

**ESTIMASI SEBARAN KANDUNGAN C-ORGANIK TANAH  
MENGUNAKAN CITRA LANDSAT 7 ETM<sup>+</sup>  
DI KABUPATEN BONDOWOSO**

**FACHRYANSYAH  
0410430018 – 43**



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS PERTANIAN  
JURUSAN TANAH  
PROGRAM STUDI ILMU TANAH  
MALANG  
2011**

**ESTIMASI SEBARAN KANDUNGAN C-ORGANIK TANAH  
MENGUNAKAN CITRA LANDSAT 7 ETM<sup>+</sup>  
DI KABUPATEN BONDOWOSO**

Oleh

**FACHRYANSYAH**  
0410430018-43

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**SKRIPSI**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh Gelar  
Sarjana Pertanian Strata Satu (S-1)**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS PERTANIAN  
JURUSAN TANAH  
PROGRAM STUDI ILMU TANAH  
MALANG  
2011**

**SURAT PERNYATAAN SKRIPSI**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Fachryansyah  
NIM : 041430018 – 43  
Jurusan / PS : Tanah / Ilmu Tanah

Menyatakan bahwa skripsi dengan judul :

**ESTIMASI SEBARAN KANDUNGAN C-ORGANIK TANAH MENGGUNAKAN CITRA LANDSAT 7 ETM<sup>+</sup> DI KABUPATEN BONDOWOSO**

Merupakan karya tulis yang saya buat sendiri dan bukan merupakan bagian dari skripsi maupun tulisan penulis lain. Bilamana suatu hari pernyataan saya tidak benar, saya sanggup menerima sanksi akademik apapun yang ditetapkan oleh Universitas Brawijaya.

Malang, 29 Juli 2011

Fachryansyah  
NIM. 0410430018-43

Pembimbing Pertama,

Pembimbing Kedua,

Dr. Ir. Sudarto, MS  
NIP. 19560317 198303 1003

Kurniawan Sigit, SP, MSc  
NIP. 1978102 1200501 1009

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Tanah

Prof. Dr. Ir. Zaenal Kusuma, MS.  
NIP. 19540501 198103 1006

Judul Skripsi : **ESTIMASI SEBARAN  
KANDUNGAN C- ORGANIK TANAH  
MENGUNAKAN CITRA LANDSAT 7 ETM<sup>+</sup>  
DI KABUPATEN BONDOWOSO**

Nama Mahasiswa : **FACHRYANSYAH**

NIM : 0410430018-43

Jurusan : TANAH

Menyetujui : Dosen Pembimbing

Pembimbing Pertama,

Pembimbing Kedua,

Dr. Ir. Sudarto, MS  
NIP. 19560317 198303 1003

Kurniawan Sigit, SP, MSc  
NIP. 1978102 1200501 1009

Mengetahui,  
Ketua Jurusan

Prof. Dr. Ir. Zaenal Kusuma, M.S  
NIP. 19540501 198103 1006

**Tanggal Persetujuan :**

**MENGESAHKAN  
MAJELIS PENGUJI**

Penguji I

Penguji II

Prof. Dr. Ir. Zaenal Kusuma, MS.  
NIP. 19540501 198103 1006

Ir. Didik Suprayogo, M.Sc., Ph.D  
NIP. 19600825 198601 1002

Penguji III

Penguji IV

Dr. Ir. Sudarto, MS  
NIP. 19560317 198303 1003

Kurniawan Sigit, SP, MSc  
NIP. 1978102 1200501 1009

**Tanggal Lulus :**



*Skripsi ini kupersembahkan untuk  
Tuhan, Keluarga tercinta,  
serta sahabat sekalian*

## RINGKASAN

**Fachryansyah 0410430018. Estimasi Sebaran Kandungan C-Organik Tanah Menggunakan Citra Landsat 7 ETM<sup>+</sup> di Kabupaten Bondowoso.****Dibawah Bimbingan Sudarto dan Kurniawan Sigit**

Bahan organik merupakan salah satu penentu kesuburan tanah. Distribusi bahan organik dinyatakan dalam karbon (C) organik. Adanya Praktek-praktek pengolahan lahan, lambat laun akan menurunkan ketersediaan bahan organik dalam tanah. Oleh karena itu perlu pengamatan yang serius untuk menghindari terjadinya degradasi lahan lebih lanjut. Masalah ini biasanya terjadi pada area yang cukup luas sehingga cocok untuk diamati dengan teknologi penginderaan jauh. Penelitian bertujuan untuk menentukan model hubungan NDSI (*Normalize Difference Soil Index*) dengan kandungan bahan organik tanah dan mengetahui sebaran dan besarnya kandungan bahan organik tanah. Penelitian ini dilaksanakan di Kabupaten Bondowoso pada bulan November 2010 – Januari 2011.

Metode yang digunakan untuk menduga sebaran bahan organik adalah dengan mencari model regresi antara nilai *digital number* pada citra satelit landsat 7 ETM<sup>+</sup> dengan kadar C-Organik di lapangan. Pengambilan sampel di semua titik mengacu pada nilai NDSI (*Normalize Difference Soil Index*) citra di Kabupaten Bondowoso. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sebesar 48% dari estimasi C-organik dipengaruhi oleh *band* 1,2,3,4, dan 5 dengan persamaan regresi  $Y = 0,766 + 0,0402 X_1 - 0,0501 X_2 + 0,0264 X_3 + 0,0279 X_4 - 0,0227 X_5$ . Hasil dari validasi model menunjukkan bahwa C-organik model mendekati amatan sesungguhnya yang ditunjukkan dengan nilai P-value sebesar 0,21.

Untuk melakukan pendugaan kandungan C-Organik dengan menggunakan citra satelit Landsat 7 ETM<sup>+</sup> SLC OFF di Kabupaten Bondowoso, dapat dilakukan dengan menggunakan analisis regresi terhadap nilai digital number dari band 1, 2, 3, 4, 5.

Kandungan C-organik di Kabupaten Bondowoso termasuk dalam kategori sangat rendah dan rendah dengan kandungan C-organik 0 – 0,50% seluas 9.417 Ha, 0,51% – 1,00% seluas 49.794 Ha, 1,01% - 1,50% seluas 59.711 Ha, 1,51% - 2,50% seluas 30.471 Ha.

## SUMMARY

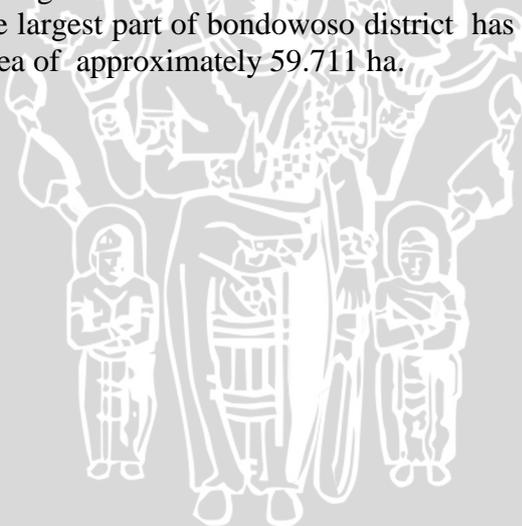
Fachryansyah 0410430018. **Estimated Distribution of C-organic Using Landsat 7 ETM<sup>+</sup> in Bondowoso.** Supervisor : Sudarto and Kurniawan Sigit.

---

Organic materials is one determinant of soil fertility, but land management practices will gradually reduce the availability of organic matter in soil. This problem usually occurs in large areas making it suitable to be observed by remote sensing technology. The aims of this research are to determine the relationship between ndsi model with soil organic matter content and to know the distribution and the amount of soil organic matter content. This study conducted in Bondowoso in November 2010 to January 2011.

The model used in this research was built based on digital number on Landsat 7 ETM image and actual c-organic. Sampling at all points refer to ndsi values of Bondowoso image. The results showed that 48% of the estimated c-organic influenced by bands 1,2,3,4 and 5 with the regression equation  $y = 0.766 + 0.0402 X_1 - 0.0501 X_2 + 0.0264 X_3 + 0.0279 X_4 - 0.0227 X_5$ . Model validation results showed c-organic model that comes closest to the actual p—value by 0,21.

Based on the analysis, it was known that the application of regression equations by using the digital value and the ndsi to estimate soil organic matter content showed that the largest part of bondowoso district has C-organic content of 1 to 1.5% with an area of approximately 59.711 ha.



## KATA PENGANTAR

*Bismillaahirrohmaanirrohiim.*

Puji dan syukur kehadirat Allah SWT serta salawat dan salam kepada Nabi besar Muhammad SAW beserta keluarga dan sahabatnya yang selalu memberikan petunjuk dan inspirasi dalam proses menyelesaikan penelitian ini hingga tahap penulisan skripsi.

Penulisan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak, Ibu, adik, dan keluarga besarku, atas doa dan dukungannya dalam menyelesaikan skripsi ini.
2. Dosen pembimbingku, Bapak Sudarto, Cahyo Prayogo, Kurniawan Sigit Wicaksono, yang telah banyak memberikan kritik, masukan dalam penelitian ini. Mohon maaf atas segala kekurangan saya selama menjadi anak didik.
3. Mbak Fitri, Iva, Kristanti, dan Mbak Nina atas pengalamannya selama kegiatan proyek di Ngantang, Dau, maupun kegiatan selama di laboratorium.
4. Pak Ngadirin, Sarkam, Kasran, Mas Jojok, Pak Rudi dan Pak Hari, Pak Mardiono, Bu Rurin, Pak Kadi, terima kasih atas bantuannya.
5. Teman – teman kampusku (Toha, Dimas, Aziz, Khendy, Agung, Danny, Gerry, Faris, Pras, Inggid, Kuluk, Indra, Rizka, Asrifah, Hamdi, Bogey, Rudi, Hascaryo, Azizah, Lely, Astrid, Ika, Ire, Srut, Lorenz, Ferry, Nurul, Jeffry, Siwi, Sonny, Prio, Adi, Budi, Meryana, Titis, Didit, Nisa, Doni 03, Riza 05, Riza 06, Zaki, Estiyanto, Arco, Amri, Jansinar, dll, yang menyadarkanku akan indahny dinamika hidup. Terima kasih banyak untuk ilmu, dan kebersamaannya. Semoga tali *siraturahim* kita tetap terjaga.
6. Teman – teman MIPA (Lia, Dewi, dan Mayang). Terima kasih sudah mengajarkan penulis tentang Statistika.
7. Saudaraku di Watu Gilang (Mas Yadhi, Anjar, Lukman, Dian, Ivan, Anto, Adi), terima kasih untuk persahabatan, ilmu dan solidaritasnya. Semoga kita tetap saling mendoakan.
8. Saudaraku di Terusan Surabaya (Mas Koko, Gia, Viky, Totok, Eryun, Dimas, Wahyu, Bayu, Syahrin, dll)

9. Saudaraku di Soekarno Hatta (Mbak Ririn, Hendra, Agus, Iman, Ilham). Terima kasih banyak atas bantuannya.
10. Saudaraku di Terusan Cikampek (Junaid, Rozi, Rahman, Wiwin, Sani, Jahman, Rustu, Rizal). Semoga Organisasi kita terus hidup di bumi Arema.
11. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu-persatu. Semoga Allah mempertemukan kita kembali dengan kasih sayangNya. *Barakallah Allahumma Amin.*

Penulis menyadari bahwa dalam menyusun tulisan ini masih penuh dengan keterbatasan dan kesalahan. Semoga tulisan ini bermanfaat bagi semua pihak.

Malang, 29 Juli 2011

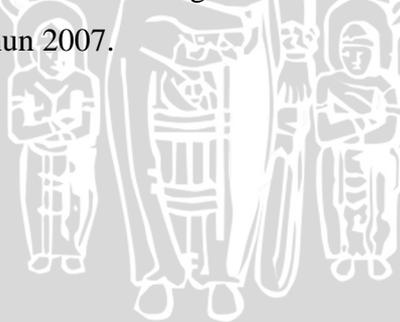
Penulis



## RIWAYAT HIDUP

Penulis bernama lengkap Fachryansyah, dilahirkan di Tanah Grogot pada tanggal 14 Juni 1985. Merupakan anak pertama dari dua bersaudara, Putra dari pasangan Bapak H. Abdul Kadir dan Hj. Nurhana. Penulis memulai pendidikan dengan menjalani taman kanak-kanak di TK Kartika pada tahun 1990 -1991, dan SDN 018 Pada tahun 1991. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan pada tahun 1997 di Sekolah Menengah Pertama Negeri 1 Tanah Grogot. Penulis lulus dari Sekolah Menengah Pertama pada tahun 2000 dan melanjutkan ke Sekolah Menengah Umum Negeri 1 Tanah Grogot. Pada tahun 2003 penulis melanjutkan studinya ke Institut Teknologi Nasional, Malang Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Wilayah Kota, Jurusan Teknik Planologi hingga tahun 2005.

Tahun 2004 penulis melanjutkan pendidikan ke Universitas Brawijaya dan diterima sebagai mahasiswa Strata 1 Fakultas Pertanian, Jurusan Tanah, Program Ilmu Tanah melalui jalur SPMB. Selama mengikuti perkuliahan penulis aktif di kegiatan keorganisasian sebagai pengurus Himpunan Mahasiswa Ilmu Tanah (HMIT) pada tahun 2005 hingga 2007, Asisten Dasar Ilmu Tanah, Biologi, dan Pemetaan. Penulis juga aktif dalam organisasi Keluarga Pelajar Mahasiswa Kabupaten Paser hingga tahun 2007.



## DAFTAR ISI

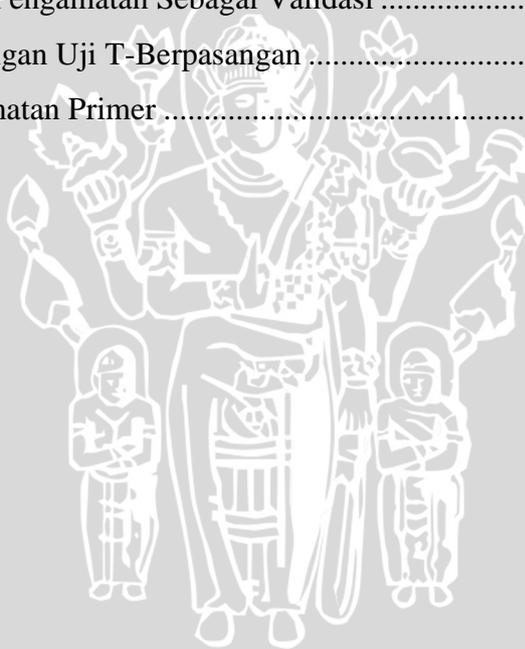
RINGKASAN .....	i
SUMMARY .....	ii
KATA PENGANTAR .....	iii
RIWAYAT HIDUP .....	v
DAFTAR ISI .....	vi
DAFTAR GAMBAR .....	vii
DAFTAR TABEL .....	viii
DAFTAR LAMPIRAN .....	ix
<b>I. PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan Penelitian .....	4
1.3 Hipotesis .....	4
1.4 Manfaat .....	4
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Bahan Organik .....	6
2.2 Karakteristik Landform Vulkanik .....	8
2.3 Penginderaan Jauh .....	8
2.4 Citra Landsat 7 ETM <sup>+</sup> .....	9
2.5 Sistem Informasi Geografi (SIG) .....	12
2.6 Penginderaan Jauh Dalam Mengestimasi Bahan Organik Tanah .....	12
<b>III. METODE PENELITIAN</b>	
3.1. Tempat dan Waktu .....	14
3.2. Alat dan Bahan .....	14
3.3. Tahapan Penelitian .....	15
<b>IV. KONDISI UMUM WILAYAH</b>	
4.1 Lokasi .....	24
4.2 Geologi .....	24
4.3 Geomorfologi .....	25
4.4 Tanah .....	32
<b>V. HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
5.1 Penggunaan Lahan Berdasarkan Citra Landsat 7 ETM <sup>+</sup> Tahun 2008 .....	34
5.2 Kelas Indeks Tanah (NDSI) Berdasarkan Citra Satelit Landsat 7 ETM <sup>+</sup> Tahun 2008 .....	38
5.3 Digital Number Citra Satelit Landsat 7 ETM <sup>+</sup> Tahun 2008 .....	40
5.4 Estimasi Sebaran C-Organik Menggunakan Citra Landsat 7 ETM <sup>+</sup> .....	42
5.5 Validasi Model .....	46
5.6 Estimasi Sebaran C-Organik Menggunakan Citra Landsat 7 ETM <sup>+</sup> .....	48
5.7 Manfaat Peta Sebaran C-Organik Bagi Kepentingan Pertanian .....	50
<b>VI. KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
6.1 Kesimpulan .....	52
6.2 Saran .....	52
DAFTAR PUSTAKA .....	53
LAMPIRAN .....	56

## DAFTAR GAMBAR

Nomor	<i>Judul</i>	Halaman
Gambar 1.	Alur penelitian.....	5
Gambar 2.	Peta Administrasi Kabupaten Bondowoso.....	14
Gambar 3.	Citra Landsat Sebelum Diolah .....	17
Gambar 4.	Citra Landsat Setelah Proses <i>Mosaiking</i> .....	17
Gambar 5.	Struktur Klasifikasi Hirarki ( <i>Hierarchical Classification</i> ).....	20
Gambar 6.	Tahapan Penelitian .....	23
Gambar 7.	Peta Geologi Kabupaten Bondowoso.....	25
Gambar 8.	Peta Land System Kabupaten Bondowoso.....	26
Gambar 9.	Peta Jenis Tanah Kabupaten Bondowoso .....	33
Gambar 10.	Peta Penggunaan Lahan Kabupaten Bondowoso.....	34
Gambar 11.	Grafik Sebaran Digital Number NDSI.....	38
Gambar 12.	Peta Sebaran NDSI Kabupaten Bondowoso .....	39
Gambar 13.	Peta Area Penelitian .....	40
Gambar 14.	Grafik Sebaran Digital Number Citra Satelit Landsat 7 Etm+ Tahun 2008 di Kabupaten Bondowoso.....	41
Gambar 15.	Grafik Uji Normalitas.....	44
Gambar 16.	Grafik Regresi Linier C-Organik Model Dengan Primer.....	48
Gambar 17.	Peta Prediksi Sebaran C-Organik.....	49
Gambar 18.	Grafik Luas Sebaran Prediksi C-Organik .....	50

## DAFTAR TABEL

Nomor	Judul	Halaman
Tabel 1.	Jumlah dan Distribusi C-Organik .....	7
Tabel 2.	Spesifikasi Citra Landsat 7 Etm+ .....	10
Tabel 3.	Karakteristik Band Spektral Landsat 7 Etm+ .....	12
Tabel 4.	Peralatan penelitian .....	15
Tabel 5.	Klasifikasi Citra Satelit Landsat 7 Etm+ Slc Off Tahun 2008.....	36
Tabel 6.	Akurasi Setiap Penggunaan Lahan .....	37
Tabel 7.	Titik Lokasi Pengamatan Untuk Membangun Model.....	43
Tabel 8.	Titik Sampel Pengamatan Sebagai Validasi .....	47
Tabel 9.	Hasil Perhitungan Uji T-Berpasangan .....	47
Tabel 10.	Titik Pengamatan Primer .....	66



## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Nomor</b>	<b>Judul</b>	<b>Halaman</b>
Lampiran 1.	Metode Teknis Pengolahan Citra Satelit Landsat 7 Etm+ Slc Off Menggunakan Software Frame And Fill .....	56
Lampiran 2.	Metode Teknis Proses Koreksi Radiometri Pada Citra Satelit Landsat 7 Etm+ Slc Off Menggunakan Software Pci Geomatica V9.0 .....	57
Lampiran 3.	Metode Teknis Proses Koreksi Geometri Pada Citra Satelit Menggunakan Software Pci Geomatica V9.0.....	58
Lampiran 4.	Metode Teknis Proses Klasifikasi Hirarki Pada Citra Landsat SLC Off Menggunakan Software Pci Geomatica V9.0.....	60
Lampiran 5.	Metode Teknis Pengambilan Nilai Digital Number Menggunakan Software Pci Geomatica V9.0.....	64
Lampiran 6.	Matriks Kesalahan .....	65
Lampiran 7.	Titik Pengamatan Primer.....	66
Lampiran 8.	Proses Analisis Regresi Dan Best Subset Menggunakan Minitab .	67
Lampiran 9.	Validasi Model .....	69



## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Tingkat kesuburan tanah dan pertumbuhan tanaman di suatu daerah dapat menjadi indikator bagi tinggi rendahnya kandungan bahan organik tanah. Menurut Stevenson (1994), bahan organik tanah adalah semua jenis senyawa organik yang terdapat di dalam tanah, termasuk serasah, fraksi bahan organik ringan, biomassa mikroorganisme, bahan organik terlarut di dalam air, dan bahan organik yang stabil atau humus. Soemarno (1993), menyatakan bahwa bahan organik tanah ialah jaringan tumbuhan dan hewan yang mengalami pelapukan dan terangkut ke lapisan lebih dalam dan selanjutnya menjadi satu dengan tanah.

Bahan organik tanah merupakan salah satu penentu kesuburan tanah karena dapat mempengaruhi sifat-sifat tanah seperti sifat fisik, kimia, maupun biologi. Secara fisik, bahan organik dapat membentuk agregat tanah yang lebih baik dan memantapkan agregat yang telah terbentuk sehingga aerasi, permeabilitas dan infiltrasi menjadi lebih baik. Secara kimia, bahan organik secara langsung merupakan sumber hara N, P, S, unsur mikro maupun unsur hara esensial lainnya. Secara tidak langsung bahan organik membantu menyediakan unsur hara N melalui fiksasi N<sub>2</sub> dengan cara menyediakan energi bakteri penambat N<sub>2</sub>, membebaskan fosfat yang difiksasi secara kimiawi maupun biologi, dan menyebabkan pengkhelatan unsur mikro sehingga tidak mudah hilang dari zona perakaran.

Peningkatan kebutuhan pangan manusia merupakan salah satu indikator praktek-praktek pengolahan lahan yang semakin intensif. Dampak sebagian besar praktek pengolahan telah mengurangi ketersediaan bahan organik dalam tanah. Kegiatan tersebut meliputi pembakaran lahan, menanam lahan dengan tanaman yang memiliki kerapatan lebih rendah dibandingkan kondisi alaminya, ataupun pemindahan sisa hasil panen keluar area pengolahan (Kongapai, 2007). Pada fase awal pembukaan lahan, kandungan bahan organik di dalam tanah tidak mengalami penurunan yang drastis. Akan tetapi, perlahan-lahan kandungan bahan organik dalam tanah semakin lama semakin berkurang karena tidak adanya pemasukan

bahan organik yang berarti dari lahan-lahan yang telah dilakukan pengolahan. Akibatnya pertumbuhan tanaman terganggu, yang tentu saja berdampak pada kualitas maupun kuantitas produksi tanaman.

Faktor lain yang mempengaruhi ketersediaan bahan organik yaitu pembentuk tanah. Miller *et al.*, (1985) menyatakan bahwa faktor-faktor yang mempengaruhi jumlah bahan organik dalam tanah adalah sifat dan jumlah bahan organik yang dikembalikan, kelembaban tanah, temperatur tanah, tingkat aerasi tanah, topografi dan sifat penyediaan hara.

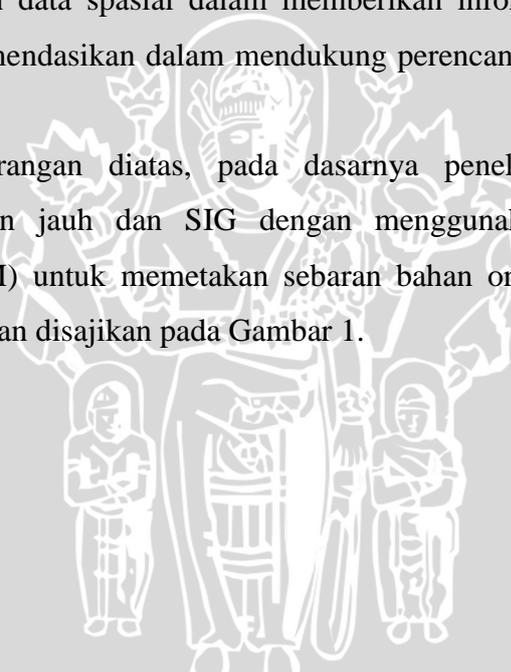
Praktek pertanian berkelanjutan akan optimal apabila potensi dan sebaran kandungan bahan organik dapat diperkirakan sebelumnya. Analisis bahan organik pada dasarnya dapat dilakukan dengan cara analisis spasial secara konvensional, yaitu dengan melakukan pengamatan langsung di lapangan. Namun cara ini menimbulkan masalah apabila kita ingin melakukan pengamatan pada area yang cukup luas. Adapun metode yang akan digunakan untuk mengestimasi sebaran kandungan bahan organik dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan teknologi penginderaan jauh dan sistem informasi geografis (SIG). Pemantauan kondisi lahan dengan cara ini diharapkan mampu menekan biaya dan waktu yang diperlukan apabila kita melakukan pengamatan langsung di lapangan.

