus berfungsi sebagai media untuk meneruskan informasi dari target kepada sensor. Sensor merupakan sebuah alat yang mengumpulkan dan mencatat radiasi elektromagnetik. Setelah dicatat, data akan dikirim ke stasiun penerima dan diproses menjadi format yang siap dipakai, diantaranya berupa citra. Citra tersebut kemudian diinterpretasi untuk menyajikan informasi mengenai target. Proses interpretasi biasanya berupa gabungan antara *visual* dan *automatic* dengan bantuan komputer dan perangkat lunak pengolah citra (Arozaq, 2008).

Sistem penginderaan jauh mencakup beberapa komponen utama, yaitu : (1) Sumber energi; (2) Sensor sebagai alat perekam data; (3) Stasiun bumi sebagai pengendali dan penyimpan data; (4) Fasilitas pemrosesan data; dan (5) Pengguna data. Sistem penginderaan jauh secara digramatik diperlihatkan pada Gambar 2.5. Sumber energi yang digunakan dalam sistem penginderaan jauh adalah dari matahari yang biasa disebut dengan sistem pasif dan sebaliknya (sistem aktif) yang tidak menggunakan matahari sebagai sumber energi utama. Sensor yang dapat digunakan untuk perekam data dapat berupa *multispektral scanner*, *vidicon* atau *multispektral camera*. Rekaman data disimpan sementara di dalam alat perekam yang ditempatkan di satelit kemudian dikirimkan secara telemetri ke stasiun penerima bumi sebagai data mentah (*raw data*). Di stasiun bumi, data

diproses awal (*pre-processing*) seperti koreksi radiometrik dan koreksi geometrik sebelum dikemas dalam bentuk format baku yang siap untuk dipakai pengguna (*users*) (Noor, 2012).

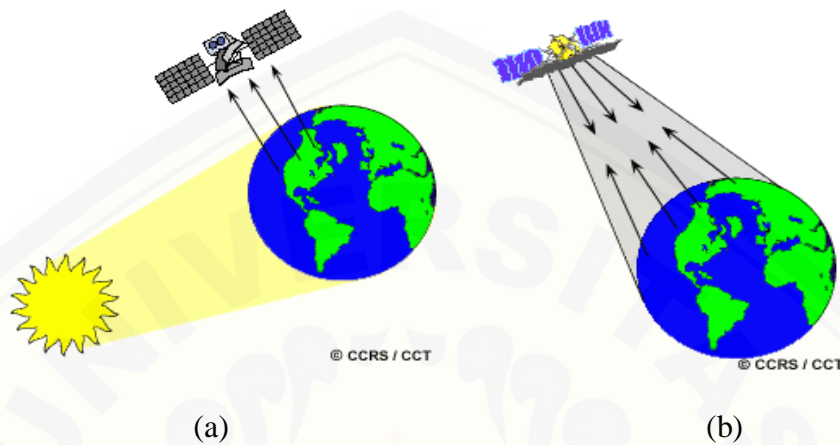


Gambar 2.5 Sistem penginderaan jauh (Sumber : Noor, 2012)

Matahari merupakan sumber energi alamiah yang utama. Energi matahari dipancarkan ke segala arah, sebagian mengarah ke bumi. Energi yang mengarah ke bumi sebagian ditahan oleh atmosfer serta kandungannya, sebagian lagi mencapai permukaan bumi dan mengenai obyek. Kemudian oleh obyek di permukaan bumi, sebagian energi ini diserap, ditransmisikan (menembus obyek), dan dipantulkan ke sensor (Prayoga, 2017). Energi yang dipantulkan disebut energi pantulan, di samping energi pantulan ada energi pancaran, yaitu energi yang dipancarkan oleh obyek di permukaan bumi. Energi yang dipancarkan pada umumnya dalam bentuk energi termal. Energi termal yang dipancarkan bukan berupa suhu kinetik melainkan suhu pancaran atau radiasi. Berbeda dengan suhu kinetik yang hanya dapat diindera dengan kulit maupun termometer yang ditempelkan langsung pada bendanya, suhu pancaran dapat direkam oleh sensor dari jarak jauh (Arozaq, 2008).

2.6.2 Sistem Energi Penginderaan Jauh

Menurut Lillesand dan Kiefer (1997), dalam dunia penginderaan jauh, terdapat dua sistem energi pada wahana, yaitu sistem aktif dan sistem pasif (Gambar 2.6).



(a) Sensor pasif; (b) Sensor aktif

Gambar 2.6 Sistem sensor (Sumber : Mahdi, 2014)

a. Sistem pasif

Pada wahana yang menggunakan sistem sensor pasif (Gambar 2.6a), sumber energi utama yang dibutuhkan oleh satelit berasal dari sumber lain yang tidak terintegrasi dalam wahana. Sumber energi yang dimaksud biasanya berupa energi yang berasal dari matahari. Untuk semua energi yang direfleksikan, sensor pasif hanya dapat digunakan pada saat ada penyinaran matahari. Sedangkan pada malam hari tidak ada refleksi energi dari matahari yang digunakan. Pada sistem pasif radiasi gelombang pendek dipancarkan dari target yang dideteksi. Beberapa wahana yang menggunakan sistem ini antara lain satelit Aster, Landsat, SPOT, NOAA, MODIS, dan lainnya.

b. Sistem Aktif

Pada wahana yang menggunakan sistem sensor aktif (Gambar 2.6b), sumber energi utama yang dibutuhkan oleh wahana menggunakan energi elektromagnetik yang dibangkitkan oleh sensor Radar (*radio detecting and ranging*) yang terintegrasi pada wahana tersebut (tidak menggunakan matahari sebagai sumber energi). Beberapa wahana yang menggunakan sistem ini antara

lain Radarsat, JERS, ADEOS dan lainnya. Berkenaan dengan hukum kekekalan energi maka bentuk interaksi energi dengan obyek yang dapat terjadi adalah pemantulan, penyerapan, penerusan, dan transmisi. Hubungan tersebut menunjukkan hubungan timbal balik antara mekanisme energi pantulan, energi serapan, dan energi transmisi. Besarnya energi tersebut berbeda untuk tiap obyek pada permukaan bumi bergantung pada jenis materi dan kondisinya. Perbedaan ini memungkinkan untuk membedakan obyek yang berbeda pada suatu citra.

2.7 Konsep Resolusi

Menurut Danoedoro (2012), sensor terbatas kemampuannya untuk mengidentifikasi obyek kecil. Batas kemampuan memisahkan setiap obyek dinamakan resolusi. Resolusi citra satelit merupakan indikator tentang kemampuan sensor atau kualitas sensor dalam merekam. Resolusi satelit terbagi menjadi lima yang biasa digunakan sebagai parameter kemampuan sensor satelit, yaitu :

1. Resolusi Spasial

Resolusi spasial adalah ukuran terkecil obyek yang masih dapat dideteksi oleh suatu sistem pencitraan. Semakin kecil ukuran obyek (terkecil) yang dapat terdeteksi, maka semakin halus atau tinggi resolusi spasialnya. Begitupun sebaliknya, semakin besar ukuran obyek yang terdeteksi, maka resolusi spasialnya akan semakin kasar atau rendah.

2. Resolusi Spektral

Resolusi spektral adalah kemampuan suatu sistem optik-elektronik untuk membedakan informasi (obyek) berdasarkan pantulan atau pancaran spektralnya. Semakin sempit interval panjang gelombangnya dan atau semakin banyak jumlah salurannya, maka akan semakin tinggi pula resolusi spektralnya.

3. Resolusi Radiometrik

Resolusi radiometrik merupakan kemampuan sensor dalam mencatat respons spektral obyek. Kemampuan sensor ini secara langsung dikaitkan dengan kemampuan koding (*digital coding*), yaitu mengubah intensitas pantulan atau pancaran spektral menjadi angka digital. Kemampuan ini dinyatakan dalam bit.

4. Resolusi Temporal

Resolusi temporal merupakan kemampuan suatu sistem untuk merekam ulang daerah yang sama. Satuan dari resolusi temporal adalah jam atau hari. Landsat MSS dan TM dapat merekam daerah sebanyak 18 hari sekali untuk generasi 1, dan 16 hari sekali untuk generasi 2.

5. Resolusi Layar

Resolusi layar adalah kemampuan layar monitor dalam menyajikan kenampakan obyek pada citra secara lebih halus. Semakin tinggi resolusi layarnya, maka akan semakin tinggi pula kemampuannya untuk menyajikan gambar dengan butir-butir piksel yang halus atau semakin banyak pula jumlah sel citra (piksel) yang dapat ditampilkan pada layar.

2.8 Citra Satelit

Satelit penginderaan jauh merupakan teknologi modern untuk memperoleh data citra digital tentang permukaan bumi menggunakan gelombang elektromagnetik. Beberapa panjang gelombang pada gelombang elektromagnetik dapat dimanfaatkan untuk aplikasi penginderaan jauh. Adanya teknologi penginderaan jauh dan pengolahan citra satelit memungkinkan untuk mengakses informasi spasial-temporal dari suatu wilayah tertentu. Keberadaan data-data spasial ini sangat bermanfaat jika didukung oleh perkembangan pada dasa warsa terakhir dimana satelit semakin banyak serta jangkauan spasial yang semakin luas. Berdasarkan misinya, satelit penginderaan jauh dikelompokkan menjadi dua macam yaitu satelit cuaca dan satelit sumber daya alam (Mahdi, 2014).

2.8.1 Citra Landsat

Landsat (*Land satellite*) merupakan satelit milik Amerika Serikat yang diluncurkan pertama kali pada 1972 dengan nama *Eart Resources Technology Satellite-1* (ERTS-1). Proyek ini sukses dan dilanjutkan dengan peluncuran seri selanjutnya, yakni ERTS-2 yang kemudian dinamakan Landsat. Maka ERTS-1 pun juga berganti nama menjadi Landsat-1 (Danoedoro, 2012).

Landsat 1 sampai 3 memuat dua macam sensor, yaitu *Return Beam Vidicom* (RBV) dan *Multispectral Scanner* (MSS). Landsat 4 dan 5 membawa sensor *Thematic Mapper* (TM), yang mengumpulkan data multispektral 7 *band* dengan resolusi spasial 30 meter kecuali *band* inframerah termal, yaitu 120 meter. Sedangkan Landsat 6 hilang saat diluncurkan tahun 1993. Kemudian diluncurkan Landsat 7 pada April 1999 dengan membawa sebuah sensor yang dinamakan *Enhanced Thematic Mapper Plus* (ETM+), dengan kemampuan spektral dan spasial yang hampir sama dengan sensor TM. Sebagai tambahan adalah sebuah *band* pankromatik pada resolusi 15 meter dan *band* termal dengan resolusi yang lebih tajam 60 meter (Sitanggang, 2010).

Satelit penginderaan jauh saat ini telah mencapai Landsat 8. Landsat 8 adalah satelit terbaru setelah Landsat 7. Sejak tahun 2003 Landsat 7 ETM mengalami gangguan atau kerusakan yang menyebabkan kerusakan pada sensor optiknya yang menyebabkan terjadinya sejumlah garis dengan ukuran lebar beberapa piksel kehilangan datanya atau dikenal dengan istilah “*stripping*” (Parwati dan Purwanto, 2014).

