

**ESTIMASI KANDUNGAN C-ORGANIK TANAH MENGGUNAKAN
NILAI *DIGITAL NUMBER* PADA LANDSAT 8 DENGAN
PENGINDERAAN JAUH DAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS DI
KOTA BATU**

Oleh:

NUGROHO HARI PRATOMO

MINAT MANAJEMEN SUMBERDAYA LAHAN

PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
JURUSAN TANAH
MALANG
2014**

**ESTIMASI KANDUNGAN C-ORGANIK TANAH MENGGUNAKAN
NILAI *DIGITAL NUMBER* PADA LANDSAT 8 DENGAN
PENGINDERAAN JAUH DAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS DI
KOTA BATU**

Oleh:

NUGROHO HARI PRATOMO

0810480063

**MINAT MANAJEMEN SUMBERDAYA LAHAN
PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI**

SKRIPSI

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar
Sarjana Pertanian Strata Satu (S-1)**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
JURUSAN TANAH
MALANG
2014**

RINGKASAN

Nugroho Hari Pratomo. 0810480048. Estimasi Kandungan C-Organik Tanah Menggunakan *Digital Number* pada Landsat 8 dengan Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis di Kota Batu. Dibawah Bimbingan: Dr. Ir. Sudarto, MS dan Kurniawan Sigit Wicaksono, SP. M.Sc.

Bahan organik merupakan salah satu bagian terpenting di dalam tanah untuk menunjang laju pertumbuhan tanaman. Peran bahan organik dalam menunjang laju pertumbuhan tanaman ialah sebagai penyuplai hara dalam tanah. Distribusi bahan organik biasanya dinyatakan dalam karbon (C) organik. Ketersediaan kandungan C-Organik dapat diestimasi menggunakan teknologi penginderaan jauh dan sistem informasi geografis (SIG). Tujuan penelitian ini adalah: (1) mencari hubungan antara nilai *digital number* pada citra Landsat 8 dengan kandungan C-Organik tanah dan (2) menentukan model estimasi C-Organik tanah menggunakan nilai *digital number* citra Landsat 8.

Penelitian ini dilakukan di Kota Batu Provinsi Jawa Timur. Kandungan C-Organik diperoleh dari 28 lokasi hasil penelitian sebelumnya yang tersebar di seluruh Kota Batu dengan berbagai macam penggunaan lahan. *Digital Number* citra Landsat 8 di ambil dari setiap *band* 1-9 citra Landsat 8. Formula estimasi kandungan C-Organik diperoleh melalui *Stepwise Regression*. Validasi model menggunakan 30 titik observasi yang diukur kandungan C-Organiknya. Validitas hasil estimasi dilakukan melalui uji t berpasangan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa dari sembilan *band* yang digunakan, hanya *band* 2, 3 dan 4 saja yang bisa digunakan untuk menduga kandungan C-Organik. Analisis regresi yang terpilih dengan ketentuan P-Value <0,05 menghasilkan model matematis dengan rumus $Y = 22,91 - 0,00156 * X_2 + 0,00181 * X_3 - 0,00293 * X_4$ dengan $R^2 = 0,64$, dimana Y adalah C-Organik, X_2 adalah nilai *digital number band* 2, X_3 adalah nilai *digital number band* 3 dan X_4 adalah nilai *digital number band* 4. Uji t berpasangan antara nilai C-Organik model dengan nilai C-Organik analisis Laboratorium menghasilkan P-Value 0,53 yang berarti bahwa model matematis yang terbentuk tidak berbeda dengan dengan nilai C-Organik analisis Laboratorium. Dengan demikian pendekatan melalui penginderaan jauh menggunakan citra satelit Landsat 8 dapat digunakan untuk mengestimasi sebaran kandungan C-Organik di Kota Batu.

Kata kunci: C-Organik, digital number, Landsat 8, penginderaan jauh

SUMMARY

Nugroho Hari Pratomo. 0810480048. Estimation of Soil C-Organic Content Using Digital Landsat 8 Number on the Remote Sensing and Geographic Information Systems in Batu City. Supervised by Dr. Ir. Sudarto, MS dan Kurniawan Sigit Wicaksono, SP. M.Sc.

Organic matter is one of the most important parts in the soil to support plant growth rate. The role of organic matter to support the growth rate is as a supplier of plant nutrients from the soil. Distribution of organic matter is usually expressed as organic carbon (C-Organic). Availability of C-organic content can be estimated using remote sensing technology and geographic information systems (GIS). The purpose of this study is: (1) find a relationship between the digital number values in Landsat 8 with C-Organic content of the soil and (2) determine the model of estimates soil C-Organic based on digital number.

This research was conducted in Batu East Java. C-Organic content of the soils used to construct model derived from the result of previous studies spread across the Batu city with a variety of landuses. Digital number of Landsat 8 image taken from bands 1 until 9. Formula to estimate the content of C-Organic obtained via Stepwise Regression. Validation of the model using 30 observation points were analyzed C-Organic content. The validity of the estimation done by paired t-test.

The results showed that of the nine bands are used, only bands 2, 3 and 4 can be used to estimate C-Organic content. Regression analysis were selected with the provisions of the P-Value $<0,05$ was generating mathematical models with the formula $Y = 22,91 - 0,00156 * X_2 + 0,00181 * X_3 - 0,00293 * X_4$ with $R^2 = 0,64$. Where Y is estimated C-Organik content, X₂ is digital number values band 2, X₃ is the digital number values band 3 and X₄ is digital number values band 4. Paired t-test between the value of C-Organic content from model with the value of C-Organic content from laboratory analysis result P-Value 0,53 which mean that mathematic model were formed is not different with C-Organic from Laboratory analysis. So that by remote sensing using Landsat 8 image satellite can be used for estimating C-Organic distribution in Batu City.

Keywords: C-Organic, digital number, Landsat 8, remote sensing

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang selalu memberikan rahmat, hidayah dan cahaya-Nya kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan Skripsi dengan judul “Estimasi Kandungan C-Organik Tanah Menggunakan *Digital Number* pada Landsat 8 dengan Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis di Kota Batu”. Skripsi ini merupakan salah satu tugas akhir yang diajukan untuk memenuhi syarat dalam memperoleh gelar Sarjana Pertanian pada Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang.

Dengan segala kerendahan hati dan rasa hormat yang setulus-tulusnya penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak, ibuk dan adik (Hariono, Lilik Nurcahyo H dan Caca) yang selalu mendoakanku, memberikan kepercayaan, semangat, dukungan moral maupun moril yang tidak akan pernah bisa dibalas. Serta kakak keponakan (Rahmat Eko) yang selalu memberikan nasehat demi kelancaran studi.
2. Prof. Dr. Ir. Zaenal Kusuma, SU selaku Ketua Jurusan Tanah Universitas Brawijaya.
3. Dr. Ir. Sudarto, MS dan Kurniawan Sigit Wicaksono, SP. M.Sc, yang membimbing dengan sabar memberikan saran dan masukan serta memberikan ilmu yang sangat bermanfaat dan pelajaran hidup.
4. Seluruh dosen dan karyawan Jurusan Tanah Universitas Brawijaya, atas dukungan dan kerjasamanya.
5. Himawan Adi, SP., Yosi Andika, SP., Sativandi Riza, SP. MSc, M. El Mujaidin SP., Tino Setya P., SP., Wahyu Nur M.T., SP., M. Firstyah, SP., Aditya Nugraha, SP., Intan Mayasari Muham, Firda Puji Utami, SP., Astrid Prajamukti Saputra, Ilham Novanda, Chandra Andrianto, SP. Dan seluruh teman-teman *Soiler 08* atas bantuan pikiran dan tenaga selama penelitian.

Semoga tulisan ini bermanfaat bagi seluruh pihak demi tujuan yang akan dicapai. Amin

Malang, Agustus 2014

Penulis

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Kota Madiun pada tanggal 12 Agustus 1990 sebagai putra pertama dari dua bersaudara dari Bapak Hariono dan Ibu Lilik Nurcahyo H.

Penulis menempuh taman kanak-kanak pada tahun 1995-1996 kemudian melanjutkan pendidikan dasar pada tahun 1996-2002 di SDN Babadan Lor 2 Kecamatan Balerejo Kabupaten Madiun, kemudian melanjutkan pendidikan di SMPN 1 Mejayan pada tahun 2002-2005, selanjutnya pada tahun 2005-2008 penulis melanjutkan pendidikan di SMAN 2 Mejayan. Di tahun 2008 penulis mengikuti test masuk jalur PMDK di perguruan tinggi negeri dan tercatat sebagai mahasiswa Program Studi Agroekoteknologi Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya, Malang. Pada tahun 2010 penulis tercatat sebagai mahasiswa minat Manajemen Sumberdaya Lahan, Jurusan Tanah Universitas Brawijaya.

Selama aktif kuliah penulis pernah aktif di UKM-OR FP-UB (Unit Kegiatan Mahasiswa Olahraga Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya) sebagai Koordinator Sepak Bola periode 2008-2010, Bengkel Seni FP-UB (Musik dan Fotografi), pengurus HMIT divisi keilmuan dan pengembangan periode 2010-2013, Slalome Malang *Community*, Forto *Football Club* dan Ledome *Percussion* Malang. Selain itu penulis juga aktif pada berbagai kegiatan kepanitian di lingkup Fakultas Pertanian.

Penulis aktif dalam kegiatan akademik sebagai asisten praktikum Dasar Ilmu Tanah, Survei Tanah dan Evaluasi Lahan, Manajemen Agroekosistem, Agroforestri, Sistem Informasi dan Sumberdaya Lahan dan Teknologi Konservasi Sumberdaya Lahan.

DAFTAR ISI

RINGKASAN	i
SUMMARY	i
KATA PENGANTAR	ii
RIWAYAT HIDUP	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	3
1.3 Hipotesis	3
1.4 Manfaat	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Bahan Organik Tanah	5
2.1.1 Pengertian Bahan Organik Tanah	5
2.1.2 Sumber C-Organik Tanah	5
2.1.3 Menentukan Bahan Organik Tanah	8
2.1.4 Kriteria C-Organik Tanah	9
2.2 Penginderaan Jauh	10
2.3 Sistem Informasi Geografi	11
2.4 Citra Landsat 8	12
2.5 Estimasi C-Organik Tanah Melalui Teknologi Penginderaan Jauh	15
III. METODE PENELITIAN	16
3.1 Tempat dan Waktu	16
3.1.1 Tempat Penelitian	16
3.1.2 Waktu Pelaksanaan Penelitian	17
3.2 Alat dan Bahan	17
3.2.1 Alat	17
3.2.2 Bahan	18
3.3 Tahapan Pelaksanaan	18
3.3.1 Tahapan Persiapan	18
3.3.2 Tahapan Survei Lapangan	20
3.3.3 Tahapan Analisis	22
IV. KONDISI UMUM WILAYAH	25
4.1 Lokasi	25
4.2 Kemiringan Lereng	25
4.3 Elevasi	27
4.4 Tanah	28
4.5 Penggunaan Lahan	30
4.6 Iklim	32
V. HASIL DAN PEMBAHASAN	35
5.1 Hasil	35
5.1.1 Sebaran Nilai C-Organik Sebagai Validasi di Kota Batu	35
5.1.2 Digital Number Citra Satelit Landsat 8 Tahun 2014	36



5.2 Pembahasan	37
5.2.1 Model Estimasi Kandungan C-Organik Tanah	37
5.2.2 Estimasi Sebaran C-Organik Menggunakan Citra Satelit Landsat 8	39
5.2.3 Validasi Model	41
VI. KESIMPULAN DAN SARAN	44
6.1 Kesimpulan	44
6.2 Saran	44
DAFTAR PUSTAKA	45
LAMPIRAN	48

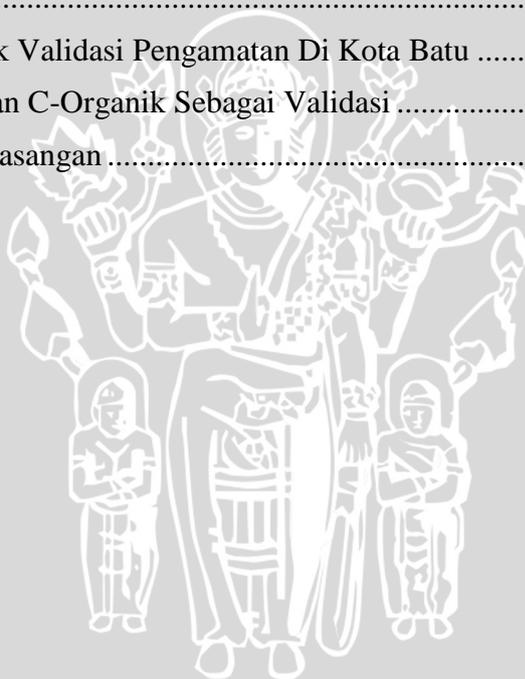


DAFTAR GAMBAR

Nomor	Teks	Halaman
1.	Alur Pikir Penelitian.....	4
2.	Peta Administrasi Kota Batu Malang.....	16
3.	Peta Titik Pengamatan.....	22
4.	Tahapan Kerja Penelitian.....	24
5.	Peta Kelerengan Kota Batu (Sumber, RBI Digital Bakosurtanal Tahun 2002).....	26
6.	Peta Ketinggian Tempat Kota Batu (Sumber, Data Kontur dari RBI Digital Bakosurtanal Tahun 2002).....	28
7.	Peta Jenis Tanah Kota Batu (Sumber, Laporan DAS Brantas Tahun 2006).....	29
8.	Peta Penggunaan Lahan Kota Batu (Sumber, USGS GLOVIS Landsat 8 Tahun 2014).....	31
9.	Curah Hujan Rata-Rata Tahunan Tahun 2010-2013.....	32
10.	Peta Curah Hujan Tahunan Kota Batu (Sumber, Stasiun BMKG Karang Ploso Tahun 2010-2013).....	34
11.	Nilai <i>Digital Number</i> Pada Landsat 8.....	36
12.	Grafik Sebaran <i>Digital Number</i> Citra Satelit Landsat 8.....	37
13.	Peta Estimasi Sebaran C-Organik.....	40
14.	Luas Estimasi C-Organik.....	41
15.	Grafik perbedaan C-Organik Model Dengan C-Organik Analisis Laboratorium.....	42

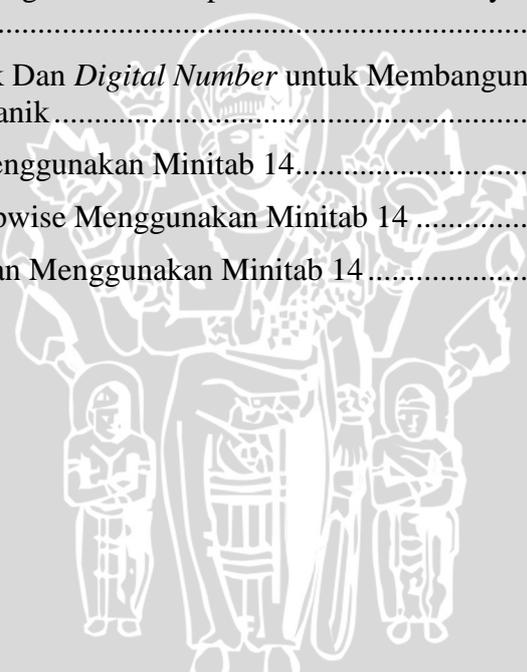
DAFTAR TABEL

Nomor	Teks	Halaman
1.	Jumlah Dan Distribusi C-Organik (<i>Klemedson, 1975 dalam Foth, 1998</i>).....	6
2.	Kriteria Dan Nilai C-Organik.....	10
3.	Karakteristik Spektral Landsat 8 (USGS, 2014).....	14
4.	Spesifikasi Band Landsat 8 (USGS, 2014).....	14
5.	Luas Kelerengan Kota Batu.....	27
6.	Luas Ketinggian Tempat Kota Batu.....	27
7.	Luas Penggunaan Lahan Kota Batu.....	30
8.	Curah Hujan Kota Batu (BMKG Karang Ploso Tahun 2010-2013).....	32
9.	Nilai C-Organik Validasi Pengamatan Di Kota Batu.....	35
10.	Nilai Kandungan C-Organik Sebagai Validasi.....	42
11.	Hasil Uji t berpasangan.....	43



DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Teks	Halaman
1.	Koreksi Radiometrik Pada Citra Satelit Landsat 8 Menggunakan ArcGis 9.3	48
2.	Koreksi Geometrik Pada Citra Satelit Landsat 8 Menggunakan ArcGis 9.3	51
3.	Klasifikasi Supervised Pada Citra Satelit Landsat 8 Menggunakan Envi 5.1 Dan PCI Geomatica 9.0	52
4.	Pengambilan Nilai <i>Digital Number</i> Pada Citra Satelit Menggunakan ArcGis 9.3	56
5.	Dokumentasi Pengambilan Sampel Tanah Pada Survey Lapangan	57
6.	Nilai C-Organik Dan <i>Digital Number</i> untuk Membangun Model Estimasi C-Organik	59
7.	Uji Korelasi Menggunakan Minitab 14.....	60
8.	Uji Regresi Stepwise Menggunakan Minitab 14	61
9.	Uji t berpasangan Menggunakan Minitab 14	62



I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bahan organik merupakan salah satu bagian terpenting di dalam tanah, meskipun komposisinya di dalam tanah sangat sedikit (<5%) yang dikarenakan adanya pengelolaan tanah secara intensif atau terus-menerus, bahan organik tanah (BOT) memegang peranan penting dalam menentukan sifat fisik, kimia, serta aktivitas biologi di dalam tanah yang berpengaruh terhadap daya dukung dan produktivitas lahan (Mulyanto, 2004). Distribusi bahan organik biasanya dinyatakan dalam karbon (C) organik. Pengaruhnya terhadap sifat fisik tanah diantaranya adalah: berperan dalam memperbaiki struktur tanah, menurunkan plastisitas dan menjaga kelembaban melalui peningkatan daya jerap tanah terhadap air (Hanafiah, 2005). Organisme tanah, baik flora maupun fauna, memanfaatkan BOT sebagai sumber energi dalam melakukan aktivitas dekomposisi. BOT memegang peranan penting memperbaiki kesuburan tanah dengan bertindak sebagai *buffer* pH, peningkat kapasitas tukar kation (KTK), kapasitas tukar anion dan sebagai sumber unsur hara bagi tanaman (Zech *et al.*, 1997).

Peranan bahan organik dalam penyediaan unsur hara juga dapat melalui pelapukan mineral dan proses khelatisasi kation-kation, terutama kation Al dan Fe yang bersifat reaktif, sehingga melepaskan unsur hara dari jerapannya untuk meningkatkan ketersediaan dalam tanah (Huang dan Schnitzer, 1997). Peran bahan organik dalam peningkatan ketersediaan hara pada tanah dan tanaman melalui proses pelapukan mineral dan khelatisasi kation tersebut tidak terlepas dari keberadaan senyawa asam organik. Asam-asam organik tersebut merupakan senyawa hasil dari dekomposisi bahan organik tanah oleh jasad hidup.

Halim (2007) menyatakan bahwa pengelolaan lahan pertanian terutama pola penanaman berpengaruh pada jumlah kandungan bahan organik tanah melalui proses pengembalian bahan organik itu sendiri. Bahan organik tanah tersebut kebanyakan (sebesar > 95%) dapat diperoleh dari residu tanaman seperti akar, batang, daun yang gugur, atau tanaman yang tertinggal kemudian dikembalikan ke tanah, berisi unsur-unsur hara yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman.

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.

Kandungan C-Organik tanah umumnya dapat diketahui melalui analisis Laboratorium. Tetapi, cara ini memiliki kelemahan yaitu biaya analisis yang banyak. Cara lain yaitu dengan mengamati langsung di lapangan dengan mengukur faktor yang mempengaruhi ketersediaan C-Organik seperti ketebalan seresah (akar, ranting, batang dan daun), tekstur tanah dan drainase. Cara tersebut juga dapat digunakan untuk menganalisis kandungan C-Organik secara langsung di lapangan tetapi cara ini akan menimbulkan masalah apabila dilakukan di area yang cukup luas karena memerlukan waktu dan biaya yang banyak. Penggunaan teknologi penginderaan jauh (PJ) dan sistem informasi geografis (SIG) dapat digunakan untuk mengestimasi kandungan C-Organik tanah, meskipun harus melalui kajian korelasi kandungan C-Organik di lapangan dengan karakteristik pada citra penginderaan jauh dan estimasinya melalui model yang dikembangkan dalam SIG (Riza, 2010).