Penginderaan jauh merupakan sebuah teknologi yang mampu mengamati permukaan tanah sebagai objek pengamatan. Pada dasarnya, tujuan utama penginderaan jauh adalah mengumpulkan data sumberdaya alam dan lingkungan. Informasi tentang obyek disampaikan ke pengamat melalui energi elektromagnetik, yang merupakan pembawa informasi dan sebagai penghubung komunikasi. Oleh karena, itu kita dapat menganggap bahwa data penginderaan jauh pada dasarnya merupakan informasi intensitas panjang gelombang yang perlu diberikan kodenya sebelum informasi tersebut dapat dipahami secara penuh (Lo, 1996). Teknologi penginderaan jauh meliputi pengukuran dan analisa pantulan radiasi gelombang elektromagnetik dari obyek dengan sistem pasif maupun aktif. Pasif dalam hal ini mengumpulkan emisi termal dari permukaan bumi (memerlukan energi), sedangkan aktif meliputi pemancaran energi dari sensor ke target kemudian dipantulkan. *Landsat Thematic Mapper (TM)* merupakan contoh penyiam yang beroperasi pada beberapa daerah panjang gelombang, dengan

detektor yang dibuat peka terhadap radiasi beberapa saluran spektral. Setiap saluran spektral memiliki panjang gelombang yang berbeda-beda. *Landsat Thematic Mapper* sendiri beroperasi pada saluran tampak, inframerah, bahkan termal dengan panjang gelombang 0,45  $\mu\text{m}$  hingga 12,50  $\mu\text{m}$ . Respon radiasi dari masing-masing spektrum gelombang elektromagnetik menunjukkan tipe atau jenis material obyek dan dikumpulkan dalam bentuk citra multispektral (Wolf, 1993).

Adanya data penginderaan jauh dalam bentuk digital memungkinkan penganalisaan dengan komputer secara kuantitatif dan konsisten. *Band* yang dipilih nantinya dapat digunakan untuk memunculkan hubungan statistik antara reflektansi spektral dan kadar bahan organik tanah untuk mendapatkan peta bahan organik tanah. Adapun sistem informasi geografis (SIG) digunakan untuk menunjang manajemen data spasial dalam memberikan informasi terbaik yang nantinya dapat direkomendasikan dalam mendukung perencanaan pertanian yang berkelanjutan.

Berdasarkan keterangan diatas, pada dasarnya penelitian ini menguji teknologi penginderaan jauh dan SIG dengan menggunakan citra *Landsat Thematic Mapper* (TM) untuk memetakan sebaran bahan organik tanah. Garis besar alur pikir penelitian disajikan pada Gambar 1.



### 1.2 Tujuan Penelitian

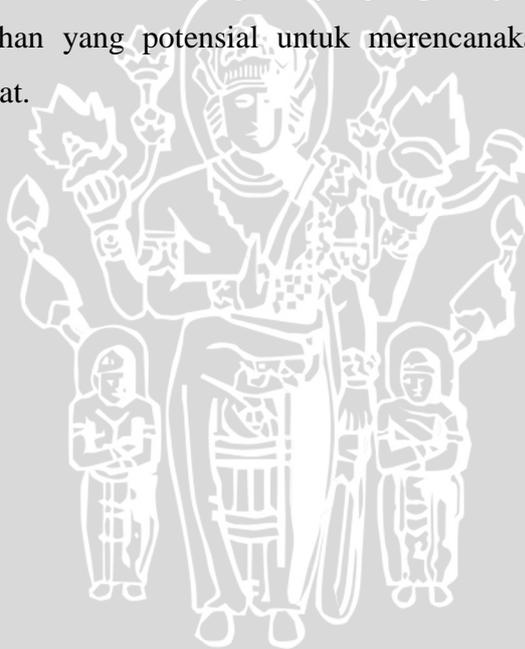
1. Menentukan model hubungan NDSI (*Normalize Difference Soil Index*), *digital number* citra landsat 7 ETM<sup>+</sup> dengan kandungan C-organik tanah.
2. Untuk mengetahui sebaran dan besarnya kandungan C-organik tanah.

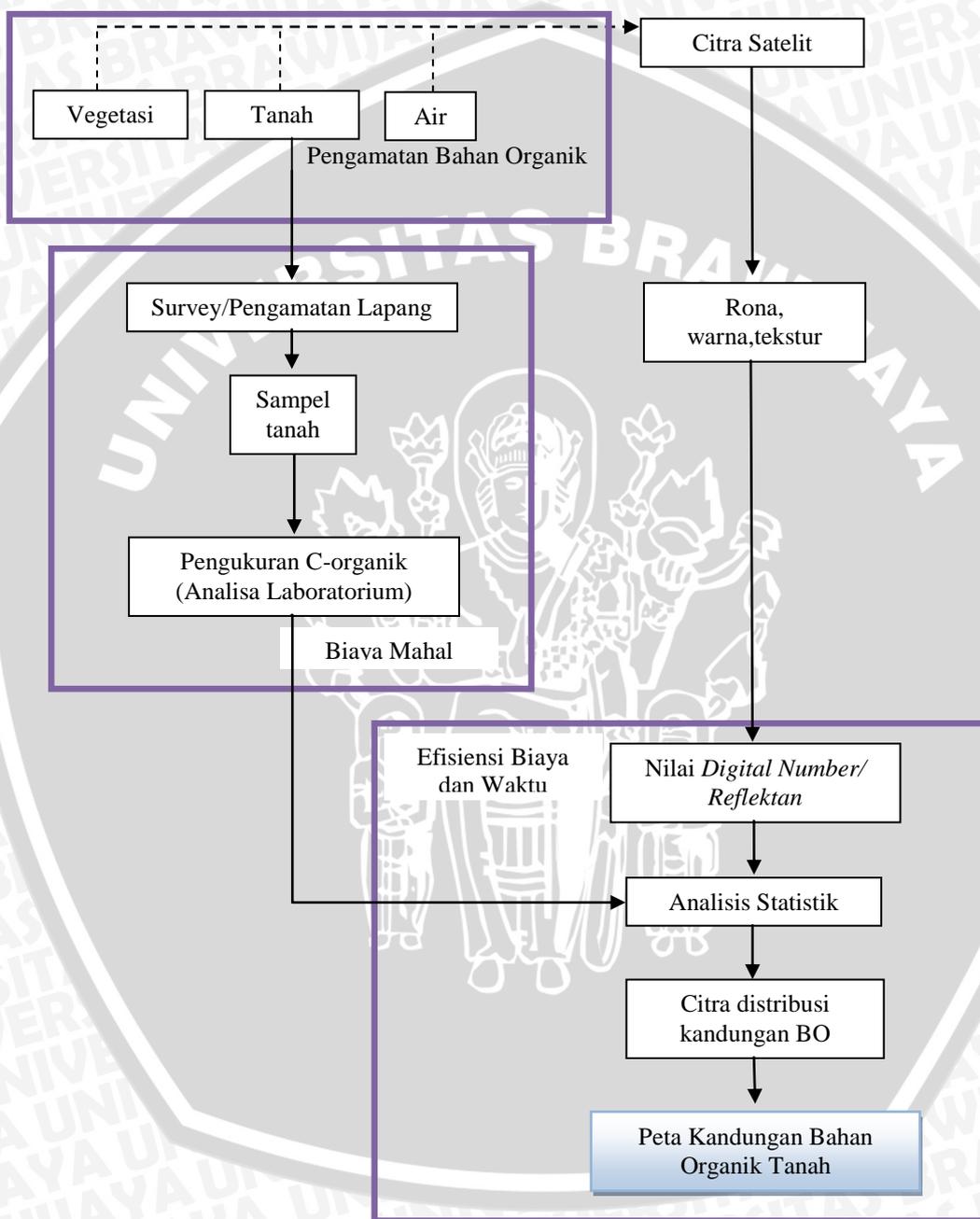
### 1.3 Hipotesis

1. Model perkiraan yang didapatkan berdasarkan nilai NDSI (*Normalize Difference Soil Index*), *digital number* citra landsat 7 ETM<sup>+</sup> dapat digunakan untuk mengestimasi kandungan dan sebaran C-organik tanah.

### 1.4 Manfaat

1. Mengetahui sebaran C-organik secara cepat dan efisien.
2. Memberikan informasi sebaran C-organik yang dapat dijadikan rekomendasi mengenai lahan-lahan yang potensial untuk merencanakan pengembangan lahan pertanian sehat.





Gambar 1. Alur penelitian

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Bahan Organik

Soemarno (1993) mengemukakan bahwa bahan organik mempunyai peranan penting dalam menentukan tingkat kualitas tanah, baik fisika, kimia, maupun biologis. Fungsi dan peranan bahan organik tanah antara lain sebagai perekat agregat tanah, mempunyai andil besar dalam menentukan kapasitas tukar kation tanah, sumber unsur hara bagi tanaman, dan terlibat dalam menentukan warna tanah. Dalam memainkan fungsinya, bahan organik sangat dipengaruhi oleh asal usulnya dan susunan kimiawinya. Mulyani (1987) menyatakan bahwa bahan organik merupakan hasil perombakan dan penyusunan oleh jasad renik tanah, senyawa penyusunnya adalah tidak jauh berbeda dengan senyawa aslinya, yang tentunya dalam hal ini ada berbagai tambahan bahan seperti glukosamin (hasil metabolisme jasad renik). Kononova (1961) menyatakan bahan organik merupakan bagian tanah yang merupakan suatu sistem kompleks dan dinamis, yang bersumber dari sisa tanaman maupun binatang yang terdapat di dalam tanah yang terus menerus mengalami perubahan bentuk karena dipengaruhi oleh faktor biologi, fisika, maupun kimia.

Sumber bahan organik tanah dapat berasal dari sisa-sisa biomassa tanaman, seperti daun-daun dan ranting pepohonan yang mati atau gugur serta berasal dari berbagai bentuk yang bersumber dari ternak (pupuk kandang) dan limbah industri pertanian. Bahan organik tanah dapat juga dengan sengaja diusahakan *in-situ* seperti penutupan tanaman leguminosa penutup tanah, penanaman tanaman leguminosa tahunan sebagai tanaman pagar pada sistem budidaya wanatani dan penanaman tanaman sebagai pupuk hijau (Anonymous, 2008).

Soepardi (1983), mengemukakan bahwa sumber asli bahan organik ialah jaringan tumbuhan. Di alam, daun, ranting, cabang, batang dan akar tumbuhan menyediakan sejumlah bahan organik setiap tahunnya. Dari tanah yang diusahakan manusia, sebagian dari tumbuhan diangkut dari tanah tetapi sebagian lainnya tertinggal dalam bentuk akar atau dedaunan yang jatuh. Bahan tersebut akan mengalami pelapukan dan terangkut ke lapisan lebih dalam dan selanjutnya menjadi satu dengan tanah. Tumbuhan golongan tinggi tidak saja merupakan

sumber utama bahan pangan bagi berbagai jasad tanah, tetapi juga bagi penambahan bahan organik yang sangat penting dalam pembentuk tanah.

Dalam sebuah ekosistem, bahan organik tersusun atas bahan organik di atas dan di bawah permukaan tanah. Distribusi bahan organik biasanya dinyatakan dalam karbon (C) organik. C-organik terbesar pada sebuah ekosistem terdapat pada tegakan yaitu 75 kg/ha, di dalam tanah sebesar 106 kg/ha dan pada permukaan tanah 17 kg/ha. (Foth, 1990). Adapun distribusi C-organik dalam sebuah ekosistem disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Jumlah dan Distribusi C-Organik (Klemedson, 1975 dalam Foth, 1990)

No.	Sumber	C-Organik	
		Kg/ha	%Total
1	Tegakan	74,680	37,7
	Tajuk pohon	43	-
	Rumput-rumputan		
2	Permukaan tanah	6,686	3,4
	Cabang, ranting	10,393	5,2
	Kayu, humus		
3	Tanah	17,00	8,6
	Akar	89,30	45,0
	Humus, dll		

Tanah yang subur apabila mengandung bahan organik tanah minimal 2,5-4%. Maka untuk mempertahankannya diperlukan masukan bahan organik minimal sebanyak 8 - 9 ton/ha. Namun, pada lahan pertanian umumnya pengembalian sisa panen ke dalam tanah hanya berkisar 2 – 5 ton/ha, sehingga tidak dapat memenuhi jumlah kebutuhan bahan organik minimum. Oleh karena itu masukan bahan organik dari sumber lain tetap diperlukan.

Menurut Handayani *et al.*, (2001), penggunaan lahan hutan memiliki kandungan bahan organik yang tertinggi dibanding penggunaan lahan yang lain yaitu sebesar 4,64%. Penggunaan lahan semak belukar memiliki kandungan bahan organik sebesar 3,18% sedangkan pada lahan-lahan pertanian memiliki kandungan

yang terendah sebesar 2,65%. Namun, hal tersebut bisa berbeda di setiap daerah bergantung jenis tanah, kondisi biofisik, dan pengelolaan lahan di daerah tersebut.

Kandungan bahan organik memiliki beberapa pengaruh terhadap sifat dan ciri tanah, diantaranya terhadap warna tanah (coklat sampai hitam), pengaruh terhadap ciri fisik tanah seperti mempercepat granulasi, menurunkan plastisitas, kohesi, dan lain-lain, serta meningkatkan kemampuan menahan air (Soepardi, 1983). Bahan organik bertindak sebagai pengikat dan juga sebagai bahan yang dapat menyerap air sehingga membantu dalam granulasi tanah terutama pada tanah-tanah yang memiliki tekstur kasar seperti tanah berpasir. Tanah yang mempunyai sifat lepas, aerasi, dan drainase baik serta mudah diolah. Namun, sebaliknya, tanah demikian tidak mempunyai kemampuan menyerap air dan hara, dan terlalu lepas serta terbuka, sehingga diperlukan penambahan bahan organik untuk mengatasinya.

## 2.2 Karakteristik Landform Vulkanik

Wiradisatra *et al.*, (1999) mengatakan bahwa vulkanisme berasal dari adanya gaya yang bersifat endogenetik di alam dan sebagai hasil dari perubahan fisik maupun kimia yang terjadi di bagian dalam bumi. Terobosan lava (*lava extrusion*) mungkin akan menghasilkan landform khas yang tidak menunjukkan hubungan sifat dengan proses gradasi, walaupun tidak akan lama kemudian akan menjadi sasaran proses gradasi ini. Kegiatan vulkanis lokal mungkin memberikan wajah khas pada lansekap atau mungkin mengganggu kemajuan proses erosi. Vulkanisme secara regional mungkin dapat mengubur lansekap yang telah ada, dan memberikan tipe yang sama sekali baru bagi agen gradasional. Lanform vulkanik merupakan lanform yang terbentuk karena aktifitas volkan/gunung berapi. Lanform ini dicirikan dengan adanya bentukan kerucut volkan, aliran lahar, lava ataupun daratan yang merupakan akumulasi bahan volkan. Lanform dari bahan volkan yang mengalami proses patahan-lipatan (sebagai proses sekunder) tidak dimasukkan dalam landform vulkanik (Marsoedi *et al.*, 1994).

## 2.3 Penginderaan Jauh

Lo (1996) mengatakan bahwa penginderaan jauh merupakan suatu teknik yang mengumpulkan informasi mengenai objek dan lingkungannya dari jarak jauh tanpa sentuhan fisik.

Teknik pengumpulan data yang digunakan adalah sensor sebagai alat penginderaan atau alat pengumpulan data. Berbagai sensor pengumpulan data dari jarak jauh umumnya dipasang pada sebuah wahana berupa pesawat terbang, balon udara, satelit atau wahana lainnya. Tujuan utama penginderaan jauh ini adalah mengumpulkan data sumberdaya alam dan lingkungan. Biasanya teknik ini menghasilkan beberapa bentuk citra yang selanjutnya diinterpretasi dan diproses untuk mendapatkan data yang berguna untuk aplikasi pertanian, arkeologi, kehutanan, geografi, geologi, perencanaan dan bidang-bidang lainnya yang terkait dengan ilmu kebumihian.

Dalam penginderaan jauh, objek yang ditangkap dari sistem penginderaan ini adalah objek yang ada dipermukaan bumi, di atmosfer dan di antariksa. Data penginderaan jauh ini dapat berupa citra satelit (*imagery*), grafik dan data numerik. Penerjemahan fenomena yang ada pada data hasil penginderaan wahana disebut dengan interpretasi data. Sementara interpretasi data yang berbasis digital dengan menggunakan komputer disebut interpretasi digital (Barret dan Curtis, 1972).

### 2.3.1 Normalize Difference Soil Index (NDSI)

NDSI (*Normalize Difference Soil Index*) adalah salah satu index dalam pengolahan citra satelit yang dipergunakan untuk menunjukkan kenampakan dari tanah. NDSI itu sendiri dapat dirumuskan:

$$\text{NDSI} = (\text{SWIR} - \text{NIR}) / (\text{SWIR} + \text{NIR}) \dots \dots \dots 1)$$

NIR merupakan sinar inframerah dekat dan SWIR merupakan sinar inframerah bergelombang pendek. Pada persamaan ini juga didapatkan nilai -1 hingga +1 dimana nilai (+) menunjukkan tanah terbuka sedangkan nilai (-) menunjukkan semakin tertutupnya tanah. Pada umumnya nilai  $\text{NDSI} \geq 0,3$  menunjukkan lahan yang tanahnya cukup terbuka hingga terbuka penuh (Anonymous, 2009).

### 2.4 Citra Landsat 7 ETM<sup>+</sup>

Citra landsat 7 ETM<sup>+</sup> merupakan generasi penerus dari citra landsat TM. Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM<sup>+</sup>), yang merupakan kelanjutan dari program Thematic Mapper (TM) yang diusung sejak Landsat-5. Saluran pada satelit ini pada dasarnya adalah sama dengan 7 saluran/*band* pada TM, namun

diperluas dengan saluran 8 yaitu Pankromatik. *Band* 8 ini merupakan saluran dengan resolusi tinggi yaitu seluas 15 meter (Rahadian, 2011).

Fabbri *et al.*, (2003) menyatakan bahwa citra ini memiliki resolusi temporal 16 hari, resolusi spektral 8 band, resolusi spasial 30 m x 30 m, mempunyai saluran pankromatik dengan resolusi spasial 15 m x 15 m, serta resolusi radiometrik 8 bit. Mengingat citra ini adalah citra multispektral, maka didalam interpretasinya perlu dipilih saluran yang paling sesuai dengan bidang kajian agar mendapatkan interpretasi yang tepat. Spesifikasi dari citra landsat 7 ETM<sup>+</sup> dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Spesifikasi Citra Landsat 7 Etm+ (Rahadian, 2011)

<b>Tanggal Peluncuran</b>	24 September 1999 at Vandenberg Air Force Base, California, USA
<b>Orbit</b>	705 +/- 5 km (at the equator) sun-synchronous
<b>Inklinasi Orbit</b>	98.2 +/- 0.15
<b>Periode Orbit</b>	98.9 minutes
<b>Ketinggian</b>	681 kilometer
<b>Resolusi pada Nadir</b>	30x30 meter (TM), 120 m x 120 m pixel (far-infrared band/band 7)
<b>Cakupan Citra</b>	185 km (115 miles)
<b>Waktu Melintas Ekuator</b>	10:30 AM solar time
<b>Waktu Lintas Ulang</b>	16 days (233 orbits)
<b>Saluran Citra</b>	Panchromatic, blue, green, red, near IR, middle IR, far IR, Thermal IR

Setiap *band* pada citra landsat 7 ETM<sup>+</sup> akan beroperasi dengan panjang gelombang yang berbeda-beda sesuai dengan kegunaannya masing-masing (lihat tabel 3). Adapun *band* / saluran dari citra landsat 7 ETM<sup>+</sup> antara lain:

1. *Band* 1, dengan panjang gelombang 0,45-0,52  $\mu\text{m}$  (*Blue*). Saluran ini memberikan peningkatan penetrasi tubuh air serta mendukung analisis penggunaan lahan, tanah, dan karakteristik vegetasi. Panjang gelombang di bawah 0,45  $\mu\text{m}$  secara substansial dipengaruhi oleh hamburan atmosfer dan

penyerapan. *Band 1* berguna untuk pemetaan air di dekat pantai, membedakan antara tanah dan tanaman, serta mengidentifikasi objek buatan manusia seperti jalan dan bangunan.

2. *Band 2*, dengan panjang gelombang 0,52-0,60  $\mu\text{m}$  (*Green*). Saluran ini sesuai dengan reflektansi hijau vegetasi sehat dan mencakup wilayah antara pita biru dan merah penyerapan klorofil. Hal ini berguna untuk membedakan antara jenis tanaman, menentukan kesehatan tanaman, dan mengidentifikasi objek buatan manusia.
3. *Band 3*, dengan panjang gelombang 0,63-0,69  $\mu\text{m}$  (*Red*). Saluran ini menyerap merah klorofil pada tumbuhan hijau yang sehat, dan merupakan salah satu *band* yang paling penting untuk diskriminasi vegetasi. Selain itu, *band 3* juga berguna untuk batas tanah dan pemetaan batas-batas formasi geologi. *Band 3* mungkin menunjukkan kontras yang lebih dari *band 1* maupun *band 2* karena pengaruh atmosfer berkurang.
4. *Band 4*, dengan panjang gelombang 0,76-0,90  $\mu\text{m}$  (*Near-Infrared*). Saluran ini sangat responsif terhadap jumlah biomassa pada vegetasi. Hal ini berguna untuk identifikasi jenis vegetasi, membedakan antara tanaman dan tanah, serta untuk melihat batas-batas tubuh air.
5. *Band 5*, dengan panjang gelombang 1,55-1,75  $\mu\text{m}$  (*Mid-Infrared*). Saluran ini sensitif terhadap peningkatan jumlah air pada tanaman dan berguna dalam studi kekeringan dan studi vigor tanaman. Selain itu, *band* ini dapat digunakan untuk membedakan antara awan, salju, dan es yang membuatnya penting dalam penelitian hidrologi, serta mampu menghilangkan pengaruh awan tipis dan asap.
6. *Band 6*, dengan panjang gelombang 10,4-12,5  $\mu\text{m}$  (*Thermal-Infrared*). Saluran ini mengukur jumlah fluks cahaya inframerah (panas) yang dipancarkan dari permukaan. *Band* ini digunakan untuk menemukan aktivitas panas bumi, pemetaan *inisia thermal*, klasifikasi vegetasi, analisis vegetasi yang *stres*, dan pengukuran kelembaban tanah.
7. *Band 7*, dengan panjang gelombang 2,08-2,35  $\mu\text{m}$  (*Mid-Infrared*). Saluran ini digunakan untuk membedakan antara formasi batuan geologi. Hal ini terutama efektif dalam mengidentifikasi alterasi hidrothermal pada batuan.

8. *Band 8*, dengan panjang gelombang 0,52-0,90  $\mu\text{m}$  (*Panchromatic*). Saluran ini digunakan untuk bergabung dengan *Band* spektral yang lain untuk menambah resolusi spasial data.

Tabel 3. Karakteristik Band Spektral Landsat 7 Etm+ (Rahadian, 2011)

<i>Sensor</i>	<i>Deskripsi</i>	<i>Panjang Gelombang (<math>\mu\text{m}</math>)</i>	<i>Resolusi</i>
<i>Band 1</i>	<i>Blue</i>	0,45 – 0,52	30 m
<i>Band 2</i>	<i>Green</i>	0,525 – 0,60	30 m
<i>Band 3</i>	<i>Red</i>	0,63 – 0,69	30 m
<i>Band 4</i>	<i>Near Infrared</i>	0,75 – 0,90	30 m
<i>Band 5</i>	<i>Shortwave IR</i>	1,55 – 1,75	30 m
<i>Band 6</i>	<i>Thermal IR</i>	10,40 – 12,50	60 m
<i>Band 7</i>	<i>Shortwave IR</i>	2,08 – 2,35	30 m
<i>Band 8</i>	<i>Panchromatic</i>	0,52 – 0,90	15 m

### 2.5 Sistem Informasi Geografi (SIG)

Sistem informasi geografi (SIG) merupakan suatu komponen yang terdiri dari perangkat keras, perangkat lunak, data geografis dan sumberdaya manusia yang bekerja sama secara efektif untuk menangkap, menyimpan, memperbaiki, memperbaharui, mengelola, memanipulasi, mengintegrasikan, menganalisa, dan menampilkan data dalam suatu informasi berbasis geografis (Puntodewo, *et.al.*, 2003). Dalam perkembangannya, sistem informasi geografi dapat menjadi suatu teknologi yang dapat diandalkan dalam menginformasikan data-data secara utuh dan lengkap dengan cakupan wilayah yang luas sekalipun.

