



**TUGAS AKHIR - RG 141536**

**PEMETAAN POTENSI DAN KELAYAKAN  
TAMBANG BATUAN KAPUR MENGGUNAKAN  
METODE PENGINDERAAN JAUH  
(STUDI KASUS : KECAMATAN SEMANDING,  
KABUPATEN TUBAN, JAWA TIMUR)**

Sep Hamdan Rif'anuddin  
NRP 0331144000007

Dosen Pembimbing  
Prof. Dr. Ir. Bangun Muljo Sukojo., DEA., DESS.

DEPARTEMEN TEKNIK GEOMATIKA  
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan Dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2018

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



**FINAL ASSIGNMENT - RG 141536**

**POTENTIAL MAPPING AND MINING  
FEASIBILITY STUDY OF LIMESTONE USING  
REMOTE SENSING METHODS  
(CASE STUDY : KECAMATAN SEMANDING,  
KABUPATEN TUBAN, JAWA TIMUR)**

Sep Hamdan Rifanuddin  
NRP 0331144000007

Supervisor  
Prof. Dr. Ir. Bangun Muljo Sukojo., DEA., DESS.

GEOMATICS ENGINEERING DEPARTMENT  
Faculty of Civil Environment and Geo Engineering  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2018

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

**PEMETAAN POTENSI DAN KELAYAKAN TAMBANG  
BATUAN KAPUR MENGGUNAKAN METODE  
PENGINDERAAN JAUH  
(STUDI KASUS : KECAMATAN SEMANDING,  
KABUPATEN TUBAN, JAWA TIMUR)**

**Nama Mahasiswa** : Sep Hamdan Rif'anuddin  
**NRP** : 0331144000007  
**Departemen** : Teknik Geomatika FTSLK-ITS  
**Dosen Pembimbing** : Prof. Dr. Ir. Bangun Muljo  
S., DEA., DESS.

**ABSTRAK**

*Batu kapur merupakan salah satu barang tambang yang banyak terdapat di Indonesia. Pegunungan kapur di Indonesia menyebar dari barat ke timur mulai dari pegunungan di Jawa Tengah hingga ke Jawa Timur, Madura, Sumatra dan Irian Jaya. Tuban berada dalam cekungan Jawa Timur bagian utara dan dimungkinkan sebagai wilayah potensial terdapatnya berbagai sumberdaya mineral, salah satunya adalah batuan gamping atau batuan kapur. Batu kapur di daerah Tuban tersebar di beberapa kecamatan, salah satunya yakni di kecamatan Semanding. Perlu dilakukan pemetaan potensi untuk mengetahui seberapa besar peluang untuk melakukan proses penambangan. Selain itu, perlu juga dilakukan nalisa mengenai kelayakan area untuk dilakukan penambangan. Hal ini perlu dilakukan karena berpengaruh terhadap nilai ekonomis penambangan.*

*Proses pemetaan potensi dilakukan dengan menggunakan data tutupan lahan, kerapatan vegetasi dan geologi lapisan batuan di Kecamatan Semanding. Sedangkan pemetaan area layak tambang dilakukan dengan parameter kemiringan lereng dan cakupan area jalanh. Dari parameter tersebut dilakukan proses overlay dengan mempertimbangkan bobot setiap parameter.*

*Kemudian peta potensi batu kapur layak tambang didapatkan dari overlay data peta potensi batu kapur dan area layak tambang.*

*Berdasarkan hasil pengolahan, potensi kapur di kelaskan menjadi 5 kelas yakni potensi sangat rendah, rendah, sedang, tinggi, dan sangat tinggi. Hasil pengolahan data menunjukkan bahwa di Kecamatan Semanding memiliki potensi tinggi, dengan besaran prosentase 41%. Sedangkan potensi kapur layak tambang didapatkan area seluas 5070.330 hektar yang terbagi menjadi kelas, yakni potensi sedang layak tambang, potensi tinggi layak tambang, dan potensi sangat tinggi layak tambang.*

**POTENTIAL MAPPING AND MINING FEASIBILITY  
STUDY OF LIMESTONE USING REMOTE SENSING  
METHODS  
(CASE STUDY : KECAMATAN SEMANDING,  
KABUPATEN TUBAN, JAWA TIMUR)**

**Name** : Sep Hamdan Rif'anuddin  
**NRP** : 0331144000007  
**Department** : Teknik Geomatika FTSLK-ITS  
**Supervisor** : Prof. Dr. Ir. Bangun Muljo  
Sukojo., DEA., DESS.

**ABSTRACT**

*Limestone is one of the mining material Indonesia. The limestone mountains in Indonesia spread from west to east from the mountains of Central Java to East Java, Madura, Sumatra and Irian Jaya. Tuban is located in the northern part of East Java basin and is possible as a potential area of various mineral resources, one of them is limestone or limestone rock. Limestone in the Tuban area spread in several districts, one of them is in the Semanding district . It needs to potential mapping to find out how much opportunity to do the mining process. In addition, there should also be a analysis on the feasibility study for area mining. This needs to be done because it affects the economic value of mining.*

*The potential mapping process is carried out using land cover data, vegetation density and rock layer geology in Semanding district. Meanwhile, the mineable area mapping is done with slope slope and road coverage. From the parameter do overlay process by considering the weight of each parameter. Then the mineable limestone potential map was obtained from the overlay of potential map data of limestone and mineable areas.*

*Based on the results of processing, limestone potential is classified into 5 classes, very low, low, medium, high, and very high potential. The results of data processing shows that in*

*Semanding district has a high potential, with a percentage of 41%. While the potential of mineable lime is obtained an area of 5070,330 hectares that divided into classes, namely the potential is feasible mine, high potential worthy of the mine, and very high potential worthy of mine.*

**PEMETAAN POTENSI DAN KELAYAKAN TAMBANG  
BATUAN KAPUR MENGGUNAKAN METODE  
PENGINDERAAN JAUH  
(STUDI KASUS : KECAMATAN SEMANDING,  
KABUPATEN TUBAN, JAWA TIMUR)**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Program Studi S-1 Departemen Teknik Geomatika  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**SEP HAMDAN RIF'ANUDDIN**  
**NRP. 0331144000007**

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

Prof. Dr. Ir. Bangun Muljo Sukojo., DEA., DESS (.....)  
NIP. 19530527 198303 1 001

**SURABAYA, 17 JULI 2018**



*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan karuniaNya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir dengan judul **“Pemetaan Potensi Dan Kelayakan Jalan Batuan Kapur Menggunakan Metode Penginderaan Jauh (Studi Kasus: Kecamatan Semanding, Kabupaten Tuban, Jawa Timur)”** ini dengan baik dan lancar tanpa halangan yang berarti.

Penelitian ini dapat berjalan dengan baik berkat bantuan dan dukungan secara moral maupun material dari banyak pihak. Atas segala bantuan dan dukungan tersebut, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Orang tua penulis, Bapak Syaiful Huda dan Ibuk Sri Hidayati, beserta seluruh keluarga besar yang selalu memberikan doa, motivasi, dukungan, dan semangat kepada penulis.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Bangun Muljo Sukojo., DEA., DESS selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan saran selama pelaksanaan penelitian tugas akhir berjalan.
3. Bapak Mokhamad Nur Cahyadi, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku Ketua Departemen Teknik Geomatika ITS.
4. Bapak Khomsin, S.T., M.T., selaku dosen wali atas segala bimbingannya selama penulis belajar di Teknik Geomatika ITS.
5. Teman-teman G16 yang telah mendukung dan menghibur selama penelitian tugas akhir berlangsung.
6. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis sangat mengharapkan kritikan dan masukan sebagai pembelajaran bagi penulis untuk menjadi lebih baik. Semoga laporan ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak,

khususnya bagi mahasiswa Departemen Teknik Geomatika Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Akhir kata, penulis menyampaikan terima kasih atas segala kesempatan yang telah diberikan. Wassalam.

Surabaya, \_\_\_\_\_

Penulis

## DAFTAR ISI

ABSTRAK .....	v
LEMBAR PENGESAHAN.....	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR .....	xvii
DAFTAR TABEL .....	xix
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	2
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Tujuan Penelitian .....	3
1.6. Manfaat Penelitian .....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1 Batu Kapur dan Karst.....	5
2.1.1 Batu Kapur .....	5
2.1.2 Karst.....	6
2.2 Penginderaan Jauh.....	9
2.2.1 Definisi Penginderaan Jauh.....	9
2.2.2 Sistem Penginderaan Jauh.....	10
2.2.3 Sumber Tenaga Penginderaan Jauh .....	11
2.2.4 Sensor Penginderaan Jauh.....	12
2.3 Citra Satelit <i>QuickBird</i> .....	14

2.4	Pengolahan Citra Digital .....	16
2.4.1	Koreksi Radiometrik.....	16
2.4.2	Koreksi Geometrik.....	16
2.5	Kekuatan Jaring/ <i>Strength of Figure (SOF)</i> .....	17
2.6	<i>Ground Control Point (GCP)</i> .....	18
2.7	Penentuan Posisi Menggunakan <i>GPS</i> .....	19
2.8	Klasifikasi Citra .....	21
2.8.1	Klasifikasi Terselia .....	22
2.8.2	Klasifikasi Tak Terselia.....	22
2.8.3	Klasifikasi Hibrida (Campuran).....	23
2.9	<i>NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)</i> 23	
2.10	Peta Geologi .....	24
2.11	<i>Root Mean Square Error (RMSe)</i> .....	25
2.12	Korelasi .....	26
2.13	Reklasifikasi, Skoring dan Pembobotan.....	27
2.13.1	Reklasifikasi.....	27
2.13.2	Skoring.....	27
2.14	<i>Overlay</i> .....	29
2.15	Penelitian Terdahulu .....	29
<b>BAB III</b>	<b>METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	<b>31</b>
3.1	Lokasi Penelitian .....	31
3.2	Data dan Peralatan.....	31
3.2.1	Data.....	31
3.2.2	Peralatan.....	32
3.3.	Metodologi Penelitian .....	33

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	39
4.1 <i>Mozaiking</i> Citra Satelit.....	39
4.2 Pemotongan Citra.....	40
4.3 Koreksi Geometrik.....	41
4.4 Klasifikasi Tutupan Lahan.....	44
4.5 Peta Indeks Vegetasi.....	49
4.6 Peta Geologi.....	53
4.7 Peta Potensi Batuan Kapur.....	55
4.8 Peta Area Kelayakan Tambang Batu Kapur.....	57
4.9 Peta Potensi Layak Tambang Batu Kapur.....	62
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	66
5.1 Kesimpulan.....	67
5.2 Saran.....	67
DAFTAR PUSTAKA.....	69
LAMPIRAN.....	73
BIODATA PENULIS.....	87

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Sistem Penginderaan Jauh .....	11
Gambar 2. 2 Spektrum Elektromagnetik .....	12
Gambar 2. 3 Pengamatan GPS Diferensial.....	20
Gambar 2. 4 Klasifikasi Citra .....	21
Gambar 2. 5 Peta Geologi Daerah Grey Site and Vicinity .....	25
Gambar 4. 1 <i>Scene</i> R2C1-P005 .....	39
Gambar 4. 2 <i>Scene</i> R2C2-P005 .....	39
Gambar 4. 3 <i>Scene</i> R3C1-P005 .....	39
Gambar 4. 4 <i>Scene</i> R3C2-P005 .....	39
Gambar 4. 5 Hasil <i>Mozaiking</i> Citra Satelit.....	40
Gambar 4. 6 Sebaran Titik <i>GCP</i> .....	42
Gambar 4. 7 Nilai RMSe Hasil Koreksi Geometrik.....	43
Gambar 4. 8 Hasil <i>Cropping</i> Citra Satelit .....	41
Gambar 4. 9 Kombinasi <i>Colour Infrared</i> (Band 432).....	45
Gambar 4. 10 Peta Tutupan Lahan .....	45
Gambar 4. 11 Sampel Tutupan Lahan Pemukiman.....	46
Gambar 4. 12 Sampel Tutupan Lahan Sawah .....	47
Gambar 4. 13 Sampel Tutupan Lahan Hutan .....	47
Gambar 4. 14 Sampel Tutupan Lahan Ladang .....	47
Gambar 4. 15 Peta Kerapatan Vegetasi.....	50
Gambar 4. 16 Grafik Uji Korelas NDVI Citra dan Lapangan....	52
Gambar 4. 17 Peta Potensi Batu Kapur .....	53
Gambar 4. 18 Peta Potensi Batu Kapur .....	57
Gambar 4. 19 Peta Cakupan Jalan.....	59
Gambar 4. 20 Peta Kemiringan Lereng.....	60
Gambar 4. 21 Peta Area Layak Tambang .....	62
Gambar 4. 22 Proses <i>Clipping</i> .....	63
Gambar 4. 23 Peta Potensi Layak Tambang .....	64
Gambar 4. 24 Peta Lokasi Tambang Batu Kapur.....	65

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Spesifikasi Citra Satelit <i>QuickBird</i> (LAPAN 2016)..	15
Tabel 2. 2 Klasifikasi Tingkat Kerapatan Vegetasi.....	24
Tabel 2. 3 Skoring Tutupan Lahan (Majid 2017).....	27
Tabel 2. 4 Skoring Formasi Geologi (Majid 2017) .....	28
Tabel 2. 5 Skoring Indeks Vegetasi (Majid 2017) .....	28
Tabel 2. 6 Skoring Cakupan Jalan (Suryana 2011) .....	28
Tabel 2. 7 Skoring Kemiringan Lereng (Suryana 2011) .....	29
Tabel 4. 1 Hasil Pengolahan Titik <i>GCP</i> .....	43
Tabel 4. 5 Luas Kelas Tutupan Lahan.....	46
Tabel 4. 6 Perhitungan <i>Confussion Matrix</i> .....	48
Tabel 4. 7 Luas Kelas Kerapatan Vegetasi.....	50
Tabel 4. 8 Perbandingan Hasil Nilai NDVI.....	51
Tabel 4. 9 Luas Formasi Geologi Kec. Semanding .....	54
Tabel 4. 10 Skoring Peta Potensi Batu Kapur .....	56
Tabel 4. 11 Luas Potensi Batu Kapur.....	57
Tabel 4. 12 Kelas Cakupan Jalan .....	58
Tabel 4. 13 Luas Kelas Cakupan Jalan.....	59
Tabel 4. 14 Kelas Kemiringan Lereng (Suryana 2011).....	60
Tabel 4. 15 Skoring Area Layak Tambang .....	61
Tabel 4. 16 Luas Potensi Layak Tambang .....	63
Tabel 4. 17 Uji Hasil Potensi Layak Tambang.....	64

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Indonesia merupakan negara yang kaya akan barang tambang mineral dan logam. Batu kapur merupakan salah satu barang tambang yang banyak terdapat di Indonesia. Pegunungan kapur di Indonesia menyebar dari barat ke timur mulai dari pegunungan di Jawa Tengah hingga ke Jawa Timur, Madura, Sumatra dan Irian Jaya (Margareta 2017). Besarnya potensi tersebut juga diiringi dengan besarnya permintaan di masyarakat akan kebutuhan batu kapur karena batu kapur dapat digunakan untuk berbagai hal, dalam proses dengan fase tertentu baik langsung maupun tidak langsung, baik sebagai proses primer maupun sebagai bahan tambahan. Dengan besarnya kebutuhan tersebut, maka perlu usaha-usaha untuk mendapatkan informasi mengenai dimana saja daerah yang berpotensi memiliki cadangan batu kapur yang besar.

Salah satu daerah penghasil utama batu kapur di Jawa Timur, adalah Kabupaten Tuban. Berdasarkan letaknya, Tuban berada dalam cekungan Jawa Timur bagian utara dan dimungkinkan sebagai wilayah potensial terdapatnya berbagai sumberdaya mineral, salah satunya adalah batuan gamping atau batuan kapur (Majid 2017). Batu kapur di daerah Tuban tersebar di beberapa kecamatan, salah satunya yakni di kecamatan Semanding. Secara geografis kecamatan Semanding terletak di sebelah selatan kota Tuban dengan batas wilayah yakni sebelah utara berbatasan dengan kecamatan Tuban, sebelah timur berbatasan dengan kecamatan Palang, sebelah selatan berbatasan dengan kecamatan Plumpang dan kecamatan Grabagan, dan sedangkan sebelah barat berbatasan dengan Kecamatan Merakurak.

Potensi batu kapur di Kecamatan Semanding, Kabupaten Tuban telah dipetakan pada penelitian sebelumnya pada 2017

oleh Majid. Penelitian tersebut menghasilkan peta sebaran potensi batuan kapur, sedangkan perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai aksesibilitas menuju daerah yang berpotensi. Penelitian ini, akan membahas mengenai pemetaan potensi dan kelayakan tambang batuan kapur dengan menggunakan parameter tutupan lahan, indeks vegetasi, struktur geologi, cakupan jalan, dan kemiringan lereng. Studi kelayakan yang dilakukan focus pada aspek fisik yang diwakili oleh jarak dari jalan dan kemiringan lereng area sekitar penambangan. Hal tersebut dianggap penting karena menentukan faktor distribusi dan keamanan di dunia industri. Studi kelayakan jalan juga dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan oleh pelaku usaha untuk menghitung nilai ekonomis dari suatu tambang.

Pada penelitian ini akan menggunakan teknologi penginderaan jauh citra satelit *Quickbird*. Data citra dapat menghasilkan parameter-parameter yang dibutuhkan dalam pengolahan data penelitian ini. Studi kelayakan tambang menggunakan data jalan dari Peta Rupa Bumi Indonesia skala 1:25.000 dan kemiringan lereng dari data dem. Hasil penelitian yang diperoleh dapat digunakan dalam penentuan cara penambangan dan perkiraan waktu yang dibutuhkan untuk melakukan usaha penambangan. Serta diharapkan dapat digunakan sebagai metode yang lebih cepat dan efisien dalam penentuan estimasi potensi batuan kapur.