Penginderaan jauh yaitu sebuah teknologi untuk memperoleh informasi tentang suatu obyek, daerah atau fenomena yang dikaji (Lillesand dan Kiefer, 2000). Sistem informasi geografis digunakan guna menunjang manajemen data spasial dalam memberikan informasi untuk rekomendasi guna mendukung perencanaan pertanian secara berkelanjutan. Diharapkan dengan menggunakan teknologi tersebut dapat menekan biaya dan waktu yang diperlukan untuk analisa. Teknologi penginderaan jauh yang meliputi pengukuran dan analisis pantulan radiasi gelombang elektromagnetik dari suatu obyek di muka bumi. Perolehan data penginderaan jauh bisa melalui sistem aktif atau sistem pasif. Sistem pasif jika sensor menerima pantulan atau pancaran gelombang elektromagnet dari obyek yang ada di permukaan bumi, sedangkan sistem aktif jika sensor memancarkan energi ke obyek dan menerima pantulan sinyal yang dikirimkan. Data penginderaan jauh dalam bentuk digital dapat dianalisis dengan komputer secara kuantitatif dan konsisten. Landsat yang terdiri dari beberapa jumlah *band* memiliki jumlah piksel dan nilai *digital number* yang akan digunakan untuk

menguji hubungan statistik antara reflektansi spektral dengan kandungan C-Organik tanah untuk mendapatkan peta C-Organik tanah secara akurat. Sistem informasi geografis (SIG) digunakan untuk menunjang data spasial dalam memberikan informasi.

Penelitian ini dilakukan di Kota Batu yang merupakan salah satu sentra produksi hortikultura di Jawa Timur. Tanaman hortikultura membutuhkan tanah yang subur dengan konsistensi gembur. Tanah yang demikian membutuhkan kandungan C-Organik yang tinggi. Penggunaan lahan monokultur yang berlangsung terus-menerus selama berpuluh-puluh tahun berpotensi menurunkan kandungan C-Organik tanah. Selain itu, erosi dan longsor menyebabkan berpindahnya lapisan tanah yang kaya akan bahan organik dan muncul lapisan bawah yang miskin bahan organik. Penurunan kandungan C-Organik tanah ini pada akhirnya dapat mempengaruhi produksi hortikultura dan jumlah pupuk yang dibutuhkan. Dengan demikian, penghasilan petani akan semakin sedikit karena produksi yang rendah dan biaya yang tinggi.

Estimasi kandungan C-Organik ini diharapkan dapat menginformasikan kandungan C-Organik tanah di Kota. Alur pikir penelitian disajikan pada Gambar 1.

1.2 Tujuan Penelitian

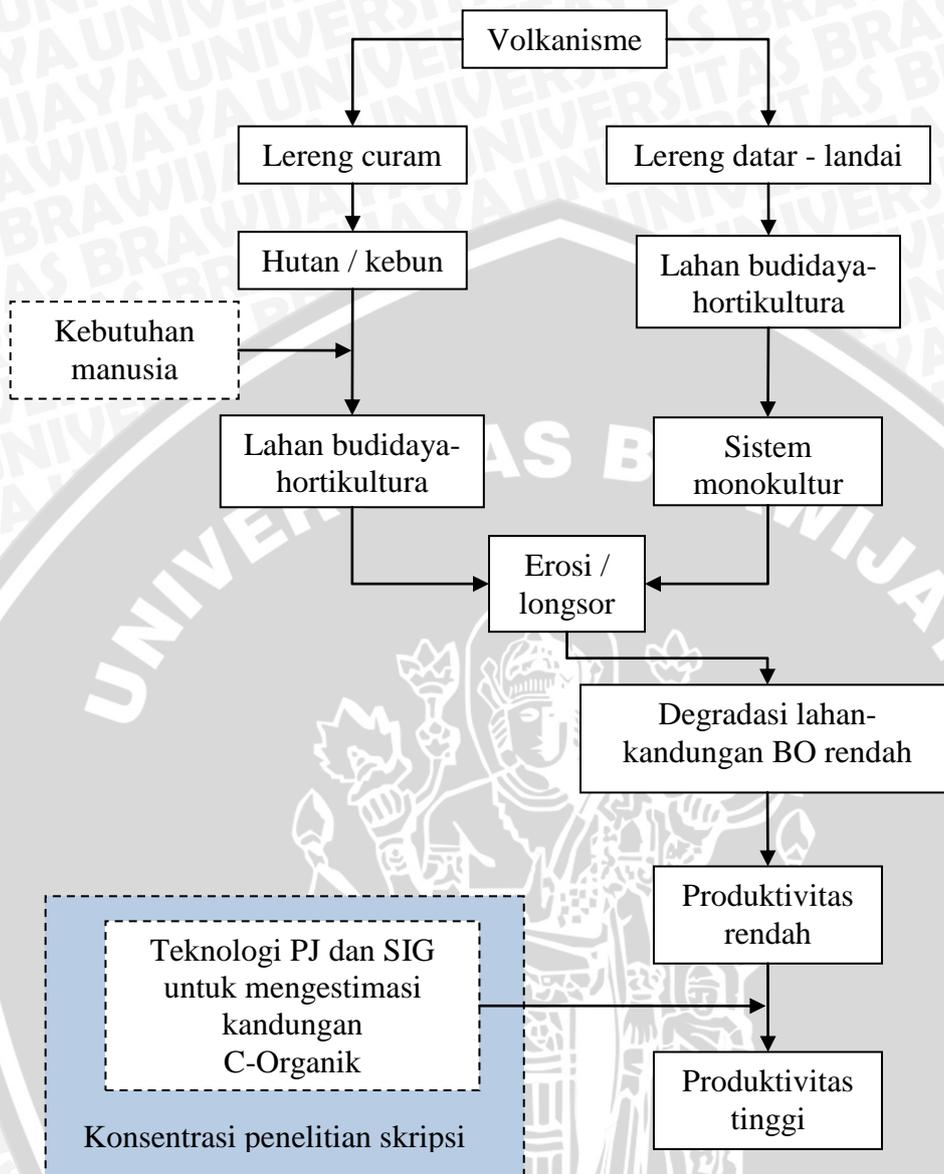
1. Mencari hubungan antara nilai *digital number* pada citra Landsat 8 dengan kandungan C-Organik tanah.
2. Menentukan model estimasi C-Organik tanah berbasis *digital number*.

1.3 Hipotesis

1. Nilai *digital number* pada Landsat 8 berkorelasi dengan kandungan C-Organik tanah.
2. Model matematis yang dihasilkan dari nilai *digital number* pada Landsat 8 digunakan untuk mengestimasi kandungan C-Organik tanah di Kota Batu.

1.4 Manfaat

Penelitian ini bermanfaat sebagai informasi pemanfaatan citra satelit Landsat 8 untuk mengestimasi kandungan C-Organik tanah di Kota Batu.



Gambar 1. Alur Pikir Penelitian

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bahan Organik Tanah

2.1.1 Pengertian Bahan Organik Tanah

Karien (2007) menyatakan bahwa bahan organik merupakan bahan-bahan yang dapat diperbaharui, didaur ulang, dirombak oleh bakteri-bakteri tanah menjadi unsur yang dapat digunakan oleh tanaman tanpa mencemari tanah dan air. Menurut Stevenson (1994), bahan organik tanah adalah semua jenis senyawa organik yang terdapat di dalam tanah, termasuk seresah, fraksi bahan organik ringan, biomassa mikroorganisme, bahan organik terlarut di dalam air, dan bahan organik yang stabil atau humus. Kononova (1961) menyatakan bahan organik adalah bagian dari tanah yang merupakan suatu sistem kompleks dan dinamis, yang bersumber dari sisa tanaman atau binatang yang terdapat di dalam tanah yang terus menerus mengalami perubahan bentuk, karena dipengaruhi oleh faktor biologi, fisika, dan kimia.

2.1.2 Sumber C-Organik Tanah

Soepardi (1983) menyatakan bahwa sumber asli C-Organik ialah jaringan tumbuhan. Daun, ranting, cabang, batang dan akar tumbuhan menyediakan sejumlah bahan organik setiap tahunnya, dari tanah yang diusahakan manusia, sebagian dari tumbuhan diangkat 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.

Menurut Foth (1998) di 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. Distribusi C-organik dalam sebuah ekosistem disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Jumlah Dan Distribusi C-Organik (Klemedson, 1975 dalam Foth, 1998)

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

Kerusakan tanah secara garis besar dapat digolongkan menjadi tiga kelompok utama, yaitu kerusakan sifat kimia, fisika dan biologi tanah. Kerusakan kimia tanah dapat terjadi karena proses pemasaman tanah, akumulasi garam-garam (salinisasi), tercemar logam berat, dan tercemar senyawa-senyawa organik dan xenobiotik seperti pestisida atau tumpahan minyak bumi (Djajakirana, 2001). Terjadinya pemasaman tanah dapat diakibatkan penggunaan pupuk nitrogen buatan secara terus menerus dalam jumlah besar (Brady, 1990). Kerusakan tanah secara fisik dapat diakibatkan karena kerusakan struktur tanah yang dapat menimbulkan pemadatan tanah. Kerusakan struktur tanah ini dapat terjadi akibat pengolahan tanah yang salah atau penggunaan pupuk kimia secara terus menerus. Kerusakan biologi ditandai oleh penyusutan populasi maupun berkurangnya biodiversitas organisme tanah, dan terjadi biasanya bukan kerusakan sendiri, melainkan akibat dari kerusakan lain (fisik dan atau kimia). Sebagai contoh penggunaan pupuk nitrogen (dalam bentuk ammonium sulfat dan *sulfur coated urea*) yang terus menerus selama 20 tahun dapat menyebabkan pemasaman tanah sehingga populasi cacing tanah akan turun drastis (Ma *et al.*, 1990).

Menurut Lal (1995), pengelolaan tanah yang berkelanjutan berarti suatu upaya pemanfaatan tanah melalui pengendalian masukan dalam suatu proses untuk memperoleh produktivitas tinggi secara berkelanjutan, meningkatkan kualitas tanah, serta memperbaiki karakteristik lingkungan. Dengan demikian diharapkan kerusakan tanah dapat ditekan seminimal mungkin sampai batas yang dapat ditoleransi, sehingga sumberdaya tersebut dapat dipergunakan secara lestari dan dapat diwariskan kepada generasi yang akan datang.

Bahan organik tanah berpengaruh terhadap sifat-sifat kimia, fisik, maupun biologi tanah antara lain: bahan organik memiliki peran penting dalam

menentukan kemampuan tanah untuk mendukung tanaman, sehingga jika kandungan bahan organik tanah menurun, kemampuan tanah dalam mendukung produktivitas tanaman juga menurun. Menurunnya kandungan bahan organik merupakan salah satu bentuk kerusakan tanah yang umum terjadi. Kerusakan tanah merupakan masalah penting bagi negara berkembang karena intensitasnya yang cenderung meningkat sehingga tercipta tanah-tanah rusak yang jumlah maupun intensitasnya meningkat. Stevenson (1994) menyatakan sembilan fungsi bahan organik di dalam tanah, baik terhadap sifat fisik, kimia maupun biologi tanah.

1. Berpengaruh langsung maupun tidak langsung terhadap ketersediaan hara. 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_2 dengan cara menyediakan energi bagi bakteri penambat N_2 , membebaskan fosfat yang difiksasi secara kimiawi maupun biologi dan menyebabkan pengkkelatan unsur mikro sehingga tidak mudah hilang dari zona perakaran.
2. Membentuk agregat tanah yang lebih baik dan memantapkan agregat yang telah terbentuk sehingga aerasi, permeabilitas dan infiltrasi menjadi lebih baik. Akibatnya adalah daya tahan tanah terhadap erosi akan meningkat.
3. Meningkatkan retensi air yang dibutuhkan bagi pertumbuhan tanaman. Karena semakin bertambahnya bahan organik tersedia semakin besar air yang meresap dan tersimpan dalam tanah.
4. Meningkatkan retensi unsur hara melalui peningkatan muatan di dalam tanah. Bahan organik yang dikelola dengan baik secara alami menyediakan hara yang dibutuhkan oleh tanaman.
5. Mengimobilisasi senyawa antropogenik maupun logam berat yang masuk ke dalam tanah.
6. Meningkatkan kapasitas sangga tanah yang nantinya menjaga tanah agar tidak mudah rusak ketika kekurangan ataupun kelebihan air.
7. Meningkatkan suhu tanah yang bertujuan menjaga tanah agar tidak terlalu lembab atau kering supaya produktivitas tetap konstan atau stabil.

8. Mensuplai energi bagi organisme tanah, melalui bahan organik tanah yang terbuat dari daun, ranting, ataupun yang lainnya organisme dalam maupun luar tanah dalam mendekomposisi bahan tersebut yang digunakan untuk makanan organisme tersebut.
9. Meningkatkan organisme saprofit dan menekan organisme parasit bagi tanaman. Organisme saprofit berguna untuk menunjang proses pengelolaan tanah namun organisme parasit tidak.

Selain memiliki dampak positif, penggunaan bahan organik dapat pula memberikan dampak negatif. Salah satu dampak negatif yang dapat muncul akibat dari penggunaan bahan organik yang berasal dari sampah kota adalah meningkatnya logam berat yang dapat diasimilasi dan diserap tanaman, meningkatkan salinitas, kontaminasi dengan senyawa organik seperti poli khlorat bifenil, fenol, hidrocarburate polisiklik aromatik, dan asam-asam organik (propionik dan butirik) (*de Haan, 1981 dalam Aguilar et al., 1997*).

Faktor yang mempengaruhi pembentukan tanah juga harus diperhatikan karena mempengaruhi jumlah bahan organik. Miller (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.

Faktor-faktor yang mempengaruhi dekomposisi bahan organik dapat dikelompokkan dalam tiga grup yaitu sifat dari bahan tanaman termasuk jenis tanaman, umur tanaman dan komposisi kimia, tanah termasuk aerasi, temperatur, kelembaban, kemasaman, dan tingkat kesuburan, dan faktor iklim terutama pengaruh dari kelembaban dan temperatur.

2.1.3 Menentukan Bahan Organik Tanah

Bahan organik secara umum dibedakan atas bahan organik yang relatif sukar didekomposisi karena disusun oleh senyawa siklik yang sukar diputus atau dirombak menjadi senyawa yang lebih sederhana, termasuk di dalamnya adalah bahan organik yang mengandung senyawa lignin, minyak, lemak, dan resin yang umumnya ditemui pada jaringan tumbuh-tumbuhan dan bahan organik yang mudah didekomposisikan karena disusun oleh senyawa sederhana yang terdiri dari C, O, dan H, termasuk di dalamnya adalah senyawa dari selulosa, pati, gula

dan senyawa protein, dari berbagai aspek tersebut jika kandungan bahan organik tanah cukup, maka kerusakan tanah dapat diminimalkan, bahkan dapat dihindari. Jumlah bahan organik di dalam tanah dapat berkurang hingga 35% untuk tanah yang ditanami secara terus menerus dibandingkan dengan tanah yang belum ditanami atau belum dijamah (Brady, 1990). Young (1989) menyatakan bahwa untuk mempertahankan kandungan bahan organik tanah agar tidak menurun, diperlukan minimal 8 – 9 ton/ha bahan organik setiap tahunnya.

Hairah *et al.* (2000) menyatakan beberapa cara untuk mendapatkan bahan organik, antara lain: pengembalian sisa panen, pemberian pupuk kandang dan pemberian pupuk hijau.

1. Pengembalian sisa panen. Jumlah sisa panen tanaman pangan yang dapat dikembalikan ke dalam tanah 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.
2. Pemberian pupuk kandang. Pupuk kandang yang berasal dari kotoran hewan peliharaan seperti sapi, kambing, kerbau dan ayam, atau bisa juga dari hewan liar seperti kelelawar atau burung dapat dipergunakan untuk menambah kandungan bahan organik tanah. Pengadaan atau penyediaan kotoran hewan seringkali sulit dilakukan karena memerlukan biaya transportasi yang besar.
3. Pemberian pupuk hijau. Pupuk hijau bisa diperoleh dari serasah dan dari pangkasan tanaman penutup yang ditanam selama masa bera atau pepohonan dalam larikan sebagai tanaman pagar. Pangkasan tajuk tanaman penutup tanah dari famili leguminosae dapat memberikan masukan bahan organik sebanyak 1.8 – 2.9 ton/ha (umur 3 bulan) dan 2.7 – 5.9 ton/ha untuk yang berumur 6 bulan.

2.1.4 Kriteria C-Organik Tanah

Hardjowigeno (1995) menyatakan bahwa setiap unsur hara selalu mempunyai nilai atau kriteria untuk mencukupi kebutuhan tumbuh tanaman agar dapat dikategorikan menjadi tanah yang subur (Tabel 2).

Tabel 2. Kriteria Dan Nilai C-Organik

No.	C -Organik	
	Kriteria	(%)
1	Sangat Rendah	< 1,00
2	Rendah	1,00 - 2,00
3	Sedang	2,01 - 3,00
4	Tinggi	3,01 - 5,00
5	Sangat tinggi	> 5,00

2.2 Penginderaan Jauh

Menurut Lo (1996) penginderaan jauh adalah suatu teknologi untuk mengumpulkan informasi mengenai objek dan lingkungannya dari jarak jauh tanpa sentuhan fisik. Pengambilan data penginderaan jauh dilakukan dengan menggunakan suatu alat yang disebut sensor. Berbagai macam sensor telah dipasang pada wahana pengumpul data penginderaan jauh seperti balon udara, pesawat terbang, satelit, dan wahana lainnya.

Teknologi penginderaan jauh meliputi pengukuran dan analisa pantulan radiasi gelombang elektromagnetik dari obyek dengan sistem pasif maupun aktif. Respon radiasi dari masing-masing spektrum gelombang elektromagnetik menunjukkan tipe atau jenis material obyek dan respon masing-masing spektrum gelombang elektromagnetik dikumpulkan dalam bentuk citra multispektral (Wolf, 1993). Obyek yang diindera adalah obyek permukaan bumi, di atmosfer dan di antariksa. Data penginderaan jauh dapat berupa citra (*imagery*), grafik, dan data numerik. Data tersebut dapat dianalisis untuk mendapatkan informasi tentang obyek, daerah, atau fenomena diteliti. Proses penerjemahan data menjadi informasi dan dilakukan secara digital dengan bantuan komputer yang disebut interpretasi digital.

Data hasil perekaman penginderaan jauh lazim disebut citra. Sebuah citra adalah representasi dua dimensi dari permukaan bumi yang dilihat dari luar angkasa. Dalam hal ini, terdapat dua macam citra yaitu citra analog dan digital. Salah satu contoh citra analog ialah foto udara, sedangkan citra digital adalah citra satelit. Citra satelit dibangun oleh struktur dua dimensi dari elemen gambar yang disebut piksel. Setiap piksel memuat informasi tentang warna, ukuran dan lokasi dari sebagian/sebuah obyek. Informasi warna pada piksel disebut angka digital (*digital number-DN*). DN 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. Citra yang dihasilkan oleh sebuah satelit akan memperlihatkan keseluruhan penampakan tutupan lahan di bumi sehingga dapat dimanfaatkan dalam berbagai bidang untuk mendeteksi suatu obyek. Dalam bidang pertanian, umumnya obyek yang diamati adalah vegetasi, air, dan tanah. Obyek tersebut dapat dideteksi menggunakan citra hasil pengolahan yang dapat menunjukkan indeks tanah (*Normalize Difference Soil Index, NDSI*), dan indeks vegetasi (*Normalize Difference Vegetation Index, NDVI*). Hal tersebut dilakukan untuk meminimalkan ragam ciri spektral tutupan lahan di atasnya sehingga diperoleh pantulan dari tanah, air, dan vegetasi saja (Ekadinata *et al.*, 2008).

2.3 Sistem Informasi Geografi

Pengertian Sistem Informasi Geografis (SIG) saat ini lebih sering diterapkan bagi teknologi informasi spasial atau geografi yang berorientasi pada penggunaan teknologi komputer. Dalam hubungannya dengan teknologi komputer, Aronoff (1989) menyatakan SIG sebagai sistem berbasis komputer yang memiliki kemampuan dalam menangani data bereferensi geografi yaitu pemasukan data, manajemen data (penyimpanan dan pemanggilan kembali), memanipulasi dan analisis data serta keluaran sebagai hasil akhir (*output*).

SIG adalah kumpulan yang terorganisir dari perangkat keras komputer, perangkat lunak, data geografi dan personil yang dirancang secara efisien untuk memperoleh, menyimpan, memperbarui, memanipulasi, menganalisis dan menampilkan semua bentuk informasi yang bereferensi geografi. Sebagaimana pengertian dari ESRI (1990) adalah "*A Geographic Information System (GIS) integrates hardware, software, and data for capturing, managing, analyzing, and displaying all forms of geographically referenced information*".

Pengertian sederhana dari SIG adalah suatu teknologi baru yang pada saat ini menjadi alat bantu (*tools*) yang sangat esensial dalam menyimpan, memanipulasi, menganalisis dan menampilkan kembali kondisi-kondisi alam dengan bantuan data atribut dari data spasial (Prahasta, 2005). Secara lebih rinci Rohmat (2009), menyatakan bahwa "kata kunci dalam definisi tersebut (SIG) adalah data yang memiliki referensi spasial atau ruang. Hal ini berarti bahwa

semua data yang memiliki referensi ruang dapat dimasukkan, dikelola, dan dianalisis serta ditampilkan dengan menggunakan SIG”.