### 2.6 Penginderaan Jauh Dalam Mengestimasi Bahan Organik Tanah

Setiap material pada permukaan bumi juga mempunyai reflektansi yang beraneka ragam. Material-material tersebut mempunyai resolusi spektral yang berbeda pada setiap *band* panjang gelombang. Bahan organik tanah merupakan salah satu material di permukaan bumi yang juga terdeteksi oleh sebuah citra satelit. Namun dalam hal ini, tidak secara langsung terlihat bahwa warna tertentu menunjukkan nilai bahan organik tanah, melainkan dihubungkan dengan kondisi tanah, ataupun jumlah tutupan di atasnya.

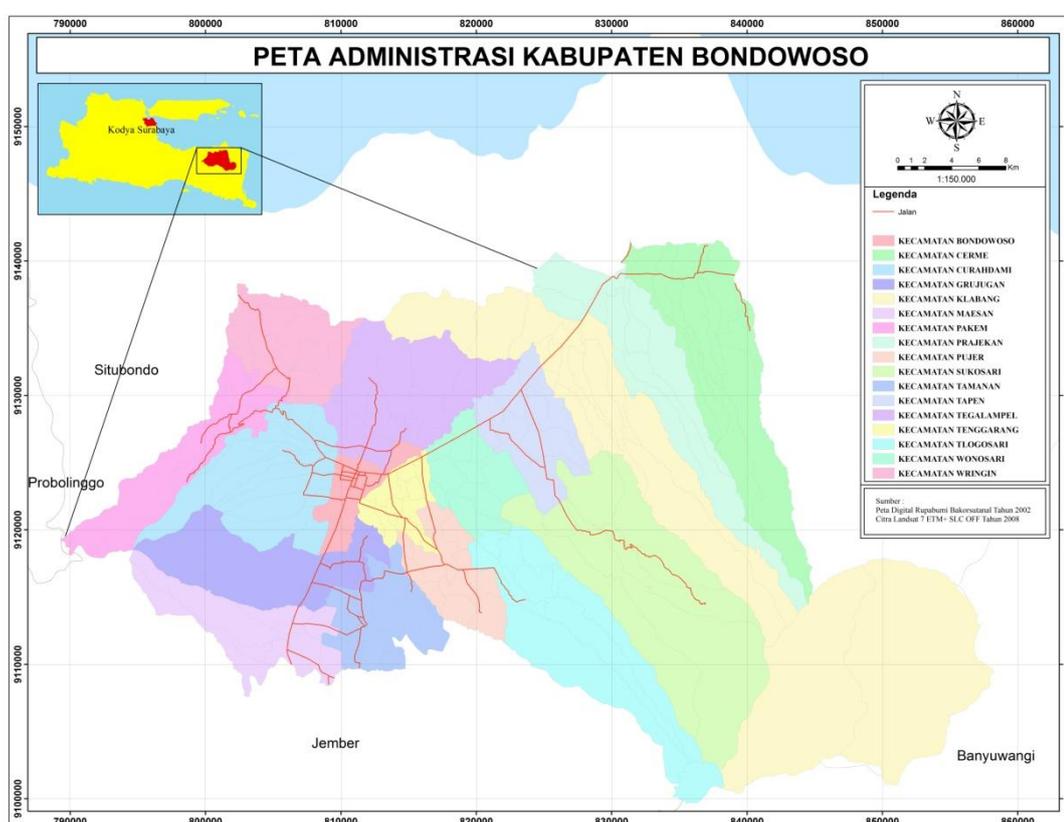
Pendugaan kandungan bahan organik tanah memanfaatkan penginderaan jauh dilakukan dengan cara mencari korelasi nilai C-organik di lapangan dengan nilai spektral dari citra satelit. Dalam penelitian sebelumnya, Sukojo dan Wahono (2002), mengemukakan bahwa terdapat hubungan antara reflektansi spektral dengan kandungan bahan organik yang ditunjukkan dengan model  $Y = -39.474 + 0.547441X_1 + 0.969264X_2 - 1.26127X_3 + 0.62799X_4 - 0.66328X_5 + 1.100529X_7$ . Hal serupa juga dilakukan oleh Kongapai (2007), yang mengemukakan bahwa terdapat hubungan antara reflektansi spektral dari *band* 1( $X_1$ ), 3( $X_3$ ), dan 4( $X_4$ ) dengan kandungan bahan organik tanah yang ditunjukkan dalam model  $Y = 3.926 + 0.0176 X_1 - 0.0117 X_3 + 0.0476 X_4$ . Model tersebut diperoleh dengan menggunakan analisa statistik dan memiliki nilai  $R^2 = 0.36$ .



### III. METODE PENELITIAN

#### 3.1. Tempat dan Waktu

Lokasi penelitian ini dilaksanakan di Kabupaten Bondowoso, Jawa Timur. Analisis sampel tanah akan dilakukan di Laboratorium Kimia Tanah. Pengolahan data spasial dilakukan di Laboratorium Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis Jurusan Tanah Universitas Brawijaya. Penelitian ini akan dilaksanakan mulai bulan November 2010 – Januari 2011.



Gambar 2. Peta Administrasi Kabupaten Bondowoso

#### 3.2. Alat dan Bahan

##### 3.2.1. Alat

Alat yang digunakan dalam melakukan penelitian ini dikelompokkan menjadi peralatan pengolahan citra dan penyusunan peta, seperti pada Tabel 4.

Tabel 4. Peralatan penelitian

Perangkat keras	Perangkat lunak
a. <i>Notebook</i> Toshiba U405D (AMD Turion X2 Mobile Processor RM70 2,0 Ghz, 3 Gb Ram)	a. PCI Geomatica 9.1
b. <i>Printer</i> HP Deskjet D2466	b. ArcGIS 9.3
	c. Minitab 14.3

Selanjutnya adalah peralatan pengumpulan data lapangan meliputi *Global Positioning System* (GPS), Garmin E-trex Vista C yang digunakan untuk menentukan koordinat titik kontrol untuk perbaikan geometri citra, ataupun koordinat dari titik pengambilan sampel tanah. Peralatan- peralatan pengambilan tanah dan analisis laboratorium seperti bor, ataupun cetok merupakan alat yang perlu dipersiapkan apabila kita akan melakukan survey lapang.

### 3.2.2. Bahan

Bahan yang diperlukan dalam penelitian ini dapat kita kelompokkan menjadi dua, meliputi :

1. Data primer, berupa Citra Satelit Landsat 7 ETM<sup>+</sup> path/row 117/66 tahun 2008 Kab Bondowoso (Hasil komposit dari tanggal 26 April, 13 Juni, dan 31 Juli), dan pengukuran kandungan bahan organik sampel tanah dengan menggunakan metode *Walkley-Black*.
2. Data Sekunder, berupa Peta RBI Bakosurtanal skala 1: 25.000 tahun 2002 Kab. Bondowoso.

### 3.3. Tahapan Penelitian

Pada umumnya penelitian ini melakukan pendekatan statistik dengan menggunakan analisis regresi berganda untuk menemukan formula estimasi kadar C-organik di daerah Kabupaten Bondowoso yang kemudian digunakan sebagai dasar untuk melakukan ekstrapolasi spasial. Dengan demikian akan diketahui kondisi aktual sebaran bahan organik tanah.

Permasalahan yang dihadapi dalam mempelajari karakteristik tanah dengan teknik penginderaan jauh adalah fakta bahwa ragam ciri spektral tanah lebih kecil dibandingkan dengan penutupnya (vegetasi). Jensen (2000) menyatakan bahwa bahan organik yang berada di tanah memiliki dampak yang jelas apabila diamati

pada tanah-tanah terbuka. Untuk mensiasatinya, maka pendugaan diarahkan pada lahan-lahan yang cukup terbuka sehingga mempunyai nilai reflektan yang didominasi oleh pengaruh tanah.

Dalam melaksanakan penelitian ini, diperlukan beberapa proses persiapan. Persiapan tersebut dilakukan untuk memperoleh data C-organik primer maupun sekunder yang nantinya menghasilkan nilai regresi sebagai sarana untuk menghasilkan peta sebaran C-organik di Kabupaten Bondowoso. Adapun persiapan-persiapan seperti meliputi koreksi geometri dan radiometri citra, pengambilan nilai *digital number*, klasifikasi citra, survey lapang dan analisis laboratorium, hingga proses analisis statistik.

### 3.3.1 Persiapan Citra Digital Landsat 7 ETM+

Masalah-masalah yang dihadapi aplikasi penginderaan jauh dalam mempersiapkan sebuah data citra yang terkoreksi adalah adanya distorsi yang menyebabkan citra tidak sesuai dengan kondisi aslinya. Untuk itu diperlukan sebuah pemulihan-pemulihan citra agar mendapatkan gambaran yang sesuai.

Sebelum citra landsat dapat dianalisis lebih lanjut, perlu dilakukan beberapa proses pengolahan citra seperti perbaikan data landsat 7 ETM<sup>+</sup> SLC OFF, koreksi radiometrik dan koreksi geometrik.

#### a. Perbaikan landsat 7 ETM<sup>+</sup> SLC OFF dengan *mosaicking*

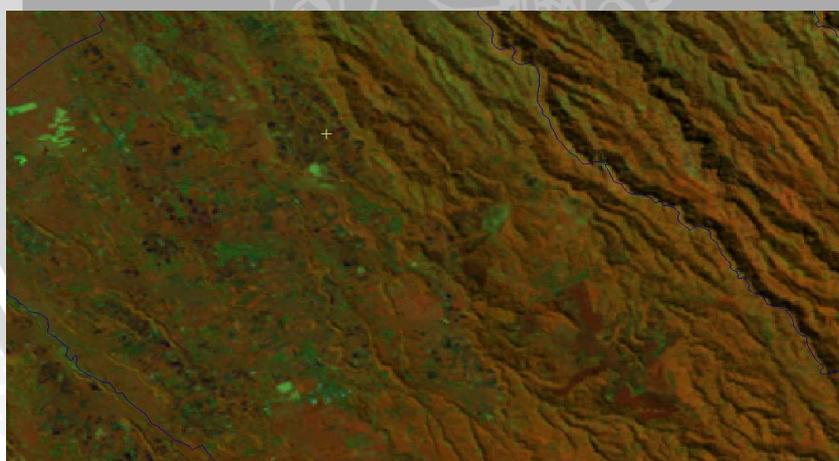
Sejak tanggal 31 Mei 2003, citra landsat mengalami kerusakan pada kanal SLC (*Scan Line Corrector*). Akibatnya, citra mengalami *strip/garis-garis* pada hasil pemotretannya. Garis yang terbentuk merupakan area yang tidak tepotret oleh citra satelit, namun dapat diperbaiki dengan menggunakan *software* Frame and fill yang direkomendasikan oleh NASA (*National Aeronautics and space Administration*). Mosaicking citra landsat yaitu proses penampalan dua atau lebih citra landsat 7 ETM<sup>+</sup> SLC OFF (Anonymous, 2010).

Proses mosaik yang ideal adalah dengan menggunakan data-data citra lain, namun masih dalam musim yang sama. Karena orbit satelit yang tidak selalu tepat melewati tempat yang sama, sangat memungkinkan sekali dari dua tanggal liputan yang berbeda terdapat *gap* (bagian yang kosong) yang berbeda pula. Mengingat Indonesia merupakan daerah tropis yang sering ditutupi oleh awan, maka perlu proses penampalan data citra lebih dari dua.

Untuk mendapatkan data citra Bondowoso tahun 2008, dilakukan pengambilan citra tanggal 26 April, 13 Juni, 31 Juli, 7 November. Dalam pemakaian metode *mosaicking*, yang diprioritaskan sebagai citra utama adalah citra dengan tutupan awan paling rendah yaitu citra pada tanggal 13 Juni. Kerusakan-kerusakan citra pada tanggal 13 Juni 2008 berupa gap (bagian yang kosong) akan ditutupi oleh citra yang lainnya (Lihat gambar 3 dan 4).



Gambar 3. Citra Landsat Sebelum Diolah



Gambar 4. Citra Landsat Setelah Proses *Mosaicking*

#### b. Koreksi Radiometrik

Atmosfer sebagai penghantar gelombang elektromagnetik mempunyai efek hamburan yang dapat mengakibatkan ketajaman atau kecerahan citra digital berbeda dari keadaan aktualnya. Oleh karena itu, untuk mensiasatnya

diperlukan koreksi radiometrik yang dapat mereduksi efek dari hamburan. Koreksi radiometrik dimaksudkan untuk melakukan penajaman citra dari gangguan atmosfer maupun pengaruh detektor satelit itu sendiri (Jensen, 1996).

### c. Koreksi Geometrik Citra

Proses koreksi geometrik citra dimaksudkan untuk memperbaiki kesalahan geometrik agar berada pada koordinat yang benar. Prosedur dalam koreksi geometrik ini menggunakan analisis titik kontrol tanah (*Ground Control Point/GCP*). GCP didapatkan dari peta rupa bumi atau dari citra lain yang sesuai dengan daerah liputan citra dan titik-titik kontrol tanah yang mudah dikenali pada citra tersebut. Kenampakan yang baik sebagai titik ikat adalah perpotongan jalan raya, batas garis pantai, sungai, dan kenampakan lainnya yang mudah dilihat. Pada koreksi ini sejumlah titik ikat diletakkan pada citra dan peta atau citra acuan secara tersebar dan merata, hal ini dilakukan agar koreksi geometrik tersebut mempunyai kualitas yang baik. Setelah itu dilakukan metode resampling *nearest neighborhood*, yaitu metode transfer atau pengalihan dengan menggunakan nilai digital *pixel* yang terdekat. Keunggulan metode ini ialah karena perhitungan sederhana dan menghindari perubahan nilai *pixel* (Lillesand & Kiefer, 2000).

#### 3.3.2 Pengambilan Nilai *Digital Number* Pada Citra Satelit

Prosedur pengambilan nilai digital number dilakukan dengan bantuan *software* ER Mapper 7.0/ PCI Geomatica 9.1. Proses ini dilakukan dengan melibatkan seluruh *band* pada citra kecuali band 6 (khusus untuk thermal).

Penentuan lokasi pengambilan sampel tanah dilakukan secara acak dengan menggunakan bantuan citra NDSI (*Normalize Difference Soil Index*). Pengacakan dilakukan pada posisi piksel yang memiliki nilai NDSI > 0, yaitu piksel dari lahan yang tanahnya cukup terbuka hingga terbuka penuh.

Pengambilan contoh tanah di lapangan dilakukan dengan bantuan GPS untuk menentukan koordinat dari titik-titik pengambilan sampel tanah, dan citra NDSI  $\geq 0$  yang telah di overlaykan dengan peta administrasi sehingga memudahkan pencarian. Persamaan yang digunakan dalam pengolahan citra ini adalah :

$$\text{NDSI} = (\text{Band 5} - \text{Band 4}) / (\text{Band 5} + \text{Band 4}) \dots \dots \dots 2)$$

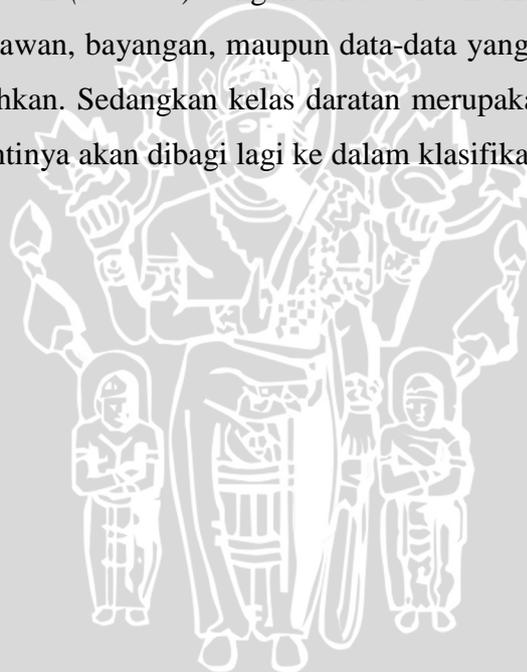
Citra NDSI memiliki nilai kisaran -1 dan 1. Dari persamaan diatas, apabila nilai NDSI mendekati -1, ini menunjukkan adanya tutupan permukaan tanah oleh

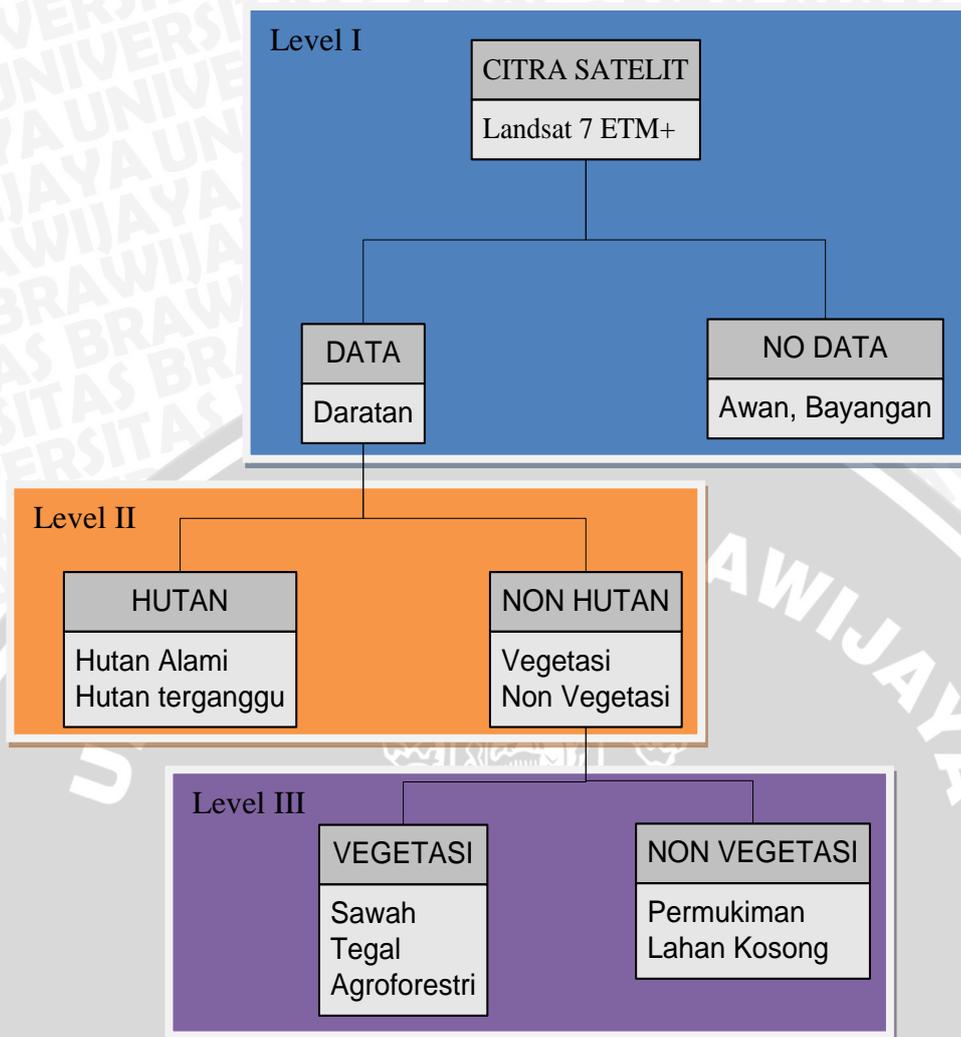
air. Semakin mendekati -1, berarti tutupan permukaan oleh air semakin tinggi. Nilai NDSI yang mendekati 0 mengindikasikan tutupan permukaan tanah oleh tumbuhan. Adapun nilai NDSI yang semakin mendekati -1, menunjukkan nilai keterbukaan tanah yang semakin tinggi (Sukojo *et al.*, 2002).

### 3.3.3 Klasifikasi Citra

Dalam melakukan klasifikasi, digunakan metode *Hierarchical Classification*. Metode ini bertujuan untuk membagi atau memisahkan kelas-kelas pada citra melalui penciri-penciri yang tampak seperti tekstur, bentuk, rona, dan sebagainya.

Dalam membuat struktur hirarki, terdapat beberapa level klasifikasi. Pada tiap level menunjukkan kelas penutupan lahan yang lebih detail (struktur hirarki ditunjukkan pada Gambar 5). Level pertama pada susunan struktur ini membedakan antara kelas bukan daratan (*no data*) dengan kelas daratan. Kelas bukan daratan antara lain terdiri dari awan, bayangan, maupun data-data yang bukan merupakan informasi yang dibutuhkan. Sedangkan kelas daratan merupakan hasil klasifikasi level pertama yang nantinya akan dibagi lagi ke dalam klasifikasi level kedua, dan seterusnya.





Gambar 5. Struktur Klasifikasi Hirarki (*Hierarchical Classification*)

### 3.3.4 Survey Lapangan

Setelah melalui rangkaian persiapan, maka dilakukan survey pada daerah yang akan diamati untuk melihat kondisi aktual lokasi penelitian. Proses kegiatan ini dibagi menjadi pengamatan lokasi penelitian, baik berupa penggunaan lahan, bentukan lahan, dan pengambilan sampel tanah dengan bantuan alat maupun bahan yang telah dipersiapkan. Adapun alat-alat yang digunakan dalam proses pelaksanaan survey meliputi

1. GPS (*Global Positioning System*) sebagai navigasi, dan penentuan titik lokasi pengambilan sampel tanah.
2. Bor untuk mengambil sampel tanah pada lapisan olah (0-20cm)
3. Kamera sebagai alat untuk mengambil gambar.
4. Peta, untuk mempermudah penentuan pengambilan sampel tanah.

Untuk mempermudah proses pengambilan sampel, peneliti akan mencoba melakukan metode transek. Mengingat sampel yang diambil adalah bahan organik tanah, maka pengambilan sampel hanya difokuskan pada tanahnya saja. Jadi apabila pada titik pengamatan yang telah ditentukan terdapat seresah, maka perlu dilakukan penghilangan seresah terlebih dahulu sebelum dilakukan pengambilan sampel.

### 3.3.5 Analisa C-Organik

Analisa kandungan C-organik dilakukan dengan menggunakan metode Walkey & Black. Metode ini dikerjakan dengan memanfaatkan sampel-sampel tanah yang di ambil di lapangan dengan perhitungan

$$\% \text{ C-Organik} = \frac{(\text{ml blanko} - \text{ml sampel}) \times 3 \times 100}{\text{ml blanko} \times 0,5} + \% \text{ KA} \dots\dots\dots 3)$$

### 3.3.6 Analisa Statistik

Analisa statistik dilakukan untuk mencari hubungan antara ciri-ciri kimia tanah, dalam hal ini adalah kandungan bahan organiknya dengan ciri-spektralnya. Karena di dalam penelitian ini diharapkan memperoleh sebaran kandungan bahan organik tanah, maka ini berarti menguji kemampuan Landsat 7 ETM+ SLC OFF untuk membedakan tanah dengan penciri kimia yang identik.