## 1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana memetakan estimasi potensi dan kelayakan batuan kapur dengan menggunakan hasil olahan data citra satelit *Quickbird*.

#### 1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian Tugas Akhir ini sebagai berikut :

- a. Wilayah daerah penelitian yaitu Kabupaten Tuban.
- b. Parameter dalam pemetaan penelitian ini adalah tutupan lahan, indeks vegetasi, data geologi, data dan data RBI Kabupaten Tuban .
- c. Data citra digital yang digunakan adalah citra *Quickbird*.
- d. Kelayakan ditinjau dari aspek fisik dengan parameter jarak jalan dan kemiringan lereng.

#### 1.5. Tujuan Penelitian

Tujuan dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- a. Memetakan potensi batuan kapur di Kecamatan Semanding, Kabupaten Tuban.
- b. Memetakan kelayakan area tambang di Kecamatan Semanding, Kabupaten Tuban

#### 1.6. Manfaat Penelitian

Manfaat yang ingin diperoleh dari tugas akhir ini adalah mampu memberikan informasi mengenai lokasi daerah yang berpotensi memiliki kandungan batuan kapur dan layak tambang . Data tersebut dapat digunakan oleh masyarakat untuk membuka bisnis baru dan bagi pemerintah dapat digunakan sebagai acuan perencanaan daerah ke depan. Selain itu, penelitian ini dapat memberikan kontribusi berupa model estimasi potensi batuan kapur di sektor pertambangan di Indonesia.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Batu Kapur dan Karst**

##### **2.1.1 Batu Kapur**

Batu kapur ialah jenis batuan sedimen yang mengandung senyawa karbonat. Pada umumnya batu kapur yang banyak terdapat adalah batu kapur yang mengandung kalsit. Batu kapur memiliki warna putih, putih kekuningan, abu-abu hingga hitam. Pembentukan warna ini tergantung dari campuran yang ada dalam batu kapur tersebut, misalnya: lempung, kwarts, oksida besi, mangan dan unsur organik. Batu kapur terbentuk dari sisa-sisa kerang di laut maupun dari proses presipitasi kimia. Berat jenis batu kapur berkisar 2,6 - 2,8 gr/cm<sup>3</sup>, dalam keadaan murni dengan bentuk kristal kalsit (CaCO<sub>3</sub>), sedangkan berat volumenya berkisar 1,7 - 2,6 gr/cm<sup>3</sup>. Jenis batuan karbonat dapat dibagi menjadi 2 bagian utama yaitu batu kapur dan dolomit (Boggs 1987).

Secara kimia batu kapur terdiri atas Kalsium karbonat (CaCO<sub>3</sub>). Di alam tidak jarang pula dijumpai batu kapur magnesium. Kadar magnesium yang tinggi mengubah batu kapur dolomitan dengan komposisi kimia CaCO<sub>3</sub>MgCO<sub>3</sub>.

Di Indonesia terdapat beberapa batuan yang mengandung senyawa karbonat, antara lain ialah batu kapur, batu kapur kerang dan batu kapur magnesium. Batu kapur merupakan salah satu bahan galian industri yang potensinya sangat besar dengan cadangan di perkirakan lebih dari 28 milyar ton yang tersebar di seluruh daerah di Indonesia (Madiadipoera 1990)

Batu kapur dapat digunakan untuk berbagai hal, dalam proses dengan fase tertentu baik langsung maupun tidak langsung, baik sebagai proses primer

maupun sebagai bahan tambahan Batu kapur murni digunakan sebagai bahan baku dalam pengolahan kaca, kalsinasi dan beberapa kapur digunakan dalam pengolahan dari campuran struktural semen. Batu kapur digunakan dalam pembuatan dari bubuk pemucat dimana digunakan dalam bidang tekstil dan kertas gulung. Batu kapur memiliki manfaat yang banyak sehingga harus mampu dipetakan potensinya, salah satunya dengan teknologi penginderaan jauh.

### 2.1.2 Karst

Karst merupakan istilah dalam bahasa Jerman yang diturunkan dari bahasa Slovenia (*kras*) yang berarti lahan gersang berbatu. Istilah ini di negara asalnya sebenarnya tidak berkaitan dengan batu kapur dan proses pelarutan, namun saat ini istilah *kras* telah diadopsi untuk istilah bentuk lahan hasil proses pelarutan. Ford dan Williams (1989) mendefinisikan karst sebagai medan dengan kondisi hidrologi yang khas sebagai akibat dari batuan yang mudah larut dan mempunyai porositas sekunder yang berkembang baik. Karst dicirikan oleh:

- a. Terdapatnya cekungan tertutup dan atau lembah kering dalam berbagai ukuran dan bentuk
- b. Langkanya atau tidak terdapatnya drainase/sungai permukaan
- c. Terdapatnya goa dari sistem drainase bawah tanah.

Karst tidak hanya terjadi di daerah berbatuan karbonat, tetapi terjadi juga di batuan lain yang mudah larut dan mempunyai porositas sekunder (kekar dan sesar intensif), seperti batuan gipsum dan batugaram. Namun demikian, karena batuan karbonat mempunyai sebaran yang paling luas, karst yang banyak dijumpai adalah karst yang berkembang di batuan karbonat.

Karstifikasi atau proses pembentukan bentuk-lahan karst didominasi oleh proses pelarutan. Proses pelarutan batu kapur diawali oleh larutnya  $\text{CO}_2$  di dalam air membentuk  $\text{H}_2\text{CO}_3$ . Larutan  $\text{H}_2\text{CO}_3$  tidak stabil terurai menjadi  $\text{H}^+$  dan  $\text{HCO}_3^-$ . Ion  $\text{H}^+$  inilah yang selanjutnya menguraikan  $\text{CaCO}_3$  menjadi  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{HCO}_3^-$ . Secara ringkas proses pelarutan dirumuskan dengan reaksi sebagai berikut.



Karstifikasi dipengaruhi oleh dua kelompok faktor, faktor pengontrol dan faktor pendorong. Faktor pengontrol menentukan dapat tidaknya proses karstifikasi berlangsung, sedangkan faktor pendorong menentukan kecepatan dan kesempurnaan proses karstifikasi.

Batuan yang mengandung  $\text{CaCO}_3$  tinggi akan mudah larut. Semakin tinggi kandungan  $\text{CaCO}_3$ , semakin berkembang bentuk lahan karst. Kekompakan batuan menentukan kestabilan morfologi karst setelah mengalami pelarutan. Apabila batuan lunak, maka setiap kenampakan karst yang terbentuk seperti kare dan bukit akan cepat hilang karena proses pelarutan itu sendiri maupun proses erosi dan gerak masa batuan, sehingga kenampakan karst tidak dapat berkembang baik. Ketebalan menentukan terbentuknya sirkulasi air secara vertikal lebih. Tanpa adanya lapisan yang tebal, sirkulasi air secara vertikal yang merupakan syarat karstifikasi dapat berlangsung. Tanpa adanya sirkulasi vertikal, proses yang terjadi adalah aliran lateral seperti pada sungai-sungai permukaan dan cekungan-cekungan tertutup tidak dapat terbentuk. Rekahan batuan merupakan jalan masuknya air membentuk drainase vertikal dan

berkembangnya sungai bawah tanah serta pelarutan yang terkonsentrasi.

Curah hujan merupakan media pelarut utama dalam proses karstifikasi. Semakin besar curah hujan, semakin besar media pelarut, sehingga tingkat pelarutan yang terjadi di batuan karbonat juga semakin besar. Ketinggian batu kapur terekspos di permukaan menentukan sirkulasi/drainase secara vertikal. Walaupun batu kapur mempunyai lapisan tebal tetapi hanya terekspos beberapa meter di atas muka laut, karstifikasi tidak akan terjadi. Drainase vertikal akan terjadi apabila julat/jarak antara permukaan batu kapur dengan muka air tanah atau batuan dasar dari batu kapur semakin besar. Semakin tinggi permukaan batu kapur terekspose, semakin besar julat antara permukaan batu kapur dengan muka air tanah dan semakin baik sirkulasi air secara vertikal, serta semakin intensif proses karstifikasi.

Temperatur mendorong proses karstifikasi terutama dalam kaitannya dengan aktivitas organisme. Daerah dengan temperatur hangat seperti di daerah tropis merupakan tempat yang ideal bagi perkembangan organisme yang selanjutnya menghasilkan  $\text{CO}_2$  dalam tanah yang melimpah. Temperatur juga menentukan evaporasi, semakin tinggi temperatur semakin besar evaporasi yang pada akhirnya akan menyebabkan rekristalisasi larutan karbonat di permukaan dan dekat permukaan tanah. Adanya rekristalisasi ini akan membuat pengerasan permukaan (case hardening) sehingga bentuk lahan karst yang telah terbentuk dapat dipertahankan dari proses denudasi yang lain (erosi dan gerak masa batuan). Kecepatan reaksi sebenarnya lebih besar di daerah temperatur rendah, karena konsentrasi  $\text{CO}_2$  lebih besar pada temperatur rendah. Namun demikian

tingkat pelarutan di daerah tropis lebih tinggi karena ketersediaan air hujan yang melimpah dan aktivitas organisme yang lebih besar.

Penutupan hutan juga merupakan faktor pendorong perkembangan karena hutan yang lebat akan mempunyai kandungan CO<sub>2</sub> dalam tanah yang melimpah akibat dari hasil perombakan sisa-sisa organik (dahan, ranting, daun, bangkai binatang) oleh mikro organisme. Semakin besar konsentrasi CO<sub>2</sub> dalam air semakin tinggi tingkat daya larut air terhadap batu kapur. CO<sub>2</sub> di atmosfer tidaklah bervariasi secara signifikan, sehingga variasi proses karstifikasi sangat ditentukan oleh CO<sub>2</sub> dari aktivitas organisme.

## 2.2 Penginderaan Jauh

### 2.2.1 Definisi Penginderaan Jauh

Penginderaan jauh (*remote sensing*) adalah ilmu dan seni untuk memperoleh informasi tentang suatu objek, daerah, atau fenomena melalui analisis data yang diperoleh dengan suatu alat tanpa kontak langsung dengan objek, daerah, atau fenomena yang dikaji (Lillesand dan Kiefer 1994)

Pengumpulan data penginderaan jauh dilakukan dengan menggunakan alat pengindera atau alat pengumpul data yang disebut sensor. Berbagai sensor pengumpul data dari jarak jauh, umumnya dipasang pada wahana (platform) yang berupa pesawat terbang, balon, satelit, atau wahana lainnya. Objek-objek data atau objek yang indra adalah objek yang terletak di permukaan bumi, atmosfer dan antariksa. Pengumpulan data tersebut dapat dilakukan dalam berbagai bentuk, sesuai dengan tenaga yang digunakan. Tenaga yang digunakan dapat berupa variasi distribusi energi elektromagnetik. Data penginderaan jauh dapat berupa citra (*imaginery*), grafik, dan data numerik. Data

tersebut dapat dianalisis untuk mendapatkan informasi tentang objek, daerah, atau fenomena daerah yang diindera atau yang diteliti. Proses penerjemahan data menjadi informasi disebut analisis atau interpretasi data. Apabila proses penerjemahan tersebut dilakukan secara digital dengan bantuan komputer disebut interpretasi digital.

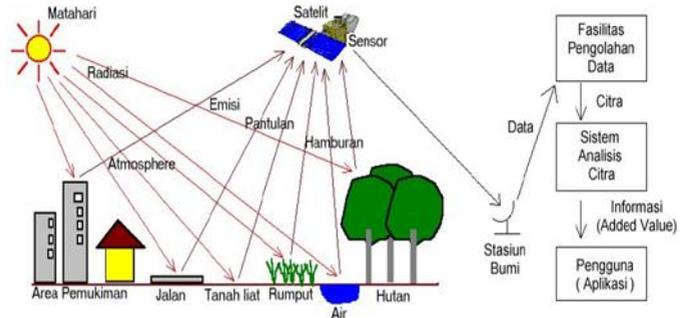
Analisis data penginderaan jauh memerlukan data rujukan seperti peta tematik, data statistik, dan data lapangan. Hasil analisis yang diperoleh berupa informasi mengenai bentang lahan, jenis penutup lahan, kondisi lokasi, dan kondisi sumber daya daerah yang diindera. Informasi tersebut bagi para pengguna dapat dimanfaatkan untuk membantu dalam proses pengambilan keputusan dalam mengembangkan daerah tersebut. Keseluruhan proses mulai dari pengambilan data hingga penggunaan data disebut Sistem Penginderaan Jauh.

### 2.2.2 Sistem Penginderaan Jauh

Konsep dasar penginderaan jauh terdiri atas beberapa elemen atau komponen yang meliputi sumber tenaga, atmosfer, interaksi tenaga dengan objek dipermukaan bumi, sensor sistem pengolahan data, dan berbagai penggunaan data. Konsep dasar digambarkan sebagai sistem penginderaan jauh dan penggunaannya.

Seluruh sistem penginderaan jauh, baik pasif maupun aktif memerlukan sumber tenaga, yaitu dapat berupa sumber tenaga alamiah maupun sumber tenaga buatan. Spektrum elektromagnetik merupakan berkas dari tenaga elektromagnetik, yang meliputi spektra kosmis, Gamma, X, ultraviolet, tampak, inframerah, gelombang mikro, dan gelombang radio. Jumlah total seluruh spektrum disebut spektrum elektromagnetik. Pembagian spektrum telah berkembang dari berbagai metode penginderaan jauh, atas setiap jenis radiasi dan

perbedaan berdasarkan sifat tenaga pada berbagai panjang gelombang.

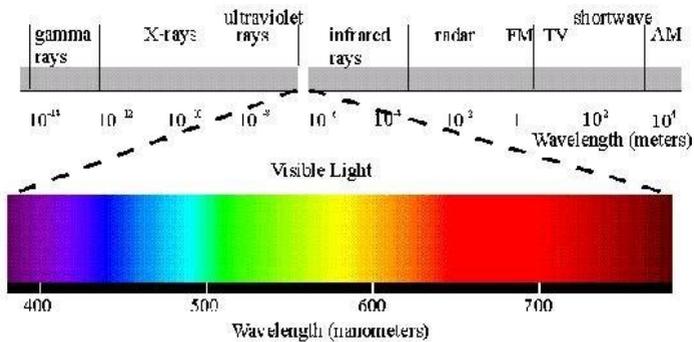


Gambar 2. 1 Sistem Penginderaan Jauh (Sutanto 1986)

### 2.2.3 Sumber Tenaga Penginderaan Jauh

Sebuah sistem penginderaan jauh memerlukan sumber tenaga, baik alamiah maupun buatan. Tenaga panas yang dipancarkan dari obyek dapat direkam dengan sensor yang dipasang jauh dari obyeknya. Penginderaan obyek tersebut menggunakan spektrum inframerah thermal (Paine, 1981 dalam Sutanto, 1996).

Sebuah sistem penginderaan jauh memerlukan sumber tenaga baik alamiah maupun buatan. Tenaga baik alamiah maupun buatan. Tenaga yang dimaksud berupa spektrum elektromagnetik yang meliputi spektra kosmis, gamma, sinar-X, ultraviolet, cahaya tampak, inframerah, gelombang mikro, serta gelombang radio. Jumlah total seluruh spektrum disebut spektrum elektromagnetik.



Gambar 2. 2 Spektrum Elektromagnetik (Lillesand dan Kiefer 1994)

Terdapat dua sistem tenaga pada wahana penginderaan jauh yaitu :

- a. Sistem aktif, sumber utama yang dibutuhkan oleh wahana menggunakan tenaga elektromagnetik yang dibangkitkan oleh sensor RADAR (Radio Detecting And Ranging) yang terintegrasi pada wahana tersebut. Beberapa wahana yang menggunakan sistem ini adalah Radarsat, JERS, dan ADEOS.
- b. Sistem pasif, sumber tenaga utama yang dibutuhkan oleh satelit berasal dari sumber lain yang tidak terintegrasi dalam wahana. Sumber tenaga yang dimaksud biasanya berupa energi yang berasal dari matahari. Beberapa wahana yang menggunakan sistem ini antara lain Aster, Landsat, SPOT, NOAA, MODIS, Quickbird dan Ikonos.

#### 2.2.4 Sensor Penginderaan Jauh

Sensor adalah alat perekam objek bumi. Sensor dipasang pada wahana dan letaknya jauh dari objek yang diindera. Sensor berfungsi sebagai alat untuk

mengumpulkan dan mencatat radiasi elektromagnetik. Oleh karena itulah dibutuhkan tenaga elektromagnetik yang dipancarkan atau dipantulkan oleh objek tersebut.

Ada dua tipe deteksi yang dilakukan oleh sensor, yaitu deteksi pasif dan deteksi aktif. Pada deteksi pasif, sensor mengukur level energi yang secara alami dipancarkan, dipantulkan atau dikirimkan oleh objek. Sensor ini hanya bekerja apabila terdapat sumber energi yang alami, yang umumnya berasal dari matahari, sehingga pada malam hari pengambilan data dengan cara deteksi pasif tidak dapat dilakukan. Sedangkan pada deteksi aktif, sumber energi disediakan oleh wahana untuk menyinari target dan sensor digunakan untuk mengukur refleksi energi yang dihasilkan objek.