Sementara pengertian SIG Murai dalam Elly (2009) adalah sistem informasi yang digunakan untuk memasukkan, menyimpan, memanggil, mengolah, menganalisis dan menghasilkan data bereferensi geografis atau data geospasial, untuk mendukung pengambilan keputusan dalam perencanaan dan pengelolaan penggunaan lahan, sumber daya alam, lingkungan, transportasi, fasilitas kota dan pelayanan umum lainnya. Mufidah (2006) menyatakan bahwa berdasarkan fungsinya sebagai aplikasi sistem informasi geografis merupakan sistem informasi berbasis komputer yang menggabungkan antara unsur peta (geografis) dan informasinya tentang peta tersebut (data atribut) yang dirancang untuk mendapatkan, mengolah, memanipulasi, analisa, memperagakan dan menampilkan data spasial untuk menyelesaikan perencanaan, mengolah dan meneliti permasalahan.

2.4 Citra Landsat 8

Data Landsat banyak digunakan karena resolusi spasial yang cukup baik (30m) kombinasi sensor radiometrik dengan resolusi radiometrik cukup tinggi (total 11 *band*), cakupan area yang luas, resolusi temporal yang cukup tinggi (16 hari) dan kelengkapan data historis yang lengkap. Perubahan data dari 6 bits (64 tingkatan warna) menjadi 8 bits (255 tingkatan warna). Karakteristik Landsat 8 yang mirip dengan Landsat 7, baik resolusinya (spasial, temporal, spektral), metode koreksi, ketinggian terbang maupun karakteristik sensor yang dibawa. Hanya saja ada beberapa tambahan yang menjadi titik penyempurnaan dari Landsat 7 seperti jumlah *band*, rentang spektrum gelombang elektromagnetik terendah yang dapat ditangkap sensor serta nilai bit (rentang nilai *digital number*) dari tiap piksel citra.

Landsat 8 memiliki beberapa keunggulan khususnya terkait spesifikasi band-band yang dimiliki maupun panjang rentang spektrum gelombang elektromagnetik yang ditangkap. Sebagaimana telah diketahui, warna objek pada citra tersusun atas 3 warna dasar, yaitu *Red*, *Green* dan *Blue (RGB)*. Dengan makin banyaknya *band* sebagai penyusun *RGB* komposit, maka warna-warna obyek menjadi lebih bervariasi.

Ada beberapa spesifikasi baru yang terpasang pada *band* Landsat ini khususnya pada *band* 1, 9, 10, dan 11. *Band* 1 (*ultra blue*) dapat menangkap panjang gelombang elektromagnetik lebih rendah dari pada *band* yang sama pada Landsat 7, sehingga lebih sensitif terhadap perbedaan reflektan air laut atau aerosol. *Band* ini unggul dalam membedakan konsentrasi aerosol di atmosfer dan mengidentifikasi karakteristik tampilan air laut pada kedalaman berbeda.

Deteksi terhadap awan (*cirrus*) juga lebih baik dengan dipasangnya *band* 9 pada sensor OLI (*Onboard Operational Land Imager*), sedangkan *band thermal* (*band* 10 dan 11) sangat bermanfaat untuk mendeteksi perbedaan suhu permukaan bumi dengan resolusi spasial 100 m. Pemanfaatan sensor ini dapat membedakan bagian permukaan bumi yang memiliki suhu lebih panas dibandingkan area sekitarnya.

Sebelumnya kita mengenal tingkat keabuan (*Digital Number-DN*) pada citra Landsat berkisar antara 0-255. Landsat 8 memiliki nilai DN dengan interval yang lebih panjang, yaitu 0-65535. Kelebihan ini merupakan akibat dari peningkatan sensitifitas landsat dari yang semula tiap piksel memiliki kuantifikasi 8 bit, sekarang telah ditingkatkan menjadi 12 bit. Peningkatan ini akan lebih membedakan tampilan obyek-obyek di permukaan bumi sehingga mengurangi terjadinya kesalahan interpretasi.

Terkait resolusi spasial, Landsat 8 memiliki kanal-kanal dengan resolusi tingkat menengah, setara dengan kanal-kanal pada Landsat 5 dan 7. Umumnya kanal pada OLI (*Onboard Operational Land Imager*) memiliki resolusi 30 m, kecuali untuk pankromatik 15 m. Dengan demikian produk-produk citra yang dihasilkan oleh Landsat 5 dan 7 pada beberapa dekade masih relevan bagi studi data *time series* terhadap Landsat 8.

Kelebihan lainnya tentu saja adalah akses data yang terbuka dan gratis. Meskipun resolusi yang dimiliki tidak setinggi citra berbayar seperti Ikonos, Geo Eye atau Quick Bird, namun resolusi 30 m dan piksel 12 bit akan memberikan begitu banyak informasi berharga bagi para pengguna. Terlebih lagi, produk citra ini bersifat *time series* tanpa *striping* (kelemahan Landsat 7 setelah tahun 2003). Karakteristik Landsat 8 disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Karakteristik Spektral Landsat 8 (USGS, 2014)

Sensor	Deskripsi	Panjang Gelombang (μm)	Resolusi
Band 1	Coastal Aerosol	0.43 – 0.45 μm	30 m
Band 2	Visible (Blue)	0.45 – 0.51 μm	30 m
Band 3	Visible (Green)	0.53 – 0.59 μm	30 m
Band 4	Visible (Red)	0.64 – 0.67 μm	30 m
Band 5	Near - Infrared (NIR)	0.85 – 0.88 μm	30 m
Band 6	Shortwave Infrared Range (SWIR 1)	1.57 – 1.65 μm	30 m
Band 7	Shortwave Infrared Range (SWIR 2)	2.11 – 2.29 μm	30 m
Band 8	Panchromatic (PAN)	0.50 – 0.68 μm	15 m
Band 9	Cirrus	1.36 – 1.38 μm	30 m
Band 10	Thermal Infrared (TIRS 1)	10.60 – 11.19 μm	100 m
Band 11	Thermal Infrared (TIRS 2)	11.50 – 12.51 μm	100 m

Lebih detailnya Landsat 8 mempunyai spesifikasi setiap panjang gelombang atau setiap *band*. Penjelasan spesifikasi untuk masing-masing *band* disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Spesifikasi Band Landsat 8 (USGS, 2014)

Band	Panjang Gelombang	Kegunaan utama
1	0.43 – 0.45 μm	Deteksi pesisir pantai untuk membedakan perairan asin dengan perairan tawar
2	0.45 – 0.51 μm	Penetrasi tubuh air, analisis penggunaan lahan, tanah, dan vegetasi. Pembedaan vegetasi dan lahan.
3	0.53 – 0.59 μm	Pengamatan puncak pantulan vegetasi pada saluran hijau yang terletak diantara dua saluran penyerapan. Pengamatan ini dimaksudkan untuk membedakan jenis vegetasi dan untuk membedakan tanaman sehat terhadap tanaman yang tidak sehat.
4	0.64 – 0.67 μm	Saluran terpenting untuk membedakan jenis vegetasi. Saluran ini terletak pada salah satu daerah penyerapan klorofil.
5	0.85 – 0.88 μm	Saluran yang peka terhadap biomasa vegetasi. Juga untuk identifikasi jenis tanaman. Memudahkan pembedaan tanah dan tanaman serta lahan dan air.
6	1.57 – 1.65 μm	Saluran penting untuk pembedaan jenis tanaman, kandungan air pada tanaman, kondisi kelembapan tanah.
7	2.11 – 2.29 μm	Klasifikasi vegetasi, analisis gangguan vegetasi. Pembedaan kelembapan tanah, dan keperluan lain yang berhubungan dengan gejala termal.
8	0.50 – 0.68 μm	Studi kota, penajaman batas linier, analisis tata ruang.
9	1.36 – 1.38 μm	Deteksi awan setiap pergerakannya
10	10.60 – 11.19 μm	Untuk membedakan formasi batuan dan untuk pemetaan hidrotermal.
11	11.50 – 12.51 μm	Untuk membedakan formasi batuan dan untuk pemetaan hidrotermal.

2.5 Estimasi C-Organik Tanah Melalui Teknologi Penginderaan Jauh

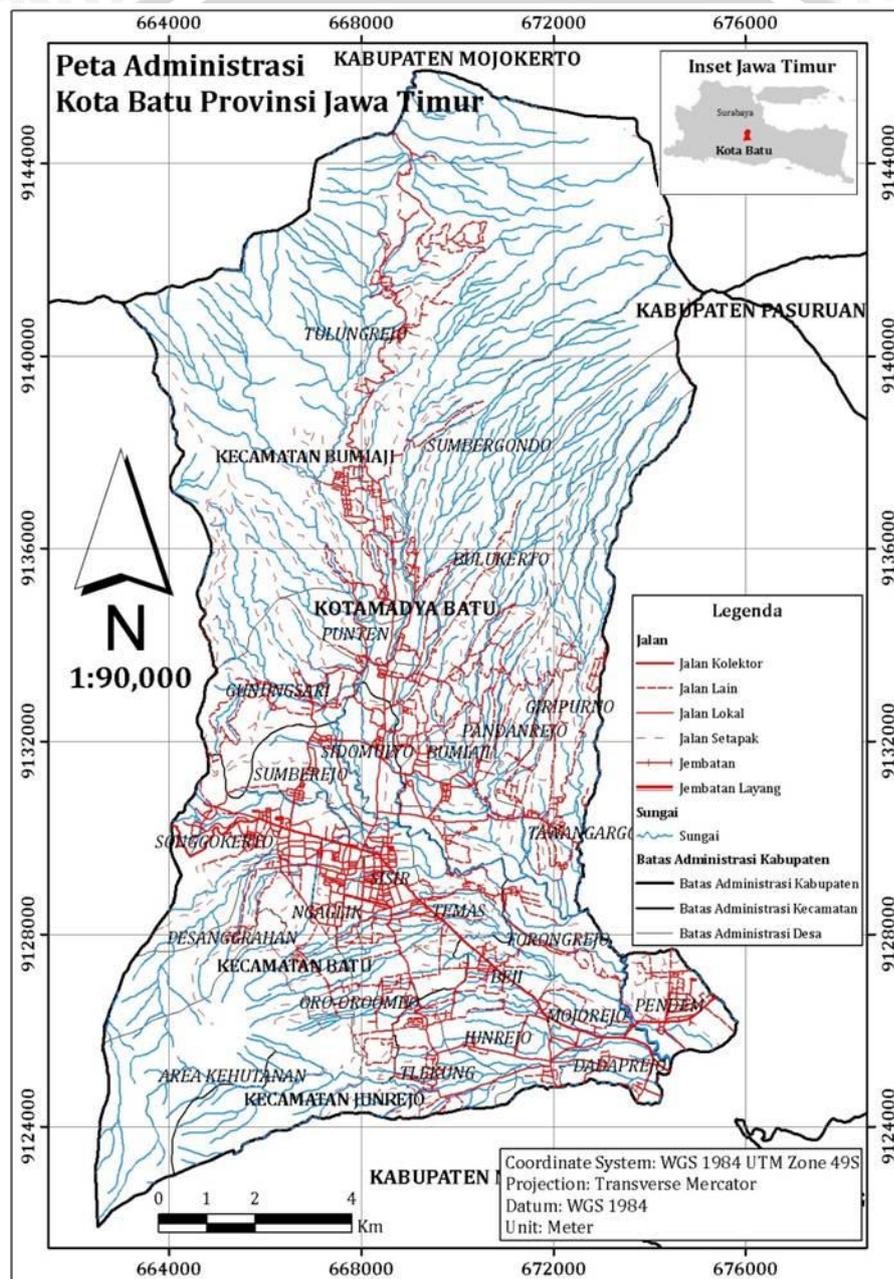
Penginderaan jauh dimanfaatkan untuk mengestimasi kandungan C-Organik tanah dilakukan dengan mencari hubungan antara nilai pengukuran C-Organik dengan nilai spektral dari citra satelit. Sukojo dan Wahono (2002) menyatakan bahwa terdapat hubungan antara nilai reflektansi spektral dari *band* 1 (X_1), *band* 2 (X_2), *band* 3 (X_3), *band* 4 (X_4), *band* 5 (X_5) dan *band* 7 (X_7) dengan kandungan bahan organik yang ditunjukkan dengan model matematis $Y = -39,474 + 0,547441 * X_1 + 0,969264 * X_2 - 1,26127 * X_3 + 0,62799 * X_4 - 0,66328 * X_5 + 1,100529 * X_7$ dengan nilai $R^2 = 0,68$. Dipihak lain Rama Prana Jaya (2009) menyatakan bahwa penginderaan jauh dapat mengestimasi kandungan C-Organik, yang hasilnya menyatakan bahwa derajat keabuan citra asli sebagai variabel bebas yang telah teregresikan dapat mengestimasi kandungan C-Organik tanah, hasil model regresi tersebut sama dengan hasil model dari penelitian Sukojo dan Wahono yang *band* 1 sampai *band* 7 merupakan derajat keabuan citra satelit. Kongapai (2007) juga menyatakan bahwa terdapat hubungan antara reflektansi spektral pada citra satelit Landsat dari *band* 1 (X_1), *band* 3 (X_3), dan *band* 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 analisis statistik dan memiliki nilai $R^2 = 0,36$. Dari penelitian Riza (2010) keeratan hubungan antar nilai nilai reflektansi spektral dari *band* 1 (X_1), *band* 3 (X_3) dan *band* 4 (X_4) dengan nilai C-Organik dengan model matematis $Y = -0,849 + 0,017 * X_1 - 0,008 * X_3 + 0,011 * X_4$ persamaan tersebut memiliki nilai $R^2 = 0,52$, serta dihasilkan model dari NDVI yang lebih memiliki hubungan dari pada NDSI yang ditunjukkan dengan nilai $r = 0,65$ dengan model yang terbentuk $Y = 0,023 * NDVI - 0,630$ dengan $R^2 = 0,43$.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu

3.1.1 Tempat Penelitian

Lokasi penelitian ini dilaksanakan di Kota Batu Provinsi Jawa Timur. Pada daerah penelitian terdapat beberapa kelas penggunaan lahan, yaitu; 1) sawah, 2) semak-belukar, 3) tegalan, 4) kebun, 5) hutan produksi (hutan terganggu) dan 6) pemukiman. Berikut peta administrasi disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Peta Administrasi Kota Batu Malang

Analisis tanah untuk menganalisis kandungan C-Organik dilakukan di Laboratorium Kimia Tanah, persiapan analisis spasial dan analisis hasil dilakukan di Laboratorium Pedologi dan Sistem Informasi Sumberdaya Lahan Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya.

3.1.2 Waktu Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Desember 2013 sampai bulan April 2014, dimana penelitian tersebut dimulai dari persiapan sampai tahap pelaporan yang nantinya akan dipublikasikan.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Penelitian ini menggunakan alat untuk kegiatan survei lapangan yang meliputi *Global Positioning System* (GPS), kamera dan alat tulis. Untuk pengolahan data, baik data spasial maupun data non-spasial digunakan 2 jenis alat yaitu perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*).

Perangkat keras (*hardware*) yang digunakan dalam penelitian ini adalah laptop (Intel® Core™ i5-460M Processor 2.53 Ghz, 2 Gb DDR3 RAM) yang berfungsi untuk mengolah data dan membuat laporan serta printer yang berfungsi mencetak tulisan. Sedangkan perangkat lunak yang digunakan adalah ArcGIS 9.3, ENVI 5.1 dan PCI Geomatica 9.1 untuk mengolah data spasial. Analisis statistik menggunakan Minitab 14 digunakan untuk melakukan analisis korelasi untuk mengetahui keeratan hubungan dari masing-masing parameter, selanjutnya dilakukan regresi berganda untuk mendapatkan formula dari data pengukuran lapangan serta digunakan untuk menguji formula (uji t berpasangan). Microsoft Office 2007 berfungsi untuk mengetik laporan dan pengolahan data dari lapang. Peralatan yang digunakan di lapangan untuk pengambilan sampel tanah meliputi cetok, plastik dan alat tulis.

3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Citra Landsat 8 Path/row 118/65 bulan Maret tahun 2014, Peta Rupabumi Digital dari Bakosurtanal Tahun 2002 skala 1:25.000 Kota Batu dan sampel tanah untuk analisis C-Organik.

3.3 Tahapan Pelaksanaan

Penelitian ini dibagi menjadi tiga tahap pelaksanaan yaitu, tahapan persiapan, tahapan survei dan tahapan analisis data.

3.3.1 Tahapan Persiapan

Tahap ini meliputi kegiatan pengumpulan data, studi pustaka, dan penentuan rencana kegiatan. Pengumpulan data dilakukan pada tahap ini sehingga akan dihasilkan rencana kerja dan observasi yang sistematis. Penyiapan alat dan bahan juga dilakukan pada tahapan ini antara lain berupa laptop, printer, *Global Positioning System* (GPS), ArcGIS 9.3, PCI Geomatica 9.0, ENVI 5.1, citra satelit Landsat dan peta RBI digital yang didapat dari Laboratorium Pedologi dan Sistem Informasi Sumberdaya Lahan Jurusan Tanah Universitas Brawijaya. Data sekunder didapat dari hasil kegiatan penelitian Studi Detail Konservasi Sub Das Brantas Hulu dan hasil studi dari penelitian-penelitian sebelumnya. Data primer didapatkan dari hasil survei lapangan yang meliputi pengambilan sampel tanah di beberapa lokasi.

3.3.1.1 Persiapan Citra Satelit Digital Landsat 8

a. Koreksi Radiometrik

Koreksi radiometrik merupakan salah satu cara untuk perbaikan citra satelit untuk menghilangkan efek atmosferik atau faktor *error* yang mengakibatkan kenampakan bumi tidak selalu tajam atau tidak aktual. Kesalahan radiometrik disebabkan oleh faktor atmosfer, kerusakan sensor, arah dan intensitas cahaya matahari, pengaruh topografi dan sebagainya. Radiasi gelombang pendek dan albedo diestimasi berdasarkan nilai spektral radiasi yang diperoleh dari nilai *digital number* (USGS, 2009 dalam Simanjuntak, 2011).

Dimana dalam melakukan koreksi radiometrik harus melakukan beberapa tahap, antara lain koreksi pada radiasi untuk pemerataan bauran pada citra satelit melalui konversi TOA Radiasi Cahaya pada Persamaan 1, serta melakukan

koreksi reflektansi untuk meratakan pantulan pada citra satelit melalui konversi TOA Reflektansi pada Persamaan 2 kemudian tahap koreksi terakhir yaitu mengkoreksi sudut pantulan cahaya melalui TOA reflektansi dengan koreksi untuk sudut matahari pada Persamaan 3.

Konversi TOA Radiasi Cahaya

$$L_{\lambda} = M_L Q_{cal} + A_L \dots\dots\dots 1)$$

Dimana:

L_{λ} = TOA spektral radiasi cahaya (Watts/(m2 * srad * μm))

M_L = (RADIANCE_MULT_BAND_x)

A_L = (RADIANCE_ADD_BAND_x)

Q_{cal} = piksel value (DN)

Konversi TOA Reflektansi

$$\rho_{\lambda}' = M_{\rho} Q_{cal} + A_{\rho} \dots\dots\dots 2)$$

Dimana:

ρ_{λ}' = TOA reflektansi planet, tanpa koreksi untuk sudut matahari.
Perhatikan ρ_{λ} itu tidak berisi koreksi untuk sudut matahari.

M_{ρ} = (REFLECTANCE_MULT_BAND_x)

A_{ρ} = (REFLECTANCE_ADD_BAND_x)

Q_{cal} = piksel values (DN)

TOA reflektansi dengan koreksi untuk sudut matahari

$$\rho_{\lambda} = \frac{\rho_{\lambda}'}{\cos(\theta_{SZ})} = \frac{\rho_{\lambda}'}{\sin(\theta_{SE})} \dots\dots\dots 3)$$

Dimana:

ρ_{λ} = TOA reflektansi planet

θ_{SE} = Sudut elevasi matahari. Pusat sudut elevasi dalam derajat disediakan dalam metadata (SUN_ELEVATION).

θ_{SZ} = Sudut elevasi matahari; $\theta_{SZ} = 90^{\circ} - \theta_{SE}$

(USGS, 2014)



b. Koreksi Geometrik Citra

Koreksi geometrik bertujuan untuk memperbaiki kesalahan geometrik agar berada pada koordinat dan posisi yang benar. Prosedur dalam koreksi geometrik ini menggunakan software ArcGIS 9.3. Perbaikan kesalahan geometrik ini berdasar peta rupabumi yang sudah terkoreksi, atau dari data vektor peta digital lain yang sesuai dengan daerah liputan citra yang sudah terkoreksi. Kenampakan yang baik sebagai titik ikat adalah perpotongan jalan raya, batas garis pantai, sungai, dan kenampakan lainnya yang mudah dilihat. Pada proses koreksi diletakkan sejumlah titik ikat medan secara tersebar dan merata, hal ini dilakukan agar koreksi geometrik tersebut mempunyai hasil yang optimal dan berkualitas baik (Lillesand and Kiefer, 2000).