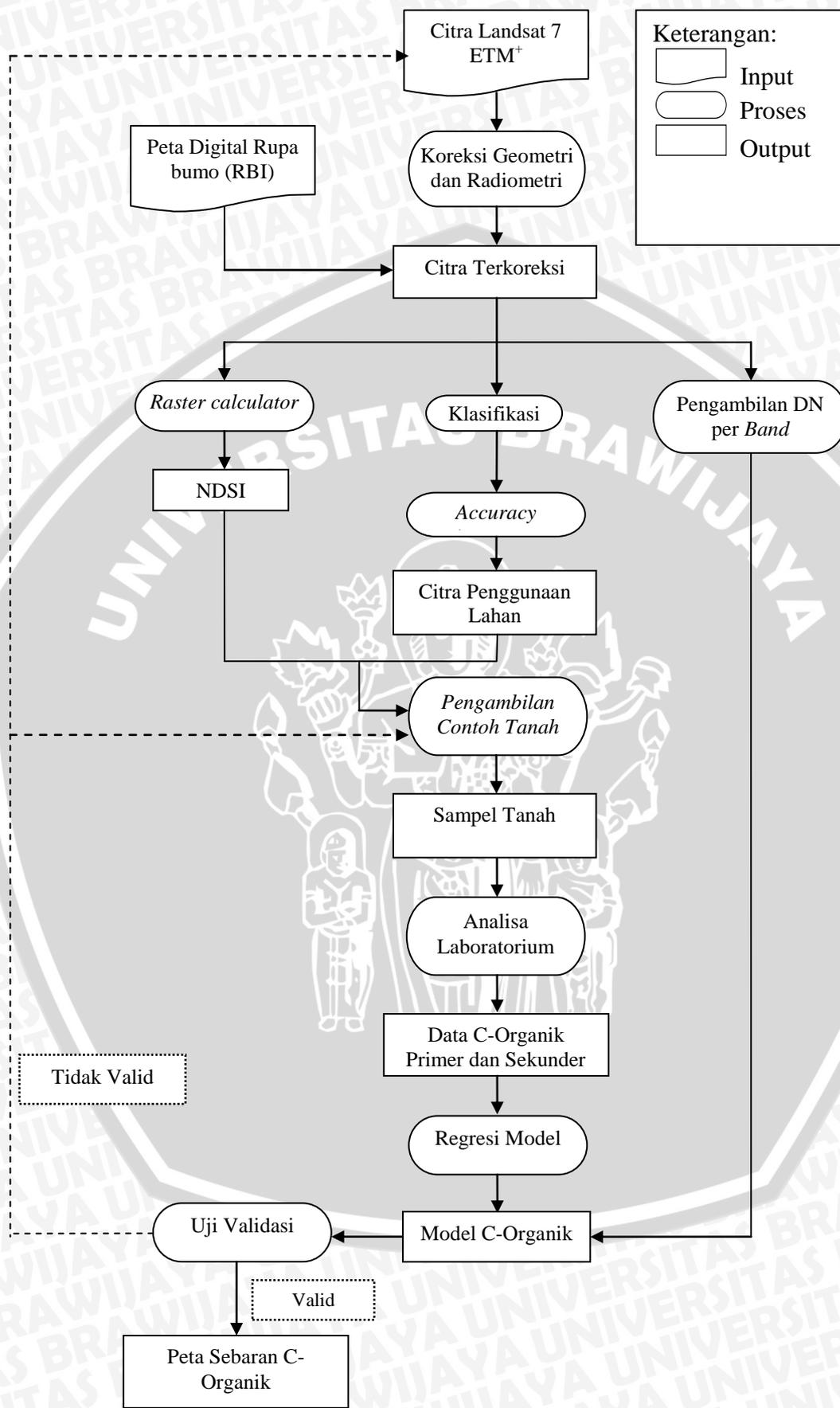
Analisis statistik dalam penelitian ini dibagi menjadi beberapa tahap,

- a) Uji Normalitas, untuk menguji pola sebaran data. Uji ini mutlak dilakukan sebelum proses perhitungan regresi, agar data yang kita dapatkan layak untuk dilakukan perhitungan regresi.
- b) Analisis regresi dengan menggunakan *full model*, untuk mendapatkan formula yang dapat dipakai untuk memprediksi sebaran C-Organik. Skenario menggunakan metode *best subset* dipertimbangkan, jika perhitungan dengan menggunakan *full model* tidak di dapatkan koefisien determinasi yang baik. Prinsip kerja metode *best subset* pada dasarnya sama dengan *full model*, hanya saja metode ini melihat hubungan nilai *digital number* setiap *bandnya* dengan data C-Organik primer.

- c) Uji T dilakukan untuk melakukan validasi antara data C-organik yang didapatkan dari lapangan, dibandingkan dengan data C-Organik perhitungan model.

Tahapan dalam penelitian ini disajikan pada gambar 6.





Gambar 6. Tahapan Penelitian

## IV. KONDISI UMUM WILAYAH

### 4.1 Lokasi

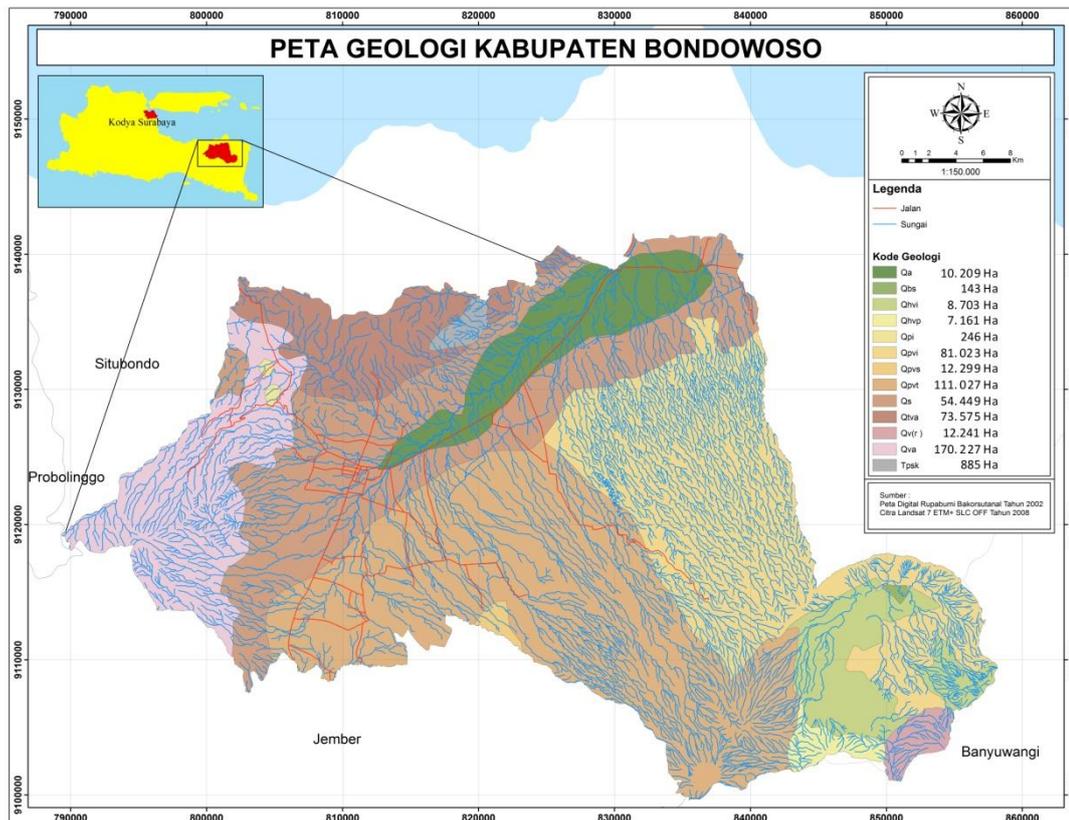
Kabupaten Bondowoso adalah salah satu kabupaten dalam lingkup Propinsi Jawa Timur yang terletak di sebelah timur Pulau Jawa. Secara geografis Kabupaten Bondowoso terletak pada koordinat antara  $113^{\circ}48'10''$  -  $113^{\circ}48'26''$  BT dan  $7^{\circ}50'10''$  -  $7^{\circ}56'41''$  LS. Dalam sistem grid UTM (*Universal Transverse Mercator*) daerah tersebut berada pada Zona 49 S. Kabupaten Bondowoso berada diantara pegunungan Kendeng Utara dengan puncaknya Gunung Raung, Gunung Ijen dan sebagainya di sebelah timur serta kaki pegunungan Hyang dengan puncak Gunung Argopuro, Gunung Krincing dan Gunung Kilap di sebelah barat. Sedangkan di sebelah utara terdapat Gunung Alas Sereh, Gunung Biser dan Gunung Bendusa. Letak Kabupaten Bondowoso tidak berada pada daerah yang strategis karena meskipun berada di tengah, Kabupaten Bondowoso tidak dilalui jalan negara yang menghubungkan antar propinsi.

Berdasarkan informasi yang dikumpulkan melalui BAPPEDA Bondowoso, Wilayah administrasi Kabupaten Bondowoso terbagi atas 23 Kecamatan, 10 Kelurahan dan 209 desa dengan luas wilayah mencapai 1.560,10 km<sup>2</sup>.

### 4.2 Geologi

Kabupaten Bondowoso memiliki 13 satuan geologi dimana sebagian besar merupakan bahan-bahan yang bersumber dari material gunung api, seperti breksi dan tuf. Di sebelah barat dan timur kabupaten ini dipengaruhi oleh lembar geologi Probolinggo (Qva) dan Banyuwangi (Qpvi). Qva merupakan batuan gunung api Argopuro yang jenis bahannya meliputi Tuf, breksi gunung api, lava, dan lahar. Qpvi merupakan batuan gunung api Ijen tua dengan jenis bahan berupa breksi gunung api, breksi batupung, tuf, dan lava basal. Di sebelah utara terdapat perbukitan dengan nama geologi Qtva dan berdekatan dengan lembar geologi Tulung Agung (Qa). Qa merupakan lembar dengan formasi Aluvium, dimana bahan-bahannya berasal dari batuan yang lebih tua, berupa batuan gunung api, andesit dan basal, batuan sedimen, pecahan koral, dan cangkang (Sidarto 1993).

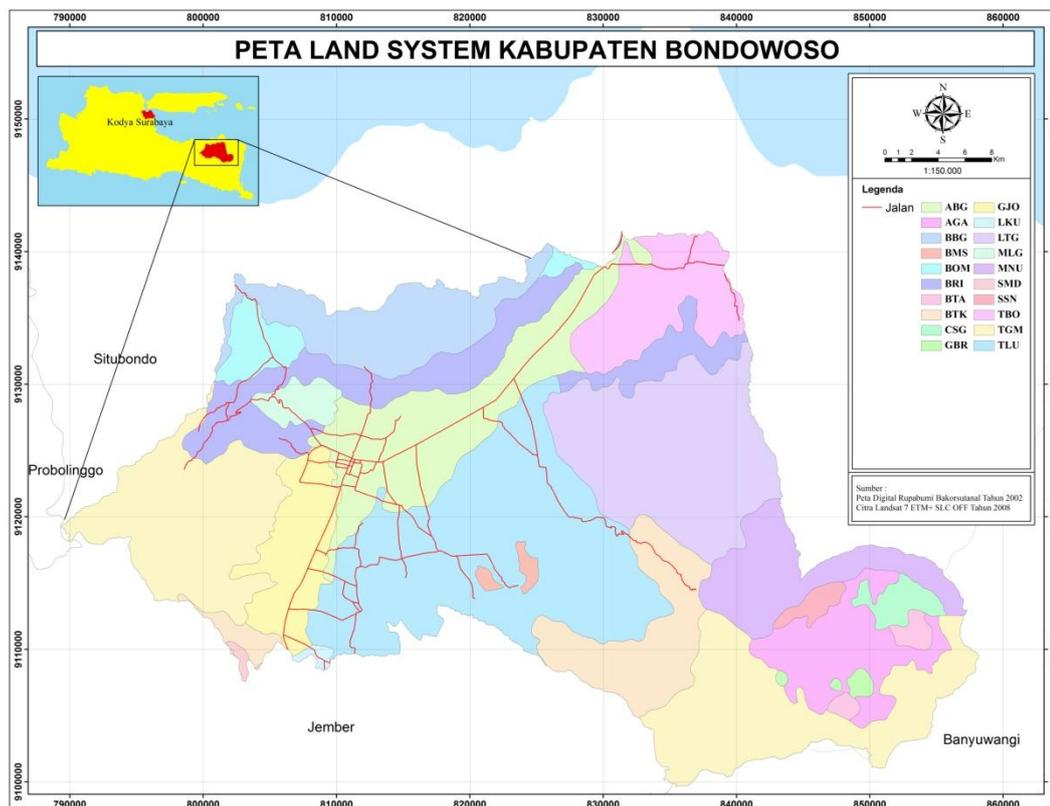
Di wilayah selatan, tengah dan barat laut wilayah Bondowoso berturut-turut merupakan geologi dengan kode Qpvt, dan Qs. Qpvt merupakan batuan gunungapi Tengger tua dengan jenis bahan berupabreksi gunungapi, tuf, lava, aglomerat, dan lahar (Suharsono, 1992). Gambaran luas dan sebaran satuan geologi di Kabupaten Bondowoso disajikan pada Gambar 7.



Gambar 7. Peta Geologi Kabupaten Bondowoso

### 4.3 Geomorfologi

Suatu bentukan bumi karena proses geologi (terutama endogen) di Kabupaten Bondowoso akan terbentuk suatu sistem lahan yang berbeda-beda sesuai dengan endogen yang mempengaruhinya. Dari proses geomorfologi di Kabupaten Bondowoso dipengaruhi oleh 2 bahan induk. Yang pertama berupa pengaruh dari bahan induk vulkanik dari dua gunung api yang berada di sebelah timur dan barat Kabupaten Bondowoso, yaitu gunung Argopuro dan pegunungan Kendeng di sebelah timur. Di sebelah utara terdapat suatu perbukitan yang dipengaruhi oleh bahan induk dari kedua gunung tersebut dan bahan-bahan aluvium dari sungai Sampeyan. Peta sistem lahan/ land system dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8. Peta Land System Kabupaten Bondowoso

Berdasarkan keterangan yang dihimpun, dapat diketahui bahwa Bondowoso memiliki sistem lahan serupa dengan kode-kode sistem lahan di daerah lain yang telah diamati. Berikut merupakan daftar sistem lahan yang terdapat di Kab. Bondowoso beserta penjelasannya yang dihimpun dari data sekunder berupa peta geologi lembar Banyuwangi, Probolinggo, Situbondo, dan Jember.

#### 4.3.1 MLG (Malang)

Landsystem ini merupakan bentukan yang berasal dari geologi Qs dan sebagian terbentuk dari geologi Qva yang termasuk ke dalam jenis bahan batuan Gunungapi Argopuro. Batuan yang umumnya terdapat adalah jenis batuan lava-andesit basal, breksi gunungapi dan tuf, dengan umur batuan termasuk kedalam kategori kuarter. *Landsystem* ini memiliki relief yang relatif berombak hingga berbukit dengan kemiringan yang beragam. Pada *landsystem* ini diambil beberapa titik observasi guna mengetahui tingkat perkembangan tanahnya. Titik observasi berjumlah 2 buah yang terletak di Desa Bendelan (Kec. Curahdami) dan Desa Tangulangin (Kec. Tegalampel).

#### 4.3.2 BOM (Bombong)

Landsystem yang sama dengan landsystem TGM, dimana bentukannya dari aliran lahar pegunungan sebelah barat Kab. Bondowoso yaitu pegunungan Argopuro yang lembar geologinya masih termasuk di dalam lembar geologi Probolinggo dan aliran lahar yang berasal dari geologi Qva. Batuan yang termasuk didaerah ini adalah batuan yang berasal dari lava andesit basal, breksi gunung api dan tuf. Landform daerah ini didominasi dengan relief yang beragam dari agak datar sampai berbukit dengan kelerengan dari agak datar sampai agak miring.

#### 4.3.3 BMS (Bukit Masung)

Landsystem ini merupakan suatu bentukan berupa punggung bukit yang curam. Geologi pada landsystem ini sama dengan landsystem TLU yaitu Qpvt. Namun perbedaannya adalah landsystem BMS merupakan bukit dengan punggung yang curam. Bentukan lahan pada lokasi ini berupa lungur vulkan yang berasal dari pegunungan kendeng. Lokasi pengamatan berupa punggung bukit yang curam sehingga pengambilan sampel tanah dilakukan di kaki bukit. Lokasi ini memiliki relief yang berbukit dengan kelerengan yang curam. Dengan penggunaan lahan sawah pada kaki bukit dan ladang pada lereng bukit tetapi sebagian masih ditanami tanaman tahunan sebagai upaya konservasi.

#### 4.3.4 TGM (Tanggamus)

Landsystem ini merupakan bentukan dari aliran lahar pegunungan sebelah barat Kab. Bondowoso yaitu gunung Argopuro. Dimana lembar geologinya masih termasuk di dalam lembar geologi Probolinggo. Aliran lahar pada daerah ini berasal dari geologi Qva. Memiliki relief yang beragam dari agak datar sampai berbukit dengan kelerengan dari agak datar sampai agak miring. Dari titik pengamatan tersebut pengamatan sudah mewakili dari landsystem TGM. Dari pengamatan yang telah dilakukan jenis tanah yang ditemukan masih dalam proses perkembangan dengan adanya batuan yang masih melapuk.

#### 4.3.5 TLU (Talamau)

Landsystem ini merupakan bentukan dari aliran lahar dari pegunungan disebelah timur Kab. Bondowoso yaitu pegunungan Kendeng. Aliran lahar pada daerah ini berasal dari geologi Qvpt. Memiliki relief yang beragam dari agak datar

sampai bebukit dengan kelerengan dari agak datar sampai agak miring. Pada landsystem ini diambil beberapa titik pengamatan untuk mengetahui tingkat perkembangan tanahnya.

#### 4.3.6 BRI (Bonto Sapiri)

Merupakan bentukan yang tersusun atas beberapa geologi yaitu Qtva, Qs, Qva, dan Qa, di mana geologi Qva termasuk dalam lembar geologi Problinggo yang batuanannya berasal dari Gunungapi Argopuro dengan umur batuan termasuk ke dalam kategori kuarter, sedang geologi Qa termasuk ke dalam lembar geologi Tulung Agung yang merupakan bahan endapan (*alluvium*) dengan umur batuan termasuk kategori kuarter. *Landsystem* ini memiliki relief yang beragam mulai dari kondisi relief yang agak datar hingga berbukit.

#### 4.3.7 GJO (Gajo)

Merupakan bentukan yang tersusun atas beberapa geologi yaitu Qs dan Qpvt. *Landsystem* ini memiliki relief yang tidak begitu beragam karena hampir seluruh wilayah observasi memiliki relief yang datar hingga agak datar. Diketahui bahwa perkembangan tanah pada beberapa titik observasi pada *landsystem* ini ada yang telah cukup berkembang dilihat dari terdapatnya akumulasi liat pada horison bawah permukaan dan ada yang masih belum berkembang karena masih terdapat adanya bahan induk yang masih melapuk pada kedalaman 30 cm dari permukaan tanah mineral.

#### 4.3.8 ABG (Asem Bagus)

Merupakan bentukan yang tersusun atas beberapa geologi yaitu Qpvt, Qs, dan Qa, di mana geologi Qa termasuk ke dalam lembar geologi Tulung Agung yang merupakan bahan endapan (*alluvium*) dengan umur batuan termasuk kategori kuarter. *Landsystem* ini memiliki relief yang tidak begitu beragam karena hampir seluruh wilayah observasi memiliki relief yang datar hingga agak datar. Diketahui dari kondisi geologi bahwa tanah-tanah pada *landsystem* ini berasal dari hasil pengendapan sehingga dominan tekstur yang ditemukan adalah lempung hingga lempung berliat yang menandakan bahwa tanah-tanah tersebut telah cukup berkembang. Seding untuk bahan induk tidak ditemukn pada seluruh titik observasi di dalam 60 cm dari permukaan tanah mineral.

#### 4.3.9 BBG (Bukit Balang)

Merupakan bentukan yang tersusun atas beberapa geologi yaitu Qtva, Qs, dan Tpsk. *Landsystem* ini memiliki relief yang beragam mulai dari kondisi relief yang agak datar hingga berbukit. Diketahui bahwa perkembangan tanah pada *landsystem* ini belum cukup berkembang karena terdapat pada salah satu titik observasi ditemukan adanya bahan induk yang baru melapuk pada kedalaman >17cm dari permukaan tanah mineral. Walaupun dapat dikatakan bahwa pada titik-titik yang lain masih memiliki kedalaman tanah yang dangkal. Jadi dapat dikatakan bahwa tanah-tanah yang terbentuk merupakan tanah yang masih cukup muda.

#### 4.3.10 TBO (Tombalo)

Merupakan bentukan yang tersusun atas beberapa geologi yaitu Qs dan Qa, di mana geologi Qa termasuk ke dalam lembar geologi Tulung Agung yang merupakan bahan endapan (*alluvium*) dengan umur batuan termasuk kategori kuarter. *Landsystem* ini memiliki relief yang tidak begitu beragam karena hampir seluruh wilayah observasi memiliki relief yang datar hingga agak datar. Perkembangan tanah pada titik-titik observasi dapat dikatakan masih belum berkembang karena masih didominasi oleh adanya bahan induk dalam  $\pm 60$ cm dari permukaan tanah mineral. Pada beberapa lahan di Desa Botolinggo ditemukan adanya lithic (batuan utuh yang memanjang) yang terdapat pada kedalaman >60cm dari permukaan tanah mineral.

#### 4.3.11 SMD (Sungai Medang)

*Landsystem* ini merupakan bentukan dari aliran lahar dari gunung Argopuro yang terletak di sebelah barat Kab. Bondowoso. Aliran lahar pada daerah ini berasal dari geologi Qs. Memiliki lereng agak curam dengan relief yang berbukit dan diambil satu titik pengamatan untuk mengetahui perkembangan tanahnya. Titik pengamatan diambil secara singkapan karena kondisi yang tidak memungkinkan diambil secara minipit maupun profil. Di lokasi ini terdapat bahan induk yang melapuk pada kedalaman lebih dari 50 cm, yang mencirikan tanah di daerah ini masih berkembang.

#### 4.3.12 LKU (Laku)

Landsystem ini merupakan bentukan dari aliran lahar dari pegunungan disebelah timur Kab. Bondowoso yaitu pegunungan Kendeng. Aliran lahar pada daerah ini berasal dari geologi Qvpt. Memiliki relief yang beragam dari agak datar sampai bebukit dengan kelerengan dari agak datar sampai agak miring. Pada landsystem ini diambil beberapa titik pengamatan untuk mengetahui tingkat perkembangan tanahnya. Pengambilan contoh tanah dilakukan secara acak dan lokasi yang diambil dapat mewakili landsystem ini sehingga dapat diperkirakan jenis tanahnya. Perkembangan tanah pada landsystem ini masih baru karena dari beberapa lokasi yang dilakukan observasi pada kedalaman 30-50 cm masih ditemukan baha induk. Namun, bahan induk tersebut sudah melapuk menjadi sebuah struktur baru tetapi masih terdapat bahan induk yang melapuk. Ini merupakan ciri bahwa pada landsystem ini tingkat perkembangan tanahnya belum lanjut. Pada lokasi pengamatan yang lain terdpat kondisi humic dimana ditunjukkan dengan warna yang gelap (value dan kroma  $\leq 3$ ) yang mencirikan kondisi yang kaya akan bahan organik atau bahkan terpengaruh oleh cuaca yang hujan.

#### 4.3.13 BTK (Barong Tongkok)

Merupakan suatu bentukan lahan yang berasal dari aliran lava basa dan berasal dari batuan gunung api ijen tua. Bentukan ini termasuk kedalam lembar Banyuwangi dengan bahan vulakn gunung api berupa breksi dan tuf. Bentukan lahan ini termasuk kedalam lereng vulkan atas dari pegunungan kendeng dengan relief bergelombang sampai bergunung dwngan kelerengan dari agak miring sampai curam. Landsystem ini sekilas mirip dengan landsystem LTG namun hal,ini berbeda karena landsystem ini didominasi oleh bahan-bahan vulkan (breksi dan tuf) yang relatif halus dengan sedikit ditemukan sutu batuan didalamnya yang kemungkinan letaknya lebih dalam karena penumpukan baha-bahan vulkan tersebut di lapisan tanah atas. Dari pengamatan jenis tanahnya didapatkan tanahnya masih berkembang dengan ditemukan bahan induk yang masih dalam proses pelapukan namun belum ditemukan lapisan penimbunan liat dan gejala redoksimofik dengan pengolahan lahan menggunakan guludan dengan penutupan

lahan berupa tembakau yang telah dipanen, alpukat dan tomat serta beberapa komoditi lainnya.

#### **4.3.14 LTG (Lantang)**

Merupakan satu bentukan lahan yang berasal dari aliran lahar gunung api Ijen Tua, yang terdiri dari bahan-bahan vulkanik seperti breksi gunung api dan tuf. Umur batuan dari periode kuartar dan masuk dalam lembar geologi Banyuwangi dengan kategori Qpvi, berada pada lereng vulkan bawah sampai lereng vulkan tengah dari pegunungan Kendeng. Memiliki relief dari agak datar sampai berbukit dengan kondisi batuan permukaan yang relatif banyak di beberapa lokasi dan beberapa lokasi terdapat batuan beku kukuh yang panjang. Memiliki kelerengan mulai dari agak datar sampai curam.