Setiap sensor memiliki kepekaan spektral yang terbatas. Tidak ada satu sensorpun yang peka terhadap seluruh panjang gelombang. Sensor terbatas kemampuannya untuk mengindera objek kecil. Batas kemampuan memisahkan setiap objek dinamakan resolusi. Resolusi suatu sensor merupakan indikator tentang kemampuan sensor atau kualitas sensor dalam merekam obyek

Resolusi adalah kemampuan suatu sistem optik elektronik untuk membedakan informasi yang secara spasial berdekatan atau secara spektral (Danoedoro, 1996). Ada beberapa jenis resolusi yang umum diketahui dalam penginderaan jauh yaitu resolusi spasial, resolusi spektral, resolusi temporal, dan resolusi radiometrik, yang dijelaskan sebagai berikut (Danoedoro 1996):

- a. Resolusi spasial yaitu ukuran objek terkecil yang mampu direkam, dibedakan dan disajikan pada citra. Resolusi spasial menunjukkan level dari detail yang ditangkap oleh sensor. Semakin detail

sebuah studi semakin tinggi resolusi spasial yang diperlukan.

- b. Resolusi spektral yaitu daya pisah objek berdasarkan besarnya spektrum elektromagnetik yang digunakan untuk merekam data. Resolusi spektral menunjukkan lebar kisaran dari masing–masing band spektral yang diukur oleh sensor. Semakin banyak jumlah saluran atau kanal–kanalnya semakin tinggi kemampuannya dalam mengenali objek.
- c. Resolusi temporal menunjukkan waktu antar pengukuran, atau dalam kata lain kemampuan suatu sistem untuk merekam ulang daerah yang sama. Satuan resolusi temporal adalah jam atau hari.
- d. Resolusi radiometrik adalah kemampuan sensor dalam mencatat respons spektral objek atau kemampuan sensor untuk mendeteksi perbedaan pantulan terkecil.

### 2.3 Citra Satelit *QuickBird*

Satelit optis *QuickBird* diluncurkan pada 18 Oktober 2001 di pangkalan angkatan udara Vandenberg, California, USA. Satelit *QuickBird* merupakan satelit yang baik untuk data lingkungan seperti analisis perubahan iklim, penggunaan lahan, pertanian dan kehutanan. Selain itu kemampuan satelit *QuickBird* dapat juga diterapkan untuk berbagai industri termasuk eksplorasi dan produksi minyak bumi dan gas alam, teknik dan konstruksi serta studi lingkungan (LAPAN 2016).

Tabel 2. 1 Spesifikasi Citra Satelit *QuickBird* (LAPAN 2016)

<b>Mode Pencitraan</b>	<b>Pankromatik</b>	<b>Multispektral</b>
Resolusi Spasial Pada Nadir	0,65 m GSD pada nadir	2,62 m GSD pada nadir
Jangkauan Spektral	0,73 meter	Biru (450-520nm) Hijau (520-600nm) Merah (630-690nm) IR dekat (760-900nm)
Lebar Sapuan	16,8 km pada nadir 18 km pada 20 derajat dari nadir	
Pencitraan <i>Off-Nadir</i>	Hingga 30 derajat Tersedia opsi pemilihan sudut ketinggian	
Jangkauan Dinamik	11 bit per piksel	
Masa Aktif Satelit	Perkiraan hingga lebih dari 10 tahun	
Waktu Pengulangan	1 hingga 3,5 hari pada Latitude 30 derajat (off nadir)	
Ketinggian Orbit	450/482 km	
Waktu Lintasan Equatorial Orbit	10:30 A.M (descending mode)	
Waktu Orbit	97,2 derajat sinkron matahari 93,5 menit	
Kecepatan Pada Orbit	7,1 km per detik (25.560 km/jam)	
Level Proses	Basic, Standard, Orthorectified	
Harga	\$. 16 per km <sup>2</sup> untuk arsip (lebih 90 hari) \$. 25 per km <sup>2</sup> untuk fresh arsip (kurang dari 90 hari)	

Perbedaan spesifikasi citra digital berpengaruh terhadap pengolahan data. Pengolahan data perlu dipelajari secara detail untuk menghindari kesalahan pengolahan data dalam penelitian.

## 2.4 Pengolahan Citra Digital

### 2.4.1 Koreksi Radiometrik

Koreksi radiometrik ditujukan untuk memperbaiki nilai piksel supaya sesuai dengan yang seharusnya yang biasanya mempertimbangkan faktor gangguan atmosfer sebagai sumber kesalahan utama. Efek atmosfer menyebabkan nilai pantulan objek dipermukaan bumi yang terekam oleh sensor menjadi bukan merupakan nilai aslinya, tetapi menjadi lebih besar oleh karena adanya hamburan atau lebih kecil karena proses serapan. Metode-metode yang sering digunakan untuk menghilangkan efek atmosfer antara lain metode pergeseran histogram (*histogram adjustment*), metode regresi dan metode kalibrasi bayangan (Danoedoro 1996). Koreksi radiometrik perlu dilakukan pada data citra dengan berbagai alasan:

- a. *Stripping* atau *banding* seringkali terjadi pada data citra yang diakibatkan oleh ketidakstabilan detektor. *Striping* atau *banding* merupakan fenomena ketidak konsistenan perekaman detektor untuk band dan areal perekaman yang sama.
- b. *Line dropout* kadang terjadi sebagai akibat dari detektor yang gagal berfungsi dengan tiba-tiba. Jangka waktu kerusakan pada kasus ini biasanya bersifat sementara.
- c. Efek atmosfer merupakan fenomena yang disebabkan oleh debu, kabut, atau asap seringkali menyebabkan efek bias dan pantul pada detektor, sehingga fenomena yang berada di bawahnya tidak dapat terekam secara normal.

### 2.4.2 Koreksi Geometrik

Koreksi geometrik adalah transformasi citra hasil penginderaan jauh sehingga citra tersebut mempunyai sifat-sifat peta dalam bentuk, skala dan proyeksi

(Mather 1987). Koreksi geometrik dilakukan sesuai dengan jenis atau penyebab kesalahannya, yaitu kesalahan sistematik dan kesalahan random, dengan sifat distorsi geometrik pada citra. Koreksi geometrik mempunyai tiga tujuan, yaitu:

- a. Melakukan rektifikasi (pembetulan) atau restorasi (pemulihan) citra agar koordinat citra sesuai dengan koordinat geografis.
- b. Meregistrasi (mencocokkan) posisi citra dengan citra lain yang sudah terkoreksi (*image to image rectification*) atau mentransformasikan sistem koordinat citra multispectral dan multi temporal.
- c. Meregistrasi citra ke peta atau transformasi sistem koordinat citra ke koordinat peta (*image to map rectification*), sehingga menghasilkan citra dengan sistem proyeksi tertentu.

## 2.5 Kekuatan Jaring/*Strength of Figure (SOF)*

*Strength of Figure (SoF)* adalah kekuatan geometrik (bentuk) rangkaian segitiga yang menentukan penyebaran kesalahan dalam perataan jaring. Kekuatan geometrik jaring segitiga yang baik dicerminkan oleh harga SoF yang kecil dan akan menjamin ketelitian yang merata pada seluruh jaring. Perhitungan ini sangat penting untuk menentukan susunan pada sistem triangulasi. SoF dapat disebut juga kekuatan jaring poligon.

Faktor kekuatan bentuk geometri jaringan atau *Strength of Figure (SoF)* adalah kekuatan dari bentuk kerangka dimana kegunaannya adalah untuk menentukan kekuatan kerangka dari jaring geodesi yang diambil dari gambar dimana kekuatannya akan setara dengan kerangka yang akan dibuat di lapangan. Penentuan posisi dan jumlah titik kontrol tanah sangat mempengaruhi hasil *SoF* yang juga berpengaruh pada tingkat ketelitian kerangka tersebut. *SoF* juga menunjukkan tingkat kekuatan geometri dari rangkaian segitiga yang menentukan penyebaran kesalahan dalam perataan jaringan.

Kekuatan geometrik dicerminkan dengan harga *SoF* yang paling kecil, hal ini akan menjamin ketelitian yang merata pada seluruh jaringan. Sehingga dapat dipilih bentuk geometri yang baik (kuat dan memiliki kesalahan minimum).

Untuk melihat kekuatan dari jaringan yang dibentuk, maka dilakukan penghitungan kekuatan jaring atau Strength of Figure. Ada beberapa metode yang dapat digunakan. Semakin kecil nilai dari kekuatan jaring, menunjukkan jaring yang dibentuk semakin kuat. Berikut ini adalah penghitungan *SoF* dengan menggunakan rumus (Abidin 2002):

$$SOF = \frac{[\text{trace}(A^T A)^{-1}]}{U} \dots\dots 2.2$$

Keterangan: =

*SoF* = Strength of Figure

A = Desain matriks

U = Jumlah parameter yang dipengaruhi oleh jumlah titik kontrol

Untuk menghitung Jumlah parameter yang dipengaruhi oleh jumlah titik kontrol (U) digunakan rumus (Abidin 2002):

$$U = n \text{ parameter} - n \text{ ukuran} \dots\dots(2.3)$$

## 2.6 Ground Control Point (GCP)

GCP atau titik kontrol tanah adalah proses penandaan lokasi yang berkoordinat berupa sejumlah titik yang diperlukan untuk kegiatan mengoreksi data dan memperbaiki keseluruhan citra. Tingkat akurasi GCP sangat bergantung pada jenis GPS yang digunakan dan jumlah sampel GCP terhadap lokasi dan waktu pengambilan (Hasyim 2009). Lokasi ideal saat pengambilan GCP adalah perempatan jalan, sudut jalan, perpotongan jalan pedestrian, kawasan yang memiliki warna mencolok, persimpangan rel dengan jalan dan benda/ monumen/ bangunan yang mudah diidentifikasi atau dikenal. Perlu dihindari pohon, bangunan, dan tiang listrik

selain sulit diidentifikasi, karena kesamaannya yang tinggi (Hasyim 2009).

Titik kontrol tanah yang dibutuhkan dalam proses rektifikasi ini dapat diperoleh dengan beberapa cara, yaitu:

- a. *Image to map*, dimana titik kontrol tanah diperoleh dari peta yang mempunyai liputan yang sama dengan citra yang akan dikoreksi.
- b. *Image to image*, dimana titik kontrol tanah diperoleh citra lain yang terkoreksi dan mempunyai daerah liputan yang sama.
- c. *Image to GPS*, dimana titik kontrol tanah diperoleh dari pengukuran GPS langsung di lapangan.

Syarat penentuan sebaran titik kontrol tanah (GCP) adalah sebagai berikut:

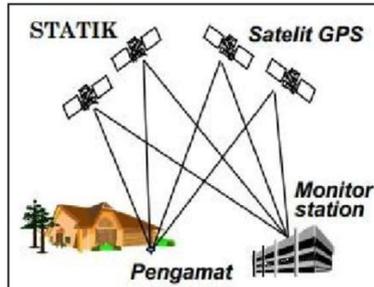
- a. Pada sisi perimeter area citra.
- b. Pada tengah area/*scene*.
- c. Pada wilayah perbatasan/overlap scene citra.
- d. Tersebar secara merata dalam area citra.
- e. Menyesuaikan kondisi terrain.

## 2.7 Penentuan Posisi Menggunakan GPS

Pada dasarnya konsep penentuan posisi dengan GPS adalah reseksi (pengikatan ke belakang) dengan jarak, yaitu dengan pengukuran jarak secara simultan ke beberapa satelit GPS yang koordinatnya telah diketahui. Posisi yang diberikan oleh GPS adalah posisi 3 dimensi ( $x,y,z$  atau  $l,b,h$ ) yang dinyatakan dalam datum WGS (*World Geodetic System*) 1984, sedangkan tinggi yang diperoleh adalah tinggi ellipsoid. Sehingga untuk sistem tingginya berbeda dengan tinggi orthometrik yang merupakan tinggi di atas geoid yang diukur sepanjang garis gaya berat melalui titik tersebut.

Pada pengamatan GPS dengan metode diferensial (metode relatif) dibutuhkan minimal dua receiver GPS. Prinsinya adalah dengan mengurangi data yang diamati oleh dua receiver GPS pada waktu yang bersamaan, maka beberapa jenis kesalahan dan bias dari data dapat dieliminasi

atau direduksi. Pengeliminasian dan reduksian ini akan meningkatkan akurasi dan presisi data, dan selanjutnya akan meningkatkan tingkat akurasi dan presisi posisi yang diperoleh. Adapun biasanya titik yang akan ditentukan posisinya dinamakan rover, sedangkan titik yang posisinya telah diketahui dinamakan base/master.



Gambar 2. 3 Pengamatan GPS Diferensial (Abidin 2006)

Ada tiga metode pengeliminasian (*differencing*), yaitu *Single Difference*, *Double Difference* dan *Triple Difference*. Metode *Single Difference* (SD), disimbolkan dengan ( $\Delta$ ), dilakukan dengan menggunakan dua receiver A dan B serta satelit dimana kesalahan ephemeris (orbit) atau dua satelit dapat dieliminasi dengan mengurangi dua data one-way (OW) masing - masing receiver atau satelit. Kemudian *Double Difference* (DD), disimbolkan dengan ( $\Delta\nabla$ ), dilakukan dengan dua receiver, dua satelit sehingga kesalahan jam receiver dapat dieliminasi. Sedangkan *Triple Difference* (TD) dilakukan dengan dua receiver, dua satelit dan dua epoch pengamatan sehingga ambiguitas fase dapat dieliminasi.

$$SD = OW - OW \quad \dots(2.4)$$

$$DD = SD - SD \quad \dots(2.5)$$

$$TD = DD - DD \quad \dots(2.6)$$

Keterangan:

OW : *Data one-way*

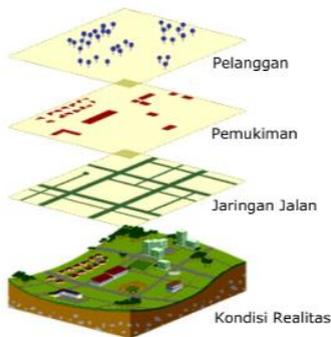
SD : *Single Difference*

DD : *Double Difference*

TD : *Triple Difference*

## 2.8 Klasifikasi Citra

Klasifikasi citra merupakan suatu proses penyusunan, pengurutan, atau pengelompokan semua piksel ke dalam kelas tertentu berdasarkan suatu kriteria atau kategori obyek. Klasifikasi/Interpretasi citra bertujuan untuk pengelompokan atau membuat segmentasi mengenai kenampakan-kenampakan yang homogen. Klasifikasi yang akan dijelaskan dibawah ini adalah Klasifikasi visual, dimana pengenalan penutup/penggunaan lahan sampai pada tahap fungsi dari lahan tersebut (misal, sawah, lading/tegalan, kebun campur, hutan, dll) yang kemudian dilakukan pendeliniasian (pemberian batas antara penutup/penggunaan lahan yang berbeda) langsung pada monitor komputer (*digitation on screen*).



Gambar 2. 4 Klasifikasi Citra (Astrini dan Oswald 2012)

Untuk dapat melakukan interpretasi memerlukan unsur-unsur pengenal pada obyek atau gejala yang terekam pada

citra. Unsur-unsur pengenalan ini secara individual maupun secara kolektif mampu membimbing penafsir ke arah pengenalan yang benar. Unsur-unsur ini disebut unsur-unsur interpretasi, yang meliputi 7 kunci interpretasi, yaitu rona (*tone*) mengacu pada kecerahan relatif obyek pada citra. Bentuk secara umum, konfigurasi, atau garis besar wujud obyek secara individual. Ukuran (*size*) obyek pada foto harus dipertimbangkan dalam konteks skala yang ada. Pola (*pattern*) terkait dengan susunan keruangan obyek. Bayangan (*shadow*) sangat penting bagi penafsir karena, dapat memberikan dua macam efek yang berlawanan. Tekstur (*texture*) merupakan ukuran frekuensi perubahan rona pada gambar obyek. Situs (*site*) atau letak merupakan penjelasan tentang lokasi obyek relatif terhadap obyek atau kenampakan lain yang lebih mudah untuk dikenali, dan dipandang dapat dijadikan data untuk identifikasi obyek yang dikaji (Purwadhi 2001). Metode klasifikasi citra terdiri dari klasifikasi terselia, tak terselia, dan hibrida (campuran terselia dan tak terselia)

### 2.8.1 Klasifikasi Terselia

Klasifikasi terselia merupakan proses klasifikasi dengan pemilihan kategori informasi yang diinginkan dan memilih training area untuk tiap kategori penutup lahan yang mewakili sebagai kunci interpretasi. Di dalam klasifikasi ini digunakan data penginderaan jauh multispektral yang berbasis numerik, untuk pengenalan polanya dilakukan proses otomatis dengan bantuan komputer, sedangkan identitas dan nilai informasi atau tipe penutup lahan telah diketahui sebelumnya.

### 2.8.2 Klasifikasi Tak Terselia

Klasifikasi tak terselia menggunakan algoritma untuk mengkaji atau menganalisis sejumlah piksel yang tidak dikenal dan membaginya dalam sejumlah kelas berdasarkan pengelompokan nilai digital citra. Kelas yang dihasilkan dari klasifikasi ini adalah kelas spektral. Oleh karena itu, pengelompokan kelas

didasarkan pada nilai natural spektral citra, dan identitas nilai spektral tidak dapat diketahui secara dini. Hal itu disebabkan analisisnya belum menggunakan data rujukan seperti citra skala besar untuk menentukan identitas dan nilai informasi setiap kelas spektral.

### 2.8.3 Klasifikasi Hibrida (Campuran)

Klasifikasi hibrida atau campuran merupakan analisis klasifikasi yang memadukan kelas spektral dari klasifikasi tak terselia dengan informasi yang cocok dengan referensi. Pendekatan ini melibatkan data tak terselia dan terselia analisis training sample diambil dari cluster hasil klasifikasi tak terselia, sehingga terjadi pengelompokan cluster terselia.