2.8.2 Karakteristik Landsat 8

Landsat 8 diluncurkan pada 2013 dengan memiliki sensor *Onboard Operational Land Imager* (OLI) dan *Thermal Infrared Sensor* (TIRS) dengan jumlah *band* sebanyak 11. Diantara kanal-kanal tersebut, 9 *band* (*band* 1-9) berada pada OLI dan 2 lainnya (*band* 10 dan 11) pada TIRS. Sebagian besar *band* memiliki spesifikasi mirip dengan Landsat 7 (Andana, 2015). Data citra Landsat 8 memiliki resolusi spasial 30 m untuk *band* 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, dan *band* 9, sedangkan *band* *panchromatic* memiliki resolusi spasial 15 m. Selain beresolusi spasial 30 m dan 15 m, pada *band* 10 dan 11 yang merupakan *band* TIR-1 dan TIR-2 memiliki resolusi spasial 100 m (LAPAN, 2015). Spesifikasi kanal/*band* yang dimiliki citra Landsat 8 ditampilkan dalam Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Spesifikasi sensor Landsat 8

<i>Band</i>	<i>Gelombang</i>	<i>Spektral (μm)</i>	<i>Resolusi (m)</i>
1	<i>Coastal aerosol</i>	0,43 – 0,45	30
2	<i>Blue</i>	0,45 – 0,51	30
3	<i>Green</i>	0,53 – 0,59	30
4	<i>Red</i>	0,64 – 0,67	30
5	<i>Near Infrared (NIR)</i>	0,85 – 0,88	30
6	<i>SWIR 1</i>	1,57 – 1,65	30
7	<i>SWIR 2</i>	2,11 – 2,29	30
8	<i>Panchromatic</i>	0,50 – 0,68	15
9	<i>Cirrus</i>	1,36 – 1,38	30
10	<i>Thermal Infrared (TIRS) 1</i>	10,60 – 11,19	100
11	<i>Thermal Infrared (TIRS) 2</i>	11,50 – 12,51	100

Sumber : Andana, 2015

2.9 Koreksi Citra

Koreksi citra perlu dilakukan karena citra hasil rekaman mempunyai berbagai kesalahan. Salah satu koreksi citra yang paling sering dilakukan adalah koreksi geometrik dan koreksi radiometrik. Koreksi geometrik adalah transformasi citra hasil penginderaan jauh sehingga citra tersebut mempunyai sifat-sifat peta dalam bentuk, skala dan proyeksi. Ada dua kesalahan geometris yaitu kesalahan sistematik (kecondongan penyiam, kecepatan kaca penyiam, kesalahan panoramik, kecepatan wahana, rotasi bumi dan perspektif) dan kesalahan non sistematis yang disebabkan oleh variasi ketinggian dan posisi (Lillesand dan Kiefer, 1997).

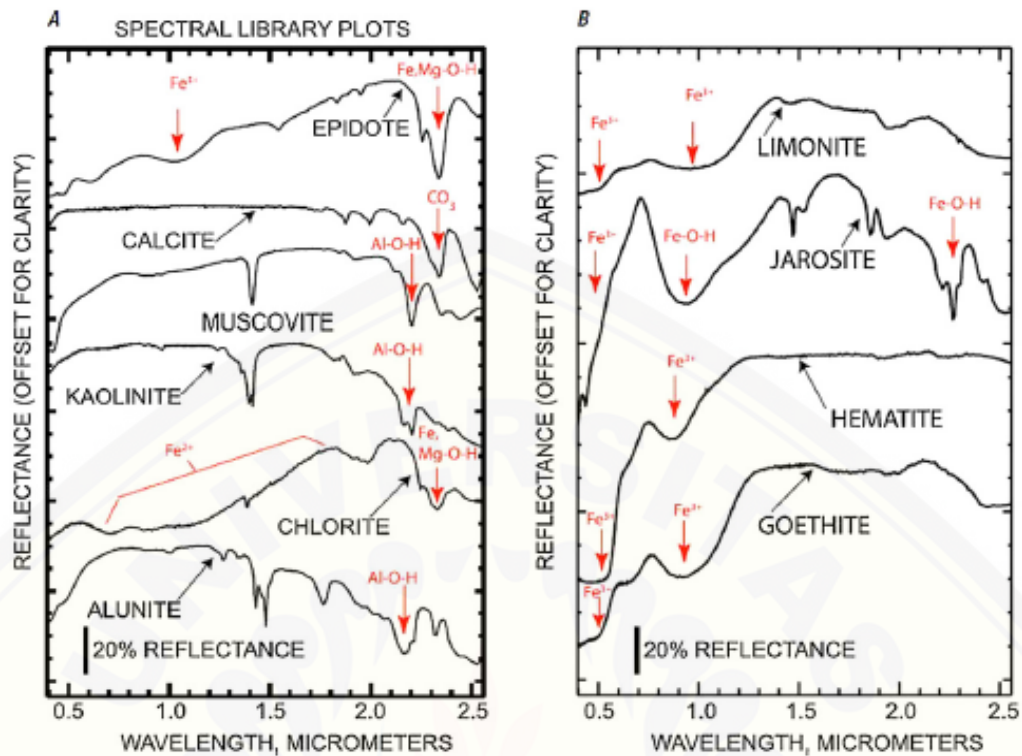
Koreksi radiometrik citra diperlukan karena hasil rekaman satelit mengalami kesalahan yang disebabkan oleh gangguan atmosfer. Gangguan atmosfer menyebabkan nilai pantulan yang diterima oleh sensor mengalami penyimpangan. Koreksi radiometrik dimaksudkan untuk menyusun kembali nilai pantulan yang direkam oleh sensor mendekati atau mempunyai pola seperti pantulan obyek yang sebenarnya sesuai dengan panjang gelombang perekamannya (Parman, 2010).

2.10 Band Ratios

Salah satu metode dalam menganalisis daerah-daerah yang diinterpretasikan sebagai area potensi mineralisasi adalah dengan menggunakan rasio *band* dari Citra Landsat. *Band ratios/band ratioing* (penisbahan saluran) biasa digunakan untuk menghasilkan efek tertentu dalam kaitannya dengan penonjolan aspek spektral vegetasi, pengurangan efek bayangan, serta penonjolan litologi. Melalui penisbahan ini citra baru dihasilkan dengan nilai piksel yang merupakan hasil bagi nilai piksel saluran A dengan saluran B (Danoedoro, 2012).

Salah satu manfaat dari *ratioing* adalah untuk menghilangkan bayangan gelap. Hal ini akan menghasilkan gambar yang lebih menonjolkan topografi. Misalnya, batuan yang mengandung tembaga asli akan memantulkan rona kehijauan yang berbeda karena pelapukan mineral tembaga untuk membentuk malasite dan azurite. Hampir semua teknik pencitraan satelit udara tidak secara langsung memodelkan mineralisasi, melainkan dengan cara mengidentifikasi area perubahan yang luas yang terkait dengan pelepasan cairan mineral. Pergerakan cairan mineral melalui massa batuan menyebabkan perubahan signifikan pada mineralogi dan struktur kimia batuan, sering mengakibatkan pembentukan mineral lempung karena perubahan feldspar (umum di semua batuan, batuan beku dasar dan batuan beku asam serta batuan sedimen) (Farooq, 2018).

Landsat 8 dapat menunjukkan keberadaan mineral alterasi seperti mineral oksida dan hidroksida dari besi, mineral lempung dan mineral karbonat, serta mineral ferromagnesian dengan menggunakan rasio *band* 4/2, 6/7, dan 5/6 (Pour dan Hashim, 2014). Mineral alterasi *Ferrugination* terekam pada rasio *band* 4/2, mineral alterasi kelompok *Ferromagnesian* terekam pada rasio *band* 5/6, sedangkan mineral alterasi kelompok lempung dan karbonat terpetakan pada rasio *band* 6/7. Reflektansi dari Mineral alterasi hidrotermal ditampilkan pada Gambar 2.7. Mineral alterasi hidrotermal akan memiliki karakter reflektansi yang khas pada panjang gelombang tertentu, sehingga dengan mencocokkannya dengan panjang gelombang pada salah satu/ lebih saluran (*band*), dapat diperoleh tampilan yang jelas dari mineral alterasi hidrotermal tersebut di permukaan bumi (Putra, dkk. 2017).



Gambar 2.7 Reflektansi dari mineral alterasi hidrotermal (Clark dkk, 1993 dalam Pour dan Hashim, 2014)

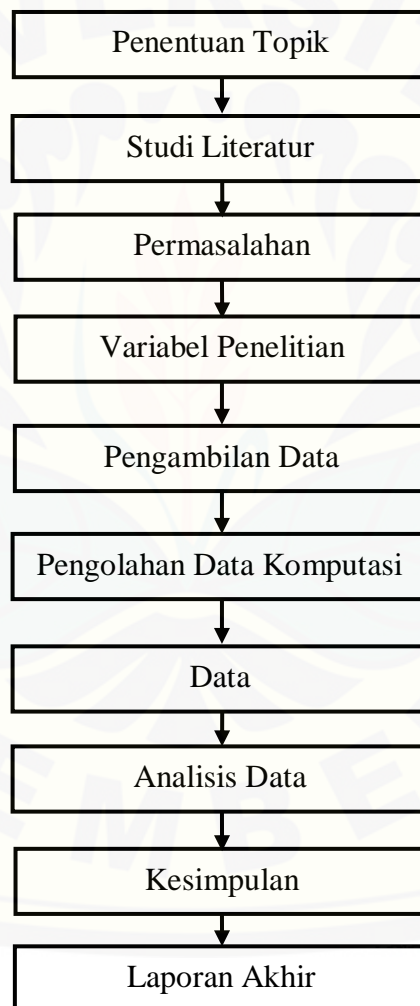
2.11 Peta Rupa Bumi

Peta rupa bumi atau dalam bahasa asing disebut *topographic map* adalah peta yang memperlihatkan unsur-unsur alam (asli) dan unsur-unsur buatan manusia di atas permukaan bumi. Unsur-unsur tersebut diusahakan diperlihatkan pada posisi yang sebenarnya. Peta rupa bumi atau disebut juga peta umum dapat digunakan sebagai dasar (*base map*) dalam pembuatan peta tematik, seperti peta penggunaan lahan, peta jaringan jalan, peta sebaran penduduk, peta jaringan sungai, dan sebagainya. Peta rupa bumi menyajikan unsur-unsur dasar muka bumi, seperti: unsur hipsografi (laut, danau, sungai/pola pengaliran), unsur vegetasi (penutup lahan), unsur toponimi (nama-nama unsur tempat atau nama geografi), unsur buatan/budaya manusia (permukiman, sistem perhubungan, unsur unit-unit administrasi, dan sistem rujukan koordinat nasional baku (sistem lintang bujur) (Juhadi, 2009).

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian merupakan sebuah desain atau pola-pola operasional yang dapat dijadikan panduan atau pedoman teknis oleh peneliti dalam melaksanakan rangkaian kegiatan penelitian. Berikut adalah rancangan penelitian yang disajikan dalam Gambar 3.1 :



Gambar 3.1 Rancangan Penelitian

Penelitian ini dimulai dengan penentuan topik yang akan diambil, kemudian melakukan studi literatur dan mempelajari penelitian sebelumnya.

Setelah itu dilakukan identifikasi permasalahan yang akan diteliti. Setelah permasalahan dirumuskan, selanjutnya adalah mengidentifikasi variabel yang digunakan pada penelitian. Setelah penentuan variabel penelitian, kemudian dilakukan pengambilan data yang digunakan. Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data citra Landsat 8 wilayah Kabupaten Tapanuli Selatan, Sumatera Utara.