3.3.1.2 Pengambilan Nilai *Digital Number* Pada Citra Satelit

Prosedur pengambilan nilai *digital number* pada citra dilakukan dengan menggunakan software ArcGIS 9.3 yang dilakukan pada setiap *band* pada citra asli (kecuali *band* 10 dan *band* 11). Pengambilan nilai *digital number* ini berdasarkan pada titik pengamatan dan pengambilan sampel yang diperoleh dari data sekunder.

3.3.1.3 Klasifikasi Citra Satelit

Metode klasifikasi ini menggunakan metode *Supervised Classification*. Metode ini bertujuan menginterpretasikan citra menggunakan data spektral dan juga melalui informasi spasial dari obyek pada citra seperti, tekstur, bentuk, dan lain-lain.

3.3.1.4 Penentuan Titik Pengamatan

Titik pengamatan ditentukan secara acak, cara ini ditentukan dengan cara memilih lokasi pada penggunaan lahan tegalan di kota Batu tetapi cakupan titik pengamatannya menyebar ke seluruh *frame* area pengamatan sesuai dengan jumlah titik pengamatan yang telah ditentukan.

3.3.2 Tahapan Survei Lapangan

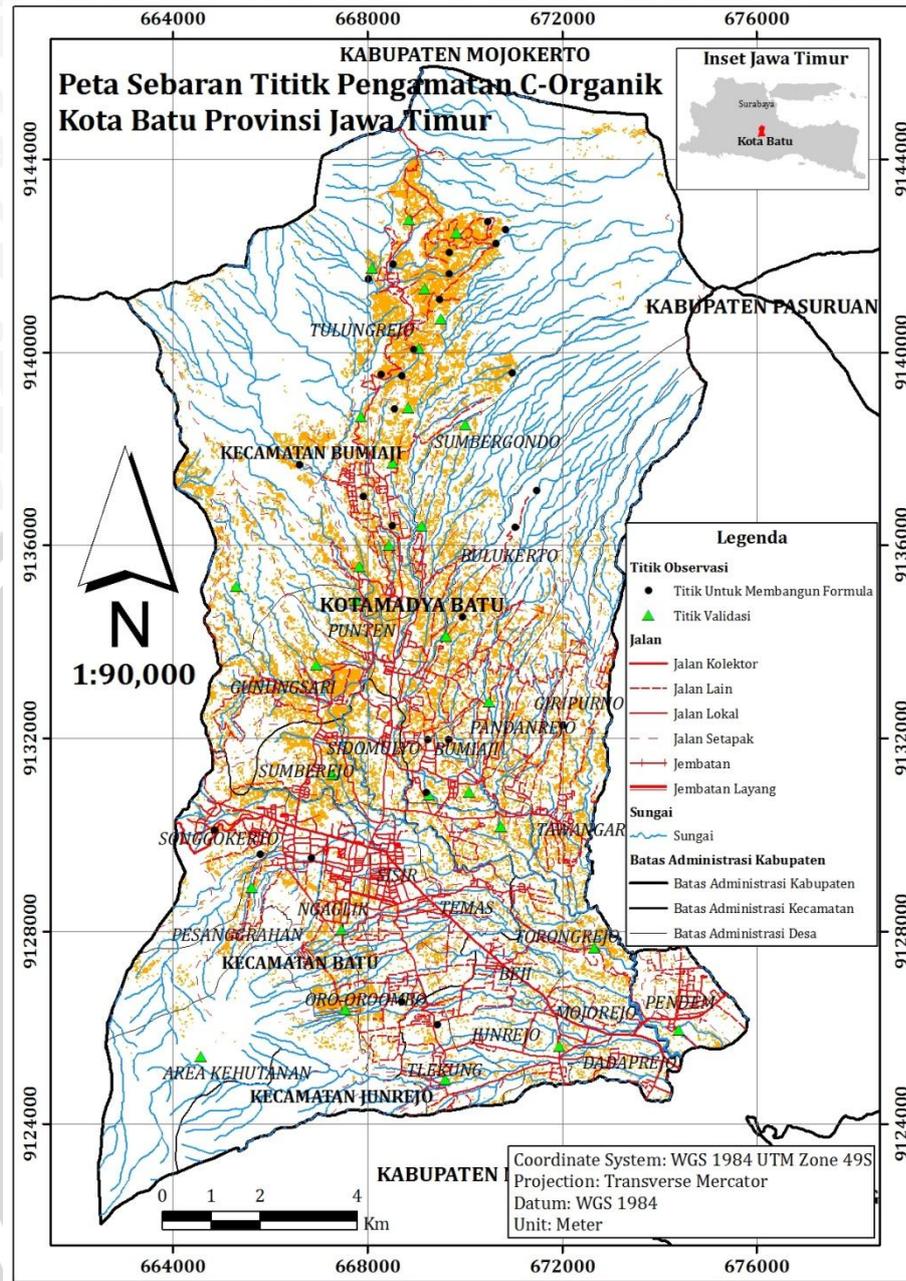
Setelah semua proses persiapan selesai dilaksanakan, maka dilakukan survei lapangan untuk melihat kondisi aktual, serta pengambilan sampel tanah. Alat yang diperlukan adalah GPS (*Global Positioning System*) yang berfungsi untuk

navigasi, kamera yang berfungsi untuk mengambil gambar obyek yang diamati, serta alat tulis untuk mencatat serta diperlukan peta titik observasi yang berfungsi sebagai petunjuk lokasi administrasi titik pengamatan.

Titik pengamatan lebih lanjut disajikan pada Gambar 3. Hasil tahapan survei ini nantinya akan digunakan sebagai landasan untuk dilakukan kajian secara teoritis tentang kandungan C-Organik tanah yang ada pada daerah pengamatan. Kegiatan tersebut dilakukan untuk mengetahui seberapa besar kandungan C-Organik tanah.

Titik pengamatanya ditentukan pada lahan budidaya dipenggunaan lahan tegalan, dikarenakan pemanfaatan informasi kandungan C-Organik pada lahan budidaya lebih banyak, khususnya bagi masyarakat petani atau pemerintah daerah setempat. Titik pengamatan disajikan pada Gambar 3.





Gambar 3. Peta Titik Pengamatan

3.3.3 Tahapan Analisis

Pada tahap ini dibedakan menjadi dua tahap dikarenakan ada dua ragam bahan yang berbeda untuk di analisa, yaitu: analisis C-Organik tanah dan analisis statistik.

3.3.3.1 Analisis C-Organik

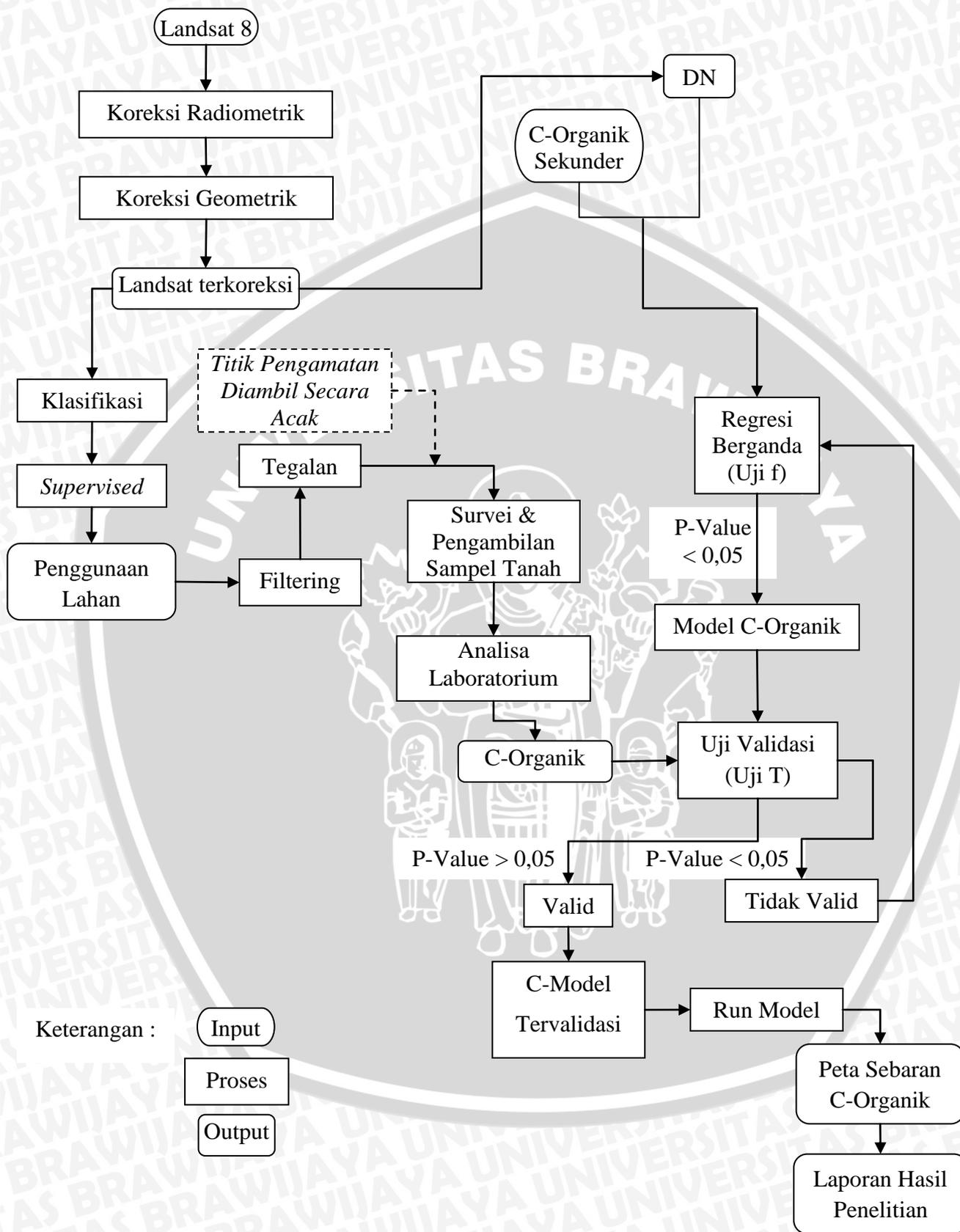
Analisa C-Organik menggunakan metode Walkey & Black (Persamaan 4). Analisis ini dilakukan di Laboratorium Kimia Tanah Jurusan Tanah. Pengukuran C-Organik dilakukan menggunakan sampel tanah dengan perhitungan:

$$\% \text{ C-Organik} = \left\{ \frac{(\text{ml blanko} - \text{ml sampel}) \times 3}{\text{ml blanko} \times \text{gram sampel}} \right\} \times \frac{100 + \% \text{ KA}}{100} \dots\dots 4)$$

3.3.3.2 Analisis Statistik

Analisis statistik digunakan untuk membentuk model estimasi C-Organik tanah di daerah penelitian yang nantinya dipergunakan sebagai dasar untuk membuat peta sebaran estimasi. Analisis statistik yang digunakan adalah uji korelasi, uji regresi berganda dan uji t berpasangan. Analisis korelasi berfungsi untuk mencari keeratan hubungan antara reflektansi spektral dengan C-Organik tanah yang kemudian dapat dicari persamaan model. Analisis regresi berganda berguna untuk menentukan persamaan model estimasi C-Organik di daerah pengamatan. Tahap ini dilakukan dengan menguji sensitifitas nilai *digital number* dari setiap *band* citra asli dengan nilai aktual dari C-Organik tanah yang didapatkan dari data sekunder kemudian dilakukan uji f (*Stepwise*) untuk mendapatkan hasil formula yang terbaik. Analisis statistik ini menggunakan *software* Minitab 14.

Selain itu, analisis statistik juga diperlukan untuk memvalidasi hasil nilai model perkiraan dengan data primer dan menguji apakah model perkiraan dapat diaplikasikan atau tidak. Analisis ini menggunakan metode uji t berpasangan dengan menggunakan *software* statistik yang sama.



Gambar 4. Tahapan Kerja Penelitian

IV. KONDISI UMUM WILAYAH

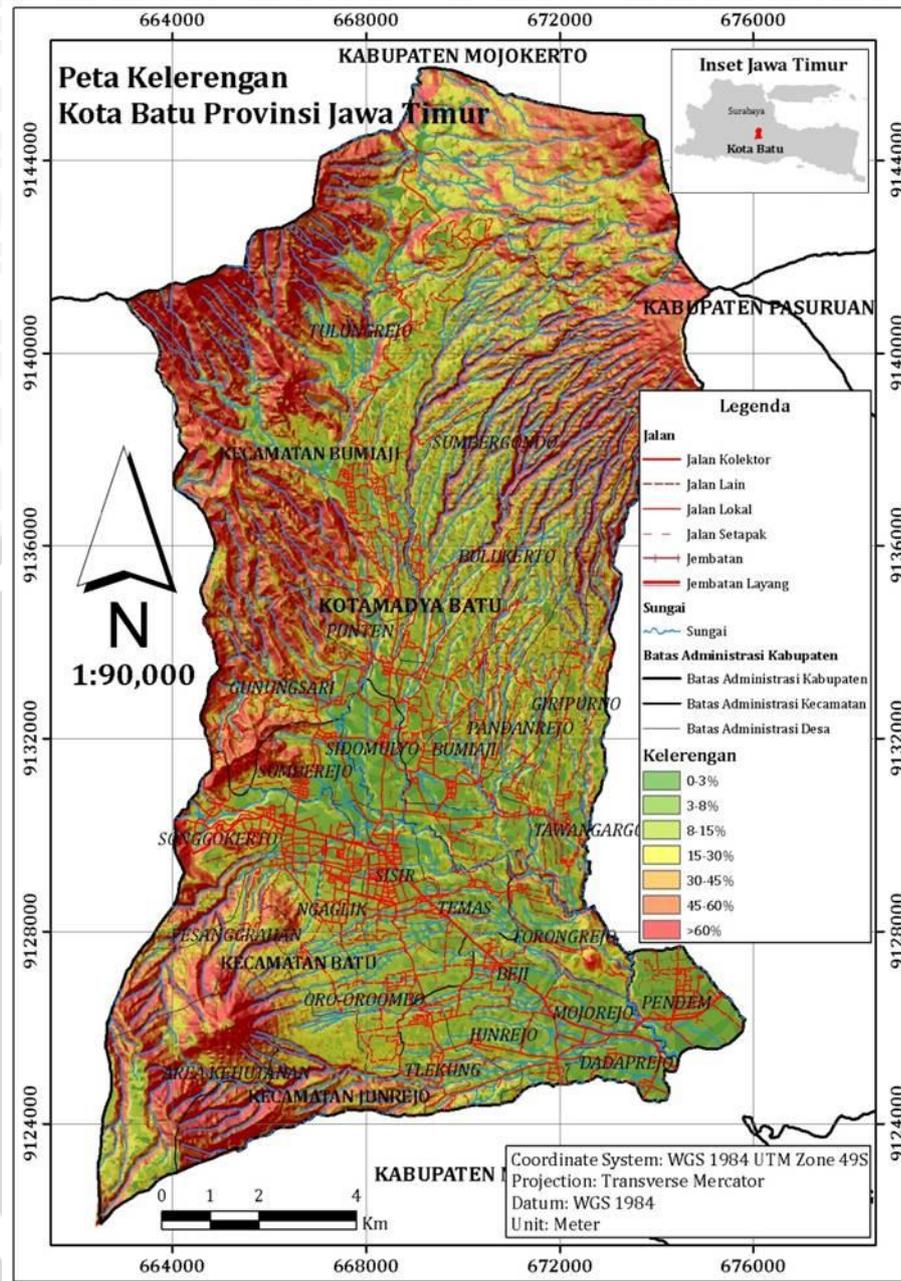
4.1 Lokasi

Kota Batu merupakan wilayah yang terletak pada posisi $112^{\circ}17'10,90''$ – $122^{\circ}57'11''$ Bujur Timur dan $7^{\circ}44'55,11''$ – $8^{\circ}26'35,45$ Lintang Selatan. Batas administratif sebelah utara yaitu Kecamatan Prigen, Kabupaten Mojokerto dan Kabupaten Pasuruan, sebelah timur yaitu Kecamatan Karang Ploso dan Kecamatan Dau, sebelah selatan yaitu Kecamatan Dau dan Kecamatan Wagir, Kabupaten Malang dan Kabupaten Blitar dan sebelah barat yaitu Kecamatan Pujon dan Kabupaten Malang

Pembagian wilayah Kota Batu terdiri dari 3 kecamatan dan 23 desa atau kelurahan. Ketiga kecamatan itu adalah: Kecamatan Batu dengan luas $46,377$ km^2 , Kecamatan Bumiaji dengan wilayah yang paling luas, yaitu sekitar $130,189$ km^2 dan Kecamatan Junrejo dengan luas $26,234$ km^2 , secara rinci dapat dilihat pada Gambar 2.

4.2 Kemiringan Lereng

Kota Batu termasuk daerah dataran tinggi yang terbagi atas beraneka ragam jenis kelerengannya. Ada 7 kelas kelerengan yang terdapat di Kota Batu, kelerengan tersebut mulai dari datar, agak datar, landai, agak curam, curam, dan sangat curam. Di Kota Batu tersebut khususnya daerah bagian utara kebanyakan mempunyai kelerengan $>45\%$ yang termasuk dalam kelas kelerengan curam sampai sangat curam. Sedangkan pada daerah bagian selatan lebih mempunyai banyak ragam kelerengan, pada daerah bagian selatan daerah yang lebih rendah dari pada daerah bagian utara dengan kelerengan 0% sampai $>60\%$ yang termasuk dalam 7 kelas kelerengan tersebut. Keberagaman kelerengan pada daerah bagian utara ini dikarenakan sebagian wilayahnya merupakan kompleks daerah pegunungan. Sebaran kelerengan pada Kota Batu dapat dilihat pada Gambar 5 dan sebaran luas kelerengannya disajikan pada Tabel 5.



Gambar 5. Peta Kelerengan Kota Batu (Sumber, RBI Digital Bakosurtanal Tahun 2002)

Pada penelitian ini kandungan C-Organik yang >3% banyak terdapat dikemiringan lereng > dari 30% dan C-Organik <3% banyak terdapat didaerah kemiringan lereng yang relatif datar. Djaenudin *et al.* (2000) menyatakan bahwa kemiringan lereng mempengaruhi ketersediaan C-Organik di tanah dikarenakan semakin miring lereng atau semakin curam kelerengan mempengaruhi terjadinya laju erosi yang mengakibatkan terlimpasnya lapisan olah di lapisan tanah bagian

atas, dimana tanah dilapiskan olah tersebut termasuk tanah yang banyak mengandung kandungan C-Organik untuk mencukupi laju pertumbuhan tanaman.