## 2.9 NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)

NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) merupakan suatu pengukur vegetasi yang sensitive dan sangat mantap dengan menggunakan perbedaan energi spektral yang dipantulkan oleh kanopi vegetasi pada panjang gelombang spectrum elektromagnetik merah dan inframerah dekat. Dalam Jensen (1998) lihat juga Kailey (2008) Transformasi NDVI mengikuti persamaan berikut:

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{RED}}{\rho_{NIR} + \rho_{RED}} \dots \dots \dots (2.7)$$

Oleh karena spektrum NIR merupakan wilayah berkarakteristik *high reflectance* dan red adalah wilayah maksimum absorpsi (*minimum reflectance*) dedaunan, maka nilai NDVI vegetasi akan selalu positif dan berbanding langsung dengan biomassa daun per satuan luas.

Penentuan kelas indeks vegetasi pada algoritma NDVI mengacu pada Permen No: P.12/Menhut-II/2012 yang membagi menjadi lima kelas klasifikasi yakni lahan tidak bervegetasi, kehijauan sangat rendah, kehijauan rendah, kehijauan sedang, dan kehijauan tinggi dengan kisaran nilai sebagai berikut:

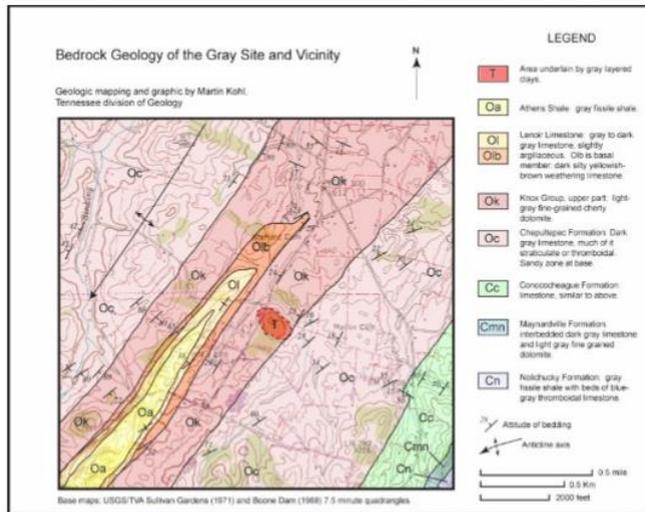
Tabel 2. 2 Klasifikasi Tingkat Kerapatan Vegetasi (Permen No: P.12/Menhut-II/2012)

<b>Kelas</b>	<b>Kisaran Nilai NDVI</b>	<b>Tingkat Kerapatan</b>
1	-1 s/d -0,03	Lahan Tidak Bervegetasi
2	-0,03 s/d 0,15	Kehijauan Sangat Rendah
3	0,15 s/d 0,25	Kehijauan Rendah
4	0,25 s/d 0,35	Kehijauan Sedang
5	0,35 s/d 1	Kehijauan Tinggi

## 2.10 Peta Geologi

Peta geologi merupakan suatu sarana untuk menggambarkan tubuh batuan, penyebaran batuan, kedudukan unsur struktur geologi dan hubungan antar satuan batuan serta merangkum berbagai data lainnya. Peta geologi juga merupakan gambaran teknis dari permukaan bumi dan sebagian bawah permukaan yang mempunyai arah, unsur-unsurnya yang merupakan gambaran geologi, dinyatakan sebagai garis yang mempunyai kedudukan yang pasti (Noor 2009).

Peta geologi dibuat berlandaskan dasar dan tujuan ilmiah dimana memanfaatkan lahan, air dan sumberdaya ditentukan atas dasar peta geologi. Peta geologi menyajikan sebaran dari batuan dan tanah di permukaan atau dekat permukaan bumi, yang merupakan penyajian ilmiah yang paling baik yang menghasilkan informasi yang dibutuhkan oleh para pengambil keputusan untuk mengidentifikasi dan mencegah sumberdaya yang bernilai dari resiko bencana alam dan menetapkan kebijakan dalam pemanfaatan lahan.



Gambar 2. 5 Peta Geologi Daerah Grey Site and Vicinity (Noor 2009)

### 2.11 Root Mean Square Error (RMSe)

Uji Akurasi/Uji Ketelitian Geometri dilakukan untuk mengetahui nilai ketelitian Citra Satelit yang telah mengalami Orthorektifikasi. Pengujian ketelitian posisi mengacu pada perbedaan koordinat (X,Y,Z) antara titik uji pada gambar atau peta dengan lokasi sesungguhnya dari titik uji pada permukaan tanah. Pengukuran akurasi menggunakan *root mean square error (RMSE)* atau *circular error* dimana yang perlu diperhitungkan adalah koordinat (X, Y) titik uji dan posisi sebenarnya di lapangan (BIG 2016).

RMSE digunakan untuk mengukur seberapa bagus ketepatan solusi hitungan tertentu terhadap data aslinya. Dengan kata lain dapat diartikan sebagai perbedaan antara koordinat output yang diharapkan untuk GCP dan koordinat output sebenarnya untuk titik yang sama ketika titiknya ditransformasikan dengan transformasi geometrik. RMSE dihitung dengan persamaan jarak :

$$RMSE = \sqrt{(Xr - Xi)^2 + (Yr - Yi)^2} \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana,

$Xi$  dan  $Yi$  adalah koordinat input

$Xr$  dan  $Yr$  adalah koordinat referensi

## 2.12 Korelasi

Korelasi sederhana merupakan suatu teknik statistik yang dipergunakan untuk mengukur kekuatan hubungan dua variabel dan juga untuk dapat mengetahui bentuk hubungan antara dua variabel tersebut dengan hasil yang sifatnya kuantitatif. Kekuatan hubungan antara dua variabel yang dimaksud disini adalah apakah hubungan tersebut kuat, sedang, ataupun lemah sedangkan bentuk hubungannya adalah apakah bentuk korelasinya linear positif ataupun linear negatif.

Koefisien korelasi adalah nilai yang menunjukkan kuat/tidaknya hubungan linier antar dua variabel. Koefisien korelasi biasa dilambangkan dengan huruf  $r$  dimana nilai  $r$  dapat bervariasi dari  $-1$  sampai  $+1$ . Nilai  $r$  yang mendekati  $-1$  atau  $+1$  menunjukkan hubungan yang kuat antara dua variabel tersebut dan nilai  $r$  yang mendekati  $0$  mengindikasikan lemahnya hubungan antara dua variabel tersebut. Sedangkan tanda  $+$  (positif) dan  $-$  (negatif) memberikan informasi mengenai arah hubungan antara dua variabel tersebut. Jika bernilai  $+$  (positif) maka kedua variabel tersebut memiliki hubungan yang searah. Dalam arti lain peningkatan  $X$  akan bersamaan dengan peningkatan  $Y$  dan begitu juga sebaliknya. Jika bernilai  $-$  (negatif) artinya korelasi antara kedua variabel tersebut bersifat berlawanan. Peningkatan nilai  $X$  akan dibarengi dengan penurunan  $Y$ .

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n X_i Y_i - \sum_{i=1}^n X_i \sum_{i=1}^n Y_i}{\sqrt{n \sum_{i=1}^n X_i^2 - (\sum_{i=1}^n X_i)^2} \sqrt{n \sum_{i=1}^n Y_i^2 - (\sum_{i=1}^n Y_i)^2}} \dots(2.8)$$

Dimana:

- $r$  = Koefisien korelasi  
 $\sum XY$  = Jumlah hasil kali skor X dan Y  
 $\sum X$  = Jumlah skor X  
 $\sum Y$  = Jumlah skor Y  
 $n$  = Jumlah sampel

## 2.13 Reklasifikasi, Skoring dan Pembobotan

### 2.13.1 Reklasifikasi

Reklasifikasi adalah pengkelasan kembali data atribut dengan memecah bagian dari boundary dan menyatukannya dalam poligon baru yang telah direklasifikasi (Maselino 2002).

### 2.13.2 Skoring

Skoring merupakan pemberian skor terhadap tiap kelas di masing-masing parameter. Setiap data yang telah melalui tahapan pengolahan awal kemudian dibagi/direklasifikasi kedalam kelas-kelas yang masing-masing mempunyai nilai skor yang menunjukkan skala potensi. Skor rendah menandakan kecilnya kemungkinan terdapat potensi kapur.

Berikut ini adalah pembagian kelas dan skoring beberapa parameter.

Tabel 2. 3 Skoring Tutupan Lahan (Majid 2017)

<b>Kelas Tutupan Lahan</b>	<b>Harkat</b>
Badan Air	0
Pemukiman	0
Sawah	2
Semak Belukar/Hutan	3
Lahan Terbuka/Tegalan	4

Tabel 2. 4 Skoring Formasi Geologi (Majid 2017)

<b>Kelas Geologi</b>	<b>Harkat</b>
Alluvium	1
Formasi Ngrayong	2
Batulanau Anggota F. Kujung	4
Formasi Tuban	5
Formasi Paciran	6
Batugamping Prupu, Anggota F. Kujung	6

Tabel 2. 5 Skoring Indeks Vegetasi (Majid 2017)

<b>Kelas Indeks Vegetasi</b>	<b>Harkat</b>
Kehijauan Tinggi	1
Kehijauan Sedang	2
Kehijauan Rendah	3
Kehijauan Sangat Rendah	4
Lahan Tidak Bervegetasi	5

Tabel 2. 6 Skoring Cakupan Jalan (Suryana 2011)

<b>Kelas Cakupan Jalan</b>	<b>Harkat</b>
0 - 500 m	5
500 - 1000 m	4
1000 - 2000 m	3
> 2000 m	2
0 - 500 m	1

Tabel 2. 7 Skoring Kemiringan Lereng (Suryana 2011)

<b>Kelas Kemiringan Lereng</b>	<b>Harkat</b>
0 – 8 %	5
8 – 15 %	4
15 – 40 %	3
>40 %	2

#### 2.14 Overlay

*Overlay* merupakan salah satu teknik pengambilan kesimpulan dalam SIG. Teknik pada dasarnya melakukan penilaian digital atas skor atau pengharkatan pada suatu poligon. Teknik *overlay* banyak dimanfaatkan dalam evaluasi spasial. Semua atribut yang terelasi akan masuk ke dalam file yang baru dan menjadi data baru pada file tersebut. Karena metode *overlay* menggunakan skor-skor dalam poligon, maka sebelum *overlay* dilakukan harus terlebih dahulu dilakukan skoring terhadap poligon-poligon tersebut (Maselino 2002).

Peta potensi batuan kapur dibuat dengan melakukan *overlay* terhadap empat peta yaitu peta tutupan lahan, peta indeks vegetasi, peta jaringan jalan dan peta geologi. Pada tiga peta tersebut dilakukan pengharkatan pada masing-masing kelas, semakin tinggi harkatnya maka daerah tersebut semakin berpotensi adanya batuan kapur. Berikut adalah tabel yang memuat pengharkatan dari masing-masing parameter adanya potensi batuan kapur.

#### 2.15 Penelitian Terdahulu

Dalam penelitian Nurjannah tahun 2013, dengan judul penelitian Permodelan Estimasi Potensi Tambang Batu Kapur dari Hasil Analisa Data Citra Satelit Landsat 7 ETM+. Memiliki tujuan untuk pembuatan model estimasi potensi tambang batu kapur di PT. Semen Gresik (Persero) Tbk. dari data citra satelit Landsat 7 ETM+. Data-data yang digunakan berupa Landsat TM 7, data topografi, dan peta geologi. Hasil

dari penelitian ini adalah berupa peta luasan daerah tambang kapur di daerah penelitian.

Pada tahun 2017 terdapat penelitian Dhiyaulhaq Al Majid, dengan judul penelitian Pemetaan Potensi Batuan Kapur Menggunakan Metode Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis Di Kabupaten Tuban. Memiliki tujuan memetakan potensi batu kapur di area Kabupaten Tuban. Kemudian didapatkan hasil berupa peta potensi batu kapur di Tuban.

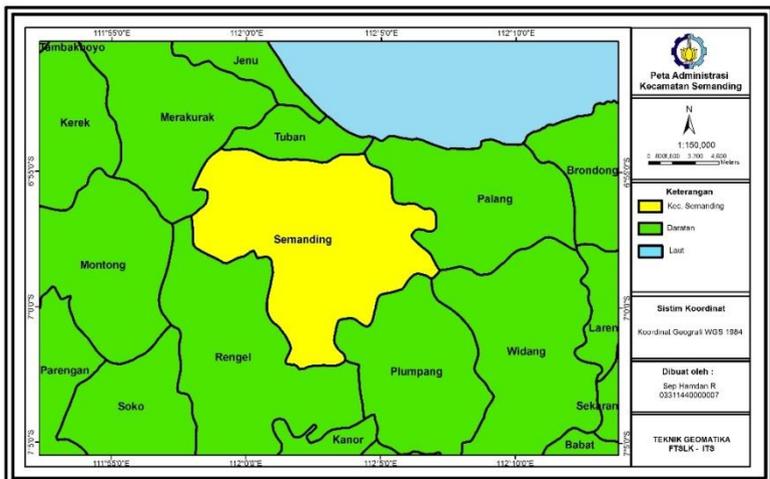
Dalam penelitian Mardiningtyas tahun 2014 dengan judul penelitian Aplikasi Sistem Informasi Geografi dan Penginderaan Jauh untuk Pemetaan Inventarisasi Lokasi Bahan Galian Golongan C Khususnya Batu Kapur dan Tanah Liat di Kecamatan Bayat Kabupaten Klaten. Pada penelitian ini bertujuan untuk memetakan dengan teknologi penginderaan jauh berdasarkan interpretasi parameter bentuk lahan, bahan induk, dan jenis tanah. Data citra yang digunakan adalah citra satelit Alos.

Dalam penelitian Carolina tahun 2014, dengan judul penelitian Interpretasi Struktur Geologi dan Litologi Melalui Citra *Quickbird* dan SRTM Di Sebagian Kabupaten Rembang dan Sekitarnya. Memiliki tujuan memetakan struktur geologi dan litologi sebagian Rembang dan sekitarnya. Menggunakan metode komposit citra, pemfilteran, penajaman kontras, penggabungan citra dan Interpretasi visual secara digital. Data-data yang digunakan citra *Quickbird* dan SRTM 30 meter. Kemudian didapatkan hasil berupa peta geologi (struktur geologi dan litologi) sebagian Kabupaten Rembang dan sekitarnya.

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian tugas akhir ini dilakukan di Kecamatan Semanding Kabupaten Tuban, Jawa Timur dengan luas wilayah 1.209.800 Hektar dan secara geografis terletak pada koordinat  $111^{\circ} 58'0''$ - $112^{\circ} 8' 45''$  BT dan  $6^{\circ} 53' 44''$ -  $7^{\circ} 1'24''$  LS.



Gambar 3. 1 Lokasi Kecamatan Semanding, Kabupaten Tuban

### 3.2 Data dan Peralatan

#### 3.2.1 Data

- a. Citra *Quickbird* 13 Oktober 2013 (sumber: Bappeda Tuban)
- b. Peta Geologi tahun 2008
- c. Peta Digital RBI Skala 1:25.000 Lembar 1509-311
- d. Dem SRTM Provinsi Jawa Timur 2017

### 3.2.2 Peralatan

*Hardware* yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

- a. GPS *Handheld*
- b. Laptop
- c. Kamera Infrared



Gambar 3. 2 Kamera Infrared Canon A2500

Kamera infrared merupakan hasil modifikasi dengan penambahan kanal infrared pada kamera Canon A2500. Kamera ini memiliki spesifikasi sebagai berikut :

Tabel 2. 8 Spesifikasi Kamera Canon A250

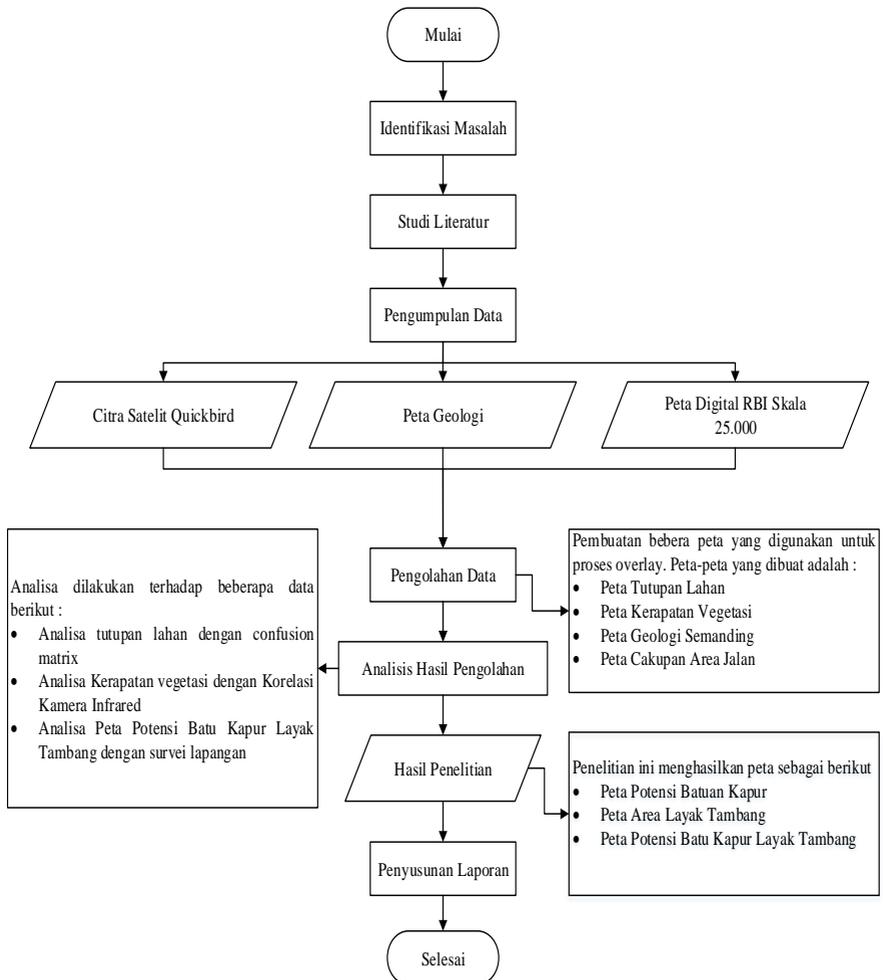
Berat	110 gram
Dimensi	97,7 x 56,0 x 20,9 mm
Fokus	5 mm
Tipe Sensor	CCD
Ukuran Sensor	6,17 x 4,55 mm (1/2,2")
Resolusi Gambar	3264 x 2448

*Software* yang digunakan dalam penelitian ini meliputi :

- a. Perangkat lunak pengolah data citra satelit
- b. Perangkat lunak pengolahan data geospasial
- c. Perangkat lunak pengolah data GPS
- d. Perangkat lunak penulisan laporan

### 3.3. Metodologi Penelitian

Tahapan pekerjaan yang akan dilaksanakan pada penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :



Gambar 3. 3 Diagram Alir Tahapan Penelitian

Berikut ini adalah penjelasan dari diagram alir di atas :

1. Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah bertujuan untuk mendalami masalah yang akan diangkat dalam penelitian ini. Identifikasi dilakukan pada latar belakang, batasan masalah, tujuan, dan mafaat penelitian yang akan dilakukan. Masalah utama yang diangkat dalam penelitian ini adalah pemetaan potensi dan studi kelayakan tambang batuan kapur. Parameter-parameter yang memperanguhi adalah tutupan lahan, indeks vegetasi, dan unsur geologi pada daerah penelitian.