#### **4.3.15 MNU (Maninjau)**

Bentukan yang terdapat di pegunungan Kendeng berupa kaldera pegunungan yang curam. Termasuk kedalam lembar geologi Banyuwangi dengan sumber bahan dari batuan gunung api ijen tua, batuan permukaan breksi gunung api, breksi batuapung, dan tuf dengan umur batuan dari kuartar.

#### **4.3.16 SSN (Susukan)**

Sistem lahan dengan bentukan dataran vulkanik yang datar dengan relief berombak sampai bergunung. Dengan jenis bahan induk dari batuan gunung api Ijen muda. Sumber bahan induk dari berasal dari batuan gunung api lajur solo-gunung kuartar dengan jenis batuan tuf breksi gunung api dan lava basal.

#### **4.3.17 AGA (Argalingga)**

Memiliki bahan induk yang sama dengan sistem lahan SSN, tetapi sistem lahan AGA berupa aliran lava basa gunung api Ijen muda, sumber bahan induk dari berasal dari batuan gunung api lajur solo-gunung kuartar dengan jenis batuan tuf breksi gunung api dan lava basal.

#### **4.3.18 CSG (Cisigung)**

Sistem lahan dengan bentukan berupa lereng lahar dengan lereng yang curam. berasal dari bahan induk gunung api dengan dua geologi yang berbeda. Sebelah barat berasal dari lembar geologi Situbondo dan sebelah timur dari lembar geologi Banyuwangi. Dengan jenis batuan yang sama, batuan tuf breksi gunung api dan lava basal dari gunung api Ijen muda.

#### 4.3.19 BTA (Batu Ajan)

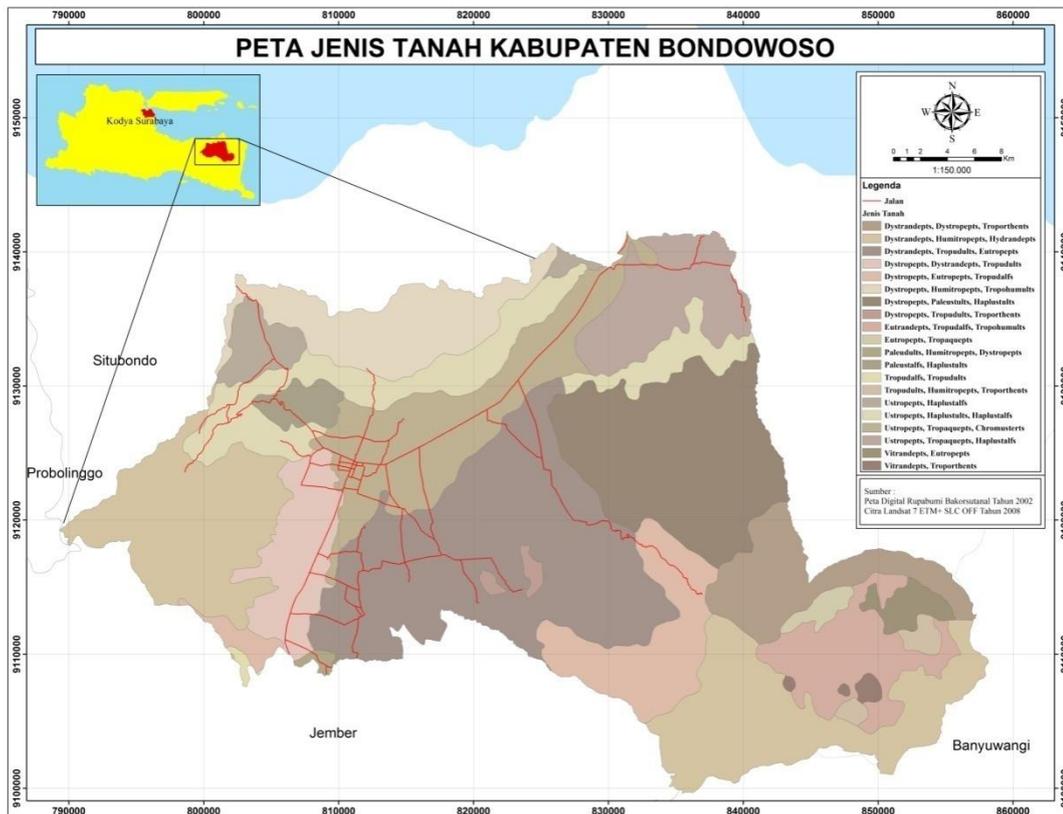
Sistem lahan dengan bentukan berupa kerucut vulkan basa dengan geologi dari lembar Banyuwangi dan lembar Situbondo. Batuan berasal dari gunung api Ijen muda yaitu tuf breksi gunung api dan lava basal dari gunung api Ijen muda.

#### 4.3.20 GBR (Gunung Batur)

Merupakan sistem lahan berupa kerucut abu gunung berapi diatas vulkanik basa dengan geologi dari lembar Situbondo dan lembar Banyuwangi. Berasal dari gunung api ijen muda yaitu tuf breksi gunung api dan lava basal dari gunung api Ijen muda.

### 4.4 Tanah

Proses pembentukan tanah di Kabupaten Bondowoso dipengaruhi oleh dua bahan induk yaitu vulkanik dan alluvium. Bahan induk vulkanik berasal dari gunung berapi yang berada di kabupaten Bondowoso, yaitu gunung Argopuro disebelah barat dan pegunungan Kendeng di sebelah timur. Sungai Sampeyan yang membelah Bondowoso menjadi dua membawa bahan-bahan alluvium (kerikil, pasir) sehingga tanah yang terbentuk dari pengaruh bahan induk ini beragam mulai dari kondisi jenuh air bahkan terdapat lapisan penimbunan liat. Bentuk topografi yang tidak sma pada setiap lokasi mempengaruhi perkembangan tanah di Kabupaten Bondowoso. Relief yang bervariasi mulai dari datar sampai bergelombang di sebelah timur dan tengah bondowoso serta bergelombang sampai bergunung di wilayah sebelah utara dan barat dari bondowoso. Peta jenis tanah Kabupaten Bondowoso dapat dilihat pada Gambar 9 di bawah ini.



Gambar 9. Peta Jenis Tanah Kabupaten Bondowoso

Dari proses pedogenesisnya, tanah di wilayah Bondowoso terdiri atas tiga jenis, yaitu ordo Inceptisol, Alfisol dan Ultisol. Tanah yang telah ditemukan memiliki ciri yang berbeda-beda. Namun dalam prosesnya, pada setiap jenis tanah yang ditemukan bahan induk di kedalaman 30-50 cm masih dalam proses pelapukan sehingga disimpulkan tanah di wilayah Bondowoso masih berkembang.

## V. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 5.1 Penggunaan Lahan Berdasarkan Citra Landsat 7 ETM+ Tahun 2008

Penggunaan lahan di daerah Kabupaten Bondowoso dikategorikan menjadi 7 penggunaan lahan yaitu, tegalan, hutan terganggu, kebun campuran, sawah, lahan kosong, semak, dan permukiman. Keadaan alam yang didukung iklim yang baik, membuat Kabupaten Bondowoso mengandalkan usaha-usaha pertanian dan perkebunan sebagai sektor unggulan. Dari informasi yang dihimpun melalui data-data sekunder maupun interpretasi citra, penggunaan lahan sejenis tegalan merupakan yang tertinggi di Kabupaten Bondowoso. Gambaran sebaran penggunaan lahan di Kabupaten Bondowoso dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Peta Penggunaan Lahan Kabupaten Bondowoso

Berdasarkan hasil klasifikasi citra Landsat tahun 2008 menggunakan metode klasifikasi hirarki, dapat diketahui bahwa luas total Kabupaten Bondowoso adalah  $\pm 155.500$  Ha. Adapun Jenis penggunaan lahan dalam klasifikasi citra dibagi

kedalam 7 jenis penggunaan lahan. Penggunaan lahan tegalan memiliki luas  $\pm 45.178$  Ha atau sekitar 29,05% dari luas total penggunaan lahan di Kabupaten Bondowoso. Besarnya penggunaan lahan tegalan kemungkinan disebabkan oleh adanya alih guna lahan dari sawah menjadi tegalan. Tanggal perekaman citra yang terjadi pada musim kering dapat dijadikan sebagai indikator kemungkinan ini. Adanya campur tangan manusia dalam ekosistem hutan, menjadi indikator penting penamaan hutan menjadi hutan terganggu. Dari hasil rekaman citra, luas daerah ini mencapai  $\pm 26.713$  Ha atau sekitar 17,18% dari luas total. Luas kebun campuran mencapai  $\pm 19.151$  Ha atau sekitar 12,32%. Penamaan kebun campuran diambil berdasarkan rona dan tekstur yang lebih jarang dibandingkan hutan terganggu. Penggunaan lahan sawah teridentifikasi mencapai  $\pm 21.986$  Ha atau sekitar 14,14%. Lahan kosong mencapai  $\pm 16.267$  Ha atau sekitar 10,46%. Sebaran lahan kosong teridentifikasi pada daerah pucuk gunung, punggung bukit, dan dataran rendah. Berdasarkan pemantauan dengan menggunakan *google earth*, daerah dataran rendah yang teridentifikasi sebagai lahan kosong kemungkinan merupakan tegalan yang baru memasuki musim tanam, atau lahan yang di berokan. Semak pada tanggal pengamatan mencapai  $\pm 14.249$  Ha atau sekitar 9,16%. Sebaran semak tertinggi pada citra dapat dilihat pada daerah sekitar pegunungan Ijen. Permukiman memiliki luas mencapai  $\pm 6.482$  Ha atau sekitar 4,17% dari luas total Kabupaten Bondowoso. Hasil klasifikasi disajikan pada Tabel 5. Secara umum, tutupan awan citra landsat 7 ETM<sup>+</sup> SLC OFF tahun 2008 relatif sedikit, ini ditunjukkan dengan tutupan awan dan bayangan masing-masing memiliki luasan  $\pm 763$  Ha atau sekitar 0,50% dan  $\pm 4.706$  Ha atau sekitar 3,03%. Hasil klasifikasi Sebaran penggunaan Kabupaten Bondowoso tersaji pada Tabel 5.

Tabel 5. Klasifikasi Citra Satelit Landsat 7 Etm+ Slc Off Tahun 2008

No	Klasifikasi	Ciri Utama	Luas (Ha)	Luas (%)
1	Tegalan	Pola teratur yang identik dengan sawah. Hanya saja tegalan memiliki kecerahan rona yang lebih tinggi, dan warna kehijauan pada <i>band</i> 452 yang mengindikasikan penutup tanah yang lebih terbuka.	45.178	29,05
2	Hutan	Termasuk katategori hutan terganggu, merujuk pada banyaknya campur tangan manusia pada ekosistem hutan, Rona relatif gelap, dengan nilai NDSI yang mendekati 0.	26.713	17,18
3	Kebun Campuran	Memiliki warna dan rona hijau yang lebih cerah dibandingkan dengan hutan apabila citra diarahkan pada penggunaan <i>false colour</i> (543), ini mengindikasikan tutupan yg lebih jarang dibandingkan hutan.	19.151	12,32
4	Sawah	Areal persawahan memiliki keteraturan pola. Kotak segi empat teratur dapat terlihat. Penggunaan saluran citra dengan <i>false colour</i> (band 452) memperlihatkan rona merah yang lebih cerah dibandingkan dengan hutan	21.986	14,14
5	Lahan Kosong	Memiliki rona yang terang keunguan apabila citra di arahkan pada saluran <i>false colour</i> (543), tesebar pada daerah perbukitan,	16.267	10,46
6	Semak	Pola dari semak kurang teratur, dimana terdapat areal yang cukup terbuka yang ditandai oleh kecerahan rona.	14.249	9,16
7	Pemukiman	Memiliki bentuk khas permukiman dengan keteraturan tertentu, dan rona warna relatif cerah.	6.482	4,17
8	Bayangan	Memiliki rona warna keabuan hingga hitam	4.706	3,03
9	Awan	Memiliki rona warna putih dan terang	763	0,50

Setelah melalui proses klasifikasi citra kabupaten Bondowoso, selanjutnya dilakukan proses *Accuracy Assessment* yang bertujuan untuk mengetahui keakuratan dari dari klasifikasi citra satelit. Proses ini dilakukan dengan membandingkan hasil klasifikasi dengan dengan kondisi aktual penggunaan lahan. Pengamatan dilakukan berdasarkan titik-titik pengamatan yang diperoleh dari hasil kegiatan penelitian evaluasi lahan untuk tanaman tembakau kerjasama antara

Universitas Brawijaya dengan BALLITAS dan *google earth*. *Accuracy Assessment* diperoleh melalui sebuah matriks klasifikasi kesalahan (*error*).

Matriks-matriks kesalahan (*error*) tersebut dibandingkan satu dengan lainnya didasarkan pada kategori per-kategori, kemudian hubungan keduanya dikenali sebagai data referensi (*ground truth*) dan koresponden menghasilkan suatu klasifikasi. Parameter-parameter tersebut yang mengindikasikan keakuratan patautupan lahan (Farida *et al.*, 2005).

Berdasarkan hasil dari *accuracy assesment* penggunaan lahan, didapatkan nilai keakuratan sebesar 75,71%. Hasil akurasi terkecil terdapat pada kelas penggunaan lahan kebun campuran sebesar 60%. Tingkat akurasi setiap penggunaan lahan secara keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 6, sedangkan untuk matriks kesalahan akurasi dapat dilihat pada Lampiran 6. Kesalahan dalam akurasi penggunaan lahan dapat disebabkan oleh banyak faktor, seperti kerusakan perekaman citra landsat, dimana sejak tahun 2003 telah mengalami *stripping*. Beberapa dari kelas penggunaan lahan juga memiliki nilai *digital number* hampir sama misalnya, lahan kosong, awan, dan permukiman. Oleh karena itu, *the man behid the gun* menjadi penting dalam mengolah sebuah data penginderaan jauh. Pemilihan *training sampel* yang *pure pixel* dapat mengurangi tingkat kesalahan dalam klasifikasi.

Tabel 6. Akurasi Setiap Penggunaan Lahan

Kelas	Akurasi (%)
Tegalan	80
Hutan terganggu	80
Kebun Campuran	60
Sawah	90
Lahan kosong	70
Semak	70
Permukiman	80

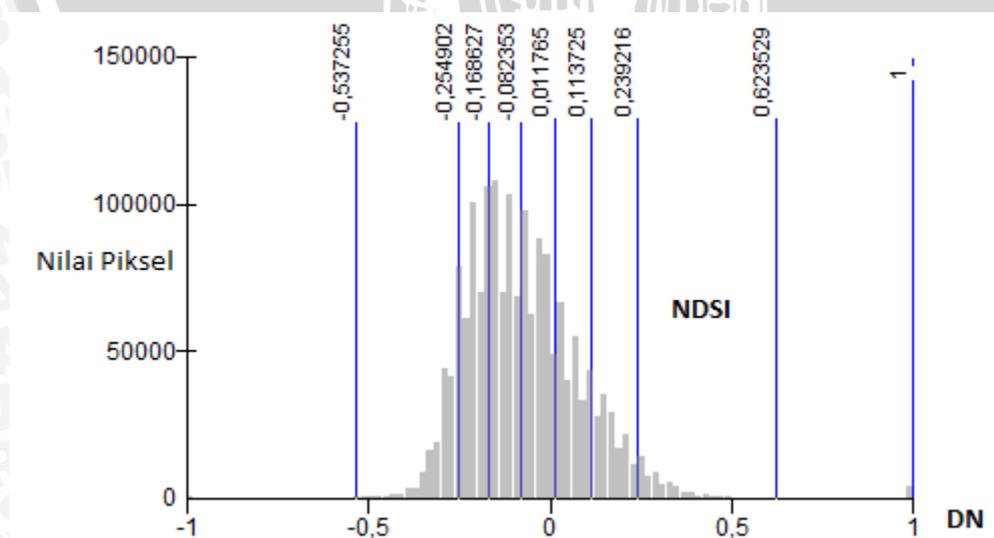
Secara umum penggunaan lahan di Kabupaten Bondowoso didominasi oleh tegalan. Kondisi lahan pada saat musim kering memungkinkan petani untuk mengalih gunakan lahannya sebagai tegalan yang tidak memerlukan pengairan

secara intensif. Sektor perekonomian yang menempatkan pertanian dan perkebunan sebagai kekuatan terpenting, menyebabkan sebagian besar tutupan lahan didominasi oleh tegalan, sawah, maupun kebun campuran.

## 5.2 Kelas Indeks Tanah (NDSI) Berdasarkan Citra Satelit Landsat 7 ETM<sup>+</sup> Tahun 2008

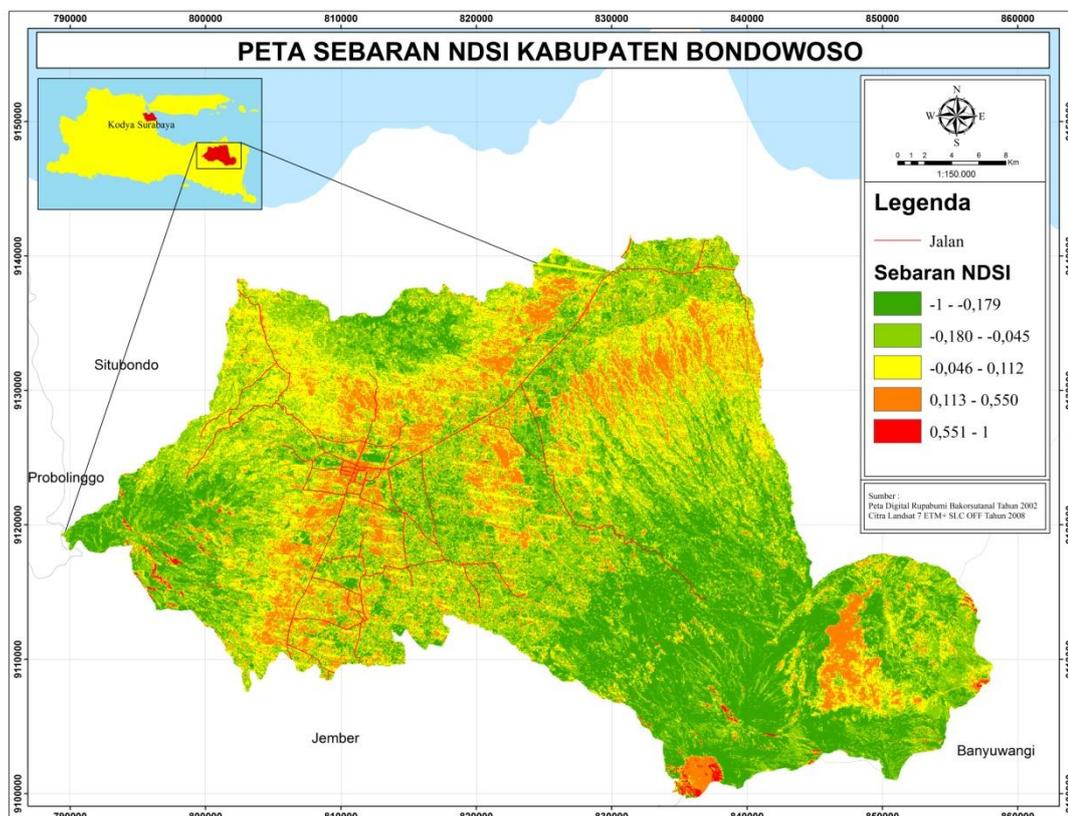
Citra NDSI (*Normalize Difference Soil Index*) merupakan nilai index tanah yang terdapat dalam pengolahan citra satelit dengan kisaran nilai antara -1 dan 1. Nilai NDSI yang mendekati -1 mengindikasikan tutupan permukaan tanah oleh air. Semakin mendekati -1, maka kedalaman air semakin tinggi. Nilai NDSI yang mendekati 0 mengindikasikan tutupan permukaan oleh tumbuhan. Nilai NDSI yang semakin besar mendekati angka 1 menunjukkan tingkat keterbukaan tanah yang semakin tinggi (Sukojo *et al.*, 2002).

Pendugaan kandungan C-Organik diarahkan pada lahan-lahan yang cukup terbuka sehingga nilai reflektannya didominasi oleh pengaruh tanah itu sendiri. Analisis NDSI dilakukan untuk meminimalisir ragam ciri spektral tutupan lahan di atasnya, karena diduga tutupan lahan oleh vegetasi mempengaruhi nilai reflektan tanah. Perhitungan menggunakan persamaan 2 yang kemudian didapatkan nilai -1 hingga +1. Sebaran nilai *digital number* hasil analisis NDSI yang dilakukan pada citra daerah Kabupaten Bondowoso, digambarkan dalam grafik pada Gambar 11.



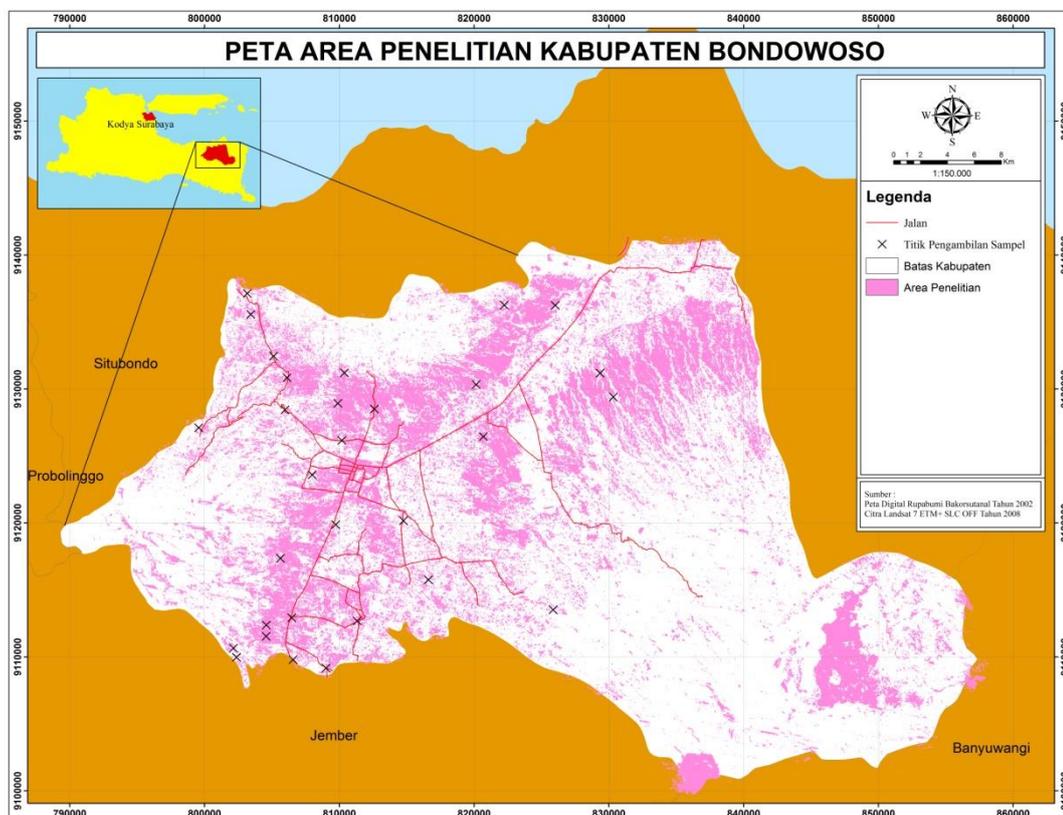
Gambar 11. Grafik Sebaran Digital Number NDSI

Gambar 11 memperlihatkan bagaimana sebaran nilai NDSI yang terpusat pada nilai 0 dan mendekati -1. Pada prinsipnya nilai NDSI yang bernilai 0 menunjukkan kerapatan vegetasi yang tertinggi. Angka mendekati -1 mengindikasikan ketinggian kandungan air daerah tersebut. Sebaran nilai NDSI yang mendekati -1 dapat dilihat mencapai 90.000 piksel. Pada daerah yang memiliki kerapatan vegetasi yang jarang hingga terbuka penuh, dapat dilihat pada nilai-nilai NDSI yang mendekati 1 dengan sebaran tertinggi mencarapai 50.000 piksel. Adapun nilai NDSI 0,00 pada citra menunjukkan sebaran *no data* pada bagian *striping* citra yang tidak tersambung dengan sempurna pada Landsat ETM<sup>+</sup> SLC OFF. Sebaran nilai NDSI di Kabupaten Bondowoso dapat kita lihat pada Gambar 12. Mengingat dalam penelitian ini pendugaan kandungan C-Organik diarahkan pada lahan-lahan yang terbuka, maka perhatian selanjutnya diarahkan pada nilai-nilai piksel yang mendekati 1. Untuk mendapatkan gambaran daerah penelitian yang memiliki nilai NDSI mendekatai 1, dilakukan seleksi terhadap piksel dengan cara *reclass* menggunakan ArcGIS 9.3.