Tabel 5. Luas Kelerengan Kota Batu

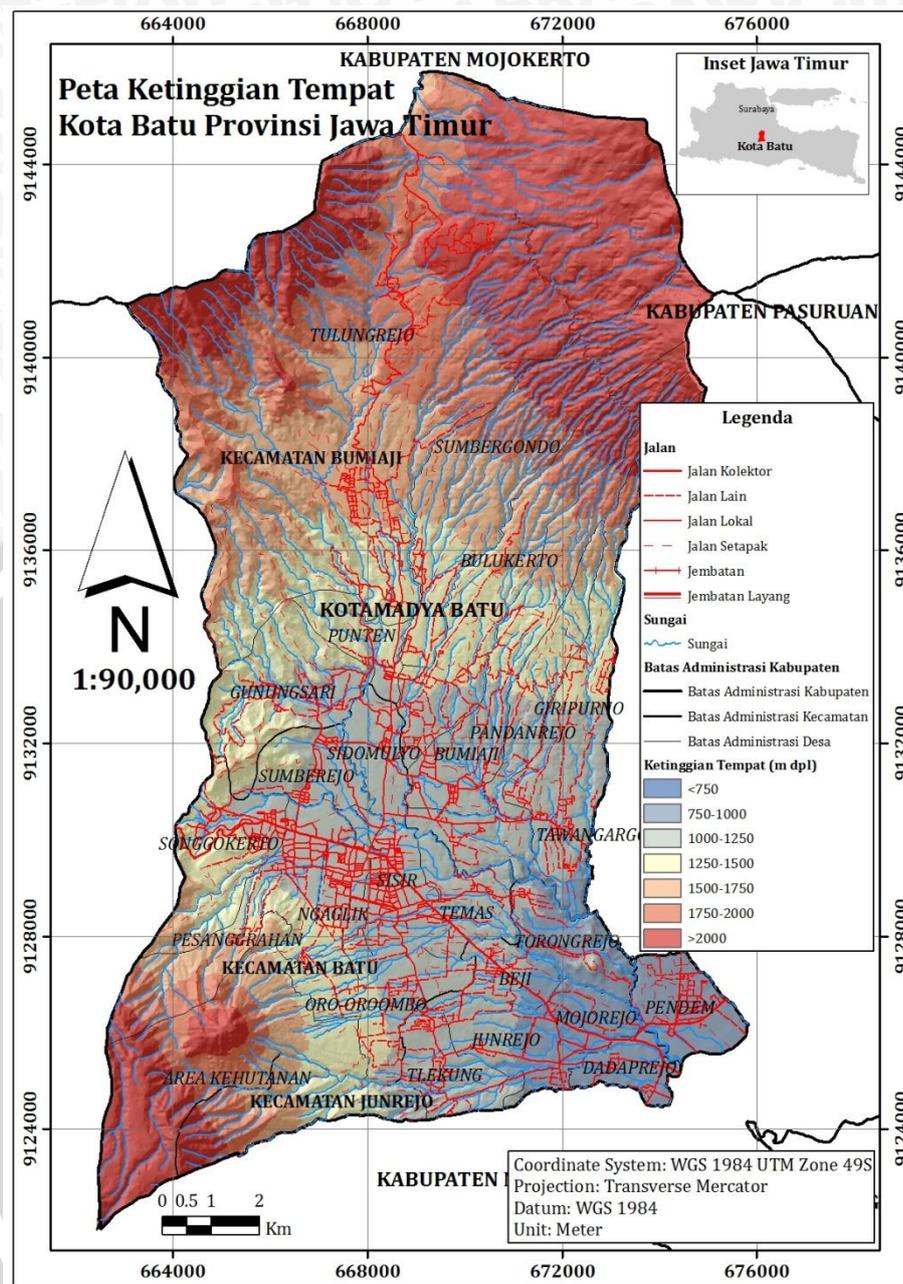
No	Kelerengan (%)	Luas (ha)	Persentase (%)
1	0 - 3	6.305	7,89
2	3 - 8	8.275	10,35
3	8 - 15	12.147	15,20
4	15 - 30	17.146	21,45
5	30 - 40	8.255	10,33
6	40 - 60	13.366	16,72
7	>60	14.425	18,05

4.3 Elevasi

Kota Batu merupakan daerah dataran tinggi dengan ketinggiannya secara umum >500 m dpl. Daerah ini merupakan daerah yang sangat cocok untuk budidaya tanaman semusim karena daerah dataran tinggi merupakan daerah yang mempunyai suhu yang relatif dingin. Didukung data dari BPS Kota Batu, lahan yang banyak digunakan sebagai lahan budidaya yaitu daerah-daerah pada ketinggian ≥ 1000 m dpl. Peta ketinggian tempat Kota Batu dapat dilihat pada Gambar 6 sedangkan luas ketinggian tempat disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Luas Ketinggian Tempat Kota Batu

No	Ketinggian (m dpl)	Luas (ha)	Persentase (%)
1	<750	0,09	0,00
2	750	1.322	6,95
3	1.000	4.250	22,33
4	1.250	3.442	18,08
5	1.500	2.806	14,74
6	1.750	2.767	14,74
7	2.000	1.872	9,83
8	>2.000	2.575	13,53



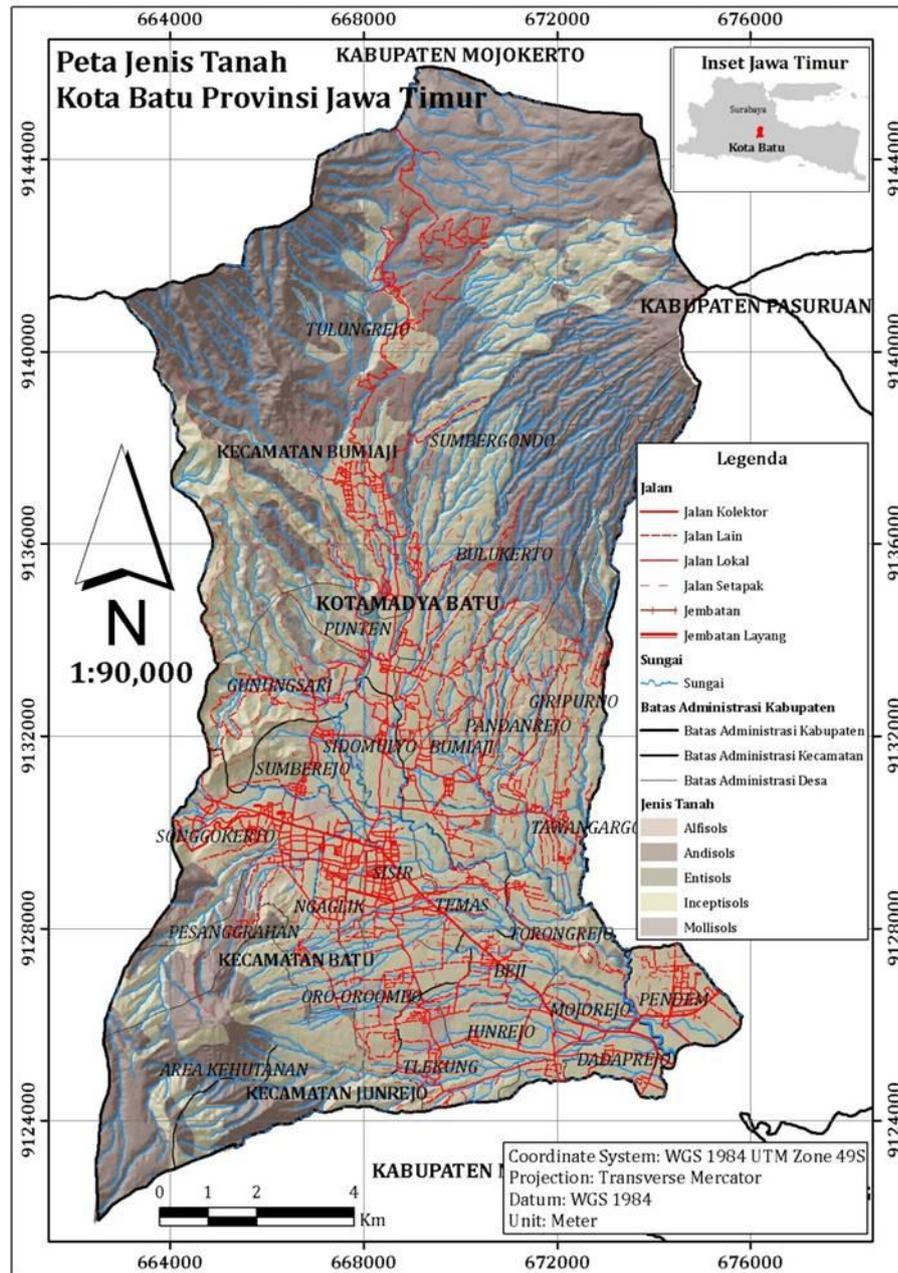
Gambar 6. Peta Ketinggian Tempat Kota Batu (Sumber, Data Kontur dari RBI Digital Bakosurtanal Tahun 2002)

Pada penelitian ini kadungan C-Organik > 3% terdapat di ketinggian >1250 m dpl dan pada C-Organik < 3% terdapat pada ketinggian < 1250 m dpl, hal tersebut disinyalir bahwa daerah yang tinggi lahannya lebih diolah secara intensif dengan penambahan pupuk demi menghasilkan produktivitas yang tinggi.

4.4 Tanah

Secara umum, kebanyakan Kota Batu memiliki jenis tanah Inceptisol dan Andisol yang didapat dari hasil survey DAS Brantas than 2006. Jenis tanah yang

paling dominan yaitu Inceptisol yang memiliki luas ± 11.277 ha atau 56,49%. Jenis tanah Andisol memiliki luas ± 7.839 ha atau 39,27%. Jenis tanah Mollisol dengan luas ± 462 ha atau 2,31%. Jenis tanah Alfisol memiliki luas ± 212 ha atau 1,06% dan sisanya diisi oleh jenis tanah Entisol yang memiliki sebaran terkecil yaitu ± 174 ha atau 0,87%. Peta sebaran jenis tanah dapat dilihat pada Gambar 7.



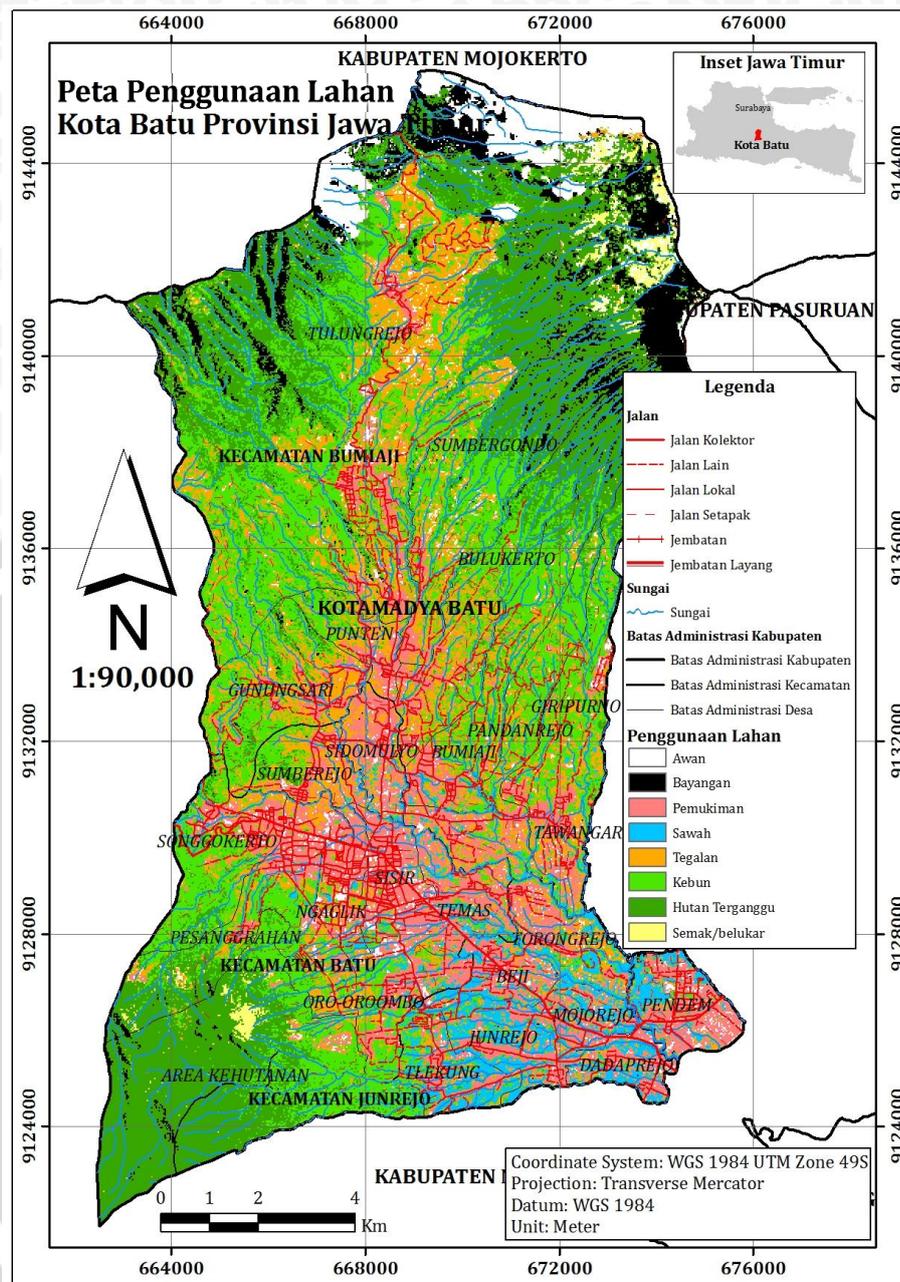
Gambar 7. Peta Jenis Tanah Kota Batu (Sumber, Laporan DAS Brantas Tahun 2006)

4.5 Penggunaan Lahan

Penggunaan lahan di Kota Batu setelah diklasifikasikan dari bahan citra satelit dengan jenis Landsat 8 dikategorikan menjadi 8 kelas penggunaan lahan yaitu awan, bayangan, semak belukar, hutan terganggu, tegalan, kebun, sawah dan pemukiman. Dari hasil klasifikasi citra hanya sekitar 80,42% saja dari luas total yang teridentifikasi sebagai penggunaan lahan, sisanya merupakan awan dan bayangan. Adapun dengan bertambahnya waktu, hampir setengah penggunaan lahannya digunakan sebagai lahan pertanian. Lebih rinci informasi luas penggunaan lahan disajikan pada Tabel 7. Peta penggunaan lahan Kota Batu dapat dilihat pada Gambar 8.

Tabel 7. Luas Penggunaan Lahan Kota Batu

No	Klasifikasi	Luas (Ha)	Persentase (%)
1	Awan	997	5,01
2	Bayangan	1.109	5,57
3	Semak	200	1,00
4	Pemukiman	2.948	14,81
5	Tegalan	3.135	15,75
6	Hutan Terganggu	5.072	25,48
7	Sawah	869	4,36
8	Kebun	5.579	28,02

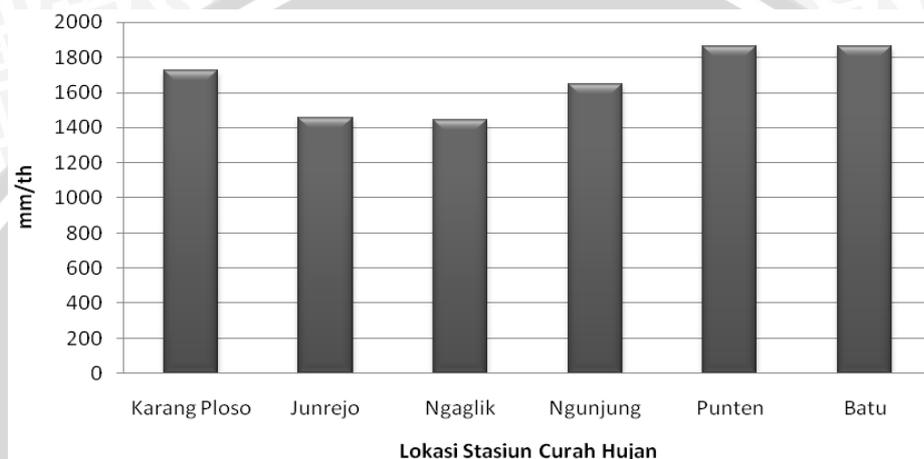


Gambar 8. Peta Penggunaan Lahan Kota Batu (Sumber, USGS GLOVIS Landsat 8 Tahun 2014)

Pada model yang dihasilkan, nilai C-Organik >3% banyak terdapat pada daerah-daerah budidaya (tegalan), kebun dan pada penggunaan lahan hutan terganggu. Utamanya pada penggunaan lahan tegalan memiliki nilai C-Organik yang relatif tinggi disebabkan pengolahan yang intensif seperti pemupukan dan pengembalian sisa tanaman hasil panen pada pengolahan tanah.

4.6 Iklim

Data curah hujan diperoleh dari BMKG Karangploso yang di dalamnya terdapat 6 stasiun curah hujan yang terletak di sekitar Kota Batu, yaitu Karangploso, Junrejo, Ngaglik, Ngunjung, Punten, dan Batu. Data curah hujan diinventarisir selama 3 tahun dimulai tahun 2010-2013 kemudian dihitung rata-rata tahunan, bulan basah dan bulan kering. Grafik hujan rata-rata tahunan dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Curah Hujan Rata-Rata Tahunan Tahun 2010-2013

Pada grafik diketahui bahwa curah hujan tahunan tertinggi terdapat pada stasiun Punten dan Batu yaitu sebesar 1865 mm/th kemudian Karangploso 1723 mm/th, Ngunjung 1650 mm/th, Junrejo 1458 mm/th dan yang terkecil pada stasiun Ngaglik sebesar 1141 mm/th. Lebih lanjut peta curah hujan disajikan pada Gambar 10 dan luasan curah hujan disajikan pada Tabel 8.

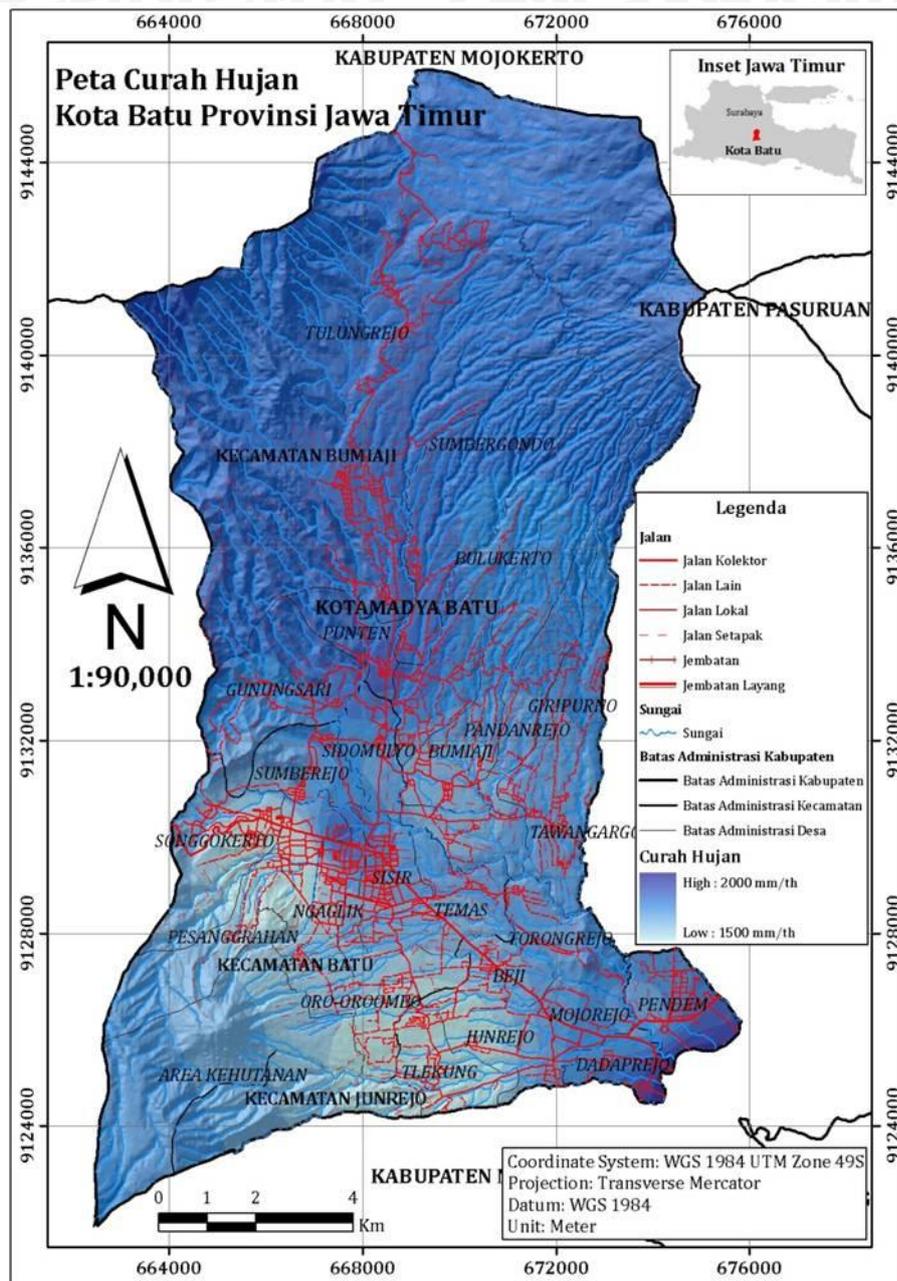
Tabel 8. Curah Hujan Kota Batu (BMKG Karang Ploso Tahun 2010-2013)

No	Curah Hujan (mm/th)	Luas (ha)	Persentase (%)
1	1.500	263	1,32
2	1.550	412	2,07
3	1.600	573	2,88
4	1.650	1.292	6,49
5	1.700	1.921	9,65
6	1.750	2.816	14,14
7	1.800	2.645	13,29
8	1.850	9.507	47,75
9	1.900	387	1,94
10	1.950	69	0,35
11	2.000	25	0,13

Menurut klasifikasi Oldeman menyatakan bahwa bulan basah apabila curah hujannya > 200 mm, bulan lembap apabila curah hujannya $100-200$ mm dan bulan kering apabila curah hujannya < 100 mm disinyalir dari hasil perhitungan pembagian bulan basah dan bulan kering bahwa di Kota Batu terdapat 7 bulan basah dan 5 bulan kering, Kota Batu termasuk daerah iklim tropis. Iklim tropis adalah daerah yang mempunyai dua musim antara lain musim penghujan dan musim kemarau. Kota Batu merupakan daerah yang beriklim tropis basah karena rata-rata nilai curah hujannya > 200 mm.