2. Studi Literatur

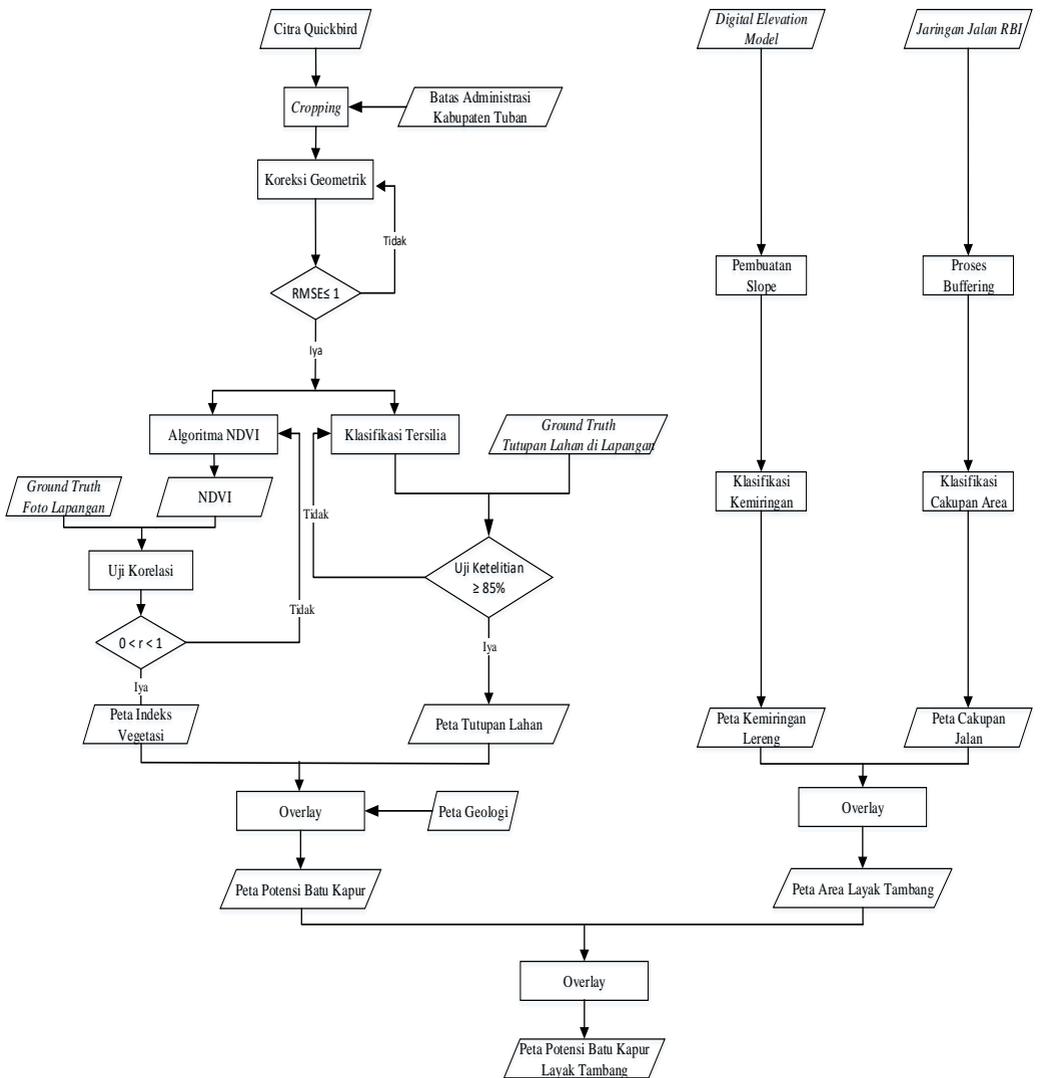
Studi literatur dilakukan untuk mempelajari dan mengumpulkan referensi dan hasil penelitian sejenis sebelumnya yang pernah dilakukan orang lain yang berkaitan sebagai dasar teori mengenai masalah yang akan diteliti seperti penegrtian batu kapur, penginderaan jauh, citra *Quickbird*, pengolahan citra digital, klasifikasi citra, dan penelitian pendahulu.

3. Pengumpulan Data

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data yang akan digunakan dalam penelitian. Data yang diperlukan adalah citra satelit resolusi menengah *Quickbird*, peta geologi, batas administrasi dan jaringan jalan dari Peta Digital Rupa Bumi Indonesia (RBI) skala 1 : 25.000

4. Pengolahan Data

Penelitian ini dilakukan dengan melalui beberapa tahapan pengolahan data. Berikut tahapan dari pengolahan data pada penelitian ini :



Gambar 3. 4 Diagram Alir Pengolahan Data

Berikut ini adalah penjelasan mengenai diagram alir di atas :

- a. Pengolahan Citra *Quickbird*

Koreksi yang digunakan pada pengolahan citra yaitu koreksi geometrik. Koreksi geometrik yaitu pembetulan citra secara geometrik sehingga proyeksi peta dan sistem koordinat yang digunakan sesuai dengan dunia nyata (Abidin, 2002). Lalu melakukan pemotongan (*cropping*) untuk mendapatkan citra yang hanya meliputi daerah penelitian.
- b. Pembuatan Peta Indeks Vegetasi

Pembuatan peta dilakukan dengan menggunakan algoritma NDVI pada citra, serta dilakukan klasifikasi dan pengharkatan. Untuk melihat kualitas dari data dilakukan uji korelasi dari *Ground Truth* NDVI dengan data insitu di lapangan dengan menggunakan kamera infrared. Hasil dari pengolahan dan *ground truth* harus memiliki nilai korelasi lebih sama dengan 0 dan kurang lebih sama dengan 1.
- c. Pembuatan Peta Tutupan Lahan

Pembuatan peta berasal dari data citra *Quickbird*, dimana dilakukan dengan menggunakan metode *supervised classification : maximum likelihood*, serta menghitung matriks konfusi. Ketelitian yang dihasilkan harus lebih besar dari 85% untuk memenuhi toleransi.
- d. Pembuatan Peta Geologi Semanding

Pembuatan peta berdasarkan data geologi tuban. Peta geologi tuban dilakukan proses *clipping* dengan batas administrasi Kecamatan Semanding.
- e. Pembuatan Peta Cakupan Jalan

Pembuatan peta dilakukan dengan menggunakan data jaringan jalan di Kecamatan Semanding.

Kelas jalan yang digunakan adalah Jalan arteri, jalan kolektor, dan jalan lokal. Dari data jaringan jalan, dilakukan proses *buffering*, dimana terdapat beberapa kelas dengan cakupan area tertentu. Kelas setiap cakupan jalan memberikan nilai kelayakan.

- f. Pembuatan Peta Kemiringan Lereng  
Pembuatan peta dilakukan dengan menggunakan data dem di Kecamatan Semanding. Dari data dem dilakukan proses pembuatan *slope*, dimana terdapat beberapa kelas dengan kemiringan area tertentu. Kelas setiap kemiringan memberikan nilai kelayakan pada peta area layaki tambang.
- g. Skoring dan Overlay

Dalam proses *overlay*, perlu dilakukan skoring terlebih dahulu. Skoring bertujuan untuk memberikan nilai pada setiap parameter yang dimiliki. Setelah dilakukan skoring maka dilakukan proses *overlay*. *Overlay* beberapa peta menghasilkan suatu informasi baru dalam bentuk luasan atau poligon yang terbentuk dari irisan beberapa poligon dari peta-peta tersebut.

Peta potensi kapur didapatkan dengan proses *overlay* dengan peta tutupan lahan, peta indeks vegetasi dan peta geologi. Sedangkan peta area layak tambang menggunakan data peta cakupan jalan dan peta kemiringan lereng. Kemudian dari peta potensi dan peta area layak dilakukan *overlay* untuk menghasilkan peta potensi layak tambang.

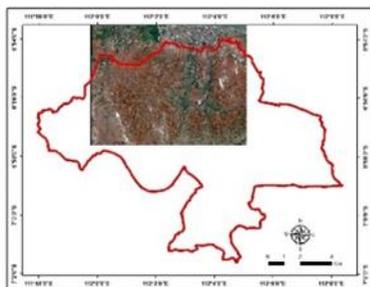
*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

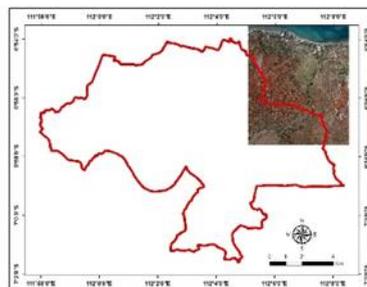
### 4.1 Mozaiking Citra Satelit

*Mozaiking* merupakan penggabungan beberapa citra yang memiliki bagian yang berkesuaian sehingga membentuk citra dengan visualisasi yang lebih lebar. Proses *mozaiking* perlu dilakukan karena daerah penelitian terbagi menjadi beberapa *scene* citra.

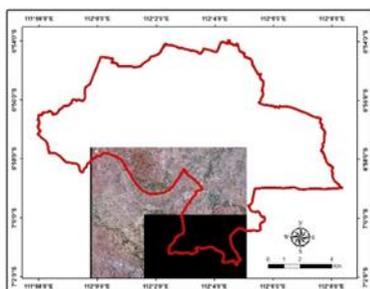
Pada penelitian ini, Kecamatan Semanding terpisah menjadi 4 *scene* citra pada scene multistepktral. Setiap *scene* melingkupi sebagian daerah penelitian. Pada gambar dibawah merupakan gambaran cakupan area dari setiap *scene*.



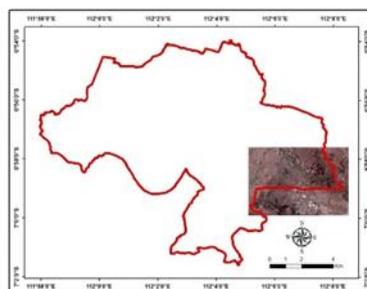
Gambar 4. 1 *Scene* R2C1-P005



Gambar 4. 2 *Scene* R2C2-P005



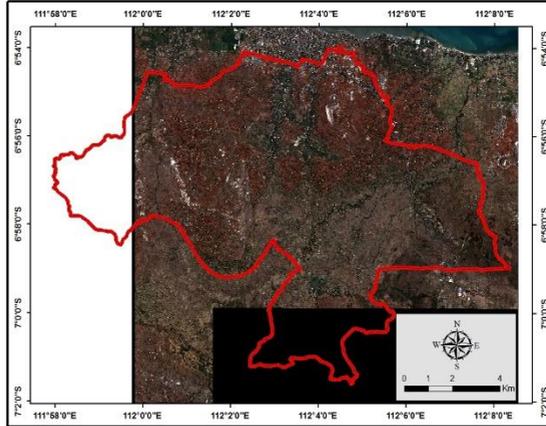
Gambar 4. 3 *Scene* R3C1-P005



Gambar 4. 4 *Scene* R3C2-P005

Data dari setiap *scene* digabungkan dengan menggunakan bantuan software pengolah citra. Proses

penggabungan dilakukan berdasarkan kecocokan lokasi geografis dari data *pixel*. Berikut ini adalah gambar hasil dari proses penggabungan berdasarkan lokasi geografis pixel.

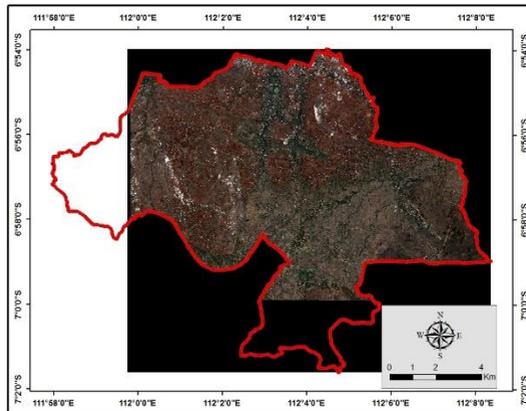


Gambar 4. 5 Hasil *Mozaiking* Citra Satelit

#### 4.2 Pemotongan Citra

Pemotongan citra merupakan proses yang dilakukan untuk membatasi daerah yang akan diproses selanjutnya. Proses pemotongan atau *cropping* ini menggunakan data batas administrasi yang didapatkan dari Bappeda Kabupaten Tuban. Kecamatan Semanding yang memiliki luas 13105,691 hektar

Dalam proses pemotongan citra, data batas administrasi yang merupakan file berformat *.shp* ditampilkan dengan citra hasil koreksi radiometriki dengan menggunakan software pengolah citra satelit. Hasil dari proses pemotongan juga akan menunjukkan apakah area tercakup seluruhnya atau tidak. Apabila terdapat area yang tidak tercakup, maka area tersebut tidak dapat diolah.



Gambar 4. 6 Hasil *Cropping* Citra Satelit

Berdasarkan hasil proses *cropping*, terdapat area yang tidak tercakup seluas 2112,753 m<sup>2</sup> atau 16,1% dari keseluruhan area penelitian sehingga pada pengolahan data selanjutnya data tersebut tidak dapat terklasifikasikan.

#### 4.3 Koreksi Geometrik

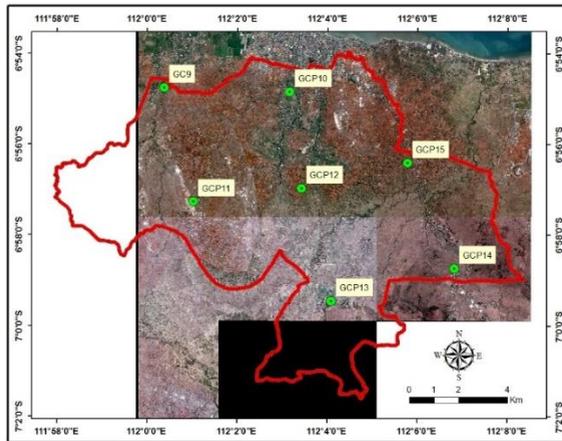
Proses koreksi geometrik merupakan proses membenaran lokasi dari setiap pixel terhadap kondisi sebenarnya di lapangan. Pixel yang tidak sesuai lokasi perlu dibenarkan karena jika terdapat kesalahan pada data awal, maka data yang dihasilkan tidak dapat dipertanggungjawabkan hasilnya terhadap lokasi yang sebenarnya.

Pada penelitian ini, proses koreksi geometrik menggunakan data *Ground Control Point* (GCP) yang diukur dengan menggunakan GPS Geodetik. Peralatan yang digunakan harus memiliki ketelitian yang tinggi untuk mendapatkan hasil yang baik, dimana batasan toleransi kesalahan geometrik adalah 1 pixel.

Titik GCP yang akan digunakan perlu direncanakan sebaran dan lokasi titiknya. Setiap titik harus dapat

diidentifikasi secara jelas pada citra satelit. Titik yang digunakan sebagai GCP seperti pojok genting rumah, pojok tembok pagar, sawah, lapangan, dan jalan. Berikut ini adalah sebaran dari titik GCP dan gambaran identifikasi objek yang digunakan sebagai titik GCP.

Pada penelitian tugas akhir ini dibuat desain jaring dengan titik kontrol tanah atau Ground Control Point (GCP) berjumlah 7 titik. Untuk melihat kekuatan atau *Strength of Figure (SoF)* yang telah dibentuk, maka dilakukan perhitungan kekuatan jaring sesuai dengan rumus 2.1. Semakin kecil nilai dari kekuatan jaring, menunjukkan jaring yang dibentuk semakin kuat. Dari desain jaring yang telah dibuat didapatkan hasil perhitungan SoF senilai 0,438. Sehingga dapat dikatan bahwa desain jaring yang dibuat telah memenuhi toleransi dan dianggap kuat (Abidin, 2002).



Gambar 4. 7 Sebaran Titik GCP

Proses pengukuran GCP dilakukan setelah perencanaan telah diperhtungkan secara matang. Proses pengukuran menggunakan metode *differential* radial. Metode ini menggunakan 1 titik sebagai acuan koordinat yang sudah

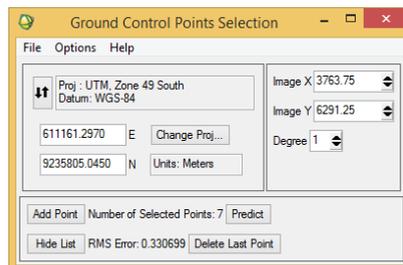
benar, dan rover digunakan untuk mengukur titik yang tidak diketahui koordinatnya.