Penelitian mengenai pemanfaatan citra Landsat 8 untuk pemetaan potensi mineralisasi emas ini termasuk dalam bidang penginderaan jauh geofisika, sehingga konsep yang digunakan untuk memecahkan permasalahan selanjutnya adalah melakukan beberapa pengolahan data citra satelit dengan menggunakan *software* untuk mengolah data. Setelah data diperoleh maka dilakukan sebuah analisis yang kemudian dibahas dan dikaji untuk menarik sebuah kesimpulan sebagai jawaban atas permasalahan yang dikaji. Rangkaian penelitian tersebut kemudian dikemas secara sistematis dalam bentuk karya ilmiah tertulis dan dapat dipertanggungjawabkan berupa laporan tugas akhir.

3.2 Jenis dan Sumber Data

Jenis data yang digunakan pada penelitian ini adalah data kuantitatif. Data kuantitatif merupakan suatu data informasi yang berupa simbol angka atau bilangan. Berdasarkan simbol-simbol angka tersebut, perhitungan secara kuantitatif dapat dilakukan untuk menghasilkan suatu kesimpulan yang berlaku umum di dalam suatu parameter. Data kuantitatif pada penelitian ini adalah berupa nilai reflektansi yang disajikan dalam bentuk citra Landsat.

Berdasarkan jenis penelitian yang dilakukan, data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang mana data ini berupa data citra satelit penginderaan jauh. Pada penelitian ini data citra satelit yang digunakan adalah data Landsat 8 serta didukung oleh peta geologi dan peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) regional Tapanuli Selatan, Sumatera Utara. Data citra Landsat 8 yang digunakan yaitu pada tahun 2017 yang diperoleh dengan mengunduh langsung dari *website United States Geological* (USGS) (<https://earthexplorer.usgs.gov/>)

yang merupakan fasilitas portal data satelit Amerika untuk citra penginderaan jauh.

3.3 Definisi Operasional Variabel

Variabel penelitian merupakan sebuah faktor yang mempengaruhi dalam penelitian dan memiliki nilai yang dapat berubah atau diubah. Deskripsi pada variabel tersebut bertujuan untuk menghindari terjadinya perbedaan persepsi ataupun timbulnya penafsiran ganda. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini dapat dikelompokkan menjadi dua bagian, yaitu variabel bebas dan variabel terikat.

3.3.1 Variabel Bebas

Variabel bebas pada penelitian ini adalah input yang digunakan dalam penelitian. Variabel bebas pada penelitian ini adalah data citra Landsat 8.

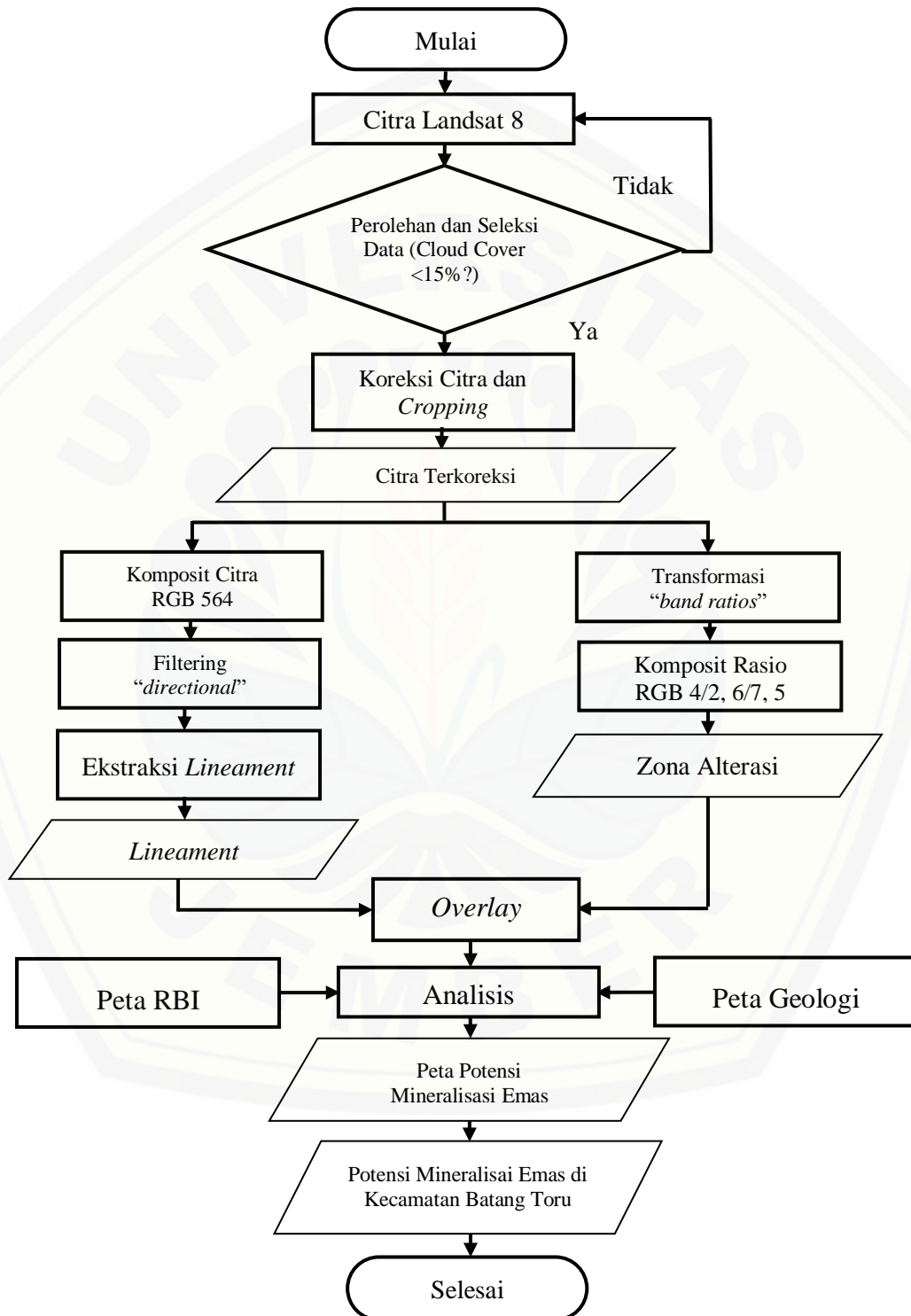
3.3.2 Variabel Terikat

Variabel terikat merupakan variabel yang dapat berubah karena adanya suatu perlakuan. Pada penelitian ini terdapat dua variabel terikat yaitu:

- a. Peta kelurusan (*lineament*) adalah peta yang mencerminkan morfologi yang teramati pada permukaan bumi sebagai hasil dari aktifitas geologi dari dalam bumi.
- b. Peta alterasi adalah peta yang mencerminkan adanya alterasi atau ubahan pada batuan.

3.4 Kerangka Pemecahan Masalah

Tahapan proses pemecahan masalah yang dilakukan dalam penelitian ini ditunjukkan pada *flow chart* Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Kerangka pemecahan masalah

3.5 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian ini akan memuat rincian mengenai tahapan dalam menjalankan penelitian seperti pada Gambar 3.2.

3.5.1 Tahap Persiapan

Tahap persiapan merupakan tahap yang meliputi perolehan dan pengkoreksian data citra satelit yang akan digunakan pada penelitian.

a. Perolehan dan Seleksi Data Citra Landsat

Data citra yang akan digunakan adalah citra Landsat 8 untuk daerah Tapanuli Selatan, Sumatera Utara dengan *path* 128 dan *row* 059. *Path* dan *row* tersebut menunjukkan kode wilayah dari suatu citra. *Row* merupakan baris yang menunjukkan keberadaan suatu wilayah dari utara ke selatan sedangkan *path* merupakan kolom yang menunjukkan keberadaan suatu wilayah dari barat ke timur. Penggunaan data citra Landsat 8 pada penelitian ini dikarenakan citra Landsat 8 ini lebih unggul dibandingkan dengan citra Landsat 7, dimana Landsat 7 mengalami kerusakan pada tahun 2013 yang menyebabkan terjadinya *stripping* pada citra. Selain itu, Landsat 8 juga memiliki *band* yang lebih banyak yakni 11 *band* dibandingkan dengan Landsat 7 yang hanya memiliki 8 *band*. Pengambilan data citra yang digunakan dalam penelitian ini dilakukan seleksi terhadap besarnya *cloud cover*.

b. Pengkoreksian Data Citra Landsat

Data citra yang digunakan dalam penelitian ini dilakukan koreksi citra berupa koreksi geometrik dan koreksi radiometrik. Koreksi ini dilakukan karena citra hasil rekaman mempunyai berbagai kesalahan. Koreksi geometrik dilakukan agar citra yang dihasilkan mempunyai sistem koordinat dan skala yang sama dengan keadaan sebenarnya. Sedangkan koreksi radiometrik dilakukan sehingga dapat menghilangkan pengaruh dinamika atmosfer yang terjadi. Koreksi geometrik dan radiometrik pada penelitian ini menggunakan *software* ER-Mapper. ER-Mapper merupakan program pengolahan digital lengkap dimana mampu melakukan *preprocessing*.

c. *Cropping* Citra

Cropping berarti melakukan pemotongan citra sesuai dengan daerah yang dikehendaki. Pemotongan dilakukan karena setiap satu *scene* citra mencakup daerah seluas 190 km x 190 km, sehingga perlu dilakukan pemotongan sesuai daerah yang diteliti. Pemotongan citra pada penelitian ini dilakukan berdasarkan batas administrasi Kabupaten Tapanuli Selatan, Sumatera Utara.

3.5.2 Tahap Pengolahan

Tahap pengolahan pada citra Landsat ini terdiri dari ekstraksi *lineament*, transformasi (*band ratios*) dan *overlay* alterasi dengan *lineament*.

a. Ekstraksi *Lineament*

Citra Landsat 8 dilakukan proses *filtering* terlebih dahulu sebelum dilakukan ekstraksi *lineament*. *Filtering* ini dilakukan untuk pemetaan geologi maupun struktur karena kesan topografi lebih dipertajam. Filter ini digunakan untuk membantu dalam proses ekstraksi *lineament*. Proses *filtering* dilakukan dengan *software* ENVI, kemudian hasilnya digunakan dalam proses ekstraksi *lineament* dengan menggunakan *software* PCI Geomatica.

b. Transformasi (*band ratios*)

Metode transformasi yang digunakan berupa penisbahan saluran (*band ratios*). Penisbahan saluran dilakukan untuk menghasilkan efek tertentu dalam kaitannya dengan penonjolan aspek spektral vegetasi, pengurangan efek bayangan, serta penonjolan litologi. Sehingga nantinya dapat digunakan untuk mengetahui zona alterasi. Persamaan yang digunakan dalam menentukan rasio adalah :

$$\text{Rasio} : R_{i,j} = \frac{\text{Band } (i)}{\text{Band } (j)} \quad (3.1)$$

Rasio *band (i)/ band (j)* tersebut merupakan rasio *reflectance*/pemantulan. Rasio yang digunakan dalam penelitian ini yaitu rasio *band 4/2* dan *6/7*. Hasil rasio tersebut kemudian dikomposit dengan *band 5* untuk menampilkan zona alterasi. Proses *band ratios* ini dilakukan menggunakan *software* Arcgis.

c. *Overlay* Alterasi dengan *Lineament*

Pembuatan *overlay* (tumpang-tindih) antara alterasi dengan *lineament* dilakukan untuk mengidentifikasi lokasi-lokasi yang terdapat potensi mineralisasi emas. Dimana terdapatnya potensi mineralisasi emas sangat bergantung pada alterasi dan *lineament* yang saling berhubungan.