Pada curah hujan yang dominan memiliki curah hujan yang tinggi pada bulan basah disinyalir dapat menyebabkan bahaya banjir dan longsor yang berdampak pada ketersediaan kandungan C-Organik di dalam tanah yang semakin tahun semakin berkurang, dapat ditunjukkan pada penelitian ini pada daerah yang kandungan C-Organik yang tinggi memiliki curah hujan yang tinggi juga. Namun, hal tersebut dapat diatasi dalam melakukan pengelolaan lahan untuk meminimalisir dampak negatif dari alam (Djaenudin *et al.*, 2000).





Gambar 10. Peta Curah Hujan Tahunan Kota Batu (Sumber, Stasiun BMKG Karang Ploso Tahun 2010-2013)

V. HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil

5.1.1 Sebaran Nilai C-Organik Sebagai Validasi di Kota Batu

Secara garis besar masyarakat Kota Batu bekerja sebagai petani pada lahan semusim atau hortikultura, dimana tanaman tersebut memerlukan makanan untuk menunjang pertumbuhan. Salah satu yang dibutuhkan oleh tanaman tersebut adalah C-Organik. Dalam penelitian ini dilakukan observasi kandungan C-organik di daerah hortikultura yang digunakan untuk memvalidasi dari model sebaran C-Organik yang terbentuk apakah sama. Sebaran C-Organik Validasi disajikan pada Tabel 9.

Tabel 9. Nilai C-Organik Validasi Pengamatan Di Kota Batu

No	Kode	Penggunaan lahan	C-Organik (%)	No	Kode	Penggunaan lahan	C-Organik (%)
1	N1	H	2,58	16	N16	TW	2,57
2	N2	TW	1,94	17	N17	TW	2,27
3	N3	TKu	1,33	18	N18	TKu	3,29
4	N4	Tk	1,50	19	N19	TK	2,64
5	N5	S	0,76	20	N20	TW	2,61
6	N6	TKu	1,02	21	N21	TKu	2,42
7	N7	TKu	2,38	22	N22	S	0,68
8	N8	TKu	1,91	23	N23	TKu	3,01
9	N9	H	2,04	24	N24	S	0,61
10	N10	TKu	1,51	25	N25	TW	1,66
11	N11	TKu	1,08	26	N26	TW	2,80
12	N12	S	0,73	27	N27	TKu	2,88
13	N13	S	0,84	28	N28	TW	1,71
14	N14	S	0,69	29	N29	TK	1,93
15	N15	TKu	1,67	30	N30	TKu	2,66

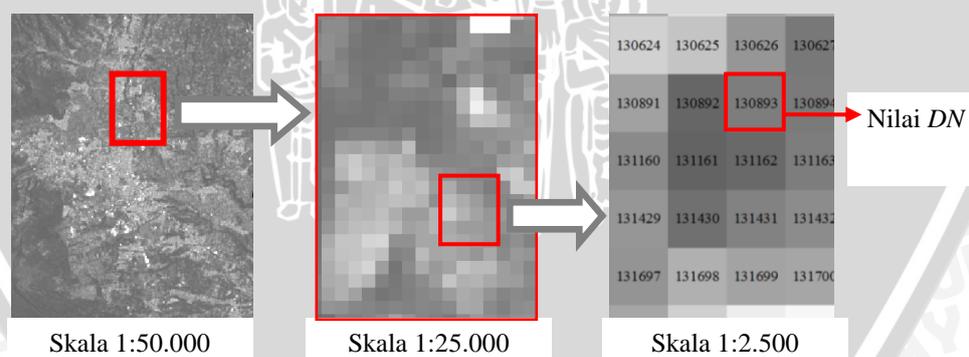
Keterangan: H : Hutan K : Kentang
 T : Tegalan Ku : Kubis
 S : Sawah W : Wortel

Titik pengamatan sebagai validasi berjumlah sebanyak 30 titik pada lokasi yang berbeda, antara lain tersebar pada area kehutanan, Desa Oro-oro Ombo, Desa Junrejo, Desa Pendem, Desa Tawang Rejo, Desa Ngaglik, Desa Pesanggrahan, Desa Pandanrejo, Desa Bumiaji, Desa Sumberejo, Desa Bulukerto, Desa Gunungsari, Desa Sumbergondo, Desa Tulungrejo, Desa Punten dan Desa Tlekung. Hasil nilai C-Organik menunjukkan mayoritas memiliki nilai $>2\%$ dengan rata-rata 2,36%. Nilai tersebut didapat dari seluruh parameter yang

dihitung berdasarkan metode Walkey & Black. Menurut Hardjowigeno (1995) Nilai C-Organik dengan rata-rata 2,36% termasuk dalam C-Organik dengan kandungan sedang. Sedangkan menurut Foth (1998) nilai C-Organik dengan rata-rata 2,36% termasuk tanah yang subur dikarenakan memiliki nilai dengan rata-rata nilai $> 2\%$.

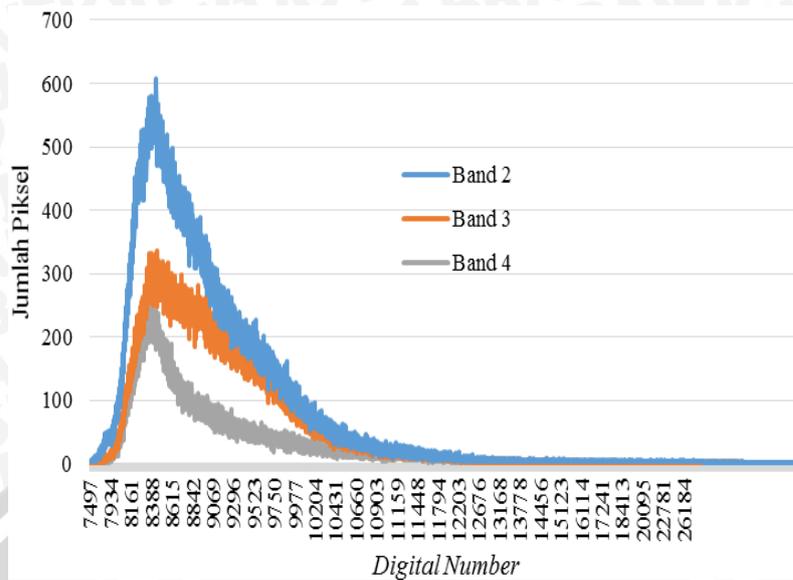
5.1.2 Digital Number Citra Satelit Landsat 8 Tahun 2014

Citra satelit memiliki nilai piksel yang berbeda-beda pada masing-masing *band*, tergantung pada sensor citra satelit dan obyek yang direkam. Hal tersebut dikarenakan setiap *band* memiliki panjang gelombang yang berbeda-beda pada fungsi dan kegunaannya masing-masing. Dalam penelitian ini, citra satelit yang digunakan memiliki 11 *band* dengan fungsi yang berbeda dan setiap masing-masing *band* memiliki nilai *digital number* pada setiap pikselnya. Kemudian nilai *digital number* tersebut diidentifikasi pada titik-titik C-Organik sekunder dengan tujuan untuk membentuk sebuah model atau formula untuk memperkirakan kandungan C-Organik. Tetapi terdapat *band* yang tidak diidentifikasi *digital number*nya yaitu *band* 10 dan 11 dikarenakan *band* tersebut memiliki fungsi yang berbeda yang tidak berkaitan untuk estimasi kandungan C-Organik, berikut letak nilai *digital number* pada citra satelit Landsat 8 disajikan pada Gambar 11.



Gambar 11. Nilai *Digital Number* Pada Landsat 8

Gambar 11 menjelaskan letak nilai *digital number* pada skala 1:2.500 pada citra satelit Landsat 8. Hasil regresi dengan metode *stepwise*, menunjukkan bahwa *band* 2, *band* 3 dan *band* 4 yang terpilih. Ketiga *band* terpilih berdasarkan sebaran nilai *digital number* yang lebih sensitif dan merata dalam membentuk model serta ketiga *band* tersebut dipilih berdasarkan nilai P-Value $< 0,05$ (lihat Lampiran 8). Berikut grafik sebaran *digital number* ketiga *band* dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Grafik Sebaran *Digital Number* Citra Satelit Landsat 8

Grafik diatas menjelaskan nilai *digital number* pada *band 2*, *band 3* dan *band 4* yang memiliki kisaran nilai *digital number* 7497-26184 dengan jumlah piksel yang berbeda setiap nilai *digital number*nya. Pada *band 2* memiliki titik puncak pada nilai *digital number* 8388 dengan jumlah piksel 617, *band 3* memiliki titik puncak pada nilai *digital number* 8388 dengan jumlah piksel 343 dan *band 4* memiliki titik puncak pada nilai *digital number* 8388 dengan jumlah piksel 259 yang berarti bahwa nilai spektral pada ketiga *band* tersebut memiliki sensitifitas yang sama (lihat Tabel 3) yang ditunjukkan pada puncak yang sama pada nilai *digital number*nya. Ketiga *band* tersebut adalah *band* yang digunakan untuk mengestimasi sebaran kandungan C-Organik dengan sebaran nilai *digital number* yang memiliki jumlah nilai yang berbeda-beda, dimana *digital number* menggambarkan ukuran atau intensitas cahaya atau gelombang mikro yang ditangkap oleh sensor (Ekadinata *et al.*, 2008).

5.2 Pembahasan

5.2.1 Model Estimasi Kandungan C-Organik Tanah

Estimasi kandungan C-Organik tanah dihasilkan dari variabel yang berkorelasi dengan nilai C-Organik sekunder. Korelasi antara nilai C-Organik sekunder dengan nilai *digital number* memiliki $r = 0,77$ yang berarti bahwa nilai C-Organik sekunder memiliki hubungan yang kuat dengan nilai *digital number*

pada setiap paa citra satelit Landsat 8. Kemudian dilakukan regresi dengan metode *Stepwise* untuk memperoleh model C-Organik. Regresi tersebut menggunakan nilai *digital number* citra satelit Landsat 8 dengan nilai kandungan C-Organik sekunder diperoleh dari hasil penelitian-penelitian mahasiswa S1 Universitas Brawijaya Fakultas Pertanian dan penelitian DAS Brantas Kota Batu Tahun 2006 (lihat Lampiran 6). Model regresi linear dibentuk menggunakan metode uji *Stepwise Regression* untuk menentukan model yang terbaik dalam mengestimasi kandungan C-Organik, dari proses tersebut diperoleh model matematis dengan rumus:

$$Y = 22,91 - 0,00156 * X_2 + 0,00181 * X_3 - 0,00293 * X_4 \dots \dots \dots 5)$$

Dimana :

Y = C-Organik, X_2 = *digital number band 2*, X_3 = *digital number band 3*, X_4 = *digital number band 4*

Model tersebut memiliki nilai $R^2 = 0,64$ yang mempunyai arti bahwa 64% dari nilai C-Organik estimasi dipengaruhi oleh *band 2*, *3*, dan *4*. Model tersebut dihasilkan berdasarkan nilai P-Value < 0,05 pada setiap *band* (lihat Lampiran 9). Model diatas menunjukkan bahwa setiap peningkatan nilai satu-satuan pada *band 2* memberikan pengaruh negatif pada kandungan C-Organik sebesar 0,00156%, yang berarti semakin tinggi warna terang yang diterima pada *band 2* yang dipengaruhi oleh penetrasi tubuh air, maka semakin tinggi penurunan kandungan C-Organik. Sebaliknya, peningkatan nilai satu-satuan pada *band 3* memberikan pengaruh positif pada kandungan C-Organik sebesar 0,00181% yang berarti semakin tinggi pantulan pada *band 3* yang ditunjukkan dengan warna semakin gelap, maka semakin meningkat kandungan C-Organik. Tetapi *band 4* mengalami hal yang sama seperti *band 2*, bahwa setiap peningkatan nilai satu-satuan pada *band 4* memberikan pengaruh negatif pada kandungan C-Organik sebesar 0,00293%.

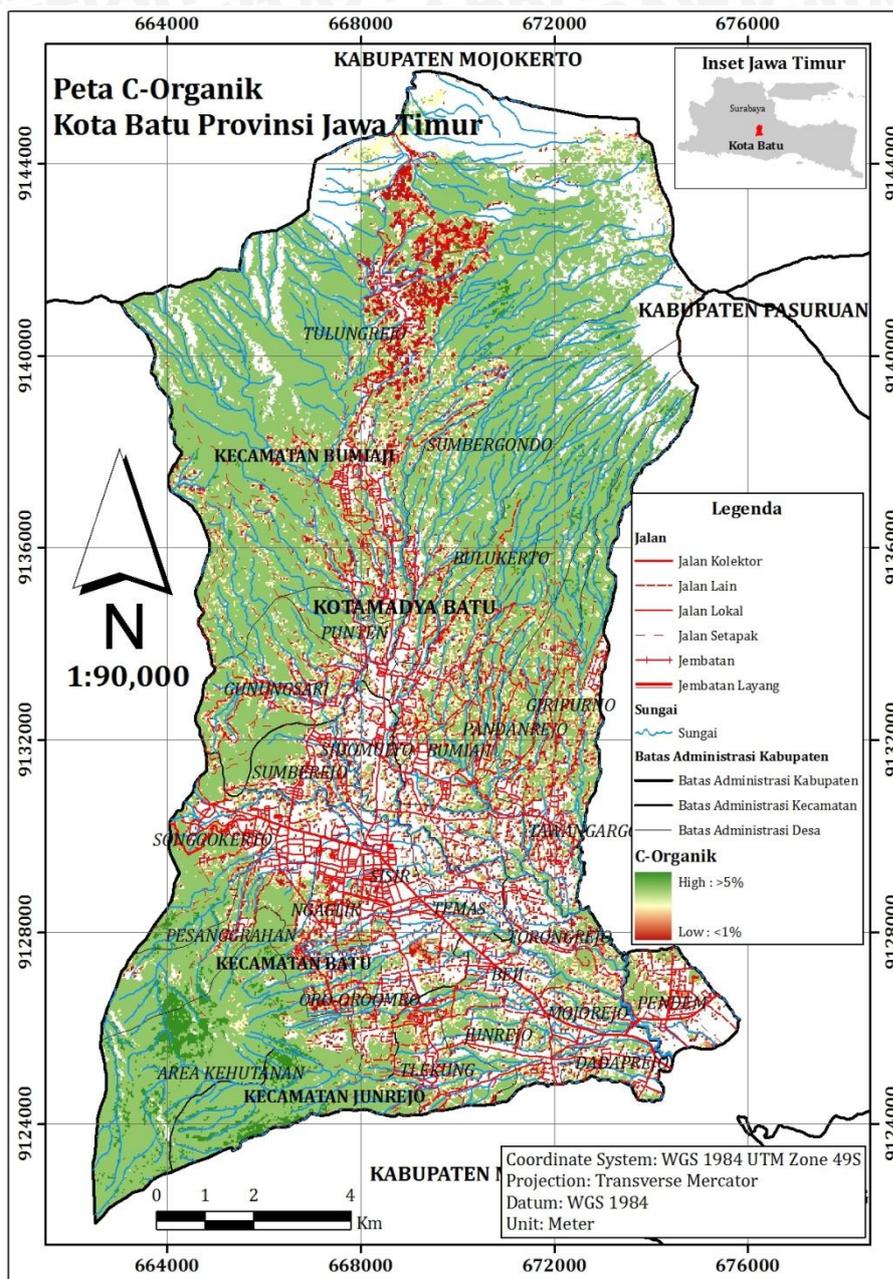
Hasil regresi tersebut memilih *band 2*, *3* dan *4* dikarenakan *band 2* memiliki fungsi untuk klasifikasi pembeda antara tanah dengan vegetasi, *band 3* memiliki fungsi untuk mengidentifikasi tegakan tanaman dan *band 4* memiliki fungsi untuk mengidentifikasi kerimiringan suatu tegakan tanaman. 3 *band* tersebut memegang peranan penting sebagai kombinasi warna merah, hijau dan

biru pada citra satelit Landsat 8. Soepardi (1983) menyatakan bahwa asupan C-Organik terbanyak terdapat pada daerah yang memiliki tegakan tanaman serta variabel diatas permukaan tanah seperti humus, kayu ranting, rumput dan lain-lain, dimana parameter tersebut dapat diidentifikasi menggunakan kombinasi dari ketiga *band* diatas. Pada kombinasi warna tersebut menjelaskan bahwa pada *band* 2 memiliki karakterisasi sebagai sinar yang tampak pada warna merah, *band* 3 memiliki karakterisasi sebagai sinar yang tampak pada warna hijau dan *band* 3 memiliki karakterisasi sebagai sinar yang tampak pada warna biru (USGS, 2014).

Pada dasarnya, model estimasi sebaran C-Organik di Kota Batu memiliki cara yang hampir sama dengan model dari penelitian-penelitian yang lainnya. Perbedaan pada penelitian ini dengan penelitian sebelumnya berbeda pada bahan citra satelit yang digunakan, penelitian ini memakai citra satelit terbaru yaitu citra satelit Landsat 8 yang memiliki nilai *digital number* 0 – 65535 pada masing-masing *band*, nilai tersebut digunakan untuk membangun model C-Organik. *Band* yang dihasilkan untuk model estimasi pada penelitian ini mengacu pada 2 penelitian sebelumnya antara lain: pada penelitian Riza (2010) terdapat keeratan hubungan antar nilai *band* 1 (X1), *band* 3 (X3) dan *band* 4 (X4) dengan nilai C-Organik dengan model dengan rumus $Y = -0,849 + 0,017X1 - 0,008X3 + 0,011X4$. Berbeda dengan penelitian yang dilakukan oleh Sukojo dan Wahono (2002) yang hampir melibatkan dari seluruh *band*, penelitian Sukojo dan Wahono terdapat hubungan antara reflektansi spektral pada nilai *band* 1 (X1), *band* 2 (X2), *band* 3 (X3), *band* 4 (X4), *band* 5 (X5) dan *band* 7 (X7) dengan kandungan bahan organik yang ditunjukkan pada model $Y = -39,474 + 0,547441 X1 + 0,969264 X2 - 1,26127 X3 + 0,62799 X4 - 0,66328 X5 + 1,100529 X7$.

5.2.2 Estimasi Sebaran C-Organik Menggunakan Citra Satelit Landsat 8

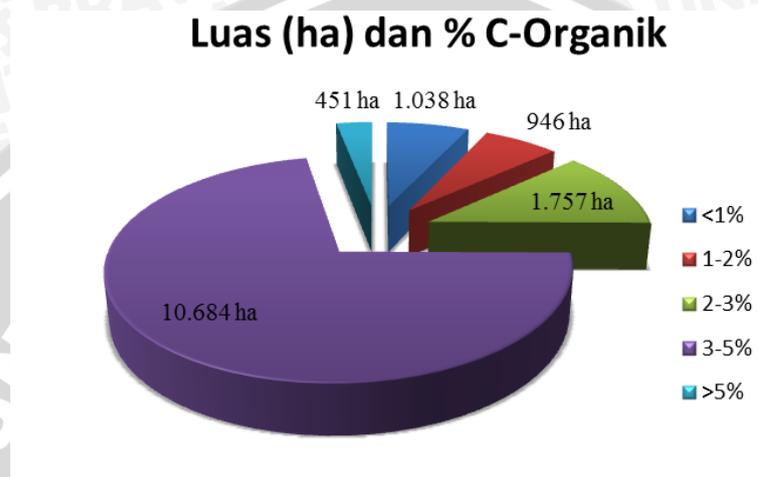
Formula yang telah dihasilkan dari uji regresi tersebut selanjutnya digunakan untuk melihat analisis sebaran C-Organik pada citra satelit Landsat 8. Analisis tersebut menunjukkan bahwa sekitar 75% dari luas keseluruhan Kota Batu yang dapat diidentifikasi kandungan C-Organiknya. Terdapat bagian yang tidak diidentifikasi merupakan awan, bayangan dan pemukiman karena hal tersebut tidak mungkin menghasilkan estimasi C-Organik yang dibutuhkan. Hasil analisis permodelan disajikan pada Gambar 13.



Gambar 13. Peta Estimasi Sebaran C-Organik

Hasil estimasi dari Gambar 13 menunjukkan bahwa kandungan C-Organik yang mendominasi adalah kandungan C-Organik 3-5% yang banyak terdapat di penggunaan lahan tegalan dikarenakan penggunaan lahan tegalan lebih sering diolah oleh petani untuk menghasilkan produktivitas yang tinggi. Pada Gambar 14 menunjukkan sebaran kandungan C-Organik dengan luasannya, luas terbanyak pada kandungan C-Organik 3-5% dengan luas 10.684 ha, kandungan C-Organik terbanyak selanjutnya pada kandungan C-Organik 2-3% dengan luas 1.757 ha,

kandungan C-Organik dengan kandungan <1-1% memiliki luas 1.038 ha, kandungan C-Organik 1-2% memiliki luas 946 ha, kandungan C-Organik >5% yang merupakan kandungan C-Organik terendah yang memiliki luas 451 ha. Foth (1998) menyatakan bahwa tanah yang subur apabila mengandung bahan organik tanah paling sedikit 2,5-4%, sehingga Kota Batu termasuk daerah yang subur dengan kandungan C-Organik sebesar 3-5% yang mendominasi.