Hasil pengukuran yang dilakukan didapatkan hasil yang bagus dimana standar deviasi horizontal dan vertical terbesar yakni 0.016 meter dan 0.030 meter. Berikut hasil pengolahan data GPS dari pengukuran GCP yang dilakukan.

Tabel 4. 1 Hasil Pengolahan Titik *GCP*

<b>Nama</b>	<b>Utara (meter)</b>	<b>Timur (meter)</b>	<b>Elevasi</b>	<b>RMSe Horizontal</b>	<b>RMSe Vertikal</b>
<b>GCP 9</b>	9235805,727	611161,658	65,805	0,003	0,005
<b>GCP 10</b>	9235627,081	616305,936	52,468	0,005	0,008
<b>GCP 11</b>	9231163,943	612367,593	224,261	0,007	0,013
<b>GCP 12</b>	9231710,077	616770,772	106,441	0,006	0,021
<b>GCP 13</b>	9227125,404	617986,051	97,131	0,016	0,030
<b>GCP 14</b>	9228445,237	623021,302	80,770	0,010	0,015
<b>GCP 15</b>	9232727,813	621108,837	85,074	0,011	0,023

Data yang didapatkan dari pengukuran GCP digunakan untuk melakukan proses koreksi geometrik. Proses ini dilakukan dengan software pengolah citra. Pada proses koreksi geometrik, koordinat horizontal dari data lapangan dimasukkan sesuai lokasi titik ukurannya di lapangan



Gambar 4. 8 Nilai RMSe Hasil Koreksi Geometrik

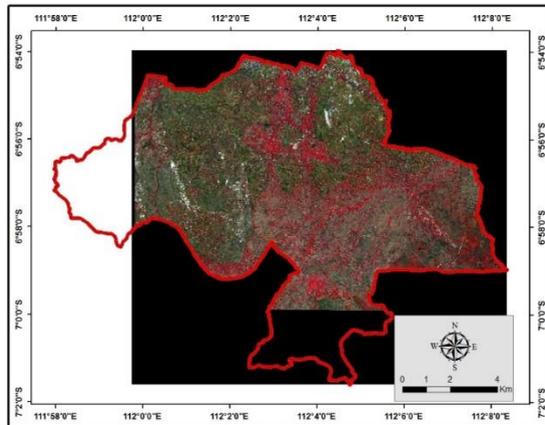
Dari proses ini dihasilkan data berupa nilai RMSe. Data yang didapatkan memiliki RMSe sebesar 0,033 meter sehingga data citra satelit telah terkoreksi secara geometrik dan dapat digunakan untuk melakukan proses selanjutnya.

#### 4.4 Klasifikasi Tutupan Lahan

Klasifikasi Citra merupakan proses yang berusaha mengelompokkan seluruh *pixel* pada suatu citra ke dalam sejumlah *class* (kelas), sedemikian hingga tiap *class* merepresentasikan suatu entitas dengan properti yang spesifik. Data yang digunakan proses klasifikasi ini adalah data citra satelit yang telah melalui proses *mozaiking*, koreksi geometrik, koreksi radiometrik, dan *cropping*.

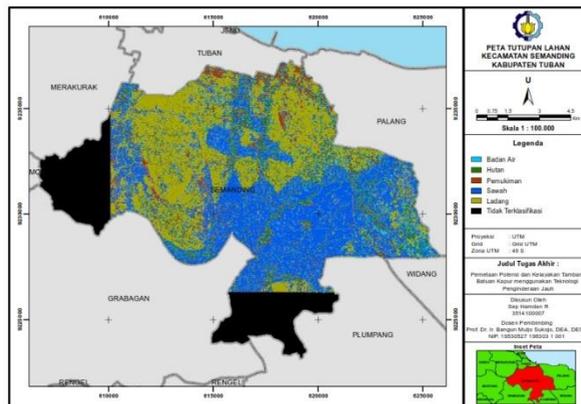
Pembagian kelas menggunakan aturan SNI 7645:2010 skala 1:50.000. Dalam proses ini kelasnya adalah permukiman, sawah, badan air, semak belukar, lahan terbuka/tegalan. Setiap kelas mewakili setiap unsur yang berbeda. Proses klasifikasi dilakukan menggunakan software pengolah citra dengan menggunakan metode *Supervised Classification : Maximum Likelihood* dimana metode ini mengasumsikan bahwa statistik untuk setiap kelas di masing-masing band yang terdistribusi secara normal dan menghitung probabilitas bahwa setiap *pixel* yang diberikan milik kelas tertentu.

Pada saat pemrosesan klasifikasi, kombinasi band digunakan untuk membantu dalam pembuatan *training areaklasifikasi*. Kombinasi band yang dapat digunakan adalah kombinasi *Colour Infrared* (Band 432) untuk vegetasi dan *Natural Colour* (Band 321) untuk melihat gambaran asli dilapangan. Gambar 4.10 merupakan gambaran kombinasi band *Colour Infrared*.



Gambar 4. 9 Kombinasi *Colour Infrared* (Band 432)

Berdasarkan hasil pengolahan data, didapatkan hasil Peta Tutupan Lahan seperti gambar berikut. Terdapat area yang tidak terklasifikasi karena area tersebut tidak tercakup dalam citra yang tersedia.



Gambar 4. 10 Peta Tutupan Lahan

Peta tutupan lahan yang mewakili 5 kelas memiliki luasan yang berbeda. Luasan paling besar adalah tutupan kelas sawah dan paling sempit adalah kelas kelas perairan. Berikut ini adalah hasil luasan setiap kelas dari hasil pengolahan klasifikasi :

Tabel 4. 2 Luas Kelas Tutupan Lahan

<b>Objek</b>	<b>Luas (hektar)</b>
Badan Air	550,168
Hutan	818,796
Pemukiman	930,133
Sawah	4741,869
Tegalan	3893,272

Hasil pengolahan tutupan lahan perlu dilakukan proses uji ketelitian. Uji ketelitian digunakan untuk melihat dari segi statistik, seberapa besar kepercayaan data dapat dicapai.

Uji ketelitian tutupan lahan dilakukan dengan menggunakan uji *confussion matrix*. Untuk melakukan uji, perlu dilakukan *sampling* data tutupan lahan langsung di lapangan.

Berikut ini adalah hasil dokumentasi *sampling* di lapangan untuk uji ketelitian tutupan lahan.



Gambar 4. 11 Sampel Tutupan Lahan Pemukiman



Gambar 4. 12 Sampel Tutupan Lahan Sawah



Gambar 4. 13 Sampel Tutupan Lahan Hutan



Gambar 4. 14 Sampel Tutupan Lahan Ladang

Proses perhitungan *confussion matrix* dijabarkan pada tabel 4.6 didapatkan hasil sebesar 88,608% untuk *overall accuracy*.

Tabel 4. 3 Perhitungan *Confussion Matrix*

Klasifikasi Supervised	Hasil Interpretasi					Total	Omisi	MA(%)
	Pemukiman	Sawah	Hutan	Ladang	Badan Air			
Pemukiman	24	2	0	1	0	27	3	82,759
Sawah	0	11	1	0	0	12	1	68,750
Hutan	0	1	10	1	0	12	2	66,667
Ladang	2	1	0	17	0	20	3	77,273
Badan Air	0	0	2	0	5	7	2	71,429
Total/KH	26	15	13	19	5	78	11	85,897
Komisi	2	4	3	2	0	11		
Overall Accuracy	85,897%							

Dari tabel 4.6 diatas menunjukkan bahwa klasifikasi pada objek pemukiman yang memiliki kesalahan terbanyak, hal tersebut terjadi karena warna pixel pada genting hamper menyerupai warna dari sawah dan tegalan. Pada objek sawah memiliki kesalhan yang kecil terjadi karena warna saah sangat jelas untuk dibedakan dengan objek yang lain karena dominan warna hijau cerah. Dari hasil keseluruhan didapatkan overall accuracy sebesar 85,897% yang dapat memenuhi toleransi minimum yakni 85%. Hasil klasifikasi dapat dikatakan benar berdasarkan hasil uji ketelitian sehingga proses pengolahan dapat dilanjutkan.

Tutupan lahan merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi terbentuknya karst. Semakin besar kadar CO<sub>2</sub> yang terkandung semakin tinggi daya larut air terhadap batu gamping dimana pada hutan yang lebat memiliki kandungan CO<sub>2</sub> yang melimpah akibat dari hasil perombakan sisa-sisa

organik (dahan, ranting, daun, bangkai binatang) oleh mikro organisme.

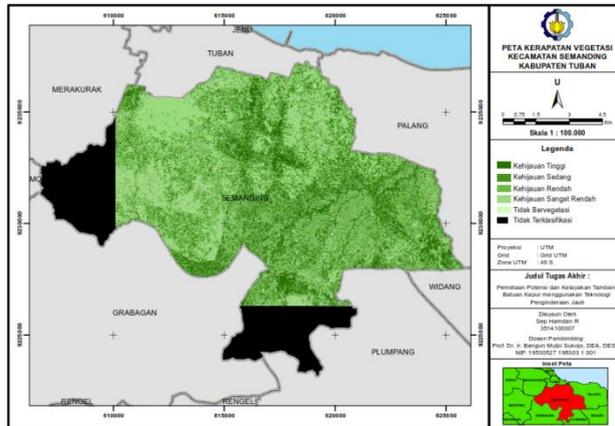
Menurut Nurjannah (2013), dengan adanya proses pelarutan oleh air yang berlangsung terus menerus pada suatu daerah karst akan menghasilkan beraneka ragam bentukan baru suatu daerah yang akan menunjukkan termasuk ke dalam tingkatan mana siklus karst yang terjadi. Bentuk-bentukan khas yang terjadi salah satunya yaitu terra rosa, yaitu tanah liat berwarna merah yang terdapat dipermukaan. Tanah ini adalah sisa pelarutan yang tidak diangkut ke dalam celah-celah batuan. Tanah ini biasanya dimanfaatkan oleh penduduk sekitar karst untuk berladang, dengan tanaman pengisi kacang tanah dan Lombok. Berdasarkan parameter penutupan lahan, maka untuk mengidentifikasi potensi batu kapur tutupan lahan yang diperkirakan terdapat batu kapur adalah tutupan lahan ladang dan semak belukar.

#### 4.5 Peta Indeks Vegetasi

Indeks vegetasi merupakan saluran spektral yang menjadi salah satu indikator untuk mengetahui tingkat kekeringan lahan dan mengukur tingkat kehijauan atau kerapatan vegetasi pada suatu wilayah.

Dalam pproses pengolahan peta ini, data yang digunakan adalah data citra satelit yang telah melalui proses *mozaiking*, koreksi geometrik, koreksi radiometrik, dan *cropping*. Dimana pengolahannya menggunakan algortima NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) yang menggunakan band kanal merah dan infrared pada citra satelit.

Pengolahan data citra satelit terkoreksi menghasilkan data dengan rentang indeks minimal sebesar -1,000, maksimal sebesar 0,750, dan rata-rata sebesar -0,255. Berikut ini adalah gambar hasil pengolahan data peta kerapatan tutupan lahan.



Gambar 4. 15 Peta Kerapatan Vegetasi

Dari data hasil pengolahan juga didapatkan luasan area untuk setiap kelasnya. Kelas yang memiliki area paling luas adalah kelas 5 dan yang paling kecil adalah kelas 1.

Tabel 4. 4 Luas Kelas Kerapatan Vegetasi

Kelas	Luas (hektar)
Kelas 1	2041,419
Kelas 2	1898,318
Kelas 3	3727,882
Kelas 4	3316,608
Kelas 5	5,262

Jika ditinjau dari parameter kerapatan vegetasi, salah satu syarat terbentuknya kawasan karst (dengan dominasi batu kapur dan dolomit) adalah memiliki vegetasi penutup lahan dengan kerapatan tinggi. Namun ketika dilakukan pengolahan di citra dan pengecekan dilapangan di dapatkan hasil bahwa indeks vegetasi yang ada di lokasi tambang batu kapur tersebut masuk dalam tipe kerapatan vegetasi yang rendah.

Hal tersebut dikarena lokasi tambang yang ada sudah berubah menjadi dari semak belukar menjadi ladang/tegalan. Range -1 sampai 0.32 memiliki luasan besar dalam pembagian tipe indeks vegetasi yaitu 2999,808 hektar atau 27% dalam hasil klasifikasi.

Hasil klasifikasi indeks vegetasi yang dilakukan perlu dilakukan uji korelasi dengan data lapangan untuk menjamin bahwa data yang didapatkan secara penginderaan jauh dapat dipercaya.

Proses uji korelasi dilakukan dengan menggunakan kamera yang dilengkapi dengan sensor infra merah, dimana hasil pemotretan dari kamera tersebut dapat dihitung nilai NDVI sehingga dapat dilakukan proses perhtungan uji korelasi.

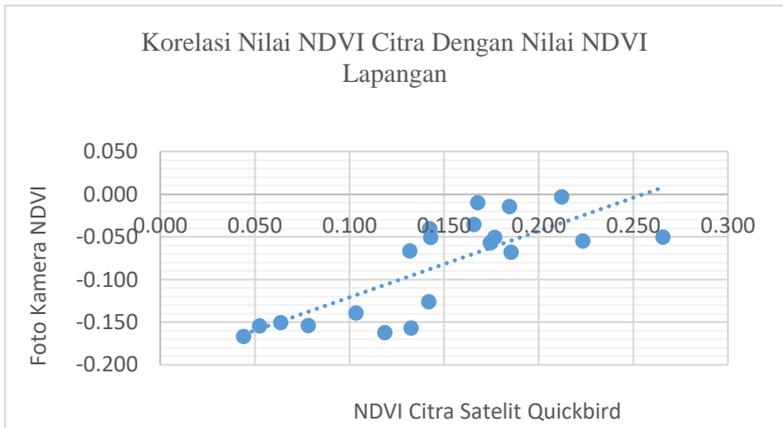
Pengambilan data lapangan dilakukan secara merata dan didapatkan sample titik sebanyak 19 titik sampel. Hasil dari proses sampel didapatkan sebagai berikut :

Tabel 4. 5 Perbandingan Hasil Nilai NDVI

No	Timur (meter)	Utara (meter)	Nilai NDVI Citra Quickbird	Nilai NDVI Pengukuran Lapangan
1	618217,503	9235992,627	0,132	-0,067
2	618616,185	9234830,679	0,223	-0,055
3	619396,671	9233709,651	0,185	-0,068
4	619912,657	9231880,593	0,184	-0,015
5	621585,668	9232909,868	0,212	-0,003
6	621718,849	9232881,917	0,168	-0,010
7	621861,298	9230003,971	0,266	-0,051
8	618168,177	9228679,151	0,177	-0,051
9	617493,576	9227439,578	0,142	-0,040
10	617600,766	9228626,589	0,142	-0,126
11	616486,558	9231667,756	0,078	-0,154
12	615302,396	9232510,120	0,174	-0,057

13	614823,584	9232469,047	0,166	-0,036
14	614365,421	9232675,699	0,143	-0,051
15	613350,141	9231274,074	0,052	-0,154
16	612438,793	9230811,342	0,103	-0,139
17	610424,575	9230559,463	0,133	-0,157
18	612604,190	9230918,785	0,119	-0,162
19	612726,163	9232356,075	0,064	-0,151
20	612594,106	9232495,448	0,044	-0,167

Berdasarkan data lapangan yang dioalah, didapatkan nilai uji korelasi sebesar 0,777 dimana hasil tersebut tergolong dalam nilai yang kuat menurut Sugiono 2007. Berikut ini adalah gamabran dari uji klasifikasi yang dilakukan



Gambar 4. 16 Grafik Uji Korelas NDVI Citra dan Lapangan

Hasil perhitungan dari pengolahan data insitu dan data citra satelit menghasilkan nilai NDVI yang berbeda. Nilai NDVI data lapangan menggunakan data rata-rata dari satu foto kamera hasil di lapangan. 1 foto kamera mewakili 7337472 *pixel* dengan luas setiap *pixel* adalah 0,036 mm.