3.6 Metode Analisa Data

Pemetaan potensi mineralisasi emas dipetakan berdasarkan data berupa peta *lineament* (kelurusan) dan peta zona alterasi hidrotermal yang telah dilakukan penampalan (*overlay*). Identifikasi terhadap lokasi potensi mineralisasi emas ini dilakukan secara visual, dimana lokasi yang diidentifikasi sebagai potensi mineralisasi emas dilihat berdasarkan *lineament* yang terletak pada zona alterasi. Potensi mineralisasi emas setelah dipetakan juga perlu dilakukan identifikasi terhadap jenis batuan yang terdapat pada lokasi potensi mineralisasi emas. Hal tersebut dilakukan karena keberadaan mineral emas sangat tergantung dengan adanya suatu batuan tertentu. Identifikasi jenis batuan dilakukan dengan menggunakan peta geologi Lembar Padangsidempuan dan Sibolga. Selain identifikasi jenis batuan, dilakukan juga identifikasi terhadap tutupan lahan di daerah kajian yang dilakukan berdasarkan peta RBI regional Tapanuli Selatan, Sumatera Utara.

Potensi mineralisasi emas yang sudah terpetakan perlu diketahui seberapa luas wilayah yang berpotensi terdapat mineralisasi emas. Penghitungan luasan area potensi mineralisasi emas ini dilakukan dengan membuat *polygon* area, dimana luasan dari *polygon* ini dapat diketahui secara otomatis melalui *software* yang digunakan, pada penelitian ini menggunakan *software* Arcgis. Nantinya dari peta potensi mineralisasi emas yang dihasilkan akan dicocokkan dengan keberadaan daerah pertambangan emas resmi yang telah tereksplorasi di Tapanuli Selatan yaitu yang terletak di Kecamatan Batang Toru, sehingga dapat diketahui sejauh mana hasil interpretasi citra penginderaan jauh dengan keadaan sesungguhnya.

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh berdasarkan hasil pengolahan dan analisis data penelitian pemetaan potensi mineralisasi emas di Kabupaten Tapanuli Selatan, Sumatera Utara ini adalah :

1. Pemetaan potensi mineralisasi emas dilakukan dengan *overlay* alterasi (yang dihasilkan dari metode *band ratios*) dan *lineament*. Pemetaan potensi mineralisasi emas dilihat berdasarkan suatu *lineament* yang terletak di zona alterasi. Berdasarkan hasil pemetaan yang telah dilakukan, potensi mineralisasi emas di Kabupaten Tapanuli Selatan tersebar di tujuh kecamatan.
2. Lokasi terdapatnya potensi mineralisasi emas mempunyai luasan yang berbeda-beda di tiap kecamatannya, dimana lokasi dengan potensi mineralisasi emas yang terbesar adalah di Kecamatan Batang Toru dengan luas total 6,1 km². Sedangkan untuk luasan yang terkecil atau paling sedikit potensi mineralisasi emasnya adalah di Kecamatan Batang Angkola dengan luas (3,3 X 10⁻²) km².

5.2 Saran

Metode *band ratios* dapat secara langsung dalam menampilkan alterasi yang tidak dapat dilihat oleh *band* tunggal, sehingga metode ini dapat digunakan untuk identifikasi mineral lain yang sulit atau tidak dapat dilihat oleh band tunggal, seperti dalam menunjukkan keberadaan mineral oksida dan hidroksida besi, mineral lempung dan mineral karbonat, serta mineral *ferromagnesian*.

DAFTAR PUSTAKA

- Andana, E. K. 2015. Pengembangan Data Citra Satelit Landsat-8 Untuk Pemetaan Area Tanaman Holtikultura dengan Berbagai Metode Algoritma Indeks Vegetasi (Studi Kasus : Kabupaten Malang dan Sekitarnya). *Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi XXII*. 24 Januari 2015. Program Studi MMT-Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya : 978.
- Anonim. 2011. Geografi Kabupaten Tapanuli Selatan. <http://www.tapanuliselatankab.go.id/2011/07/geografi.html>. [Diakses pada 15 Maret 2018].
- Arozaq, M. 2008. Penginderaan Jauh (Remote Sensing). http://www.geografi.ums.ac.id/ebook/.../arcview_3x_Analisis_Citra_Arcview.pdf. [Diakses pada 2 Februari 2018].
- Artadana, I. P. E., Purwanto, dan S. Heru. 2011. *Geologi, Alterasi dan Mineralisasi Daerah Nyrengseng dan Sekitarnya, Kecamatan Cisewu, Kabupaten Garut, Propinsi Jawa Barat*. Yogyakarta : Jurusan Teknik Geologi FTM UPN Veteran Yogyakarta.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Tapanuli Selatan. 2017. Jenis, Lokasi, dan Kegunaan Bahan Tambang Menurut Jenis Bahan Tambang di Kab. Tapanuli Selatan, 2015. <https://tapanuliselatankab.bps.go.id/statictable/2017/04/11/107/jenis-lokasi-dan-kegunaan-bahan-tambang-menurut-jenis-bahan-tambang-di-kab-tapanuli-selatan-2015.html>. [Diakses pada 30 Juni 2018].
- Danoedoro, P. 2012. *Pengantar Penginderaan Jauh Digital*. Yogyakarta: ANDI.
- Darmawan, A., S.P. Harianto, T. Santoso, dan G. D. Winarno. 2018. *Buku Ajar Penginderaan Jauh untuk Kehutanan*. Bandar Lampung : Universitas Lampung.
- Esna, A. 1988. *Method and Installation for Extracting Gold From Gold Ores*. Germany: Klocknoker Humboldt AG.
- Farooq. 2018. *Band Ratioing*. www.geol-amu.org/notes/m14a-4-8.htm. [Diakses pada 11 Februari 2018].

- Harahap, R. S. R. dan P. Danoedoro. 2016. Aplikasi Penginderaan Jauh untuk Pemetaan Zonasi Potensi Keberadaan Emas Epitermal Menggunakan Metode *Fuzzy Logic* di Sebagian Kabupaten Tapanuli Selatan, Sumatera Utara. *Jurnal*. Yogyakarta: Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada.
- Herlambang, R. F. dan Novranza, Kms. 2016. Pemetaan Kelurusan Menggunakan Remote Sensing dan Korelasinya Terhadap Distribusi Manifestasi Permukaan di Daerah Potensi Geothermal Kepahiag, Bengkulu. *Prosiding Seminar Nasional Fisika SNF 2016*. Volume V : Oktober 2016. *Prodi Pendidikan Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Jakarta*. SNF2016-EPA-57.
- Indrastomo, F. D., I. G. Sukadana., dan Suharji. 2017. Identifikasi Pola Struktur Geologi sebagai Pengontrol Sebaran Mineral Radioaktif Berdasarkan Kelurusan Pada Citra Landsat 8 di Mamuju, Sulawesi Barat. *Eksplorium*. 38 (2): 71-80.
- Juhadi. 2009. Fungsi dan aplikasi peta rupabumi untuk pembelajaran di sekolah. *Jurnal*. Jurusan Geografi FIS Universitas Negeri Semarang.
- LAPAN. 2015. *Pedoman Pengolahan Data Penginderaan Jauh Landsat 8 untuk MPT*. Jakarta : Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh LAPAN.
- Latif, A. 2011. Pembentukan mineral di alam: mineral emas (Au). *Jurnal*. Teknik Perminyakan STT-MIGAS Balikpapan.
- Lillesand, T. M. dan R. W. Kiefer. 1997. *Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Lillesand, T. M., dan R. W. Keifer. 1994. *Remote Sensing and Image Interpretation*. 3th Edition . United States of America: John Willey & Sons, Inc.
- Lo, C. P. 1996. *Applied Remote Sensing*. Terjemahan oleh B. Purbowaseso. *Penginderaan Jauh Terapan*. Jakarta : Universitas Indonesia (UI-Press).
- Mahdi, K. 2014. Pengenalan Penginderaan Jauh dan Teori Dasar Pendukung Pengolahan Citra Digital. *Makalah Diskusi Panel*. Jakarta: LAPAN. 10 Feb 2014.

- Martono, D. N. 2008. Aplikasi Teknologi Penginderaan Jauh dan Uji Validasinya untuk Deteksi Penyebaran Lahan Sawah dan Penggunaan/Penutupan Lahan. *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi 2008 (SNATI 2008)*.
- Muslim, H. D. 2008. Penerapan Metode *Fuzzy Logic* dalam Pemetaan Potensi Mineralisasi Emas Epitermal di Kabupaten Sukabumi Menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG). *Tesis*. Institut Teknologi Bandung.
- Nasution, Y., A. Rauf, dan Rahmawaty. 2012. Evaluasi Kesesuaian Lahan Salak Sidimpuan di Tapanuli Selatan Propinsi Sumatera Utara. *Jurnal Ilmu Pertanian KULTIVAR*. Vol.6 (2).
- Noor, D. 2012. *Geologi Untuk Perencanaan*. Yogyakarta : Graha Ilmu.
- Paraditya, R. dan T. H. Purwanto. 2012. Pemanfaatan citra Landsat 7 ETM+ untuk pemetaan potensi mineralisasi emas di Kawasan Gunung Dodo, Kabupaten Sumbawa, NTB. *Jurnal*. Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.
- Parman, S. 2010. Deteksi Perubahan Garis Pantai Melalui Citra Penginderaan Jauh di Pantai Utara Semarang Demak. *Jurnal Geografi*. 7 (1). Jurusan Geografi FIS-UNNES.
- Parwati, E. dan A. D. Purwanto. 2014. Analisis Algoritma Ekstraksi Informasi TSS Menggunakan Data Landsat 8 di Perairan Berau. *Seminar Nasional Penginderaan Jauh 2014*. Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh LAPAN.
- Pirajno, F. 1992. *Hydrothermal Mineral Deposits : Principles and Fundamental Concepts for The Exploration Geologist*. Berlin.
- Pour, A. B. dan M. Hasyim. 2014. Hydrothermal Alteration Mapping from Landsat 8 data, Sar Chesmesh copper mining district, south-eastern Islamic Republik of Iran. *Journal Taibah University of Science*. pp 155-166.
- Prahasta, E. 2009. *Sistem Informasi Geografis : Konsep-Konsep Dasar (Perspektif Geodesi & Geomatika)*. Bandung : Informatika Bandung.