Gambar 14. Luas Estimasi C-Organik

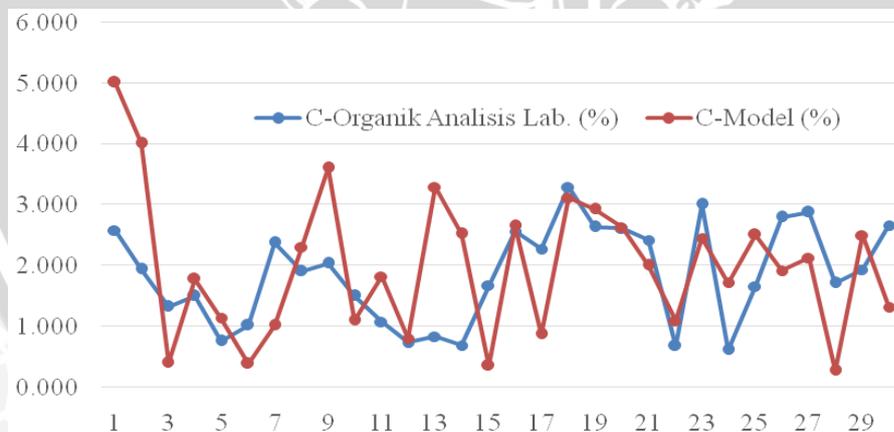
5.2.3 Validasi Model

Validasi model dilakukan untuk mengetahui model tersebut dapat diaplikasikan atau tidak untuk mengestimasi kandungan C-Organik. Validasi tersebut dapat diketahui kevalidannya dengan melakukan analisis statistik menggunakan metode uji t berpasangan. Uji validasi tersebut dilakukan dengan membandingkan nilai kandungan C-Organik pada model dengan nilai kandungan C-Organik analisis Laboratorium. Uji t berpasangan tersebut memiliki ketentuan, jika P-Value <0,05 berarti kandungan C-Organik model dengan kandungan C-Organik analisis Laboratorium berbeda dan jika P-Value >0,05 berarti kandungan C-Organik model dengan C-Organik analisis Laboratorium sama. Berikut nilai C-Organik model dengan nilai kandungan C-Organik analisis Laboratorium disajikan pada Tabel 10.

Tabel 10. Nilai Kandungan C-Organik Sebagai Validasi

No	Kode	C-Organik Analisis Lab. (%)	C-Organik Model (%)	No	Kode	C-Organik Analisis Lab. (%)	C-Organik Model (%)
1	N1	2,58	5,01	16	N16	2,57	2,65
2	N2	1,94	4,01	17	N17	2,27	0,87
3	N3	1,33	0,41	18	N18	3,29	3,12
4	N4	1,50	1,78	19	N19	2,64	2,93
5	N5	0,76	1,14	20	N20	2,61	2,63
6	N6	1,02	0,39	21	N21	2,42	2,01
7	N7	2,38	1,02	22	N22	0,68	1,09
8	N8	1,91	2,30	23	N23	3,01	2,45
9	N9	2,04	3,60	24	N24	0,61	1,72
10	N10	1,51	1,10	25	N25	1,66	2,51
11	N11	1,08	1,82	26	N26	2,80	1,92
12	N12	0,73	0,80	27	N27	2,88	2,13
13	N13	0,84	3,29	28	N28	1,71	0,27
14	N14	0,69	2,53	29	N29	1,93	2,50
15	N15	1,67	0,36	30	N30	2,66	1,32

Nilai kandungan C-Organik model dan kandungan C-Organik analisis Laboratorium pada Tabel 10 jika dirubah dalam bentuk grafik menunjukkan tren data C-Organik model dominan mengikuti tren C-Organik analisis Laboratorium. Grafik perbandingan antara data analisis Laboratorium dengan nilai hasil model estimasi ditunjukkan pada Gambar 15.



Gambar 15. Grafik perbedaan C-Organik Model Dengan C-Organik Analisis Laboratorium.

Grafik tersebut juga menunjukkan tren perbedaan kandungan C-Organik pada titik 8, 10, 15, 19, 25 29 dan 30 yang tidak mengikuti tren. Hal tersebut dikarenakan nilai spektral citra satelit yang kurang detail yang memiliki resolusi 30 meter sehingga dalam *run* model ada nilai spektral yang dianggap sama dalam

menghasilkan nilai kandungan C-Organik. Nilai tersebut kemudian dianalisis untuk mengetahui nilai kandungan C-Organik pada model apakah sama atau tidak dengan nilai kandungan C-Organik analisis Laboratorium. Hasil perhitungan uji t berpasangan antara C-Organik model dengan C-Organik analisis Laboratorium dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Hasil Uji t berpasangan

	N	Mean	StDev	SE Mean
C-Organik Analisis Lab.	30	1,86	0,80	0,147
C-Organik Model	30	1,99	1,16	0,21
<i>Difference</i>	30	-0,13	1,14	0,21
$\alpha = >0,05$		P-Value = 0,53		

Tabel 11 menunjukkan bahwa hasil uji t berpasangan antara C-Organik model dengan C-Organik analisis Laboratorium tidak berbeda nyata atau sama, hal ini ditunjukkan dengan nilai P-Value $0,53 > \alpha = 0,05$. P-Value sebesar 0,53 menjelaskan bahwa estimasi nilai C-Organik dari model yang dihasilkan dapat diaplikasikan. Dengan demikian pendekatan melalui penginderaan jauh menggunakan citra satelit Landsat 8 dapat digunakan untuk mengestimasi sebaran kandungan C-Organik di Kota Batu.

VI. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

1. Nilai *digital number* pada citra satelit Landsat 8 memiliki hubungan yang kuat dengan nilai kandungan C-Organik tanah.
2. Model estimasi C-Organik yang terbentuk dari uji regresi *Stepwise* yaitu model matematis dengan rumus $Y = 22,91 - 0,00156 * X_2 + 0,00181 * X_3 - 0,00293 * X_4$ dengan $R^2 = 0,64$ dimana Y adalah C-Organik, X_2 adalah *band* 2, X_3 adalah *band* 3 dan X_4 adalah *band* 4. Hasil perhitungan uji t berpasangan antara nilai C-Organik model dengan C-Organik Validasi lapangan menghasilkan nilai P-Value sebesar 0,53 yang berarti bahwa model yang terbentuk dari nilai *digital number* melalui pendekatan penginderaan jauh dapat digunakan untuk mengestimasi kandungan C-Organik di Kota Batu.

6.2 Saran

1. Diperlukan citra yang resolusinya lebih detail untuk mengolah model estimasi tersebut untuk mengetahui kandungan C-Organik di Kota Batu untuk penelitian berikutnya.
2. Jumlah sampel terlalu sedikit sehingga tidak bisa mewakili keseluruhan nilai *digital number* sehingga dihasilkan model dengan ketepatan yang kurang sehingga untuk penelitian selanjut perlu ditambah jumlah sampel yang banyak dan diberbagai penggunaan lahan supaya hasil model yang dihasilkan memiliki akurasi tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Aguilar, F. J., P. Gonzalez, J. Revilla, J. J. De Leon, and O. Porcel. 1997. Agricultural Use of Municipal Solid waste on Tree and Bush Crops. *J. Agric. Engng Res.* No 67: 73-79.
- Aronoff, Stan. 1989. *Geographics Information Systems: A Management Perspective*. Ontario:WDL Publications.
- Brady, N. C. 1990. *The Nature and Properties of Soil*. 10th ed. MacMillan Publishing Co. New York.
- Djaenudin, D., Marwan H, H Subagyo, Anny Mulyani, dan N Suharta. 2000. *Kriteria Kesesuaian Lahan untuk Komoditas Pertanian*. Pusat Penelitian Tanahdan Agroklimat. Balitbang pertanian, Departemen Pertanian. Bogor.
- Djajakirana, G. 2001. Kerusakan Tanah Sebagai Dampak Pembangunan Pertanian. Makalah disampaikan pada Seminar Petani “Tanah Sehat Titik Tumbuh Pertanian Ekologis” di Sleman, 30 Oktober 2001.
- 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.
- Elly. 2009. *Sistem Informasi Geografis*. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- ESSRI. 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 Noordwijk, 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.
- Hairah, K., Widiyanto, S. R. Utami, D. Suprayogo, Sunaryo, S. M. Sitompul, B. Lusiana, R. Mulia, M. van Noordwijk, dan G. Cadisch. 2000. *Pengelolaan Tanah Masam secara Biologi. Refleksi Pengalaman dari Lampung Utara*.ICRAF.
- Halim. 2007. *Bahan Organik*. Available on:
<http://kmit.faperta.ugm.ac.id/artikel%20-%20organik.html>. Diakses tanggal 2 Januari 2014.
- Hanafiah, K. A. 2005. *Dasar-Dasar Ilmu Tanah. Divisi Buku Perguruan Tinggi*. PT. Raja Grafindo Persada. Jakarta. www.dasar2ilmutanah.blogspot.com.(4 januari 2010).

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>

Hardjowigeno, S. 1995. *Ilmu Tanah*. Akademika pressindo. Jakarta

Huang, P.M., and Schnitzer, M. 1997. *Interaksi Mineral Tanah Dengan Organik Alami dan Mikroba*. D.H. Goenadi, penerjemah; Sudarsono, editor. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press. Terjemahan dari: *Interactions of Soil Minerals With Natural Organics and Microbes*.

Husein, Rahmat. 2006. *Konsep Dasar Sistem Geografis (Geographics Information System)*. Jakarta.

Karien.2007.Bahan Organik. Bahan Organik//kariieen.wordpress.com.htm. diakses tanggal 22 Maret 2014 pukul 13:22 WIB.

Kongapai. Ms. Pasu., 2007. *Application of Remote sensing and Geographic Information System for Estimation of Soil Organic Matter in Nakhon Pathom Province*. Journal of 8th National Grad Research Conference.

Kononova., M.M. 1961. *Soil Organic Matter*. Pergamon Press. Oxford.

Kusmana, C., dan Onrizal. 2005. *Ekologi Hutan Indonesia*. USU Press. Medan

Lal, R. 1995. *Sustainable Management of Soil Resources in the Humid Tropics*. United Nation University Press. Tokyo-New York-Paris.

Lillesand, T.M, Kiefer, R.W., 2000. *Remote Sensing & Image Interpretation*. 4th Edition. John Willey & Sons, Inc., New York.

Lo, C.P. 1996. *Penginderaan Jauh Terapan*. UI – Press. Jakarta.

Ma, W. C., L. Brussard, and J. A. de Ridder. 1990. Long-term effect of nitrogenous fertilizers on grassland earthworm (Oligochaeta: Lumbricidae): Their relation to soil acidification. *Agric. Ecosys. Environ.* 30: 71-80.

Miller. 1985. *Bahan organik dalam Anisuryani*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.

Mufidah. 2006. *Sistem Informasi Geografis (Geographics Information System)*. Kuliah Umum Ilmu Komputer. Bandung.

Mulyanto, B. 2004. *Integrated landuses of wetland in Hulu Sungai Utara district, South Kalimantan Indonesia In Proc. International Symposium of wetland in the human dimension*. Bogor. (in press)

Prahasta, E. 2005.” *Konsep-Konsep Dasar Sistem Informasi Geografis*”, cetakan kedua, Informatika, Bandung.

Rahardian, A. 2011. *Karakteristik Band Spedtral Landsat Enhanced Thematic Mapper (ETM⁺)*. Available on:

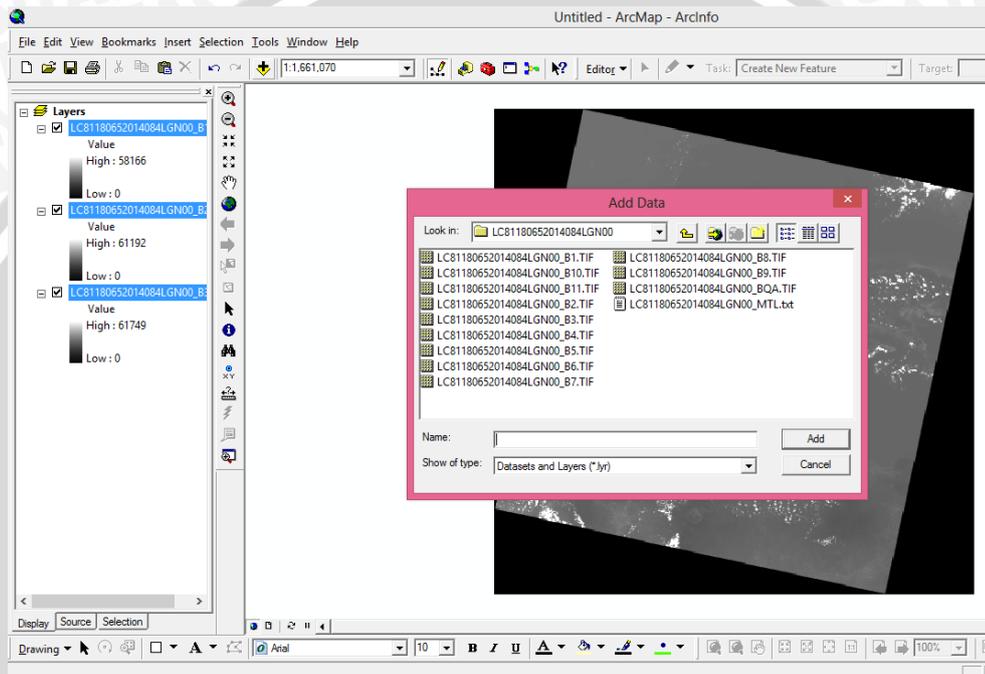
<http://melukisbumiindonesia.blogspot.com/2011/01/karakteristik-band-spectral-landsat.html>

- Riza, S. 2010. *Estimasi Bahan Organik Tanah di Kabupaten Sampang Menggunakan Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis*. Skripsi. Universitas Brawijaya. Malang.
- Simanjuntak, Y.L. 2011. *Analisis Cadangan Karbon Pada Perkebunan Sawit Menggunakan Citra Satelit Landsat*. Intitut Pertanian Bogor. Bogor.
- Soepardi, G. 1983. *Sifat dan Ciri Tanah*. Institut Pertanian. Bogor
- Sukojo, Wahono. 2002. *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/koleksi2/570e450ccd0f178ed8d6e03414741c6cbd6791bf.pdf>
- Stevenson, F.J. 1994. *Humus Chemistry: Genesis, Composition, Reaction*. Wiley. New York.
- USGS. 2014. Landsat 8. Available on: http://landsat.usgs.gov/band_designations_landsat_satellites.php. Diakses tanggal 27 Januari 2014.
- USGS. 2014. Using the Landsat 8 Product. Available on: http://landsat.usgs.gov/Landsat8_Using_Product.php. Diakses tanggal 4 April 2014.
- 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>
- Wolf, P.R. 1993. *Element of Photogrammetry with Air Photo Interpretation and Remote Sensing*. McGraw-Hill, Inc. New York.
- Young, A. 1989. *Agroforestry for Soil Management*. Second edition. CABI. ICRAF.
- Zech *et al.*, 1997, *Assessing the effect of land use systems on the organic matter of rain forest and savanna soil by chemical structural studies of bulk soils and particle size separates*. In: Clapp, C.E. (Eds.), *International Humic Substances Society Conference*. Trinidad and Tobago, pp. 141–148.

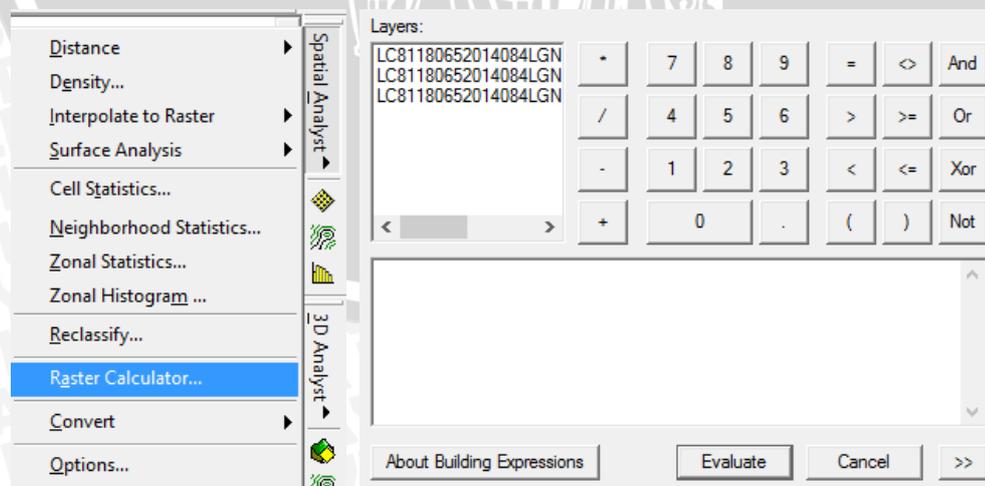
LAMPIRAN

Lampiran 1. Koreksi Radiometrik Pada Citra Satelit Landsat 8 Menggunakan ArcGis 9.3

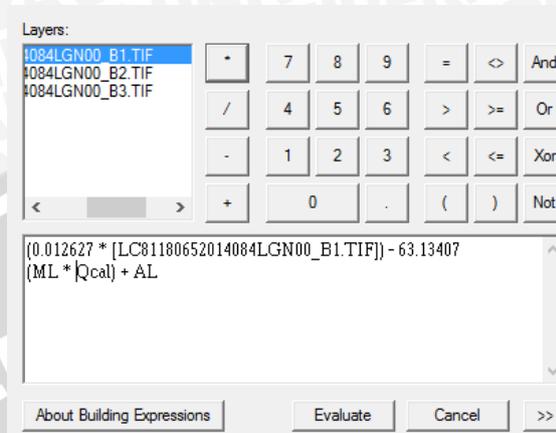
1. Pilih *icon* add data  untuk memanggil data yang akan dikoreksi.
2. Pilih data citra satelit yang akan dikoreksi kemudian pilih *Add*. Kemudian akan muncul tampilan seperti dibawah ini.



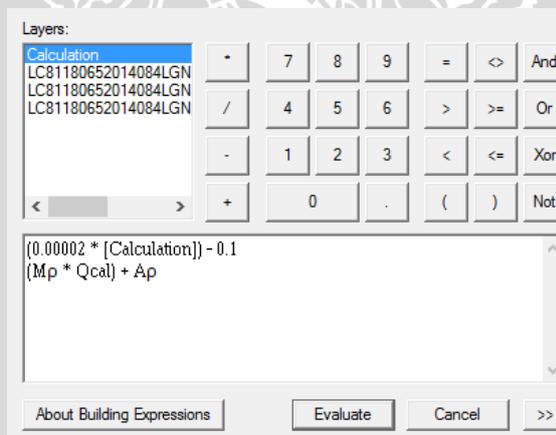
3. Pilih *Spatial Analyst Tools* kemudian pilih *Raster Calculator* seperti tampilan dibawah ini.



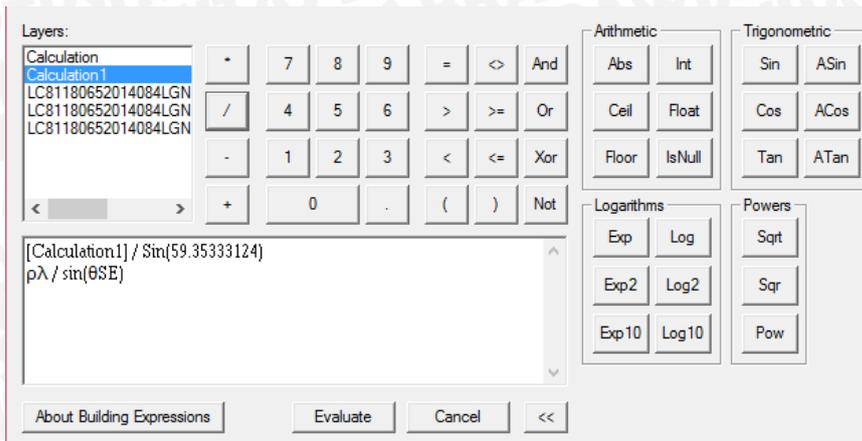
- Tahap pertama lakukan koreksi radiasi cahaya yaitu konversi TOA radiasi cahaya dengan memasukan persamaannya pada kotak *Raster Calculator* kemudian pilih *Evaluate* untuk menjalankan algoritma yang terbentuk.