Tabel 4. 6 Luas Formasi Geologi Kec. Semanding

<b>Kelas</b>	<b>Batuan Penyusun</b>	<b>Luas(hektar)</b>
1	Alluvium	879,5
2	Batulempung Anggota F. Kujung	370,2
3	Batugamping Prupu, Anggota F. Kujung	8085,9
4	Batulanau Anggota F. Kujung	703,6
5	Formasi Ngrayong	548,8
6	Formasi Paciran	189,5
7	Formasi Tuban	2328,2

Setiap formasi batuan memiliki ciri yang berbeda-beda. Berikut ini adalah gambaran ciri batuan dan kenampakan batuan sesuai data citra satelit :

a. Alluvium

Dalam formasi ini mengandung pasir, lempung, lanau, dan kerikil. Formasi ini banyak ditemui di sekitar sungai dan pesisir pantai.

b. Batulempung Anggota Formasi Kujung

Batulempung sebagian gampingan dengan perselingan batulanau lempungan berwarna kelabu muda, lapisan-lapisan tipis napal berwarna kelabu sangat muda dan setempat batupasir gampingan berbutir halus, banyaknya dan kekerasan dari lapisan-lapisan napal bertambah dibagian atas.

c. Batugamping Prupu, Anggota Formasi Kujung

Batugamping kompak, tersemenkan dengan baik, membentuk singkapan-singkapan yang tahan, bongkah-bongkah besar tersebar dipermukaan. Selingan-selingan napal dan batulempung tidak tersingkap dan hanya diketahui dari sumur-sumur dan lubang pengeboran.

d. Batulanau Anggota Formasi Kujung

Tersusun atas batulanau, sebagian gampingan dan lempungan. Dibagian bawah lapisan-lapisan tipis batulempung berwarna kelabu kehijauan, gampingan,

berlapis tipis, mengandung foraminifera besar, Pelecypoda kecil, Gastropoda dan sisa tanaman, kongkresi dolomit besian dan pirit.

e. Formasi Ngrayong

Dalam formasi ini mengandung batupasir kuarsa yang berselingan dengan batulempung pasir dan batugamping

f. Formasi Paciran

Terdiri atas batugamping, batugamping dolomitan dan dolomit. Berwarna putih, kelabu, coklat dan kemerahan, organik dengan fragmen alga, koral, foraminifera besar dan moluska.

g. Formasi Tuban

Tersusun atas batulanau, berwarna kelabu, hijau dan kelabu kekuningan dengan selingan batugamping pasir lempungan. Setempat mengandung kongkresi dan batulempung gampingan besian

#### 4.7 Peta Potensi Batuan Kapur

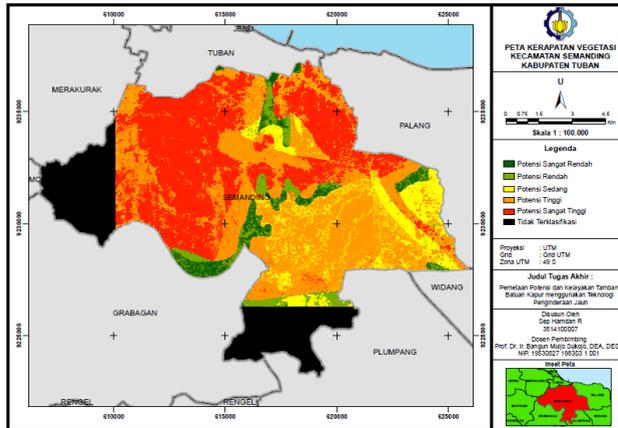
Peta potensi batuan merupakan peta hasil pengolahan dari 3 parameter, yakni peta tutupan lahan, peta kerapatan vegetasi, dan peta geologi. Dari ketiga data tersebut dilakukan proses *overlay* dengan menggunakan *software* pengolah citra.

Dalam proses *overlay*, setiap kelas dan parameter memiliki harkat dan prosentase tersendiri. Berikut adalah skoring untuk proses *overlay* pengolahan peta potensi batuan kapur :

Tabel 4. 7 Skoring Peta Potensi Batu Kapur

No	Parameter	Kelas	Harkat	Prosentase
1	Tutupan Lahan	Badan Air	0	30%
		Pemukiman	0	
		Sawah	2	
		Semak Belukar/Hutan	3	
		Lahan Terbuka/Tegalan	4	
2	Indeks Vegetasi	Kehijauan Tinggi	1	20%
		Kehijauan Sedang	2	
		Kehijauan Rendah	3	
		Kehijauan Sangat Rendah	4	
		Lahan Tidak Bervegetasi	5	
3	Unsur Geologi	Alluvium	1	50%
		Formasi Ngrayong	2	
		Batulanau Anggota F. Kujung	4	
		Formasi Tuban	5	
		Formasi Paciran	6	
		Batugamping Prupu, Anggota F. Kujung	6	

Pemrosesan data untuk mendapatkan peta potensi menggunakan metode intersect dimana tumpang susun antara dua data grafis, tetapi apabila batas luar dua data grafis tersebut tidak sama, maka yang dilakukan pemrosesan hanya pada daerah yang bertampalan. Data geologi, tutupan lahan, dan indeks vegetasi berformat *shapefile* yang digunakan untuk proses *intersect*.



Gambar 4. 18 Peta Potensi Batu Kapur

Pada hasil intersect pada gambar 4.18 tersebut, didapatkan hasil dengan kelas dengan area terluas adalah kelas potensi tinggi dengan luas 4927,549 hektar dan kelas paling sempit adalah kelas potensi sangat rendah dengan luasan 522,442 hektar. Untuk luasan kelas yang lain dijabarkan pada tabel dibawah ini :

Tabel 4. 8 Luas Potensi Batu Kapur

Kelas	Luas (hektar)
Potensi Sangat Rendah	522,442
Potensi Rendah	537,327
Potensi Sedang	1496,097
Potensi Tinggi	4927,549
Potensi Sangat Tinggi	3502,709

#### 4.8 Peta Area Kelayakan Tambang Batu Kapur

Peta Area Kelayakan merupakan peta yang menggambarkan daerah mana yang memiliki area yang layak untuk ditambang. Peta ini ditentukan atau dibuat dengan

menggunakan dua parameter, yakni data peta cakupan jalan dan peta keleregan.

Jaringan jalan merupakan system prasarana utama yang menjadi bagian dari system jaringan transportasi darat. Jaringan jalan disebut juga sebagai tonggak penggerak perekonomian wilayah., karena dapat meningkatkan pertumbuhan perekonomian wilayah seperti yang dikemukakan oleh Afriansyah 2001.

Keberadaan jalan dapat menciptakan koneksi antar satu area ke area yang lain. Begitu halnya dengan penambahan, jalur transportasi juga menjadi hal yang penting karena dapat mempengaruhi nilai ekonomis suatu tambang.

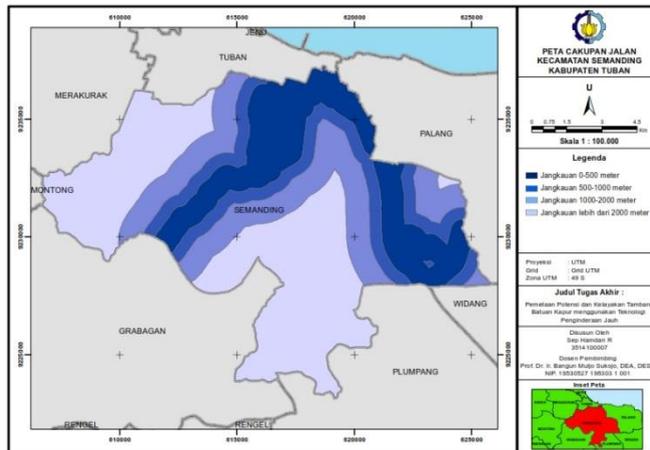
Dalam menentukan kelayakan jalan untuk tambang, perlu dibuat peta untuk cakupan jalan yang ada di Kecamatan Semanding. Dalam pengolahan peta cakupan jalan, data jaringan jalan dilakukan proses *buffer* untuk mengetahui cakupan areanya.

Dalam peta ini, terdapat pembagian kelas untuk cakupan luasannya. Berikut ini adalah pembagian kelasnya :

Tabel 4. 9 Kelas Cakupan Jalan (Suryana 2011)

<b>Kelas</b>	<b>Cakupan</b>
Kelas 1	0 - 500 m
Kelas 2	500 - 1000 m
Kelas 3	1000 - 2000 m
Kelas 4	> 2000 m

Berikut ini adalah hasil dari proses *buffering* dari data jaringan jalan di Kecamatan Semanding.



Gambar 4. 19 Peta Cakupan Jalan

Dalam hasil pengolahan tersebut, jalan dengan cakupan kelas 1 adalah yang paling dominan dimana kelas 1 memiliki luasan 8971.814 hektar. Berikut ini adalah jabaran luas setiap kelas hasil pengolahan data :

Tabel 4. 10 Luas Kelas Cakupan Jalan

<b>Kelas</b>	<b>Luas (hektar)</b>
Kelas 1	8971.814
Kelas 2	3063.532
Kelas 3	1060.235
Kelas 4	10.111

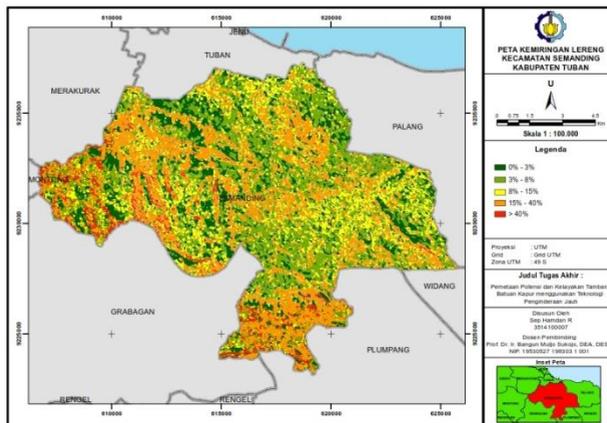
Kemiringan lereng merupakan sudut yang dibentuk oleh perbedaan tinggi permukaan lahan (relief), yaitu antara bidang datar tanah dan bidang horizontal, dan dihitung dengan prosentase. Suatu lereng mengalami gerakan karena kestabilan tanah/batuan pada lereng tersebut terganggu, baik oleh berbagai proses yang berasal dari dalam ataupun dari luar.

Peta kelerengan dibuat menggunakan data dem. Data dem yang digunakan mencakup keseluruhan area di kecamatan Semanding. Data dem diproses menjadi data *slope*, kemudian dilakukan proses kreklasifikasi. Klasifikasi dari peta kemiringan didasarkan atas penelitian terdahulu oleh Suryana 2011 . Berikut ini adalah pembagian kelasnya :

Tabel 4. 11 Kelas Kemiringan Lereng (Suryana 2011)

<b>Kelas</b>	<b>Kemiringan (%)</b>
Kelas 1	0 – 8
Kelas 2	8 – 15
Kelas 3	15 – 40
Kelas 4	>40

Berikut ini adalah hasil pengolahan data dem yang menghasilkan peta kemiringan lereng. Peta ini memiliki skala 1 : 100.000 dengan area yang paling dominan adalah kelas 4 dengan luas 3972,416 hektar dan area yang paling sempit adalah kelas 5 dengan luasan 425,749 hektar



Gambar 4. 20 Peta Kemiringan Lereng

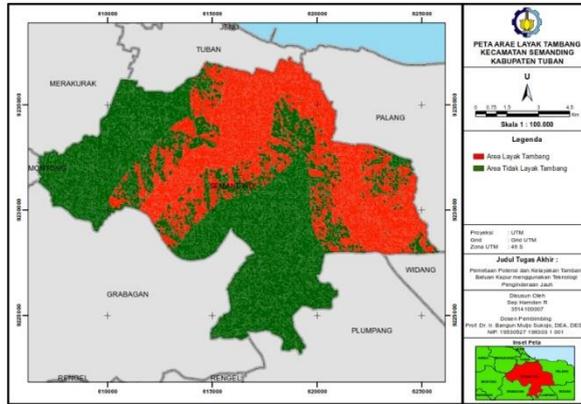
Proses pembuatan peta area kelayakan menggunakan metode intersect. Metode intersect dilakukan dengan generate

dua data parameter yang diolah sebelumnya. Sebelum melakukan proses intersect, perlu dilakukan skoring terlebih dahulu. Berikut penentuan nilai skoring untuk pembuatan peta area kelayakan tambang :

Tabel 4. 12 Skoring Area Layak Tambang

No	Parameter	Kelas	Harkat	Prosentase
1	Peta Kemiringan Lereng	Kelas 1	5	40%
		Kelas 2	4	
		Kelas 3	3	
		Kelas 4	2	
		Kelas 5	1	
2	Peta Cakupan Jaringan Jalan	Kelas 1	5	60%
		Kelas 2	4	
		Kelas 3	3	
		Kelas 4	2	
		Kelas 5	1	

Hasil proses skoring dan intersect didapatkan Peta Area Layak Tambang, dimana berdasarkan parameter fisiknya, area Semanding didominasi oleh area pada kelas tidak layak dengan luas area 7627,591 hektar dan area yang layak ditambang memiliki luasan 5478,100 hektar. Nilai luas yang dihasilkan berdasarkan dua parameter yang digunakan dalam proses *overlay*. Berikut ini adalah gambaran hasil proses pengolahan data yang dilakukan.



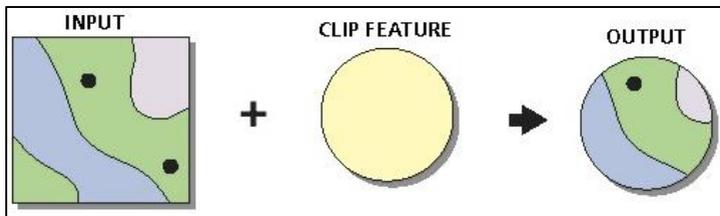
Gambar 4. 21 Peta Area Layak Tambang

#### 4.9 Peta Potensi Layak Tambang Batu Kapur

Peta ini menggambarkan area yang layak untuk ditambang berdasarkan potensi dan area yang layak ditambang. Data yang digunakan pengolahan adalah data peta potensi dan peta area layak tambang.

Peta potensi layak tambang adalah proses pencarian letak area yang berpotensi namun memiliki kelayakan tambang dari segi fisik. Dari data peta potensi, data dilakukan *filtering* dimana data yang digunakan adalah area dengan kelas potensi sedang, potensi tinggi, dan potensi sangat tinggi. Hal ini karena suatu area apabila memiliki potensi rendah tetapi layak ditambang, tetap tidak dapat dilakukan penambangan karena tidak terdapat bahan tambang yang terkandung dalam tanah.

Proses pengolahan dilakukan dengan metode *clipping*. Metode *clipping* membutuhkan data input dan data batas pemotong. Data input yang digunakan adalah peta potensi batu kapur, sedangkan untuk pemotongnya adalah peta area layak tambang. Proses *clipping* dilakukan seperti gambar ilustrasi 4.26

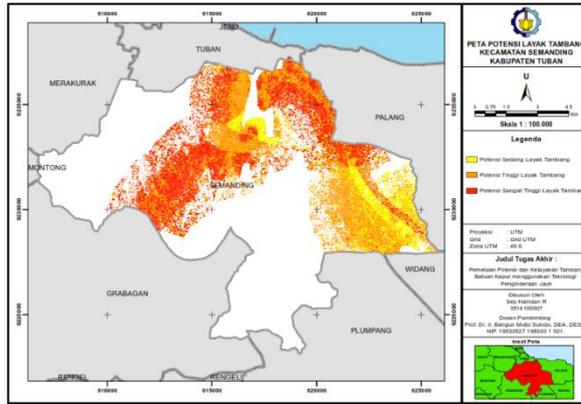
Gambar 4. 22 Proses *Clipping*

Hasil dari proses *clipping* didapatkan berupa peta potensi layak tambang yang dibagi menjadi 3 kelas, yakni potensi sedang layak tambang, potensi tinggi layak tambang, dan potensi sangat tinggi layak tambang. Dari data hasil didapatkan kelas yang paling dominan adalah kelas potensi tinggi layak tambang dengan luasan area 2129.833 hektar. Berikut ini adalah hasil luasan dan peta layak tambang.

Tabel 4. 13 Luas Potensi Layak Tambang

<b>Kelas</b>	<b>Luas (hektar)</b>
Potensi Sedang Layak Tambang	751,039
Potensi Tinggi Layak Tambang	2129,833
Potensi Sangat Tinggi Layak Tambang	1639,337

Hasil Peta Potensi Layak Tambang diwakili oleh 3 kelas, yakni potensi sedang layak tambang, potensi tinggi layak tambang, dan potensi sangat tinggi layak tambang. Gambar 4.23 adalah gambar peta hasil pengolahan data yang telah dilakukan :



Gambar 4. 23 Peta Potensi Layak Tambang

Hasil yang didapatkan dari pengolahan perlu dilakukan pengujian dilapangan. Untuk melihat tingkat akurasi dari hasil penelitian, dilakukan pengambilan titik sampel penambangan di Kecamatan Semanding. Peneliti terjun ke lapangan untuk mengambil sampel lokasi tambang batu kapur.

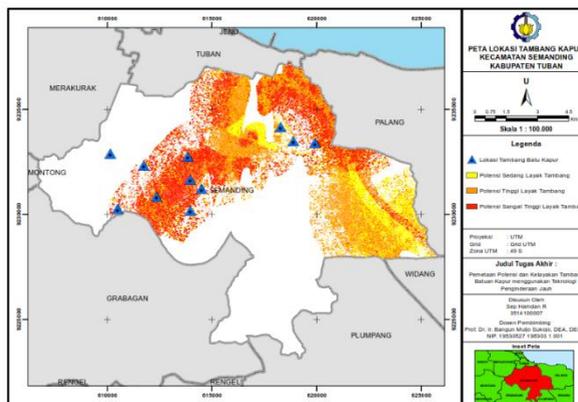
Dari hasil lapangan, didapatkan 11 titik tempat penambangan. Dari hasil titik tersebut di overlay terhadap hasil peta potensi layak tambang hasil pengolahan. Berikut ini adalah hasil overlay dari kedua data tersebut :

Tabel 4. 14 Uji Hasil Potensi Layak Tambang

No.	Titik	Timur (meter)	Utara (meter)	Pengujian Hasil Potensi
1	Sampel 1	612362,121	9230860,814	Sesuai
2	Sampel 2	613843,993	9232752,130	Tidak Sesuai
3	Sampel 3	611740,712	9232324,356	Sesuai
4	Sampel 4	618888,371	9233486,801	Sesuai
5	Sampel 5	613964,837	9231672,874	Sesuai
6	Sampel 6	613954,294	9230180,271	Sesuai
7	Sampel 7	619920,261	9233417,113	Sesuai

8	Sampel 8	610142,476	9232897,803	Sesuai
9	Sampel 9	614504,098	9231220,364	Sesuai
10	Sampel 10	618275,008	9234148,155	Sesuai
11	Sampel 11	610490,799	9230266,989	Sesuai

Berdasarkan dari hasil overlay, terdapat 10 titik sesuai dengan data peta potensi layak tambang dan 1 titik tidak sesuai. Dapat dikatakan tingkat akurasi dari hasil uji adalah 90.9% sesuai. Berikut ini adalah gambar dari overlay dari data sampel dan peta potensi layak tambang :



Gambar 4. 24 Peta Lokasi Tambang Batu Kapur

Titik biru merupakan lokasi penambangan batu kapur. Hasil tersebut didapatkan dari survei lapangan. Penambangan di kecamatan Semanding dilakukan dengan cara yang sederhana dan dilakukan oleh warga lokal sendiri.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Kesimpulan yang dapat diambil berdasarkan analisis terhadap hasil penelitian tugas akhir tentang pemetaan potensi dan kelayakan tambang batuan kapur menggunakan metode penginderaan jauh ini adalah sebagai berikut :

- a. Kecamatan Semanding memiliki potensi kapur yang tinggi dimana terdapat 4927,549 hektar lahan dalam kelas potensi tinggi. Secara keseluruhan, hasil pengolahan data menunjukkan dimana pada kelas sangat rendah memiliki luas 522,442 hektar, kelas potensi rendah memiliki luas 537,327, kelas potensi sedang memiliki luas 1496,097 hektar, potensi tinggi luas 4927,549 hektar, dan potensi sangat tinggi luas 3502,709 hektar
- b. Kecamatan Semanding memiliki area potensi kapur layak tambang dengan luasan 4520,209 hektar. Hasil tersebut terbagi dalam 3 kelas, kelas potensi sedang layak tambang dengan luas 751,039, kelas potensi tinggi layak tambang dengan luas 2129,833, dan kelas potensi sangat tinggi layak tambang dengan luas 1639,337. Dalam pengujian dengan data lapangan pada Peta Potensi Batu Kapur Layak Tambang, sebesar 90,909% data lapangan sesuai dengan hasil pengolahan.