- Prayoga, M. P. 2017. Analisis Spasial Tingkat Kekeringan Wilayah Berbasis Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis (Studi Kasus: Kabupaten Tuban). *Skripsi Teknik Geomatika*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Putra, I. D., R. A. F. Nasution, dan A. Harijoko. 2017. Aplikasi Landsat 8 OLI/TIRS dalam Mengidentifikasi Alterasi Hidrotermal Skala Regional: Studi Kasus Daerah Rejang Lebong dan Sekitarnya, Provinsi Bengkulu. *Prosiding Seminar Nasional Kebumihan Ke-10*. Departemen Teknik Geologi Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.
- Saefurahman, G. 2008. Distribusi, Kerapatan dan Perubahan Luas Vegetasi Mangrove Gugus Pulau Pari Kepulauan Seribu Menggunakan Citra Formosat 2 dan Landsat 7 ETM+. *Skripsi*. Bogor : Institut Pertanian Bogor.
- Septiana, E. 2015. Perluakah Koreksi Geometrik Citra Landsat 8?. <http://www.info-geospasial.com/2015/12/perluakah-koreksi-geometrik-citra.html>. [Diakses pada 7 Juli 2018].
- Setiabudi dan B. Tjahjono. 2005. Penyebaran Merkuri Akibat Usaha Pertambangan di Daerah Sangon, Kabupaten Kulon Progo. *Paper For Geological Resources*. D.I. Yogyakarta.
- Setiaji, D. dan M. Nashila. 2016. Kajian Tingkat Akurasi Koreksi Geometrik Citra Satelit Tegak Resolusi Tinggi dengan Metode Orthorektifikasi Secara Parsial. *Artikel GEOTangkas*. Vol.1 (2).
- Sitanggang, G. 2010. Kajian Pemanfaatan Satelit Masa Depan : Sistem Penginderaan Jauh Satelit LDCM (Landsat-8). *Berita Dirgantara*. Vol. 11 (2). Juni 2010. LAPAN : 47-58.
- Sugeng. 2005. Kajian Analisis Kelurusan Struktur dengan Citra Landsat Digital untuk Eksplorasi Mineralisasi Emas di Daerah Bayah, Kabupaten Lebak, Jawa Barat. *Pertemuan Ilmiah Tahunan MAPIN XIV*. Surabaya. 14-15 September 2005.
- Sulistyawan, I. H. dan B. H. Harahap. 2013. Magmatisme, sumberdaya mineral dan energi di Tapanuli Selatan-Sumatera Utara. *Jurnal Sumber Daya Geologi* 23 (3). Pusat Survei Geologi Bandung.

- Sutanto. 1994. *Penginderaan Jauh Jilid 1*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Tampubolon, A. 2006. Eksplorasi Emas di Kabupaten Kerinci Provinsi Jambi. *Prosiding Pemaparan Hasil-Hasil Kegiatan Lapangan dan Non Lapangan*. Pusat Sumberdaya Geologi.
- Verdiansyah, O. dan H. G. Hartono. 2017. Aplikasi *Lineament Density Analysis* untuk Membatasi Pola Kaldera Purba Godean. *Jurnal Teknologi Technoscientia*. 9 (2). Jurusan Teknik Geologi STTNAS Yogyakarta.
- Vincent, R. K. 1997. *Fundamentals of Geological and Environmental Remote Sensing*. Englewood Cliffs : Practice Hall.
- Wiguna, S. 2012. *Sebaran Potensi Deposit Emas Epitermal di Cibalong, Pandeglang-Banten*. Depok : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Departemen Geografi.
- Yetkin, E. 2003. *Alteration Mapping by Remote Sensing : Application to Hasandag – Melendiz Volcanic Complex*. Thesis. Middle East: The Graduate School of Natural and Applied Sciences of the Middle East Technical University.

LAMPIRAN**LAMPIRAN 4.1 Metadata citra Landsat 8**

```
GROUP = L1_METADATA_FILE
  GROUP = METADATA_FILE_INFO
    ORIGIN = "Image courtesy of the U.S. Geological Survey"
    REQUEST_ID = "0701702142394_00048"
    LANDSAT_SCENE_ID = "LC81280592017034LGN00"
    LANDSAT_PRODUCT_ID =
"LC08_L1TP_128059_20170203_20170215_01_T1"
    COLLECTION_NUMBER = 01
    FILE_DATE = 2017-02-15T20:06:30Z
    STATION_ID = "LGN"
    PROCESSING_SOFTWARE_VERSION = "LPGS_2.7.0"
  END_GROUP = METADATA_FILE_INFO
  GROUP = PRODUCT_METADATA
    DATA_TYPE = "L1TP"
    COLLECTION_CATEGORY = "T1"
    ELEVATION_SOURCE = "GLS2000"
    OUTPUT_FORMAT = "GEOTIFF"
    SPACECRAFT_ID = "LANDSAT_8"
    SENSOR_ID = "OLI_TIRS"
    WRS_PATH = 128
    WRS_ROW = 59
    NADIR_OFFNADIR = "NADIR"
    TARGET_WRS_PATH = 128
    TARGET_WRS_ROW = 59
    DATE_ACQUIRED = 2017-02-03
    SCENE_CENTER_TIME = "03:35:12.0251750Z"
    CORNER_UL_LAT_PRODUCT = 2.49152
    CORNER_UL_LON_PRODUCT = 98.49088
    CORNER_UR_LAT_PRODUCT = 2.49071
    CORNER_UR_LON_PRODUCT = 100.53619
    CORNER_LL_LAT_PRODUCT = 0.39354
    CORNER_LL_LON_PRODUCT = 98.49134
    CORNER_LR_LAT_PRODUCT = 0.39342
    CORNER_LR_LON_PRODUCT = 100.53479
    CORNER_UL_PROJECTION_X_PRODUCT = 443400.000
    CORNER_UL_PROJECTION_Y_PRODUCT = 275400.000
    CORNER_UR_PROJECTION_X_PRODUCT = 670800.000
    CORNER_UR_PROJECTION_Y_PRODUCT = 275400.000
    CORNER_LL_PROJECTION_X_PRODUCT = 443400.000
    CORNER_LL_PROJECTION_Y_PRODUCT = 43500.000
    CORNER_LR_PROJECTION_X_PRODUCT = 670800.000
    CORNER_LR_PROJECTION_Y_PRODUCT = 43500.000
    PANCHROMATIC_LINES = 15461
    PANCHROMATIC_SAMPLES = 15161
    REFLECTIVE_LINES = 7731
    REFLECTIVE_SAMPLES = 7581
```

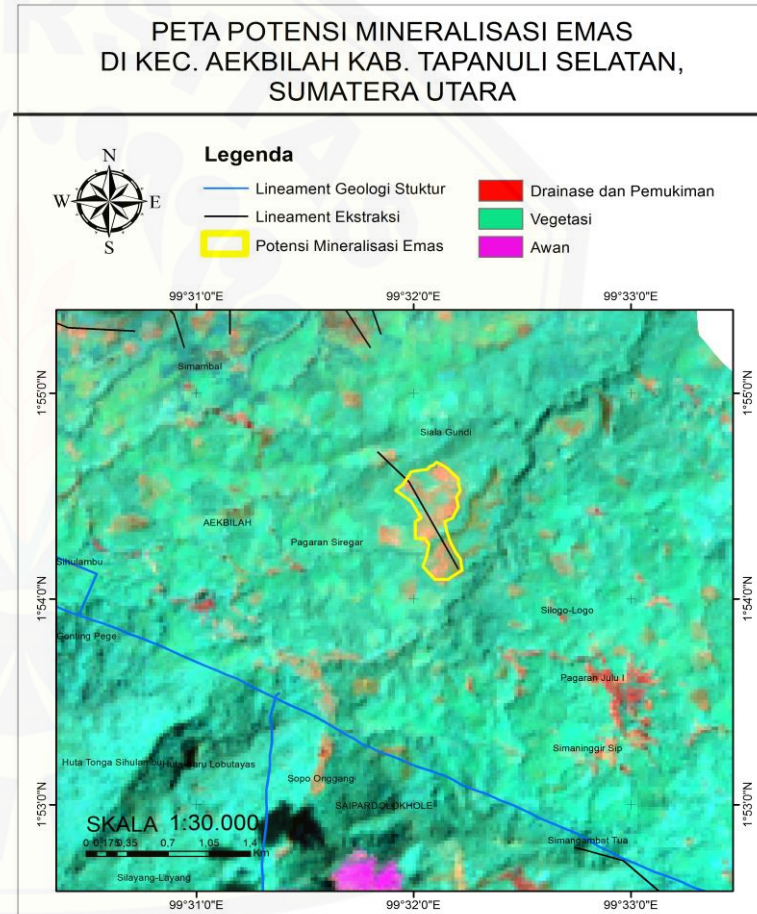
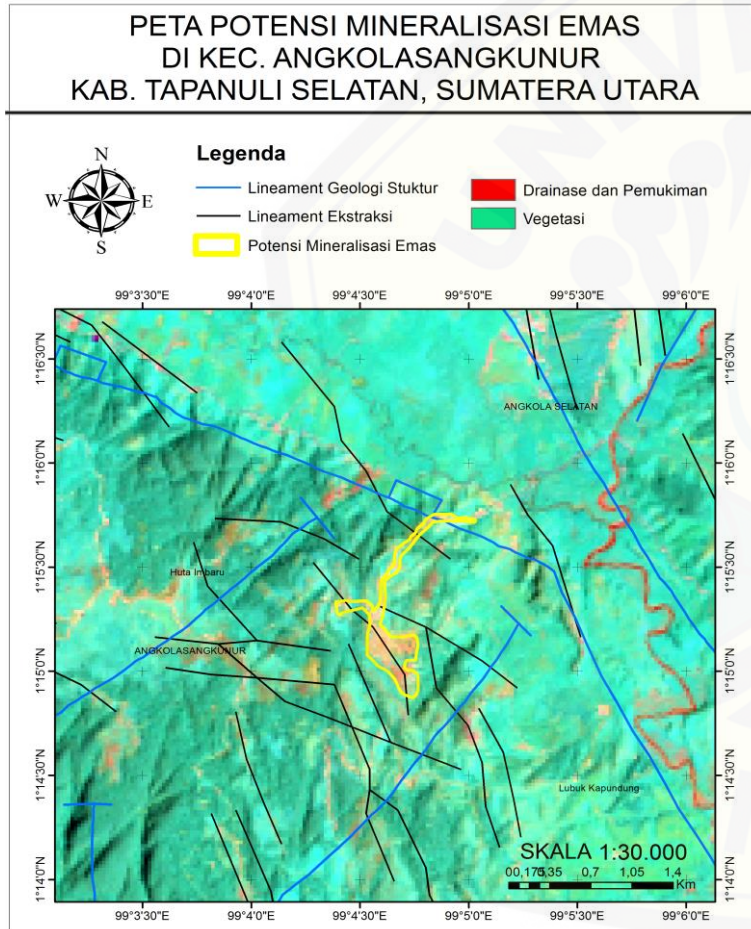
```
THERMAL_LINES = 7731
THERMAL_SAMPLES = 7581
FILE_NAME_BAND_1 =
"LC08_L1TP_128059_20170203_20170215_01_T1_B1.TIF"
FILE_NAME_BAND_2 =
"LC08_L1TP_128059_20170203_20170215_01_T1_B2.TIF"
FILE_NAME_BAND_3 =
"LC08_L1TP_128059_20170203_20170215_01_T1_B3.TIF"
FILE_NAME_BAND_4 =
"LC08_L1TP_128059_20170203_20170215_01_T1_B4.TIF"
FILE_NAME_BAND_5 =
"LC08_L1TP_128059_20170203_20170215_01_T1_B5.TIF"
FILE_NAME_BAND_6 =
"LC08_L1TP_128059_20170203_20170215_01_T1_B6.TIF"
FILE_NAME_BAND_7 =
"LC08_L1TP_128059_20170203_20170215_01_T1_B7.TIF"
FILE_NAME_BAND_8 =
"LC08_L1TP_128059_20170203_20170215_01_T1_B8.TIF"
FILE_NAME_BAND_9 =
"LC08_L1TP_128059_20170203_20170215_01_T1_B9.TIF"
FILE_NAME_BAND_10 =
"LC08_L1TP_128059_20170203_20170215_01_T1_B10.TIF"
FILE_NAME_BAND_11 =
"LC08_L1TP_128059_20170203_20170215_01_T1_B11.TIF"
FILE_NAME_BAND_QUALITY =
"LC08_L1TP_128059_20170203_20170215_01_T1_BQA.TIF"
ANGLE_COEFFICIENT_FILE_NAME =
"LC08_L1TP_128059_20170203_20170215_01_T1_ANG.txt"
METADATA_FILE_NAME =
"LC08_L1TP_128059_20170203_20170215_01_T1_MTL.txt"
CPF_NAME = "LC08CPF_20170101_20170331_01.01"
BPF_NAME_OLI = "LO8BPF20170203031527_20170203040117.01"
BPF_NAME_TIRS = "LT8BPF20170126100746_20170211131243.01"
RLUT_FILE_NAME = "LC08RLUT_20150303_20431231_01_12.h5"
END_GROUP = PRODUCT_METADATA
GROUP = IMAGE_ATTRIBUTES
CLOUD_COVER = 10.14
CLOUD_COVER_LAND = 11.24
IMAGE_QUALITY_OLI = 9
IMAGE_QUALITY_TIRS = 9
TIRS_SSM_MODEL = "FINAL"
TIRS_SSM_POSITION_STATUS = "ESTIMATED"
TIRS_STRAY_LIGHT_CORRECTION_SOURCE = "TIRS"
ROLL_ANGLE = -0.001
SUN_AZIMUTH = 122.32096030
SUN_ELEVATION = 55.27603656
EARTH_SUN_DISTANCE = 0.9856702
SATURATION_BAND_1 = "N"
SATURATION_BAND_2 = "N"
SATURATION_BAND_3 = "N"
SATURATION_BAND_4 = "N"
SATURATION_BAND_5 = "N"
```

```
SATURATION_BAND_6 = "N"
SATURATION_BAND_7 = "Y"
SATURATION_BAND_8 = "N"
SATURATION_BAND_9 = "N"
GROUND_CONTROL_POINTS_VERSION = 4
GROUND_CONTROL_POINTS_MODEL = 137
GEOMETRIC_RMSE_MODEL = 8.086
GEOMETRIC_RMSE_MODEL_Y = 6.665
GEOMETRIC_RMSE_MODEL_X = 4.578
GROUND_CONTROL_POINTS_VERIFY = 60
GEOMETRIC_RMSE_VERIFY = 9.825
TRUNCATION_OLI = "UPPER"
END_GROUP = IMAGE_ATTRIBUTES
GROUP = MIN_MAX_RADIANCE
  RADIANCE_MAXIMUM_BAND_1 = 782.32312
  RADIANCE_MINIMUM_BAND_1 = -64.60450
  RADIANCE_MAXIMUM_BAND_2 = 801.10840
  RADIANCE_MINIMUM_BAND_2 = -66.15579
  RADIANCE_MAXIMUM_BAND_3 = 738.21454
  RADIANCE_MINIMUM_BAND_3 = -60.96200
  RADIANCE_MAXIMUM_BAND_4 = 622.50409
  RADIANCE_MINIMUM_BAND_4 = -51.40659
  RADIANCE_MAXIMUM_BAND_5 = 380.94147
  RADIANCE_MINIMUM_BAND_5 = -31.45827
  RADIANCE_MAXIMUM_BAND_6 = 94.73668
  RADIANCE_MINIMUM_BAND_6 = -7.82339
  RADIANCE_MAXIMUM_BAND_7 = 31.93133
  RADIANCE_MINIMUM_BAND_7 = -2.63690
  RADIANCE_MAXIMUM_BAND_8 = 704.50336
  RADIANCE_MINIMUM_BAND_8 = -58.17812
  RADIANCE_MAXIMUM_BAND_9 = 148.88057
  RADIANCE_MINIMUM_BAND_9 = -12.29461
  RADIANCE_MAXIMUM_BAND_10 = 22.00180
  RADIANCE_MINIMUM_BAND_10 = 0.10033
  RADIANCE_MAXIMUM_BAND_11 = 22.00180
  RADIANCE_MINIMUM_BAND_11 = 0.10033
END_GROUP = MIN_MAX_RADIANCE
GROUP = MIN_MAX_REFLECTANCE
  REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_1 = 1.210700
  REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_1 = -0.099980
  REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_2 = 1.210700
  REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_2 = -0.099980
  REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_3 = 1.210700
  REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_3 = -0.099980
  REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_4 = 1.210700
  REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_4 = -0.099980
  REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_5 = 1.210700
  REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_5 = -0.099980
  REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_6 = 1.210700
  REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_6 = -0.099980
  REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_7 = 1.210700
  REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_7 = -0.099980
```