Gambar 12. Peta Sebaran NDSI Kabupaten Bondowoso

Untuk memprediksi sebaran C-Organik di Kabupaten Bondowoso, kita tidak dapat melakukan interpretasi citra pada lahan-lahan yang tertutup rapat. Oleh karena itu pendekatan awal akan diarahkan pada lahan-lahan yang terbuka hingga terbuka penuh. Dari hasil seleksi pemilihan nilai sebaran NDSI yang mendekati 1 dan di tampilkan dengan peta penggunaan lahan, daerah yang terdeteksi sebagai lahan terbuka hingga terbuka penuh meliputi tegalan, sawah, semak, hingga Permukiman. Citra yang dihasilkan dari proses *reclass* dapat ditampilkan pada Gambar 13.



Gambar 13. Peta Area Penelitian

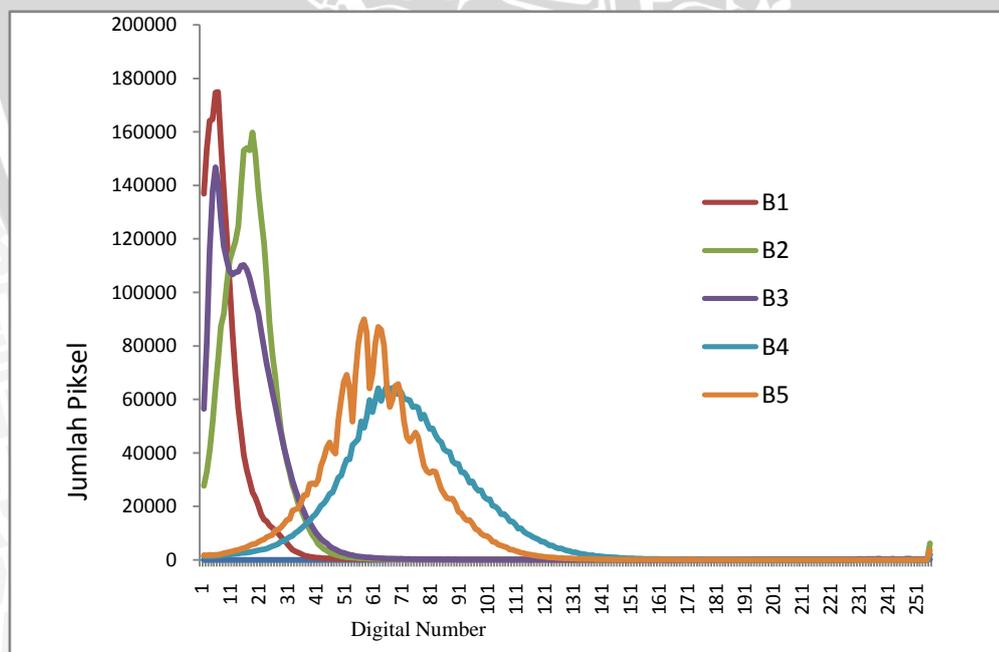
### 5.3 Digital Number Citra Satelit Landsat 7 ETM<sup>+</sup> Tahun 2008

Citra satelit landsat memiliki nilai piksel yang berbeda beda di setiap *band* yang dimilikinya. Setiap *band* atau saluran, memiliki tangkapan panjang gelombang yang berlainan sesuai dengan fungsi dan kegunaannya masing-masing. Melalui sensor citra satelit ini sendiri, didapatkan 8 *band* yang dapat dipergunakan untuk perhitungan C-organik. Akan tetapi *band* 6 dan 8 tidak dilakukan

pengolahan karena fungsinya tidak berkaitan dengan penelitian. Dari keenam *band* yang digunakan, dilakukan pengambilan nilai *digital number* untuk membentuk sebuah model perkiraan kadar C-Organik.

Pengolahan model regresi melalui minitab, menunjukkan bahwa terdapat 5 *band* yang dapat digunakan untuk membentuk persamaan model perkiraan C-Organik yaitu *band* 1, 2, 3, 4 dan *band* 5. Kelima *band* ini memiliki jumlah sebaran yang beragam. Grafik sebaran *digital number* kelima *band* dapat dilihat pada Gambar 14.

Setiap *band* yang terdapat dalam sebuah citra komposit memiliki kisaran nilai antara 0 hingga 255. Dari grafik diatas, terlihat bahwa kelima *band* memiliki sebaran telah merata pada kisaran nilai 0 hingga 100. Hal ini disebabkan karena citra telah dilakukan koreksi radiometrik. Efek hamburan atmosfer yang menyebabkan tingginya nilai *digital number* dikurangi pada saat koreksi radiometrik. Perlu diketahui bahwa sebaran tertinggi nilai *digital number* sebelum proses koreksi radiometrik diatas 100 hingga 255. Nilai terendah setiap *band* seharusnya 0. Apabila nilai lebih besar dari nol ( $>0$ ), maka dihitung sebagai bias atau offset.



Gambar 14. Grafik Sebaran Digital Number Citra Satelit Landsat 7 Etm+ Tahun 2008 di Kabupaten Bondowoso

Sebaran nilai *digital number* pada *band* 1 dimulai pada nilai 0 hingga 255 dengan dengan nilai piksel tertinggi pada nilai *digital number* 0. *Band* 2 yang memiliki nilai piksel tertinggi pada kisaran *digital number* 14 hingga 27 dengan nilai 160.000 piksel. Nilai piksel dari *band* 3 mencapai 14.000 piksel dengan sebaran *digital number* berkisar antara 6 hingga 9. Nilai piksel pada *band* 4 dan 5 memiliki sebaran yang merata pada kisaran nilai *digital number* 27 hingga 118 dengan nilai piksel mencapai 90.000 piksel.

Setiap piksel dari sebuah citra memuat informasi tentang warna, ukuran dan lokasi dari sebagian/sebuah obyek. Informasi warna pada piksel disebut angka digital (*digital number*). *Digital number* menggambarkan ukuran atau intensitas cahaya atau gelombang mikro yang ditangkap oleh sensor. Informasi lokasi didapatkan dari kolom dan lajur piksel yang dihubungkan dengan posisi geografis sebenarnya (Ekadinata *et al.*, 2008).

Dari titik-titik pengamatan sebanyak 50 sampel, dilakukan pengambilan nilai *digital number* di setiap *band* citra. Nilai *digital number* ini diharapkan memiliki keterkaitan dengan nilai C-organik lapangan.

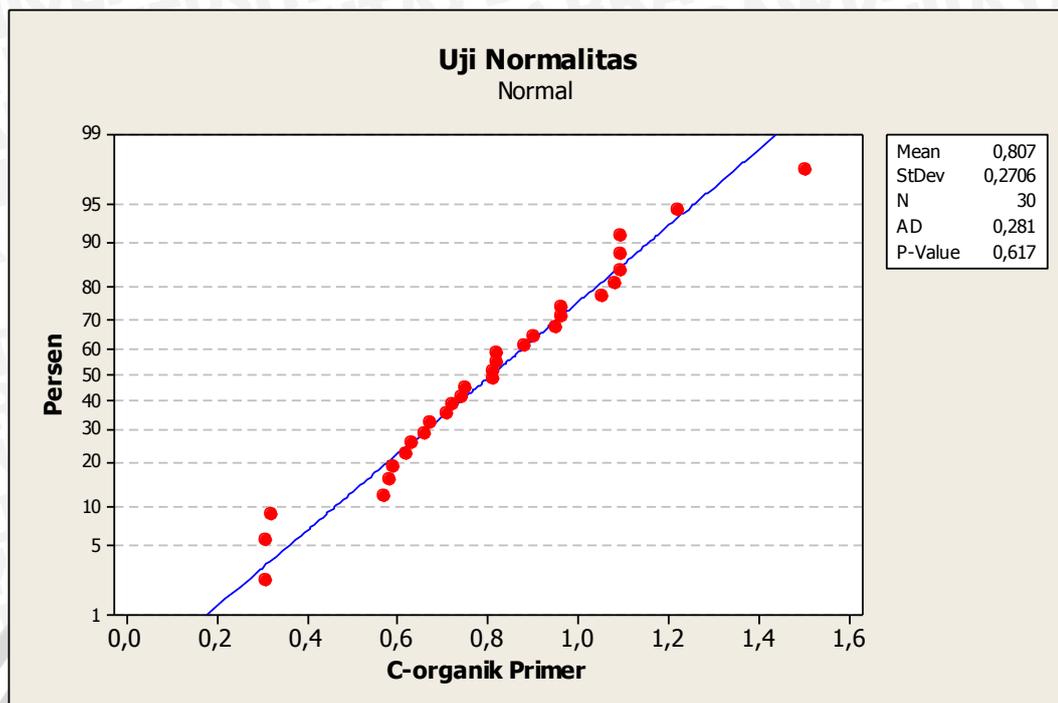
#### **5.4 Estimasi Sebaran C-Organik Menggunakan Citra Landsat 7 ETM<sup>+</sup>**

Pendugaan kadar C-organik tanah dilakukan dengan membangun model regresi linier antara nilai *digital number* pada citra satelit dengan kadar C-organik yang diperoleh di lapangan. Dari total 50 sampel, diambil sebanyak 30 sampel untuk membentuk model C-organik. Titik-titik sampel yang di ambil untuk membangun model dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7. Titik Lokasi Pengamatan Untuk Membangun Model

No	Land System	C-org Primer	Band 1	Band2	Band3	Band4	Band5
1	GJO	0,95	6	17	19	60	71
2	GJO	0,72	8	22	28	51	61
3	BTK	0,82	5	20	20	55	57
4	GJO	0,96	7	19	19	56	62
5	TLU	0,81	10	20	23	32	44
6	TLU	1,5	12	25	26	68	58
7	TLU	1,09	16	27	34	46	56
8	GJO	1,09	7	14	17	58	63
9	MLG	0,31	5	14	16	44	55
10	TGM	1,22	5	19	19	74	69
11	BRI	0,58	8	20	29	45	63
12	BOM	0,88	4	13	15	60	58
13	BOM	1,09	5	16	17	64	59
14	BBG	0,75	6	19	22	55	65
15	BRI	0,96	6	21	24	55	58
16	BRI	0,67	14	26	33	49	78
17	MLG	0,59	10	21	26	45	67
18	ABG	0,74	6	17	25	37	46
19	ABG	0,63	13	27	33	56	75
20	TLU	1,08	7	17	17	60	58
21	BBG	0,9	13	30	25	92	84
22	BRI	0,32	12	23	29	68	96
23	TBO	0,71	17	31	41	56	84
24	LTG	0,66	13	21	21	57	71
25	SMD	0,82	8	23	28	60	58
26	LKU	0,57	12	24	24	50	57
27	GJO	0,81	20	37	38	75	99
28	BRI	0,62	12	25	22	69	76
29	GJO	0,31	14	30	36	55	65
30	GJO	1,05	12	26	34	53	65

Sebelum membentuk permodelan, terlebih dahulu dilakukan uji asumsi normalitas. Uji asumsi normalitas perlu dilakukan untuk melihat nilai rata-rata residual bernilai nol tersebar dengan keragaman tertentu. Dari hasil uji asumsi normalitas, didapatkan kesimpulan bahwa data hasil pengamatan mengikuti pola sebaran normal. Hal ini ditunjukkan dengan nilai P-value sebesar  $0,617 > \alpha = 0,05$  (gambar 15).



Gambar 15. Grafik Uji Normalitas

Setelah proses uji normalitas mendapatkan pola sebaran yang baik, analisis regresi dapat dilakukan untuk menentukan model persamaan sebaran C-organik tanah daerah pengamatan. Dengan menggunakan software yang sama, analisis regresi dilakukan melalui 2 tahapan yaitu analisis dengan menggunakan *full model*, dan metode regresi *best subset*. Pada prinsipnya, analisis dengan menggunakan *best subset* dapat diabaikan jika keseluruhan variabel bebas memiliki pengaruh dalam pembentukan model regresi.

Dengan menggunakan *full model*, dimana semua variabel prediktor diikutkan dalam proses regresi, ternyata masih terdapat variabel bebas yang tidak berpengaruh dalam pembentukan model regresi. Untuk itu, diperlukan model terbaik untuk melihat keterkaitan nilai *digital number* setiap *band* terhadap data C-organik tanah. Metode yang digunakan untuk pemilihan model terbaik adalah dengan menggunakan metode regresi *best subset*.

Dari analisis regresi dengan menggunakan metode *best subset*, diperoleh keterkaitan nilai *digital number* terhadap C-organik yang sangat tinggi pada *band* 1, 2, 3, 4, dan 5, dengan  $R\text{-Sq}(\text{adj}) = 37,4$ . Setelah diperoleh hasil regresi, dilakukan pengujian koefisien regresi terhadap model. Melalui proses tersebut, didapatkan model persamaan regresi:

$$Y = 0,766 + 0,0402 X_1 - 0,0501 X_2 + 0,0264 X_3 + 0,0279 X_4 - 0,0227 X_5 \dots\dots 3)$$

Persamaan diatas memiliki koefisien determinasi  $R^2 = 0,48$  yang menunjukkan bahwa sebesar 48% dari nilai C-organik perkiraan dipengaruhi oleh *band* 1, 2, 3, 4, dan 5. Persamaan diatas menunjukkan bahwa setiap peningkatan nilai  $X_1$  (*band* 1) sebesar 1 satuan akan memberikan pengaruh positif pada kandungan C-Organik (Y) sebesar 0.0402% yang berarti semakin tinggi pantulan spektral pada *band* 1 (0,45-0,52  $\mu\text{m}$ ) yang ditunjukkan dengan warna semakin gelap, maka terjadi peningkatan C-organik. Sebaliknya, peningkatan nilai  $X_2$  (*band* 2) sebesar 1 satuan akan memberikan dampak pada penurunan nilai kandungan C-Organik sebesar 0.0501% yang berarti semakin tinggi pantulan spektral pada *band* 2 (0,63-0,60  $\mu\text{m}$ ) yang ditunjukkan dengan warna semakin gelap, maka terjadi penurunan nilai C-organik. Sama halnya dengan *band* 1, peningkatan nilai  $X_3$  (*band* 3) dan  $X_4$  (*band* 4) sebesar satu satuan akan memberikan dampak peningkatan kadar C-Organik masing-masing sebesar 0.0264% dan 0.0279%. Sedangkan peningkatan nilai  $X_5$  sebesar 1 satuan akan memberikan dampak penurunan kadar C-Organik sebesar 0.0227%.

Pada prinsipnya, pencarian model estimasi kadar C-Organik di kabupaten Bondowoso memiliki prosedur yang hampir sama dengan penelitian-penelitian sebelumnya. Hanya saja pada setiap penelitian memiliki keragaman dalam memperoleh *band-band* yang berpengaruh terhadap nilai C-Organik. Hal ini dapat dilihat pada penelitian yang dilakukan oleh Sukojo *et al.*, (2002), yang mengemukakan bahwa terdapat hubungan reflektansi spektral dari *band* 1( $X_1$ ), 2( $X_2$ ), 3( $X_3$ ), 4( $X_4$ ), 5( $X_5$ ), dan 7( $X_7$ ) dengan kandungan C-Organik tanah yang ditunjukkan dengan model  $Y = -39.474 + 0.547441X_1 + 0.969264X_2 - 1.26127X_3 + 0.62799X_4 - 0.66328X_5 + 1.100529X_7$ . Berbeda dengan penelitian yang dilakukan oleh Sukojo, Kongapai (2007) menyimpulkan bahwa hanya 3 *band* yang memiliki reflektansi spektral berkaitan dengan kandungan C-Organik tanah. Keterkaitan ini dapat kita lihat dari model yang diperoleh, dimana  $Y = 3,926 + 0,0176 X_1 - 0,0117 X_3 + 0,0476 X_4$ .

### 5.5 Validasi Model

Validasi model dilakukan untuk mengetahui apakah model tersebut dapat digunakan untuk mengestimasi kadar C-Organik. Validasi dilakukan dengan metode uji T-Berpasangan untuk membandingkan nilai C-Organik model dengan data C-Organik Sekunder yang diambil di beberapa titik berdasarkan kelas penggunaan lahan. C-Organik model didapatkan dengan cara memasukkan hasil formula analisis regresi. Nilai *digital number* dari data primer dimasukkan ke dalam model untuk menentukan C-Organik di titik pengamatan primer. Kemudian hasilnya dibandingkan dengan nilai C-organik hasil analisis laboratorium dari pengambilan sampel tanah di lapang. Hasil perhitungan uji T-Berpasangan dapat dilihat pada Tabel 8.

Berdasarkan hasil analisis laboratorium yang didapatkan dari data sekunder BALITAS, didapatkan kadar C-Organik tanah yang diperlukan dalam penelitian. Kadar C-organik tanah perlu diketahui untuk mengetahui seberapa besar kandungan bahan organik tanah. Selain itu, C-organik juga sangat berpengaruh terhadap sifat kimia, fisika dan biologi tanah. Untuk mendapatkan kondisi suatu tanah yang optimal bagi pertumbuhan tanaman, diperlukan adanya C-organik di lapisan atas paling sedikit 2%.

Tabel 8. Titik Sampel Pengamatan Sebagai Validasi

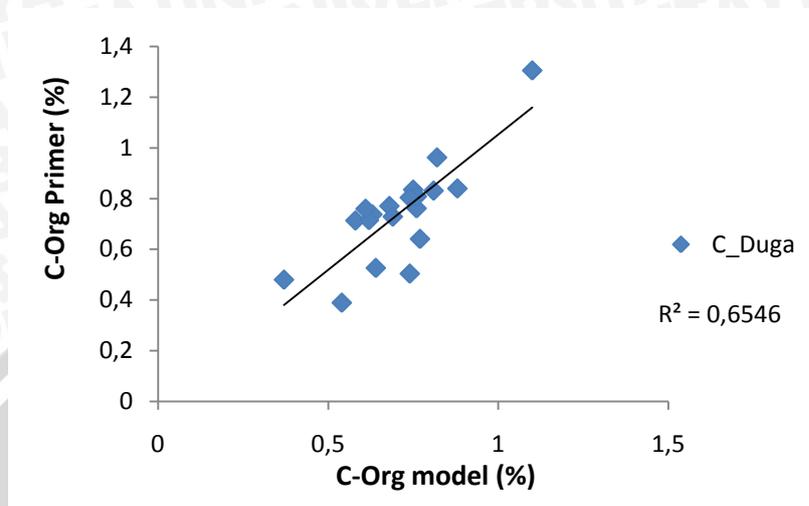
Titik	Kandungan C-Organik	
	C_Organik Sekunder (%)	C_Model (%)
1	0,74	0,50
2	0,37	0,48
3	0,58	0,71
4	0,75	0,83
5	0,81	0,83
6	0,76	0,81
7	0,76	0,76
8	0,76	0,81
9	0,64	0,52
10	0,77	0,64
11	1,10	1,30
12	0,74	0,80
13	0,68	0,77
14	0,63	0,74
15	0,62	0,71
16	0,69	0,73
17	0,61	0,76
18	0,88	0,84
19	0,82	0,96
20	0,54	0,39

Tabel 9. Hasil Perhitungan Uji T-Berpasangan

	N	Rata-Rata	Standar deviasi	Simpangan baku rata-rata
<b>C-Organik Primer</b>	20	0,71	0,15	0,03
<b>C-organik Model</b>	20	0,74	0,19	0,04
<b>Difference</b>	20	-0,03	0,11	0,02
<b>P-Value = 0,21    <math>\alpha = 0,05</math></b>				

Berdasarkan pengujian sampel C-Organik, didapatkan bahwa tidak terdapat beda nyata antara C-Organik Primer dan C-Organik model. Hal ini ditunjukkan dengan nilai P-value sebesar  $0,21 > \alpha = 0,05$ . Dari pengolahan regresi dalam bentuk grafik, dapat kita lihat bahwa nilai  $R^2 = 0,65$  yang menunjukkan bahwa 65 % dari C-Organik model dipengaruhi oleh C-Organik primer. Grafik regresi perbandingan antara data primer dan nilai hasil model estimasi ditunjukkan pada Gambar 16.

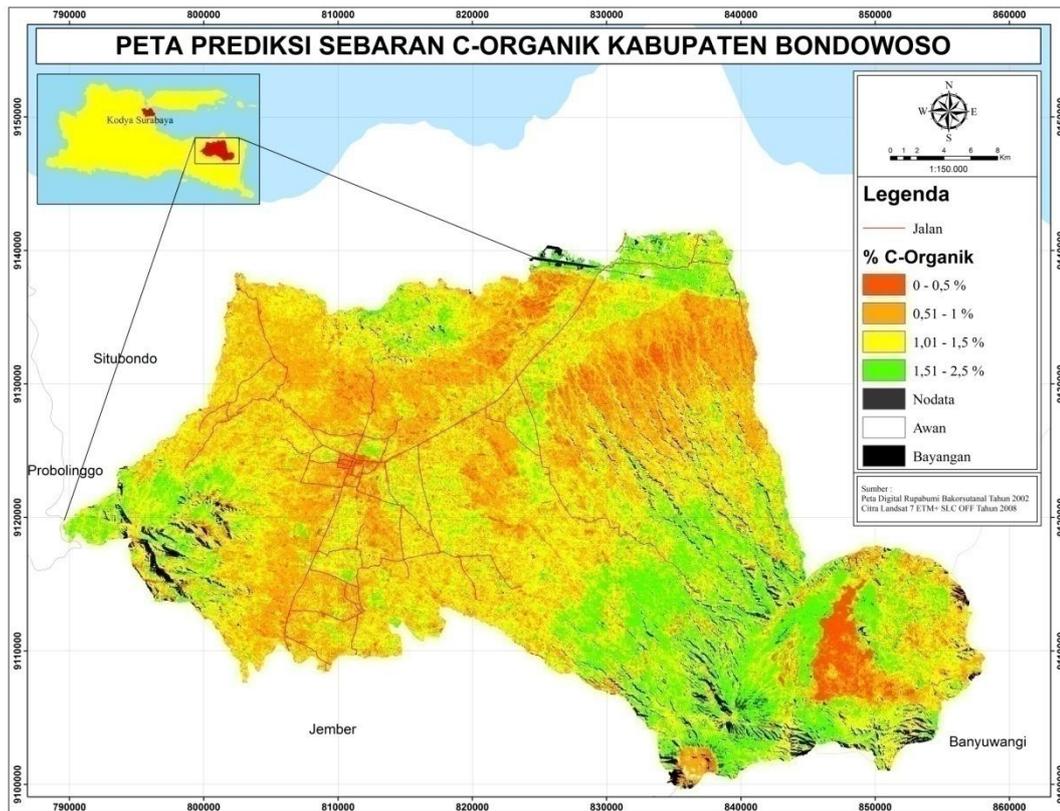
Dari hasil tersebut, rata-rata kedua sampel adalah sama. Dengan kata lain, C-Organik pada model mendekati nilai C-organik hasil pengamatan lapangan.



Gambar 16. Grafik Regresi Linier C-Organik Model Dengan Primer

### 5.6 Estimasi Sebaran C-Organik Menggunakan Citra Landsat 7 ETM<sup>+</sup>

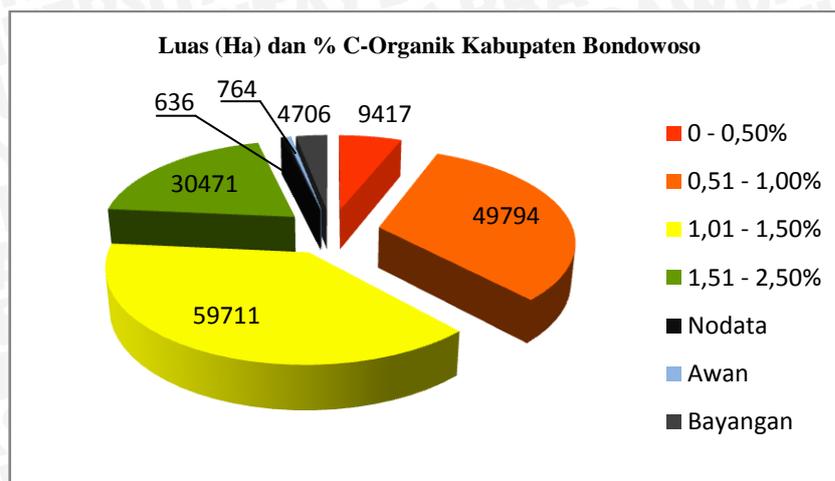
Dari persamaan diatas, maka dilakukan analisa sebaran C-Organik pada citra satelit Landsat ETM<sup>+</sup> di Kabupaten Bondowoso. Analisa menunjukkan bahwa 73% dari luas Kabupaten Bondowoso dapat teridentifikasi C-Organiknya oleh citra. Sementara sisanya merupakan teridentifikasi berupa awan, bayangan, maupun *Striping* yang diakibatkan oleh kerusakan citra Landsat 7 ETM<sup>+</sup> SLC OFF. Peta sebaran C-Organik Kabupaten bondowoso dapat dilihat pada Gambar 17.