#### **5.2 Saran**

Adapun saran untuk penelitian berikutnya ialah :

- a. Dalam penggunaan kamera infra merah, perlu dilakukan kalibrasi untuk menjamin hasil data insitu benar.

- b. Perlu digunakan citra yang mencakup seluruh wilayah area penelitian agar tidak terdapat area yang tidak terklasifikasi.
- c. Untuk memaksimalkan hasil kajian kelayakan tambang, perlu dikaji lebih jauh mengenai aspek lain seperti sosial dan lingkungan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, H, Z. 2002. Penentuan Posisi dengan GPS dan Aplikasinya. Jakarta: PT Pradnya Paramita.
- Afriansyah, R., 2001. Prioritas Pengembangan Jaringan Jalan Pendukung Kawasan Strategis Di Pulau Sumbawa. *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Prasaranan Wilayah ISBN : 978-979-18342-3-0.*
- Badan Informasi Goespasioal. 2016. Modul Validasi Peta Rencana Tata Ruang. Bogor: Sekertariat BIG.
- Boggs, J., 1987. Principles Of Sedimentology and Stratigraphy 3rd Edition. Toronto: Merril Publishing Company.
- Danoedoro, P. 1996. Pengolahan Citra Digital. Yogyakarta : Fakultas Geografi. Universitas Gadjah Mada
- Hasyim, A. 2009. "Menentuka Titik Kontrol Tanah (GCP) dengan Menggunakan Teknik GPS dan Citra Satelit untuk Perencanaan Perkotaan". Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- LAPAN, 2010. "Pengembangan Metoda Pengolahan Orthorektifikasi Data Landsat untuk Mendukung INCAS Berkelanjutan". Jakarta Timur: Bidang Produksi Data Pusat Data Penginderaan Jauh LAPAN.
- LAPAN, 2016. *Quickbird* [pusfatekgan.lapan.go.id/wp-content/uploads/2015/02/Informasi-Satelit-QB.pdf](http://pusfatekgan.lapan.go.id/wp-content/uploads/2015/02/Informasi-Satelit-QB.pdf) (diakses pada Kamis, 8 Desember 2017)
- Lillesand TM, Kiefer RW. 1994. Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra. Dulbahri, Suharsono P, Suharyadi H, penerjemah; Sutanto, editor. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press. 725 hlm. Terjemahan dari: Remote Sensing and Image Interpretation
- Madiadipoera, T., 1990. Bahan Galian Industri di Indonesia . Bandung: Direktorat Sumber Daya Mineral.
- Majid, D. A., 2017. "Pemetaan Potensi Batuan Kapur menggunakan Metode Penginderaan Jauh dan Sistem

- Informasi Geografis di Kabupaten Tuban". Laporan Tugas Akhir. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Maselino, A., 2002. Modul Pelatihan Sistem Informasi Geografis.
- Mather, P.M., 1987. Computer Processing of Remotely-Sensed Images. An Introduction, 1st Edition, Wiley, Chichester.
- Novella, M. S., 2017. "Identifikasi Batu Kapur Berdasarkan Tekstur menggunakan Metode Learning Vector Quantization". Yogyakarta: Universita Mercu Buana.
- Noor, D, 2009. Pengantar Geologi. Bogor: Universitas Pakuan.
- Nuraeni, M., 2013. Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Nurjannah. 2013. "Pemodelan Estimasi Potensi Tambang Batu Kapur Dari Hasil Analisa Data Citra Satelit Landsat 7 ETM+ (Studi Kasus : Tambang Batu Kapur PT. Semen Gresik Persero Tbk. Pabrik Tuban)". Laporan Tugas Akhir. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Purwadhi, F., 2001. *Interpretasi Citra Digital*. Jakarta: Grasindo.
- Putri, C. A. S., 2015. "Interpretasi Struktur Geologi dan Litologi Melalui Citra *Quickbird* dan SRTM di Sebagian Kabupaten Rembang dan Sekitarnya". Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- R Astrini dan Oswald, 2012. *Modul Pelatihan Quantum GIS untuk Pemetaan Evaluasi Tsunami*. Mataram: s.n.
- Rusmaladewi, F., 2016. "Karakterisasi Reservoir Karbonat Formasi Kujung Cekungan Jawa Timur Utara menggunakan Metode Seismik Inversi IA pada Lapangan". Lampung: Universitas Lampung.
- Soenarmo, S. H., 2009. Penginderaan Jauh dan Pengenalan Sistem Informasi Geografi Untuk Bidang Ilmu Kebumihan. Bandung : Institut Teknologi Bandung (ITB).
- Suryana, Nana. 2011. Penggunaan Metode Statistik K-Means Clustering pada Analisis Peruntukan Lahan Usaha Tambang Berbasis Sistem Informasi Geografi. Bandung : Puslitbang.

Sutanto, 1986. *Penginderaan Jauh Jilid 1*. Yogyakarta: Gadjah Mad University Press.

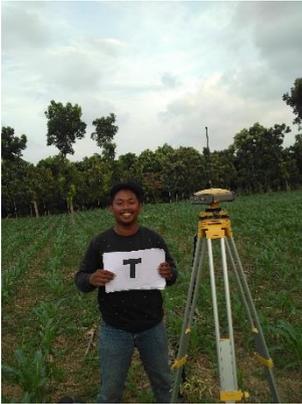
Wibowo dan Eko. 2010. "Identifikasi Perubahan Tutupan Lahan Pulau Pagang, Pulau Pramuka, Dan Pulau Karya Antara Tahun 2004 dan Tahun 2008". Bandung: Institut Teknologi Bandung

William, F. D. d., 1992. *Karst Geomorphology and Hydrology*. London: Chapman and Hall.

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## LAMPIRAN

### Lampiran 1 : Dokumentasi Pengukuran GCP



Arah Timur GCP 7



Arah Utara GCP 8



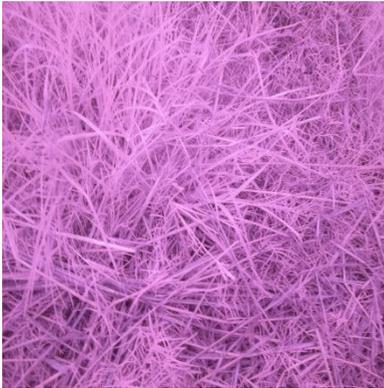
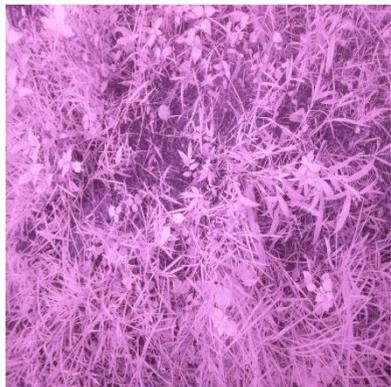
Arah Barat GCP 9



Arah Utara GCP 10

## Lampiran 2 : Form Pungukutan GPS

 <b>ITS</b> Institut Teknologi Sepuluh Nopember	<b>FORMULIR SURVEI GPS</b> <b>TEKNIK GEOMATIKA</b> <b>FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DA</b> <b>INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBI</b> <b>TAHUN 2018</b>		
	<b>FORMULIR RECONNAISSANCE TITIK</b>		
	Nomor Titik : GCP 15	Tanggal Reconnaissance : 31 Maret 2018	
	Proyek : Pembuatan Peta Dasar	Baru / Sudah Ada : Baru	
Nama Surveyor : Nurul	Aman / Tidak Aman : Aman		
Kab. / Kota : Tuban	Dapat Dicapai Mobil (ya / tidak) : Tidak		
Kecamatan : Semanding	Obstruksi Jalan (ya / tidak) : Tidak		
<b>DOKUMENTASI TITIK</b>			
			
			

**Lampiran 2 : Data NDVI Lapangan****Sampel Insitu NDVI 1****Sampel Insitu NDVI 2****Sampel Insitu NDVI 3****Sampel Insitu NDVI 4****Sampel Insitu NDVI 5****Sampel Insitu NDVI 6**



Sampel Insitu NDVI 7



Sampel Insitu NDVI 8



Sampel Insitu NDVI 9



Sampel Insitu NDVI 10



Sampel Insitu NDVI 11



Sampel Insitu NDVI 12

### Lampiran 3 : Dokumentasi Survei Lapangan Tutupan Lahan



Hutan



Pemukiman



Pemukiman



Sawah



Tegalan



Hutan



Sawah

#### Lampiran 4 : Uji Lapangan Pengolahan Tutupan Lahan

No	Objek	Utara (meter)	Timur (meter)	Keterangan Pengujian
1	Pemukiman	9236288,982	618298,276	Sesuai
2	Ladang	9236084,772	617902,478	Tidak Sesuai
3	Pemukiman	9236092,435	617887,247	Tidak Sesuai
4	Ladang	9236148,661	617712,907	Sesuai
5	Kebun	9235418,349	618266,816	Tidak Sesuai
6	Ladang	9234829,684	618616,183	Tidak Sesuai
7	Ladang	9234871,902	618766,726	Sesuai
8	Pemukiman	9234266,233	618647,599	Sesuai
9	Ladang	9233751,09	618822,786	Sesuai
10	Ladang	9233727,181	619127,013	Sesuai
11	Ladang	9233709,539	619397,555	Sesuai
12	Pemukiman	9233196,952	620227,851	Sesuai
13	Pemukiman	9232729,302	620094,367	Sesuai
14	Ladang	9232703,27	620072,133	Sesuai
15	Pemukiman	9232028,577	619876,418	Sesuai
16	Ladang	9231880,821	619910,028	Sesuai
17	Pemukiman	9231665,839	619954,04	Sesuai
18	Sawah	9231798,802	619755,694	Sesuai
19	Pemukiman	9232665,64	620479,144	Sesuai
20	Pemukiman	9232515,734	621484,456	Tidak Sesuai
21	Pemukiman	9232841,271	621557,666	Sesuai
22	Ladang	9233049,743	621628,811	Sesuai
23	Ladang	9232885,701	621717,579	Sesuai
24	Pemukiman	9232795,535	622137,63	Sesuai
25	Ladang	9232516,114	622662,25	Sesuai
26	Sawah	9231292,248	621597,272	Sesuai
27	Sawah	9230004,089	621847,083	Sesuai

28	Pemukiman	9228963,642	622293,717	Sesuai
29	Pemukiman	9229993,474	622519,624	Tidak Sesuai
30	Hutan	9229742,993	622737,775	Sesuai
31	Hutan	9229448,909	623037,928	Sesuai
32	Sawah	9230888,716	621248,863	Sesuai
33	Hutan	9230601,198	620161,447	Sesuai
34	Pemukiman	9229576,317	619173,24	Sesuai
35	Sawah	9228817,603	618304,156	Sesuai
36	Hutan	9227974,338	617469,721	Sesuai
37	Sawah	9227438,804	617489,685	Tidak Sesuai
38	Pemukiman	9226742,348	617592,309	Sesuai
39	Ladang	9226405,77	617649,823	Sesuai
40	Hutan	9226338,57	617726,437	Tidak Sesuai
41	Sawah	9228432,629	617073,583	Sesuai
42	Hutan	9228626,16	617447,057	Sesuai
43	Pemukiman	9228572,727	617559,326	Sesuai
44	Sawah	9229750,381	617235,865	Sesuai
45	Sawah	9230684,056	617327,216	Sesuai
46	Hutan	9231622,192	617143,242	Sesuai
47	Sawah	9231611,375	616632,268	Sesuai
48	Pemukiman	9232441,981	616030,988	Sesuai
49	Pemukiman	9232431,365	615166,55	Sesuai
50	Pemukiman	9235343,535	610675,841	Sesuai
51	Sawah	9235995,891	610774,898	Sesuai
52	Pemukiman	9230538,745	610466,781	Sesuai
53	Ladang	9230547,033	610471,83	Sesuai
54	Hutan	9233144,888	611046,641	Sesuai
55	Ladang	9233054,099	611781,821	Sesuai
56	Ladang	9232781,631	614106,79	Sesuai
57	Pemukiman	9232196,851	614212,131	Sesuai

---

<b>58</b>	Ladang	9230807,116	612810,653	Sesuai
<b>59</b>	Pemukiman	9230433,384	612976,209	Sesuai
<b>60</b>	Pemukiman	9230122,195	614220,081	Sesuai
<b>61</b>	Hutan	9230309,984	614552,478	Tidak Sesuai
<b>62</b>	Ladang	9230315,381	614559,813	Sesuai
<b>63</b>	Ladang	9232374,768	615061,905	Sesuai
<b>64</b>	Pemukiman	9232448,215	615209,512	Sesuai
<b>65</b>	Hutan	9232518,835	617327,222	Sesuai
<b>66</b>	Sawah	9232501,621	618900,299	Sesuai
<b>67</b>	Pemukiman	9233316,022	620156,744	Sesuai
<b>68</b>	Pemukiman	9235100,646	617472,717	Sesuai
<b>69</b>	Badan Air	9235741,736	619462,603	Sesuai
<b>70</b>	Badan Air	9233695,637	618670,601	Sesuai
<b>71</b>	Badan Air	9232727,498	620233,128	Sesuai
<b>72</b>	Badan Air	9233056,239	616399,617	Sesuai
<b>73</b>	Badan Air	9234237,761	616023,337	Sesuai
<b>74</b>	Badan Air	9231506,007	613957,42	Sesuai
<b>75</b>	Badan Air	9232277,058	614624,229	Tidak Sesuai
<b>76</b>	Badan Air	9231789,937	611632,6	Tidak Sesuai

---

**Lampiran 5 : Perhitungan SOF****Script Matlab :**

```
clear all
```

```
clc
```

```
disp('Tugas Akhir Sep Hamdan')
```

```
U=14
```

```
A=[1 0 0 0 0 0 0 -1;
```

```
0 1 0 0 0 0 0 -1;
```

```
0 0 1 0 0 0 0 -1;
```

```
0 0 0 1 0 0 0 -1;
```

```
0 0 0 0 1 0 0 -1;
```

```
0 0 0 0 0 1 0 -1;
```

```
0 0 0 0 0 0 1 -1]
```

```
AT=A'
```

```
B=(A*A')
```

```
SOF=trace(pinv(B)/U)
```

**Running Matlab**

Tugas Akhir Sep Hamdan

U =

14

A =

$$\begin{array}{cccccccc}
 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 \\
 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 \\
 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 \\
 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & -1 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & -1 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & -1 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1
 \end{array}$$

AT =

$$\begin{array}{cccccccc}
 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\
 -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1
 \end{array}$$

B =

$$\begin{array}{ccccccc}
 2 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\
 1 & 2 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\
 1 & 1 & 2 & 1 & 1 & 1 & 1 \\
 1 & 1 & 1 & 2 & 1 & 1 & 1 \\
 1 & 1 & 1 & 1 & 2 & 1 & 1 \\
 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 2 & 1 \\
 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 2
 \end{array}$$

SOFF =

$$0.4375$$

**Lampiran 6 : Dokumentasi Survei Lokasi Penambangan Batu Kapur**



Lokasi Tambang 1



Lokasi Tambang 2



Lokasi Tambang 3



Lokasi Tambang 4

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## BIODATA PENULIS



Penulis bernama Sep Hamdan Rif'anuddin, dilahirkan di Jombang, pada tanggal 17 September 1995. Penulis merupakan anak kedua dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK RA Muslimat, SDN Sumberagung 1, SMPN 1 Perak, dan SMAN 2 Jombang. Setelah lulus dari SMA, penulis melanjutkan kuliah S-1 di Teknik Geomatika, FTSK, ITS pada tahun 2014 terdaftar dengan NRP 03311440000007. Selama duduk di bangku kuliah penulis aktif berorganisasi dan mengikuti kepanitian ditingkat departemen, fakultas, dan institut. Organisasi yang pernah diikuti oleh penulis diantaranya BPM HIMAGE-ITS 16/17, dan Staff HIMAGE-ITS 15/16. Untuk menyelesaikan studi S-1, penulis memilih bidang keahlian Geospasial, dengan judul tugas akhir “Pemetaan Potensi Dan Kelayakan Tambang Batuan Kapur Menggunakan Metode Penginderaan Jauh (Studi Kasus : Kecamatan Semanding, Kabupaten Tuban, Jawa Timur)”.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*