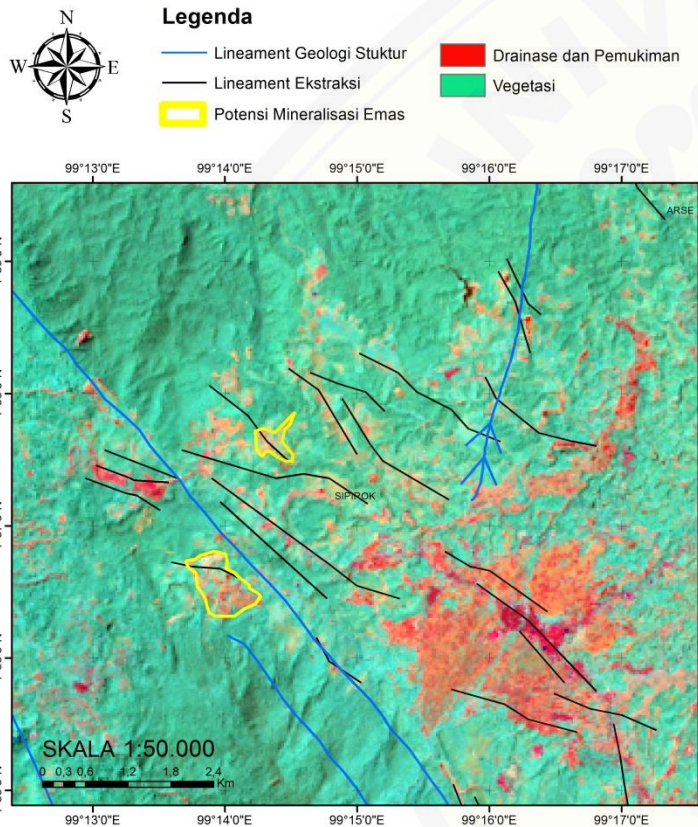
```
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_8 = 1.210700
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_8 = -0.099980
REFLECTANCE_MAXIMUM_BAND_9 = 1.210700
REFLECTANCE_MINIMUM_BAND_9 = -0.099980
END_GROUP = MIN_MAX_REFLECTANCE
GROUP = MIN_MAX_PIXEL_VALUE
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_1 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_1 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_2 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_2 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_3 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_3 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_4 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_4 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_5 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_5 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_6 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_6 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_7 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_7 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_8 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_8 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_9 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_9 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_10 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_10 = 1
QUANTIZE_CAL_MAX_BAND_11 = 65535
QUANTIZE_CAL_MIN_BAND_11 = 1
END_GROUP = MIN_MAX_PIXEL_VALUE
GROUP = RADIOMETRIC_RESCALING
RADIANCE_MULT_BAND_1 = 1.2923E-02
RADIANCE_MULT_BAND_2 = 1.3234E-02
RADIANCE_MULT_BAND_3 = 1.2195E-02
RADIANCE_MULT_BAND_4 = 1.0283E-02
RADIANCE_MULT_BAND_5 = 6.2929E-03
RADIANCE_MULT_BAND_6 = 1.5650E-03
RADIANCE_MULT_BAND_7 = 5.2749E-04
RADIANCE_MULT_BAND_8 = 1.1638E-02
RADIANCE_MULT_BAND_9 = 2.4594E-03
RADIANCE_MULT_BAND_10 = 3.3420E-04
RADIANCE_MULT_BAND_11 = 3.3420E-04
RADIANCE_ADD_BAND_1 = -64.61742
RADIANCE_ADD_BAND_2 = -66.16903
RADIANCE_ADD_BAND_3 = -60.97419
RADIANCE_ADD_BAND_4 = -51.41688
RADIANCE_ADD_BAND_5 = -31.46456
RADIANCE_ADD_BAND_6 = -7.82495
RADIANCE_ADD_BAND_7 = -2.63743
RADIANCE_ADD_BAND_8 = -58.18975
RADIANCE_ADD_BAND_9 = -12.29706
RADIANCE_ADD_BAND_10 = 0.10000
RADIANCE_ADD_BAND_11 = 0.10000
```

```
REFLECTANCE_MULT_BAND_1 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_2 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_3 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_4 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_5 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_6 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_7 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_8 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_9 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_ADD_BAND_1 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_2 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_3 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_4 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_5 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_6 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_7 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_8 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_9 = -0.100000
END_GROUP = RADIOMETRIC_RESCALING
GROUP = TIRS_THERMAL_CONSTANTS
  K1_CONSTANT_BAND_10 = 774.8853
  K2_CONSTANT_BAND_10 = 1321.0789
  K1_CONSTANT_BAND_11 = 480.8883
  K2_CONSTANT_BAND_11 = 1201.1442
END_GROUP = TIRS_THERMAL_CONSTANTS
GROUP = PROJECTION_PARAMETERS
  MAP_PROJECTION = "UTM"
  DATUM = "WGS84"
  ELLIPSOID = "WGS84"
  UTM_ZONE = 47
  GRID_CELL_SIZE_PANCHROMATIC = 15.00
  GRID_CELL_SIZE_REFLECTIVE = 30.00
  GRID_CELL_SIZE_THERMAL = 30.00
  ORIENTATION = "NORTH_UP"
  RESAMPLING_OPTION = "CUBIC_CONVOLUTION"
END_GROUP = PROJECTION_PARAMETERS
END_GROUP = L1_METADATA_FILE
END
```

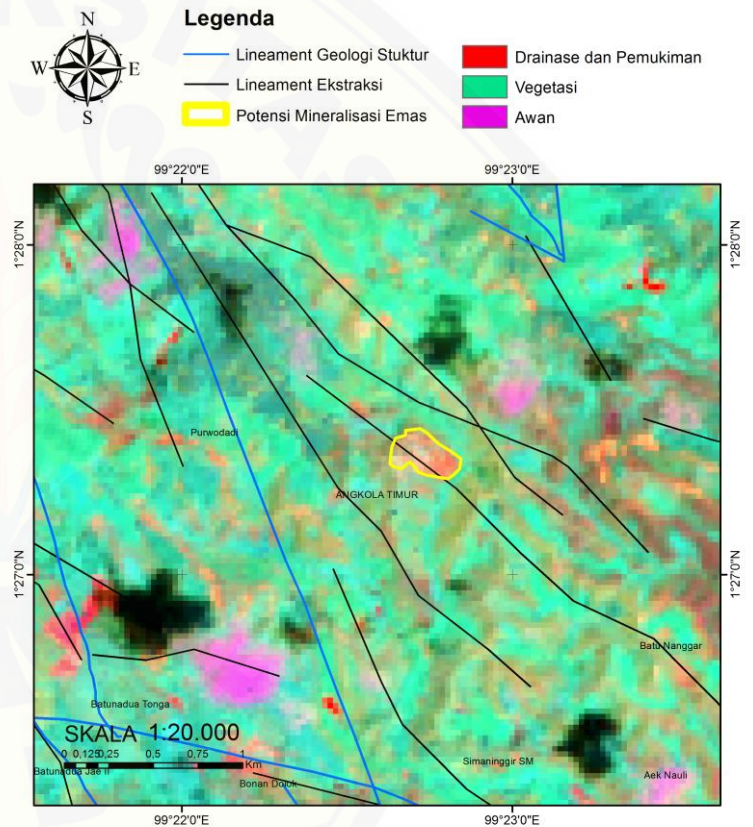

LAMPIRAN 4. 2 Potensi Mineralisasi Emas di Kecamatan Angkolasangkunur, Aekbilah, Sipirok, Angkola Timur, Batang Angkola dan Sayurmatinggi