Gambar 17. Peta Prediksi Sebaran C-Organik

Menurut Foth (1990), tanah yang subur apabila mengandung bahan organik tanah minimal 2,5-4%. Kriteria C-organik menurut LPT (1983), di bagi kedalam 5 kelas yaitu sangat rendah (<1%), rendah (1% - 2%), sedang (2,01% - 3%), tinggi (3,01% - 5%), dan sangat tinggi (>5%).

Dari hasil pengamatan didapatkan kandungan C-organik sangat rendah (0.2-1.0 %) dijumpai pada sebagian besar wilayah, sisanya memiliki kandungan C-organik dengan kategori rendah. Kandungan sangat rendah umumnya dijumpai pada sebagian besar lahan sawah, sedang yang kandungan bahan organiknya rendah dijumpai pada lahan kering (tegal). Dari hasil tersebut, dapat diketahui bahwa kandungan C-organik di Kabupaten Bondowoso digolongkan pada kriteria antara sangat rendah hingga rendah. Luas sebaran prediksi C-organik di Kabupaten Bondowoso dapat dilihat pada Gambar 18.



Gambar 18. Grafik Luas Sebaran Prediksi C-Organik

Berdasarkan gambar diatas, dapat diketahui sebaran C-Organik dengan kandungan diatas 1,50% seluas 30.471 Ha. Umumnya area yang terdeteksi merupakan daerah dengan tutupan lahan yang lebih tinggi seperti hutan terganggu. Kandungan C-organik dengan kisaran 1,01% - 1,50% dapat kita lihat tersebar seluas 59.711 Ha.

### 5.7 Manfaat Peta Sebaran C-Organik Bagi Kepentingan Pertanian

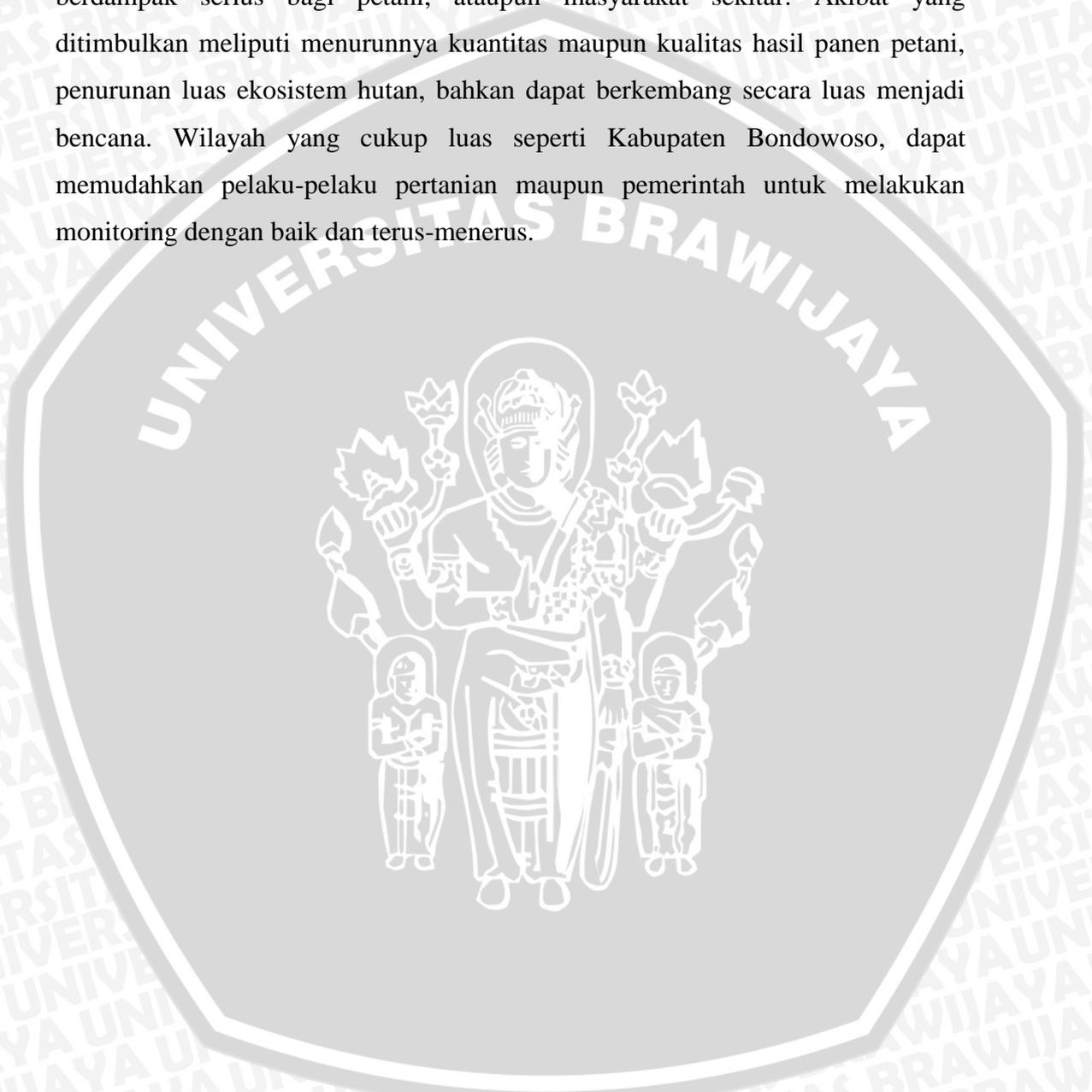
Bahan organik tanah merupakan senyawa organik di dalam tanah yang berasal dari jaringan tumbuhan maupun hewan yang mengalami pelapukan dan terangkut ke lapisan lebih dalam, selanjutnya menyatu dengan tanah. Maraknya kegiatan pembukaan lahan besar-besaran yang tidak memikirkan aspek lingkungan, memicu terjadinya degradasi lahan-lahan pertanian.

Kegiatan tersebut meliputi pembakaran lahan, menanam lahan dengan tanaman yang memiliki kerapatan lebih rendah dibandingkan kondisi alaminya, ataupun pemindahan sisa hasil panen keluar area pengolahan (Kongapai, 2007). Pada fase awal pembukaan lahan, kandungan bahan organik di dalam tanah tidak mengalami penurunan yang drastis. Namun perlahan-lahan kandungan bahan organik dalam tanah semakin lama semakin berkurang karena tidak adanya pemasukan bahan organik yang berarti dari lahan-lahan yang telah dilakukan pengolahan.

Praktek pertanian yang sehat akan optimal diterapkan apabila potensi dan sebaran kandungan bahan organik dapat diperkirakan sebelumnya. Estimasi citra

satelit dengan *output* berupa peta sebaran C-organik memaparkan hasil penelitian yang mampu mengkalkulasi kandungan maupun sebaran bahan organik di Bondowoso maupun tempat-tempat lainnya.

Indikator-indikator yang dipaparkan diatas apabila tidak diperhatikan, akan berdampak serius bagi petani, ataupun masyarakat sekitar. Akibat yang ditimbulkan meliputi menurunnya kuantitas maupun kualitas hasil panen petani, penurunan luas ekosistem hutan, bahkan dapat berkembang secara luas menjadi bencana. Wilayah yang cukup luas seperti Kabupaten Bondowoso, dapat memudahkan pelaku-pelaku pertanian maupun pemerintah untuk melakukan monitoring dengan baik dan terus-menerus.



## VI. KESIMPULAN DAN SARAN

### 6.1 Kesimpulan

1. Dari uji regresi yang dilakukan, diperoleh model persamaan regresi pendugaan kadar C-organik di Kabupaten Bondowoso  $Y = 0,766 + 0,0402 \text{ Band1} - 0,0501 \text{ Band2} + 0,0264 \text{ Band3} + 0,0279 \text{ Band4} - 0,0227 \text{ Band5}$ . persamaan tersebut memiliki nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) = 0,48.
2. Dari hasil uji validasi C-organik model dengan C-organik primer, hasil menunjukkan nilai P-value sebesar  $0,21 > \alpha = 0,05$  dengan koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,65. Dengan kata lain, C-Organik pada model mendekati nilai amatan sesungguhnya.
3. Untuk melakukan pendugaan kandungan C-Organik dengan menggunakan citra satelit Landsat 7 ETM<sup>+</sup> SLC OFF di Kabupaten Bondowoso, dapat dilakukan dengan menggunakan analisis regresi terhadap nilai *digital number* dari *band* 1, 2, 3, 4, 5.
4. Kandungan C-organik di Kabupaten Bondowoso termasuk dalam kategori sangat rendah dan rendah dengan kandungan C-organik 0 – 0,50% seluas 9.417 Ha, 0,51% – 1,00% seluas 49.794 Ha, 1,01% – 1,50% seluas 59.711 Ha, 1,51% - 2,50% seluas 30.471 Ha.

### 6.2 Saran

1. Perlu pengamatan lebih lanjut terkait penggunaan Citra Landsat 7 ETM<sup>+</sup> SLC OFF untuk memperkaya keragaman data.
2. Pengamatan dengan pendekatan NDVI (*Normalize Difference Vegetation Index*) dan NDWI (*Normalize Difference Water Index*) dari citra satelit disarankan untuk membandingkan tingkat akurasi dalam mengestimasi sebaran C-organik.
3. Penambahan faktor pengukur seperti kondisi geologi dan jenis tanah perlu dicoba untuk pendekatan yang lebih detil dan menyeluruh.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous. 1983. Kriteria Penilaian Sifat Kimia Tanah. Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang
- \_\_\_\_\_. 2008. *Bahan Organik*. Available on:  
<http://kmit.faperta.ugm.ac.id/artikel-bahanorganik.html>
- \_\_\_\_\_. 2009. *Image Processing*. Available on:  
<http://hartanto.wordpress.com/category/notas-rapidas/imageproc/>
- \_\_\_\_\_. 2010. *Memperbaiki SLC OFF Landsat Dengan Frame and Fill*. Available on:  
<http://geoholic04.blogspot.com/2010/03/sejak-tahun-2003-citra-landsat.html>
- Bohn, Hinrich. L., McNeal, Brian. L., O'Connor, George. A. .2001. *Soil Chemistry*. Third Edition. John Wiley & Sons, Inc. United States of America.
- Daniel, K., Tripathi, N.K., Honda, K., Apisit, E. .2001. *Analysis of Spectral Reflectance and Absorbition Patterns of Soil Organic Matter*. Available on : <http://www.crisp.nus.edu.sg/~acrs2001/pdf/067danie.pdf>
- Ekadinata, A., Dewi, S., Hadi, D. P., Nugroho, D. K., Johana, F. 2008. *Sistem Informasi Geografis Untuk Pengelolaan Bentang Lahan Berbasis Sumber Daya Alam. Buku 1: Sistem Informasi Geografis dan Penginderaan Jauh Menggunakan ILWIS Open Source*. World Agroforestry Centre. Bogor.
- ESRI. 1990. ArcView GIS: The Geographic Information System for Everyone. NewYork.
- Farida., Kevin. J., Dian. K., Atiek. W., Andree. E., Danan. P.H., Laxman. J., Desi. S., Van Nordjwik, M. .2005. *Rapid Hydrological Appraisal (RHA) of Singkarak Lake in the context of Rewarding Upland Poor for Enviromental Services (RUPES)*. Working Paper 2005. ICRAF Southeast Asia. Bogor.
- Foth, H. D. .1998. *Dasar-Dasar Ilmu Tanah Edisi Ketujuh*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Handayani, I. P., Prawito, P., Lestari, P. .2001. *Fraksional Pool Bahan Organik Tanah Labil Pada Lahan Hutan dan Lahan Paska Deforestasi*. Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia. Volume 3, No. 2, 2001. Available on : <http://bdpunib.org/jipi/artikeljipi/2001/75.PDF>

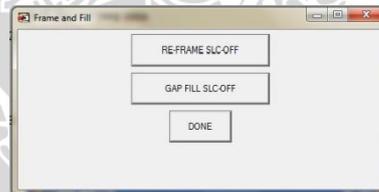
- Jensen, J.R. 1996. *Introductory Digital Image Processing A Remote Sensing Perspective. Second edition.* Prentice Hall. New Jersey.
- King, R. O'hara, C. 2000. *Tasseled Cap Transformation Mississippi Coastal Corridor July 21, 2000. National Consortium on Remote Sensing in Transportation – Enviromental Assesment.* Mississipi. USA.
- Kongapai. Ms. Pasu., 2007. *Application of Remote sensing and Geographic Information System for Estimation of Soil Organic Matter in Nakhon Pathom Province.* Journal of 8<sup>th</sup> National Grad Research Conference.
- Kononova, M.M. 1961. *Soil Organic Matter.* Pergamon Press. Oxford.
- Lillesand, T.M, Kiefer, R.W., 2000. *Remote Sensing & Image Interpretation. 4<sup>th</sup> Edition.* John Willey & Sons, Inc., New York.
- Lo, C.P. 1996. *Penginderaan Jauh Terapan.* UI – Press. Jakarta.
- Miller .1985. *Bahan organik dalam Anisuryani.* Institut Pertanian. Bogor.
- Munir, Moch. .2006. *Geologi Lingkungan.* Bayumedia Publishing. Malang.
- Prahasta, E. 2004. *Sistem Informasi Geografi. Tutorial ArcView.* Informatika. Bandung.
- Puntodewo, A., Dewi, S., Tarigan, J. 2003. *Sistem Informasi Geografis untuk Pengelolaan Sumberdaya Alam.* CIFOR, Bogor.
- Rahadian, Aswin. 2011. *Karakteristik Band Spectral Landsat Enhanced Thematic Mapper (ETM<sup>+</sup>).* Available on:  
<http://melukisbumiindonesia.blogspot.com/2011/01/karakteristik-band-spectral-landsat.html>
- Sanchez, P. A. 1992. *Sifat dan Pengelolaan Tanah Tropika.* Jilid 1/Pedro A. Sanchez; terjemahan Johara T. Jayadinata. Penerbit ITB Bandung. Bandung.
- Sebayang, Mardani. 2002. *Klasifikasi Tutupan Lahan Menggunakan Data Citra Landsat Thematic Mapper (Studi Kasus Di Kotamadya Surabaya).* Jurnal Natur Indonesia. Jurnal Natur Volume 15. Available on:  
[http://www.unri.ac.id/jurnal/jurnal\\_natur/vol5\(1\)/Mardani.pdf](http://www.unri.ac.id/jurnal/jurnal_natur/vol5(1)/Mardani.pdf)
- Sidarto., Suwarti, T., Sudana, D. 1993. *Geologi Lembar Banyuwangi, Jawa.* Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi. Bandung.
- Soemarno. 1993. *N Tanah, Bahan Organik, dan Pengelolaannya.* Universitas Brawijaya. Malang.

- Soepardi, Guswono. 1983. *Sifat dan Ciri Tanah*. Institut Pertanian. Bogor
- Stevenson, F. J. 1994. *Humus Chemistry: Genesis, Composition, Reactions*. Wiley. New York.
- Suharsono., Suwarti, T. 1993. *Geologi Lembar Probolinggo, Jawa*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi. Bandung.
- Sukojo, Wahono. *Pemanfaatan Teknologi Penginderaan Jauh untuk Pemetaan Kandungan Bahan Organik Tanah*. Jurnal Makara, Teknologi. Jurnal Teknologi Volume 6. Available on:  
<http://repository.ui.ac.id/contents/koleksi/2/570e450ccd0f178ed8d6e03414741c6cbd6791bf.pdf>
- Sutedjo, Mul Mulyani. 1987. *Pengantar Ilmu Tanah*. Rineka Cipta. Jakarta.
- Wahyunto., Murdiati, S. R., Ritung, S. .2004. *Aplikasi Penginderaan Jauh dan Uji Validasinya Untuk Deteksi Penyebaran Lahan Sawah Dan Penggunaan/Penutupan Lahan*. Jurnal Informatika Pertanian Volume 13 (Desember 2004). Available on: <http://www.litbang.deptan.go.id/warta-ip/pdf-file/wahyunto-13.pdf>
- Wiradisastra, U.S, dkk.1999. *Geomorfologi dan Analisis Lanskap*. Laboratorium Penginderaan Jauh dan Kartografi. IPB. Bogor.
- Wolf, P.R. 1993. *Element of Photogrammetry with Air Photo Interpretation and Remote Sensing*. McGraw-Hill, Inc. New York.
- Nuarsa, I. W. 2005. *Belajar Sendiri Menganalisis Data Spasial dengan Arc View 3.3 untuk Pemula*. Elex Media Komputindo. Jakarta.

## LAMPIRAN

### Lampiran 1. Metode Teknis Pengolahan Citra Satelit Landsat 7 Etm+Slc Off Menggunakan Software Frame And Fill

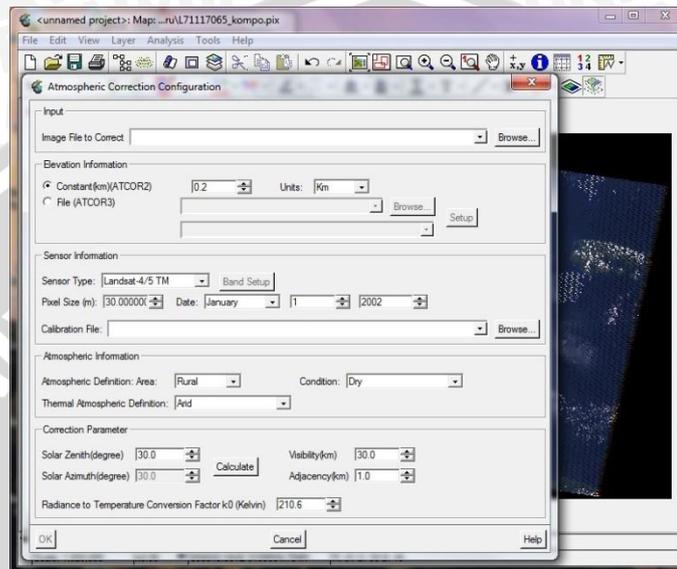
1. Siapkan citra master. Citra master adalah citra utama yang akan kita gunakan. Pilihlah dalam range 1 tahun citra dengan kondisi awan paling sedikit. Stripping yang terjadi pada citra landsat untuk setiap pemotretan tidaklah selalu sama, oleh karena itu, kita dapat mengisinya dengan citra pada waktu pengambilan berbeda, dengan path dan row yang sama.
2. Siapkan citra pengisi. Citra pengisi adalah citra dengan path dan row yang sama dengan citra master namun memiliki waktu pengambilan yang berbeda dan strippingnya tidak beririsan dengan citra master.
3. Buka aplikasi file `frame_and_fill_win32.exe`. Selanjutnya akan terdapat 3 pilihan yang harus dilakukan berurutan seperti pada gambar



4. Pada number of fill scenes, isi jumlah citra pengisinya. Jika ada 3 waktu pengambilan, maka diisi 3 (atau sama dengan berapa jumlah "folder fill\_scene" yang telah dibuat sebelumnya). Pada "DIRECTORY PATH TO SCENE FOLDERS" isikan lokasi dimana kita menyimpan folder :anchor, fill\_scene\_1, fill\_scene\_2, tadi. Kemudian klik submit. Tunggu hingga selesai.
5. Setelah itu, kita akan melakukan pengisian gap citra. Klik menu GAP FILL SLC-OFF, kemudian akan muncul list band yang akan diisi gapnya. Proses ini akan berlangsung lama, sekitar 8 menit untuk 1 kali pengisian. Jika yang akan diisi untuk band2 tertentu saja, misalnya band 3, 2, dan 1. Cukup dengan cara klik band 3, band 2, dan band 1 kemudian submit. Jika ingin semua langsung saja klik All Bands.
6. Klik done, selanjutnya citra dapat dilihat maupun dilakukan pengolahan pada *software* penginderaan jauh seperti PCI Geomatica.

## Lampiran 2. Metode Teknis Proses Koreksi Radiometri Pada Citra Satelit Landsat 7 Etm+ Slc Off Menggunakan Software Pci Geomatica V9.0

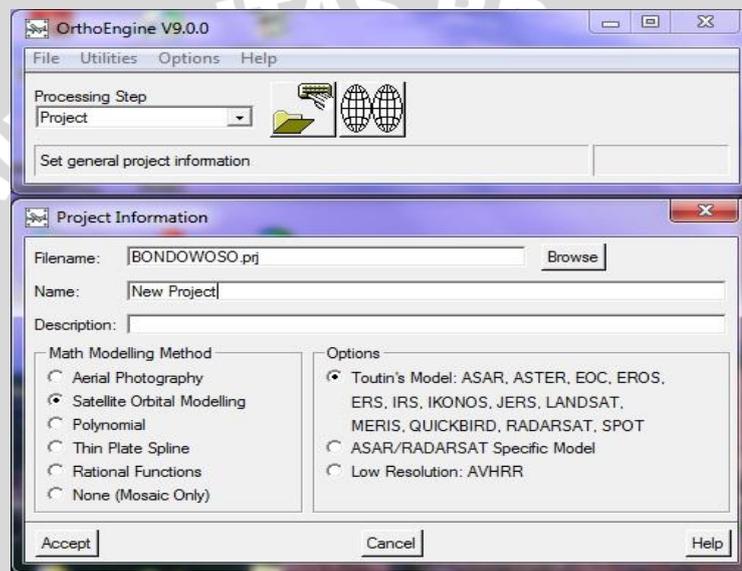
1. Pilih icon  untuk membuka citra komposit yang akan dikoreksi. Buka menu *analysis*, lalu pilih menu *atmospheric correction* lalu akan muncul menu seperti gambar di bawah ini.



2. Pilih citra yang akan dikoreksi
3. Pada menu *Atmospheric correction configuration*, pilih *elevation information* dengan *file (Atcor3)* jika citra mempunyai data DEM, dan pilih *constant (Atcor2)* jika tidak mempunyai data DEM.
4. Pada kotak *sensor information*, pilih tipe satelit yang digunakan untuk merekam citra. Pada penelitian ini menggunakan citra Landsat 7 ETM<sup>+</sup>, lalu pilih *band setup*, lalu sesuaikan *band-band* yang akan digunakan untuk penelitian.
5. Pada menu *Atmospheric Definition*, sesuaikan kondisi iklim lokasi citra yang dipilih. Pada lokasi penelitian ini dipilih kondisi *Tropical*.
6. Pada menu *solar zenith*, isikan angka sesuai dengan kalkulasi yang didapat dengan rumus  $90^{\circ} - \text{sun elevation}$ . Data *sun elevation* didapat dengan melihat *header file* dari citra yang didownload (tipe file biasanya .MTL)
7. Setelah itu tekan *ok*. Setelah muncul keterangan *ATCOR metalayer* pada kotak *focus*, klik kanan dan pilih *Run Atmospheric Corection*. Lalu tekan *Finish*.