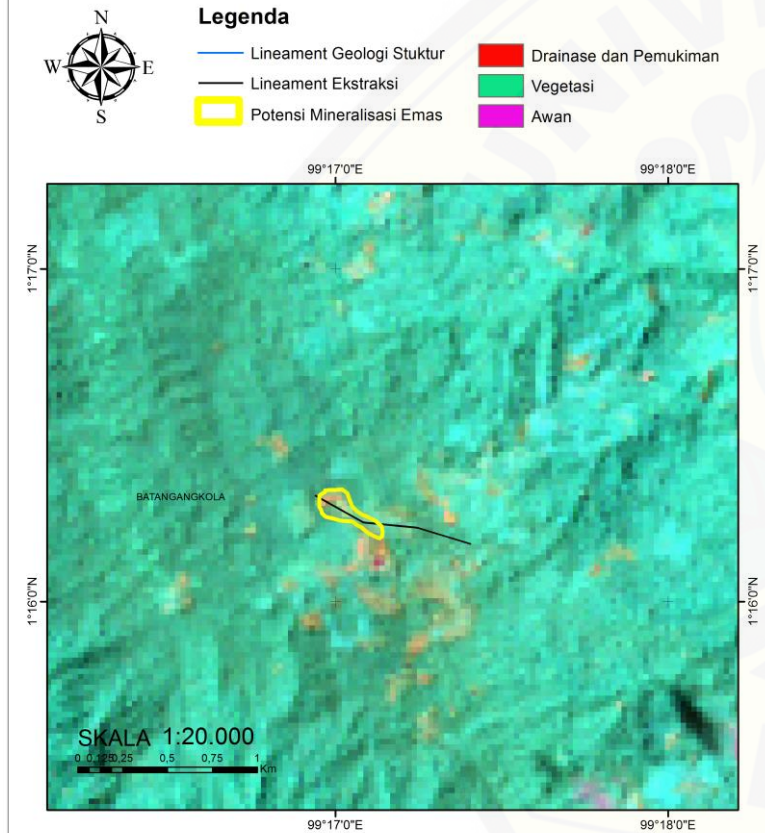
PETA POTENSI MINERALISASI EMAS
DI KEC. SIPIROK KAB. TAPANULI SELATAN,
SUMATERA UTARA



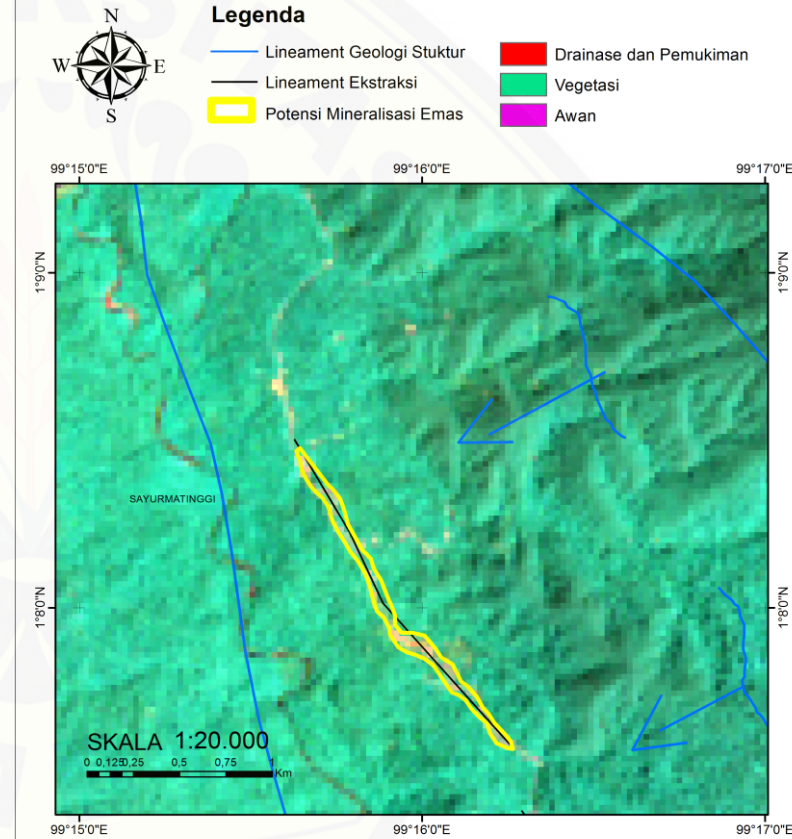
PETA POTENSI MINERALISASI EMAS
DI KEC. ANGKOLA TIMUR
KAB. TAPANULI SELATAN, SUMATERA UTARA



PETA POTENSI MINERALISASI EMAS
DI KEC. BATANG ANGKOLA
KAB. TAPANULI SELATAN, SUMATERA UTARA



PETA POTENSI MINERALISASI EMAS
DI KEC. SAYUR MATINGGI
KAB. TAPANULI SELATAN, SUMATERA UTARA

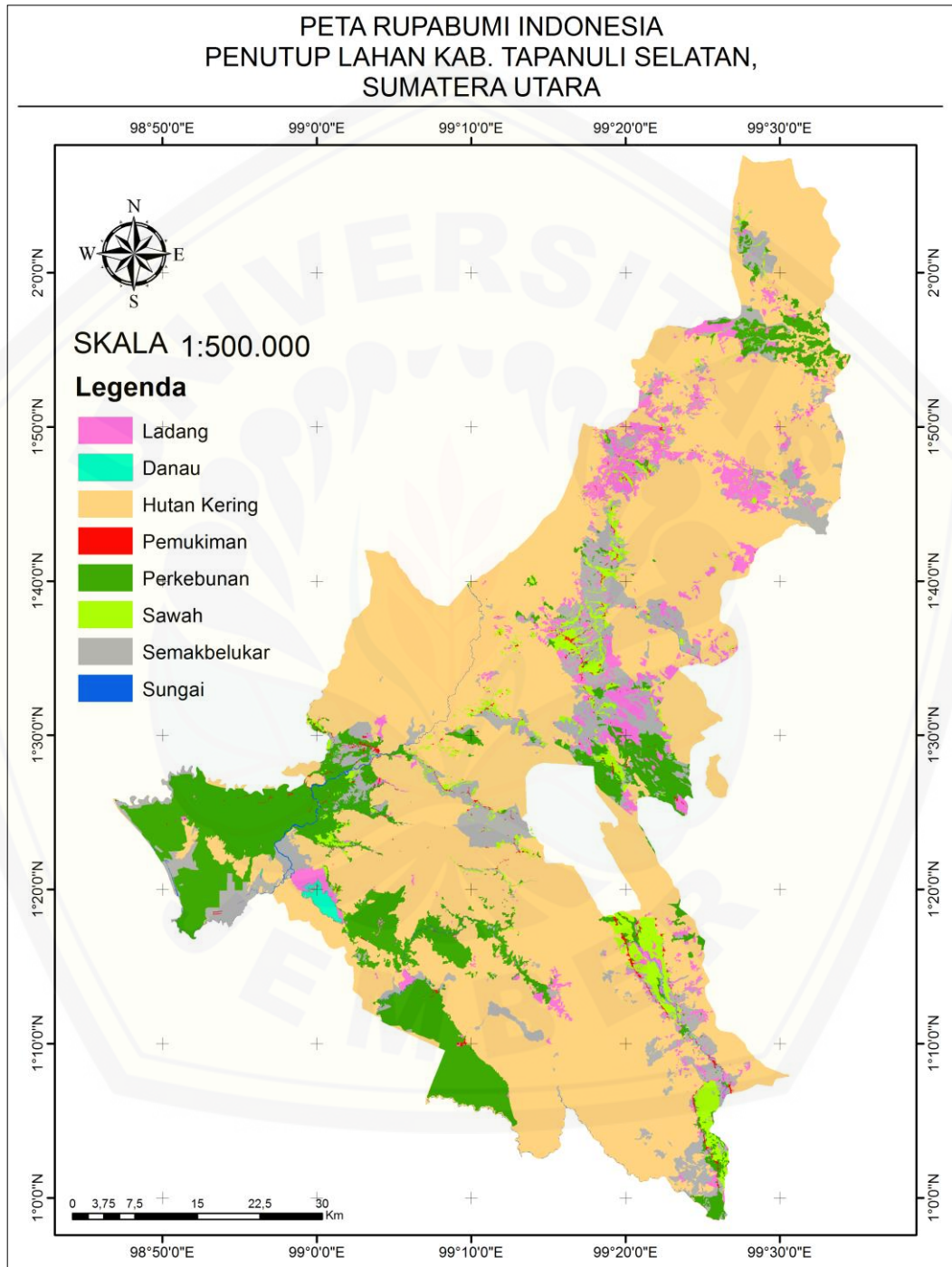


LAMPIRAN 4.3

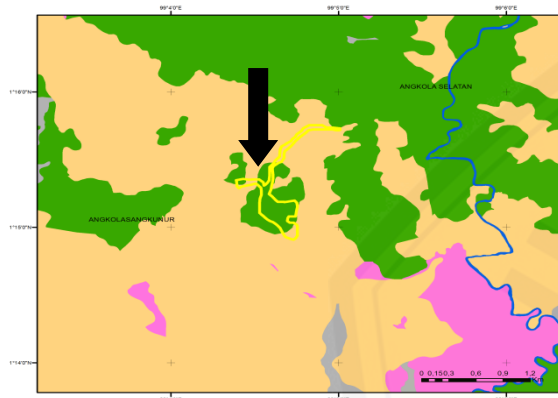
Data BPS untuk Jenis, Lokasi, Dan Kegunaan Bahan Tambang Menurut Jenis Bahan Tambang Di Kab. Tapanuli Selatan, 2015

No.	Jenis Bahan Tambang	Lokasi	Kegunaan
Bahan Galian Logam			
1.	Tembaga (Cu)	Kec.Angkola Selatan dan Sayur Matinggi	Sebagai Bahan baku industri logam, bahan baku pembuatan kabel listrik, bahan pembuatan komponen elektronik
2.	Emas	Kec.Batang Toru, Batang Angkola, Sayur Matinggi dan Aek Bilah	Sebagai bahan perhiasan
3.	Seng (Zn)	Kec.Angkola Selatan dan Sayur Matinggi	Bahan baku pembuatan seng
4.	Timah Hitam (PbS)	Kec.Sayur Matinggi dan Angkola Selatan	Bahan Industri Logam Bahan / Komponen AKI
Bahan Galian Batubara			
1.	Batubara	Kec.Angkola Timur	Sebagai bahan bakar industri semen, pupuk, bahan bakar PLTU, bahan Utama pembuatan briket batubara
Bahan Galian Non Logam dan Batuan			
1.	Batu Andesit	Kec.Angkola Selatan, Sipirok, Angkola Barat, SD Hole dan Marancar	Sebagai bahan pengerasan jalan, bahan konstruksi
2.	Batu Pasir Kwarsa	Kec.Sipirok dan SD Hole	Sebagai bahan baku industri kaca atau gelas, hiasan (kristal kwarsa)
3.	Sirtu (Pasir dan Batu)	12 Kecamatan Tapsel	Sebagai bahan konstruksi
4.	Batu Granit	Kec.Sayur Matinggi	Bahan industri tegel dan ubin, bahan pondasi bangunan
5.	Batu Apung	Kec.Angkola Timur	Bahan baku porselen, bahan abrasif dalam industri garmen, bahan filler dalam industri komestik
6.	Marmer / Batu Gamping	Kec.Sayur Matinggi dan SD Hole	Bahan baku industri semen, bahan industri tegel dan keramik, bahan tahan panas / basement reaktor nuklir
7.	Bentonit	Kec.Sipirok dan SD Hole	Sebagai lumpur bor, bahan penjernihan minyak kelapa sawit
8.	Zeolit	Kec.Marancar dan SD Hole	Sebagai bahan pakan ternak, absorb
9.	Onik	Kec.Sayur Matinggi	Perhiasan

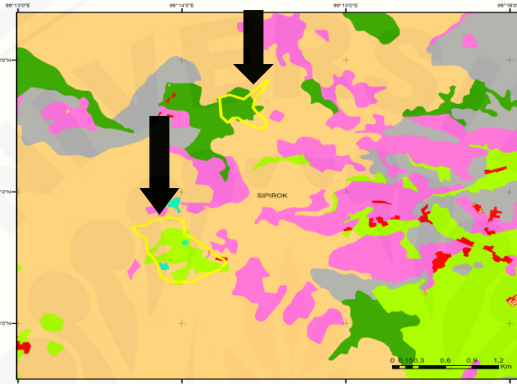
LAMPIRAN 4.4 Peta Rupabumi Indonesia Penutup Lahan Kabupaten Tapanuli Selatan



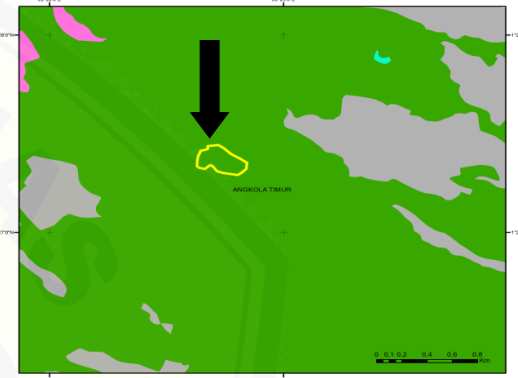
LAMPIRAN 4.5 Tutupan Lahan di Lokasi yang Terdapat Potensi Mineralisasi Emas di Kecamatan



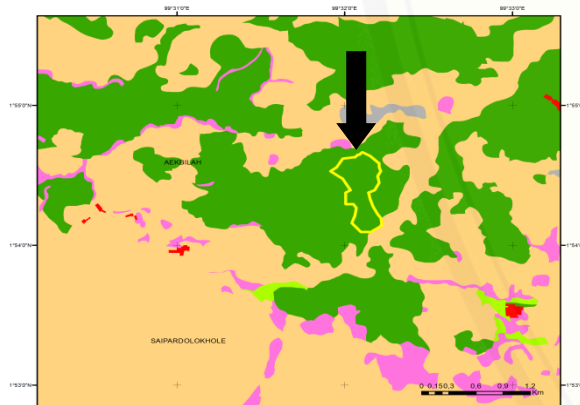
(a) Angkola Sangkunar



(b) Sipirok



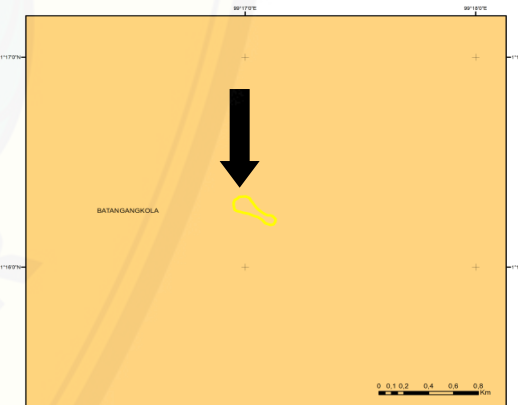
(c) Angkola Timur



(d) Aekbilah

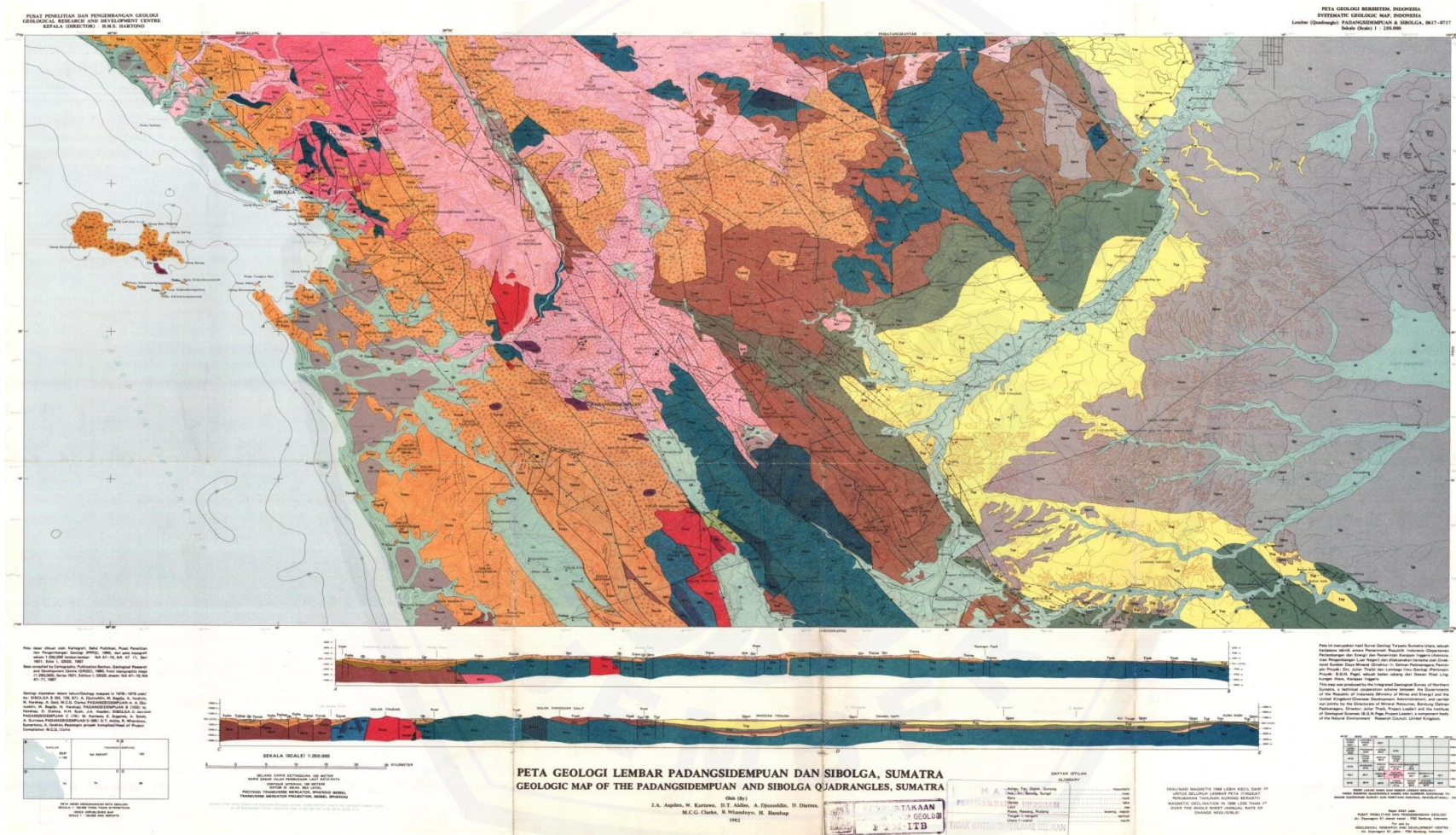


(e) Sayurmatinggi

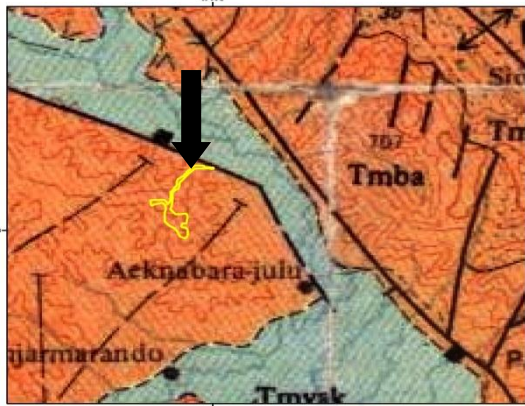


(f) Batang Angkola

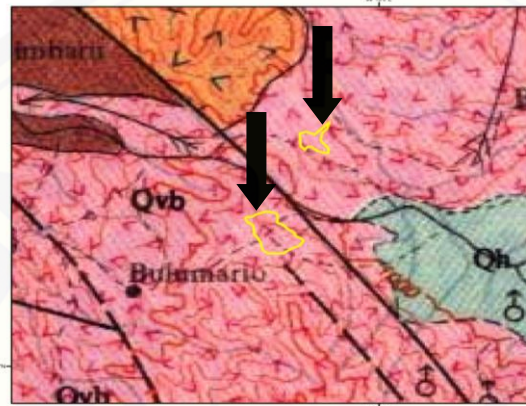
LAMPIRAN 4.6 Peta Geologi Lembar Padangsidempuan dan Sibolga



LAMPIRAN 4.7 Batuan di Daerah Potensi Mineralisasi Emas



(a) Angkola Sangkunar



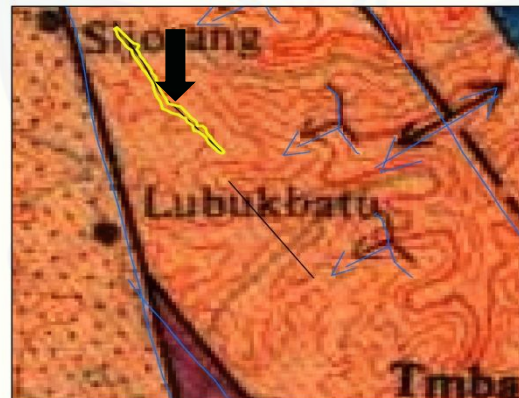
(b) Sipirok



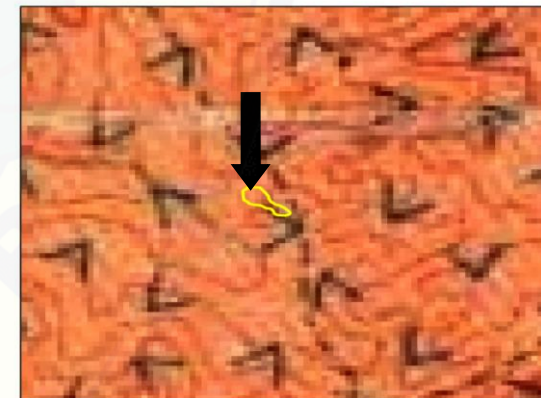
(c) Angkola Timur



(d) Aekbilah



(e) Sayurmatinggi



(f) Batang Angkola