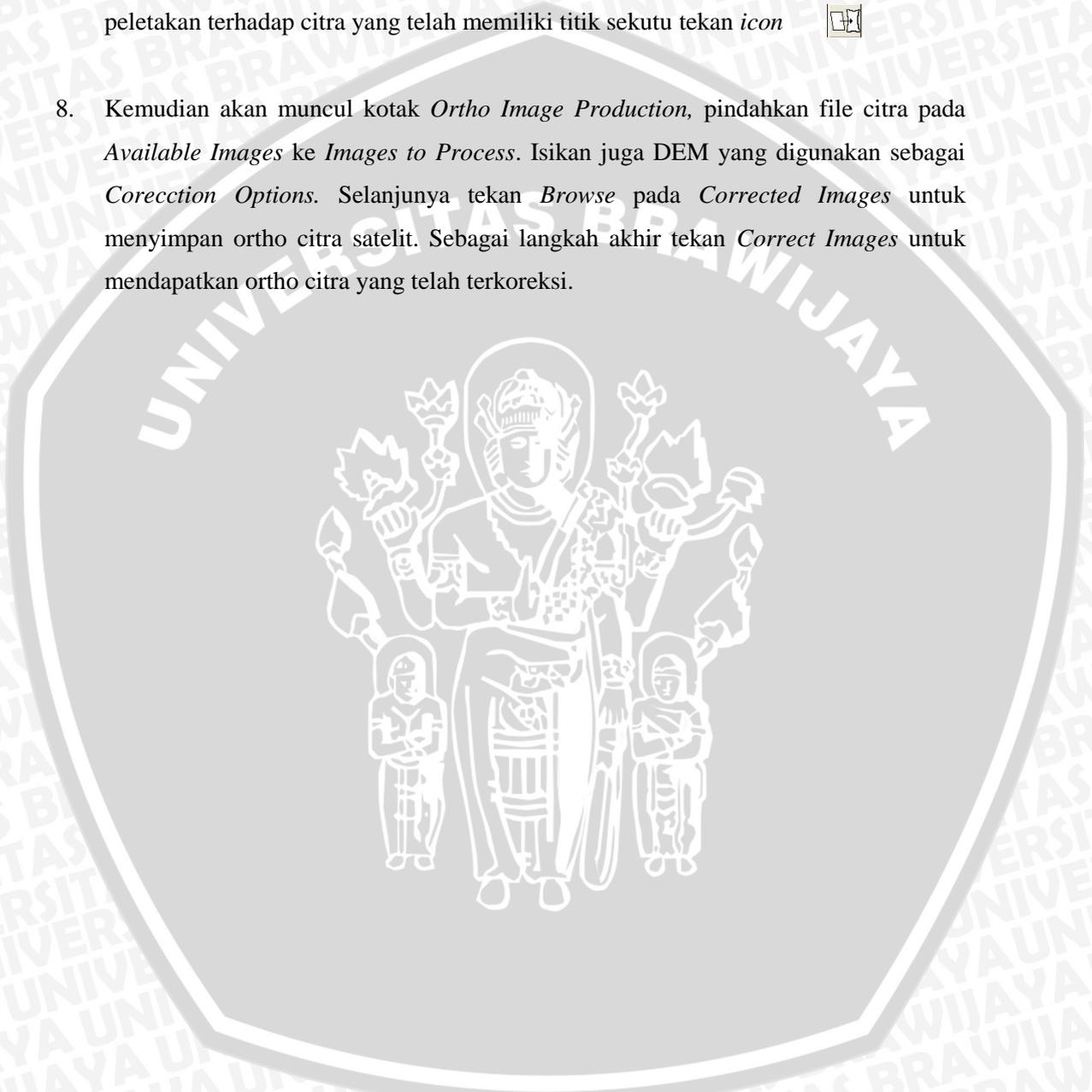
### Lampiran 3. Metode Teknis Proses Koreksi Geometri Pada Citra Satelit Menggunakan Software Pci Geomatica V9.0

1. Pada kotak *ortho Engine*, tekan *tool bar* File, kemudian tekan New untuk memulai *project* baru.
2. Lalu akan keluar kotak *Project Information*. Pada *Filename* tekan *Browse* untuk menamakan dan menempatkan *project* untuk disimpan.. Kemudian untuk *Name* dapat diisi sesuai yang diinginkan. Selanjutnya pada *Math Modelling Method* pilih Satelit Orbital Modelling, pada *option* pilih sesuai dengan citra yang digunakan. Selanjutnya tekan *Accept*.



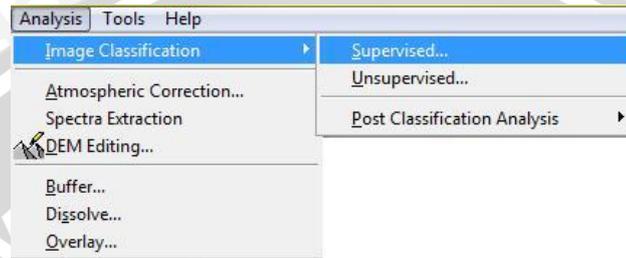
3. Kemudian akan muncul kotak *Set Projection*, ganti meter dengan UTM. Selanjutnya akan keluar kotak *UTM Zones*, pada kotak ini pilih *zone 49 – 108 E to 114 E*. Lalu tekan *Accept*, pada kotak *UTM Rows* pilih *Row M – 8 S to 0 N* dan kemudian tekan *Accept*. Langkah ini berfungsi untuk menentukan zona kerja dalam koordinat bumi.
4. Lalu akan muncul kotak *Earth Models*, pada datums pilih D00 – WGS 1984 [Global Definition].
5. Selanjutnya pada *output pixel spacing* masukan 30 (sesuai tingkat resolusi citra yang digunakan). Kemudian tekan *Set GCP Projection Based on Output Projection*, lalu tekan *Accept*.

6. Kemudian ganti *processing step* menjadi *GCP/TP collections*. Selanjutnya tekan icon  untuk mengumpulkan titik yang sama antara citra satelit dengan data sungai. Lakukan pengumpulan titik sekutu sampai diperoleh nilai *Residual* dibawah 1.
7. Lalu ganti *processing step* menjadi *Ortho Generation*, selanjutnya untuk melakukan peletakan terhadap citra yang telah memiliki titik sekutu tekan icon .
8. Kemudian akan muncul kotak *Ortho Image Production*, pindahkan file citra pada *Available Images* ke *Images to Process*. Isikan juga DEM yang digunakan sebagai *Corecction Options*. Selanjutnya tekan *Browse* pada *Corrected Images* untuk menyimpan ortho citra satelit. Sebagai langkah akhir tekan *Correct Images* untuk mendapatkan ortho citra yang telah terkoreksi.

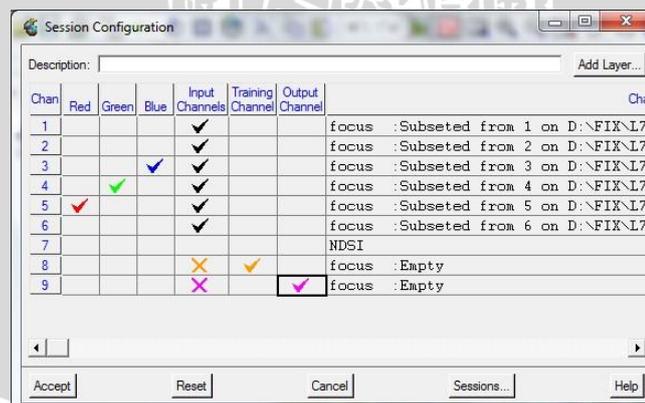


#### Lampiran 4. Metode Teknis Proses Klasifikasi Hirarki Pada Citra Landsat Slc Off Menggunakan Software Pci Geomatica V9.0

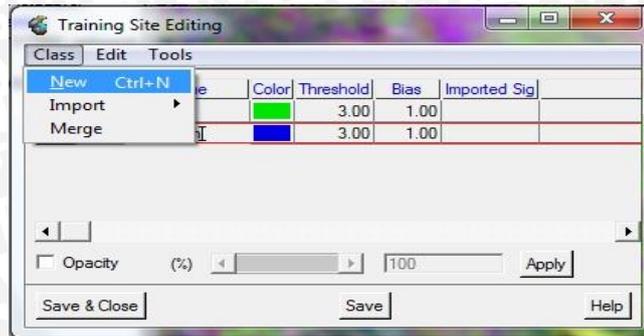
1. Tekan icon  untuk membuka citra Landsat hasil koreksi geometri yang akan diolah.
2. Kemudian Tekan Analysis | Image Classification | Supervised.



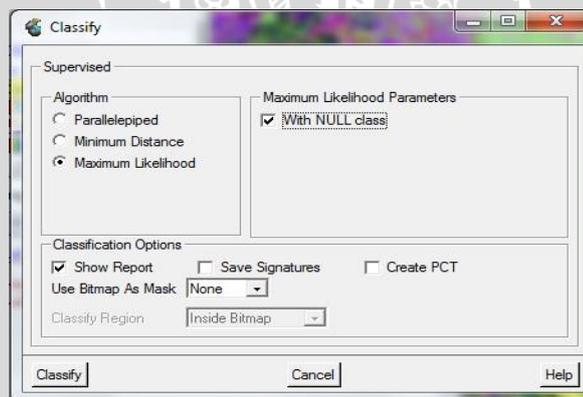
3. Lalu akan keluar kotak *open*, pada kotak ini pilih data citra yang akan diklasifikasi. Pada kotak *Session Selection* tekan *New Session*. Kemudian pada kotak *Session Configuration* tekan *Add Layer*. Pada *Channel Type* 8 bit, tambahkan dua *layer*. Hal ini bertujuan untuk menambahkan *channel* baru pada citra yang diolah sebagai tempat untuk lokasi penyimpanan *training channel* dan *output channel*. Kemudian, centang *Red* pada *band 3*, *Green* pada *band 4* dan *Blue* pada *band 1*. Untuk baris *input channel* centang semuanya (*channel 1-6*), sedangkan untuk *training channel* dan *output channel* centang pada *channel 5, 6*. Selanjutnya tekan *Accept*.



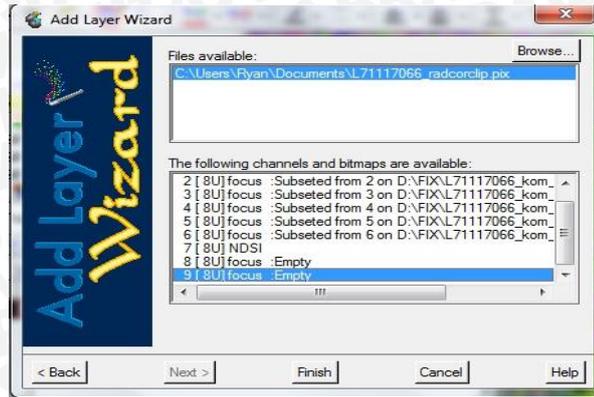
4. Kemudian akan di tambahkan data baru pada kotak *focus* dengan nama *classification meta layer*. Selain itu, akan keluar kotak *Training Site* yang berfungsi sebagai *sample* dalam klasifikasi citra. Pada kotak ini tekan **Class | New** pada *tool bar* atas, fungsinya untuk menambahkan kelas baru sebagai *sample*.



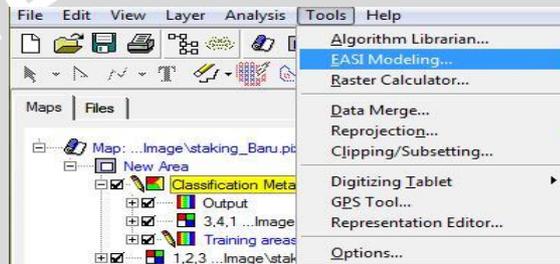
- Untuk klasifikasi pada tingkat pertama, buat 3 kelas dengan nama awan, bayangan, data. Selanjutnya lakukan pengambilan *sample* pada citra satelit sesuai dengan data yang ada pada *pixel*.
- Selanjutnya hasil pengambilan *sample* dapat dijalankan dengan cara klik kanan pada *Classification Meta Layer*, kemudian tekan *Run Classification*. Lalu akan keluar kotak *Classify*. Pada *Algorithm* tekan *Maximum Likelihood* dan centang *With NULL class*, kemudian tekan *Classify*.



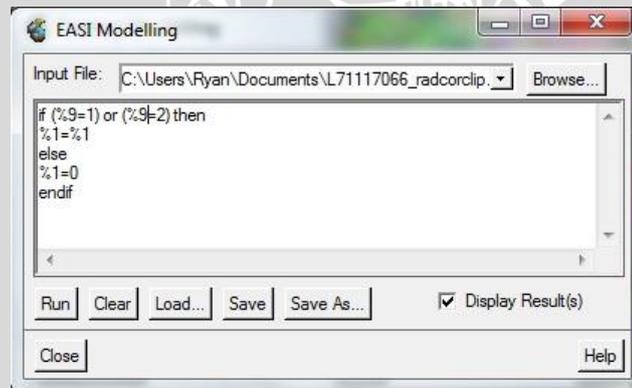
- Lalu pisahkan data hasil klasifikasi dari data citra satelit dengan cara klik kanan pada *New Area*, tekan *Add Layer* dan akan keluar kotak *Add Layer Wizard*. Pada kotak ini pilih *Pseudocolor* lalu tekan *Next* dan pilih citra yang telah diklasifikasi. Selanjutnya pilih juga *channel output* hasil klasifikasi (untuk level 1 Landsat adalah *channel 9*).



8. Tekan *Finish* untuk menjalankan proses pembuatan *layer* baru.
9. Kemudian pada *tool bar* atas, tekan **Tools | Easi Modeling** untuk memasukan formula pemisah data pada citra Landsat.



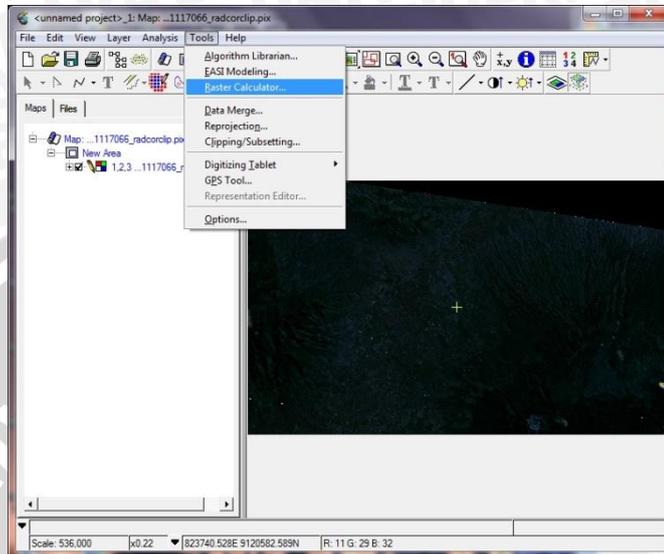
10. Lalu akan muncul kotak *Easi Modeling*, tekan *Browse* untuk mengambil kembali data hasil klasifikasi. Kemudian masukan formula pemisah data untuk citra Landsat seperti pada gambar dibawah ini. Selanjutnya tekan *Run* pada kotak *Easi Modeling*.



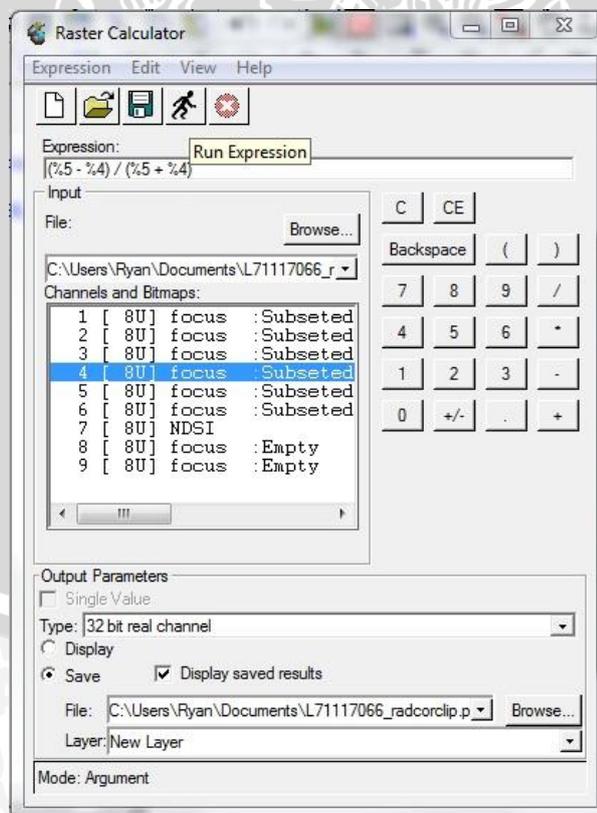
11. Lakukan proses pemisahan data pada seluruh *band* (1-6) menggunakan formula diatas.
12. Selanjutnya citra hasil pemisahan akan ditambahkan pada kotak *Focus*. Klik kanan pada citra, kemudian tekan *Configuration*. Lakukan langkah yang sama untuk pemisahan data pada tingkat selanjutnya.

## Lampiran 5. Metode Teknis Proses Pengambilan Nilai NDSI Pada Citra Landsat Slc Off Menggunakan Software Pci Geomatica V9.0

1. Buka file citra yang akan di koreksi, buka menu *tools* dan pilih *raster calculator*



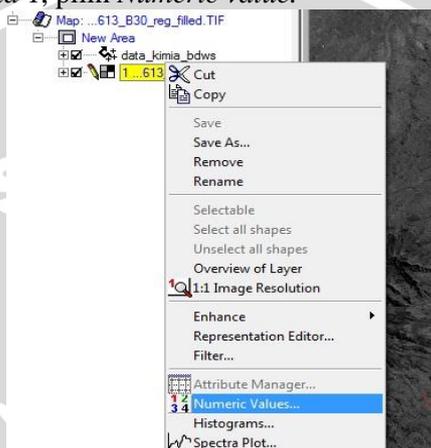
2. Masukkan formula, pilih *band* yang digunakan dalam perhitungan NDSI, yaitu band 4 dan 5.



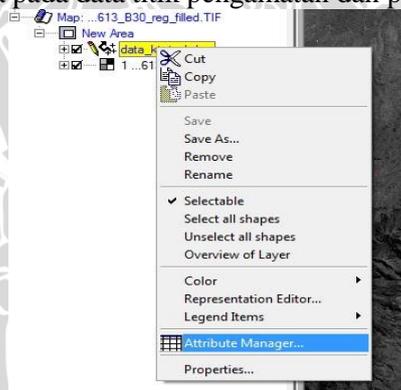
3. Atur type file dengan *32 bit real chanel*, *Save file*, lalu klik *run expression*.
4. Selesai.

## Lampiran 6. Metode Teknis Pengambilan Nilai Digital Number Menggunakan Software Pci Geomatica V9.0

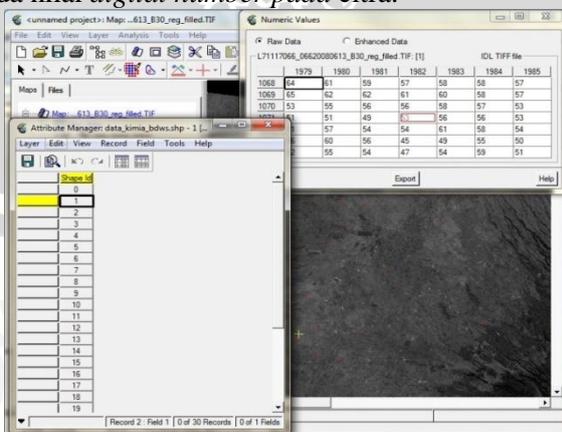
1. Tekan icon  membuka citra hasil perbaikan yang akan diproses, citra yang digunakan adalah citra yang belum ter-stacking.
2. Setelah *band* 1 dari citra terbuka, buka titik-titik pengamatan citra yang didapat dari GPS.
3. Klik kanan pada citra *band* 1, pilih *Numeric value*.



4. Selanjutnya klik kanan pula pada data titik pengamatan dan pilih *attribute manager*.



5. Selanjutnya titik-titik pengamatan yang kita pilih, akan secara langsung menghubungkan pada nilai *digital number* pada citra.



6. Lakukan langkah yang sama untuk kelima *band* lainnya.

### Lampiran 7. Matriks Kesalahan

Klasifikasi	Sumber Data		
	Tegalan	H.terganggu	K.Camp

Tegalan	8	0	0
H.Terganggu	0	8	4
K. Campuran	0	2	6
Sawah	2	0	0
Lahan kosong	0	0	0
Semak	0	0	0
Permukiman	0	0	0

Total	10	10	10
-------	----	----	----

	Sawah	Lahan kosong	Semak	Permukiman	Total
--	-------	--------------	-------	------------	-------

Tegalan	1	1	1	1	1	13
H.Terganggu	0	0	0	0	0	12
K. Campuran	0	0	0	0	0	08
Sawah	9	0	0	0	0	11
Lahan kosong	0	7	1	1	1	10
Semak	0	1	7	7	0	15
Permukiman	0	1	1	1	8	11

Total	10	10	10	10	10	80
-------	----	----	----	----	----	----

## Lampiran 8. Titik Pengamatan Primer

Tabel 10. Titik Pengamatan Primer

No	LS	C-org	Band 1	Band2	Band3	Band4	Band5	C-Duga	NDSI	Reclas NDSI
1	GJO	0,95	6	17	19	60	71	0,72	0,11	141
2	GJO	0,72	8	22	28	51	61	0,80	0,96	249
3	BTK	0,82	5	20	20	55	57	0,73	0,03	131
4	GJO	0,96	7	19	19	56	62	0,75	0,07	136
5	TLU	0,81	10	20	23	32	44	0,67	0,10	140
6	TLU	1,5	12	25	26	68	58	1,26	-0,02	124
7	TLU	1,09	16	27	34	46	56	0,97	0,08	138
8	GJO	1,09	7	14	17	58	63	0,98	0,06	135
9	MLG	0,31	5	14	16	44	55	0,67	0,08	138
10	TGM	1,22	5	19	19	74	69	1,01	0	128
11	BRI	0,58	8	20	29	45	63	0,68	0,13	144
12	BOM	0,88	4	13	15	60	58	1,03	0,02	131
13	BOM	1,09	5	16	17	64	59	1,06	0	128
14	BBG	0,75	6	19	22	55	65	0,70	0,09	140
15	BRI	0,96	6	21	24	55	58	0,80	0,05	134
16	BRI	0,67	14	26	33	49	78	0,49	0,21	154
17	MLG	0,59	10	21	26	45	67	0,54	0,17	149
18	ABG	0,74	6	17	25	37	46	0,80	0,07	137
19	ABG	0,63	13	27	33	56	75	0,67	0,14	146
20	TLU	1,08	7	17	17	60	58	1,00	0,03	132
21	BBG	0,9	13	30	25	92	84	1,10	0,02	130
22	BRI	0,32	12	23	29	68	96	0,58	0,18	151
23	TBO	0,71	17	31	41	56	84	0,63	0,19	152
24	LTG	0,66	13	21	21	57	71	0,77	0,12	142
25	SMD	0,82	8	23	28	60	58	1,03	0,01	129
26	LKU	0,57	12	24	24	50	57	0,78	0,07	137
27	GJO	0,81	20	37	38	75	99	0,56	0,16	149
28	BRI	0,62	12	25	22	69	76	0,78	0,08	137
29	GJO	0,31	14	30	36	55	65	0,83	0,10	140
30	GJO	1,05	12	26	34	53	65	0,85	0,11	141

## Lampiran 9. Proses Analisis Regresi Dan Best Subset Menggunakan Minitab

### Regression Analysis: C-org versus Band 1; Band2; ...

The regression equation is

$$\text{C-org} = 0,762 + 0,0399 \text{ Band 1} - 0,0499 \text{ Band2} + 0,0267 \text{ Band3} + 0,0277 \text{ Band4} - 0,0220 \text{ Band5} - 0,0011 \text{ Band7}$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	0,7621	0,2895	2,63	0,015
Band 1	0,03992	0,02708	1,47	0,154
Band2	-0,04994	0,02934	-1,70	0,102
Band3	0,02673	0,01723	1,55	0,134
Band4	0,027720	0,007437	3,73	0,001
Band5	-0,022009	0,009250	-2,38	0,026
Band7	-0,00109	0,01100	-0,10	0,922

S = 0,218795    R-Sq = 48,2%    R-Sq(adj) = 34,6%

#### Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	6	1,02259	0,17043	3,56	0,012
Residual Error	23	1,10104	0,04787		
Total	29	2,12363			

Source	DF	Seq SS
Band 1	1	0,06805
Band2	1	0,01006
Band3	1	0,10845
Band4	1	0,12280
Band5	1	0,71276
Band7	1	0,00047

#### Unusual Observations

Obs	Band 1	C-org	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
29	14,0	0,3100	0,8334	0,0908	-0,5234	-2,63R

R denotes an observation with a large standardized residual.



**Lampiran 10. Validasi Model**

**Paired T-Test and CI: C\_Organik; C\_Duga**

Paired T for C\_Organik - C\_Duga

	N	Mean	StDev	SE Mean
C_Organik	20	0,712500	0,146822	0,032830
C_Duga	20	0,745710	0,193923	0,043363
Difference	20	-0,033210	0,114419	0,025585

95% CI for mean difference: (-0,086760; 0,020340)

T-Test of mean difference = 0 (vs not = 0): T-Value = -1,30 P-Value = 0,210