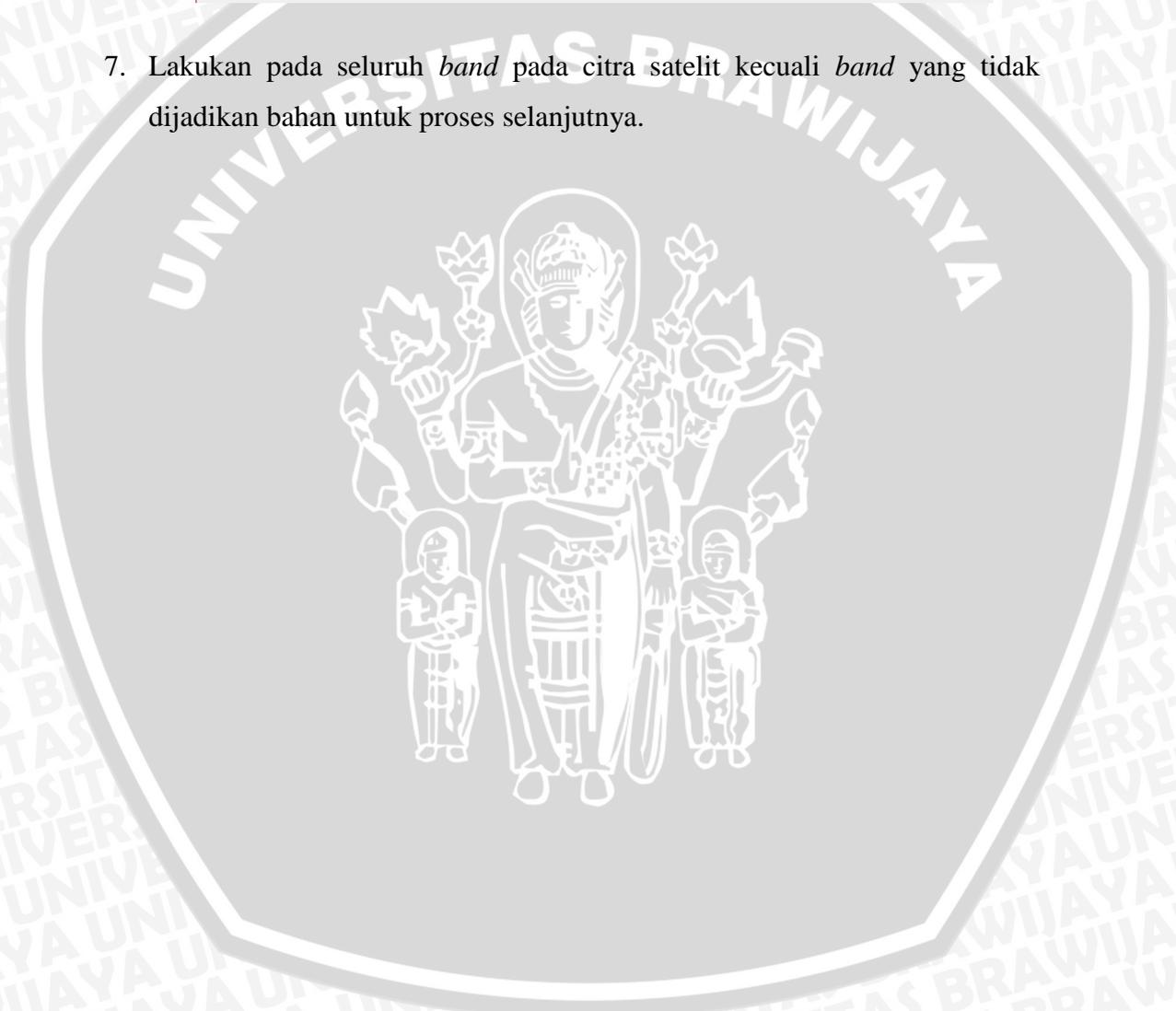
- Tahap kedua lakukan koreksi pantulan cahaya yaitu konversi TOA reflektansi pada hasil koreksi pada tahap pertama yaitu *Calculation*.



- Tahap ketiga mengkoreksi sudut pantulan cahaya dengan melakukan memasukan persamaan seperti tahap koreksi sebelumnya.

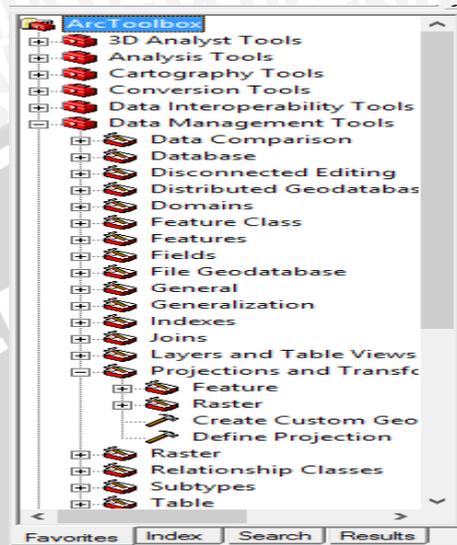


7. Lakukan pada seluruh *band* pada citra satelit kecuali *band* yang tidak dijadikan bahan untuk proses selanjutnya.

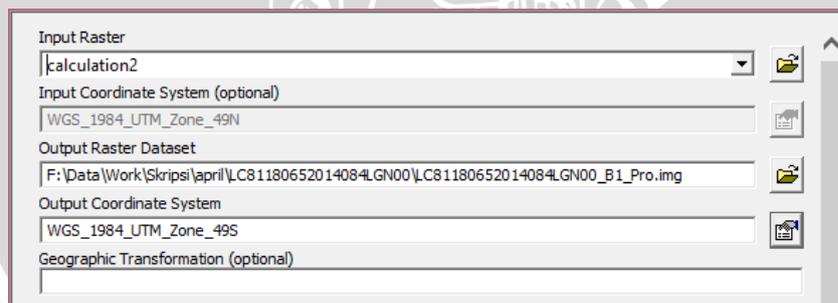


Lampiran 2. Koreksi Geometrik Pada Citra Satelit Landsat 8 Menggunakan ArcGis 9.3

1. Aktifkan *ArcTool Box*  kemudian pilih *Data Management Tools*.
2. Pilih *Projection and Transformation* seperti tampilan dibawah ini.



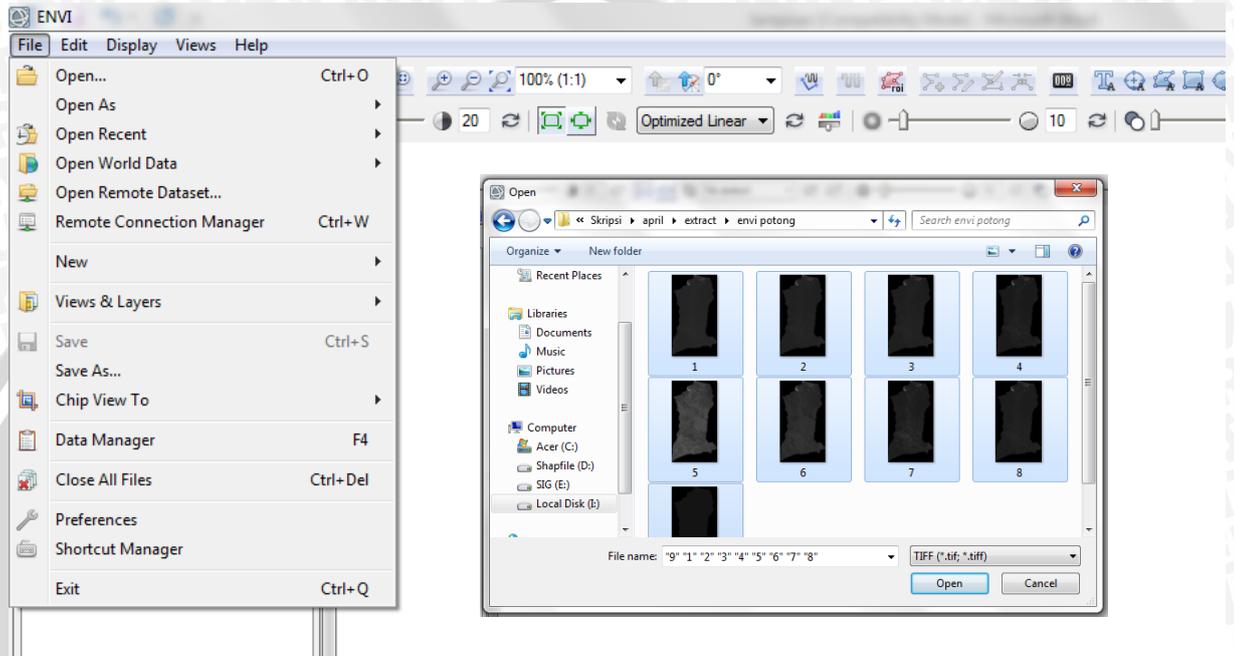
3. Kemudian pilih *Raster* setelah muncul beberapa *tool* pilih *Projection*. Kemudian pada *input* pilih hasil dari koreksi radiometrik lalu pada ganti dengan WGS 84 Zone 49S dan pada kolom *output* pilih folder untuk menyimpan serta beri nama file tersebut.



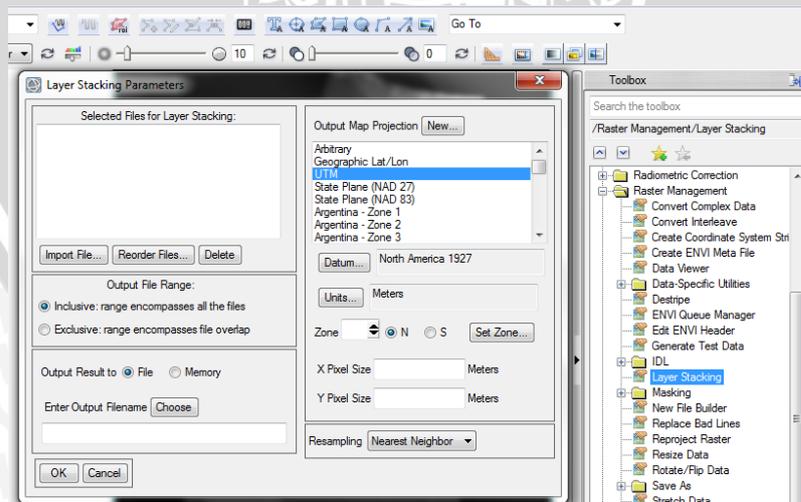
4. Klik OK
5. Lakukan proses tersebut pada seluruh *band*

Lampiran 3. Klasifikasi Supervised Pada Citra Satelit Landsat 8 Menggunakan Envi 5.1 Dan PCI Geomatica 9.0

1. Awalnya lakukan *Stacking* untuk menggabungkan *band* pada citra satelit menggunakan ENVI. Tekan *File* lalu pilih *Open* kemudian pilih *band* yang akan di *Stack* seperti tampilan dibawah ini.

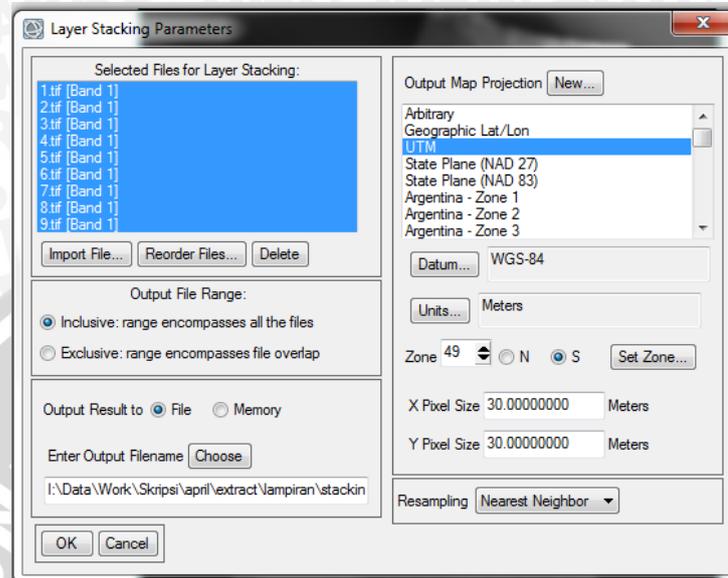


2. Setelah bahan muncul di kolom *LayerManager* kemudian *Toolbox* pilih *Raster Management* lalu klik *Layer Stacking* yang nantinya muncul seperti tampilan dibawah ini.

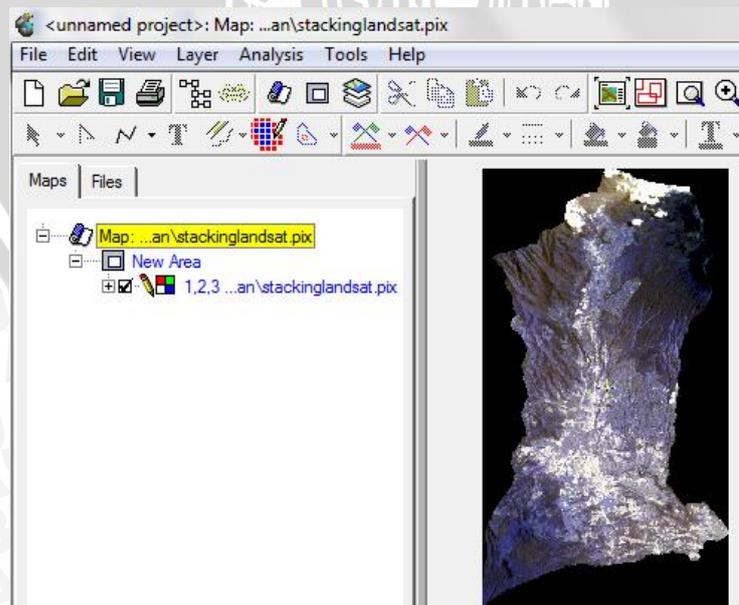


3. Pilih *Import File* pada *Layer Manager*, urutkan mulai dari *band* pertama sampai dengan menggunakan *Recorder Files*.

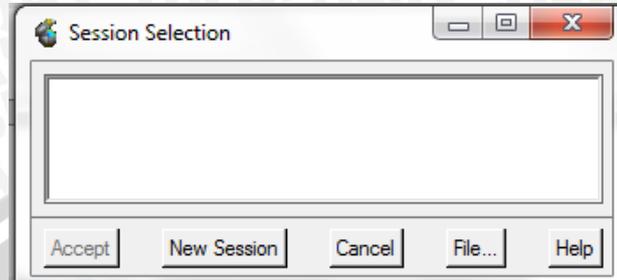
- Pastikan pada kolom *Output Map Projection* sudah WGS, pada *Datum* terisi WGS-84, pada *Unit* dengan satuan Meter, kolom *Zone* ganti dengan S dan *Cellsize* 30 x 30.



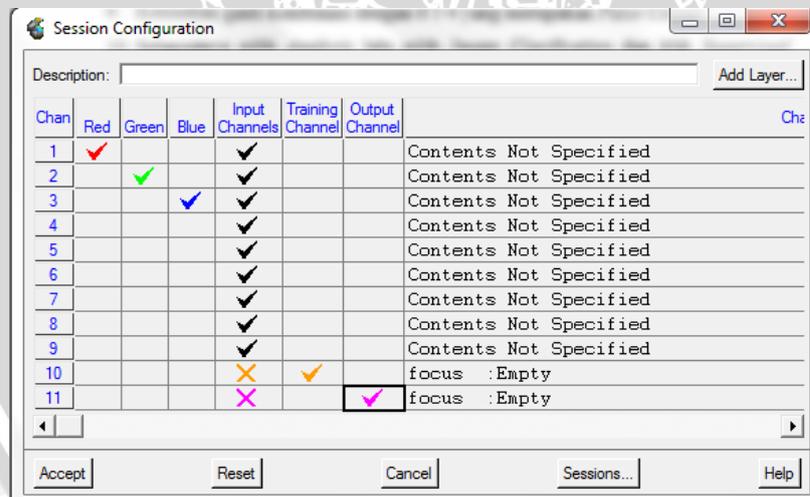
- Pilih tempat untuk menyimpan pada kolom *Enter Output Filename* dan isikan nama file.
- Klik OK
- Kemudian export data tersebut dengan format *.pix* dengan tujuan agar data tersebut *support* pada program PCI ketika dibuka.
- Buka file tersebut dengan menekan *icon open*  yang nantinya akan muncul tampilan seperti dibawah ini.



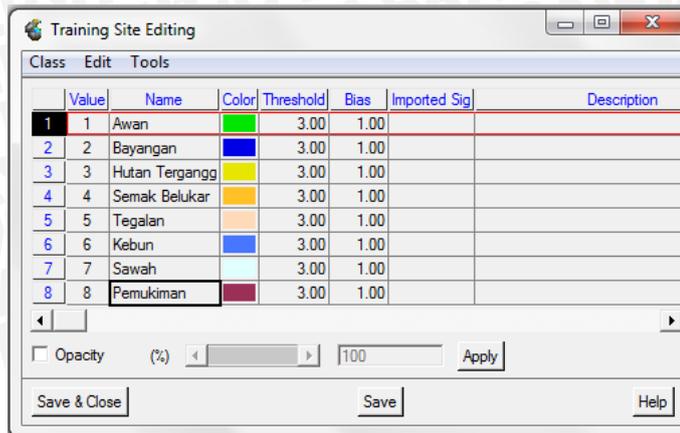
9. Kemudian ganti kombinasi dengan 6 5 4 yang merupakan *False Colour*.
10. Selanjutnya pilih *Analysis* lalu pilih *Image Clasification* dan klik *Supervised* kemudian akan muncul kolom *Session Selection* seperti tampilan dibawah.



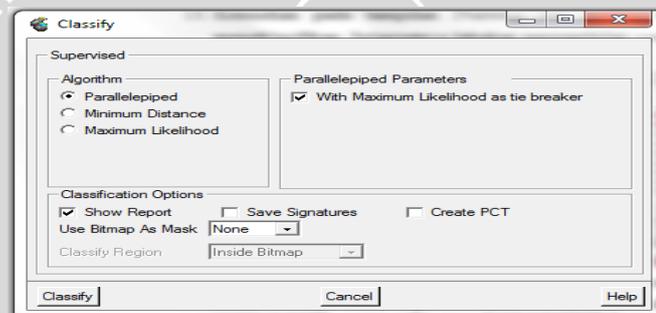
11. Klik *New Session*, kemudian tambahkan dua layer pada kolom *Session Configuration* dengan tujuan untuk meletakkan hasil kerja.
12. Kemudian centang pada *Input Chanel* dari *Chanel 1* sampai 9 yang digunakan sebagai bahan klasifikasi, centang *Training Chanel* pada *Chanel 10* yang digunakan untuk proses klasifikasi dan centang *Output Chanel* pada *Chanel 11* yang digunakan untuk menyimpan hasil kerja kemudian klik *Accept* seperti tampilan dibawah.



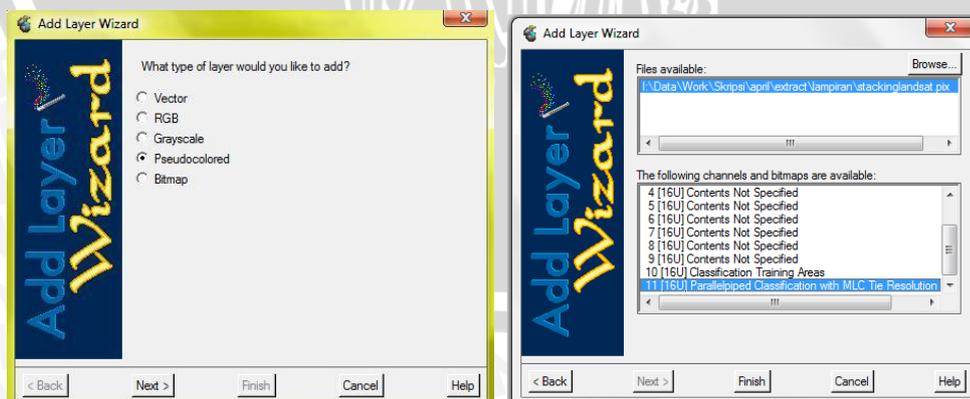
13. Kemudian pada tampilan *Training Site Editing* tambah *Class* baru untuk mengklasifikasikan, Selanjutnya lakukan pengambilan *sample* pada citra satelit sesuai dengan data yang ada pada *pixel*.



14. Selanjutnya hasil klasifikasi *sample* jalankan dengan klik kanan pada *Classification Meta Layer*, kemudian klik *Run Classification*. Lalu akan keluar kotak *Classify*. Pada *Algorithm* pilih *Parallelepiped* dan centang *With Maximum Likelihood as tie breaker* kemudian klik *Classify*.



15. Kemudian pisahkan hasil klasifikasi dari data citra satelit dengan klik *Add Layer* dan akan keluar kotak *Add Layer Wizard*. Lalu pilih *Pseudocolor* lalu klik *Next* dan pilih citra yang telah diklasifikasikan. Selanjutnya pilih *channel output* hasil dari klasifikasi tersebut.

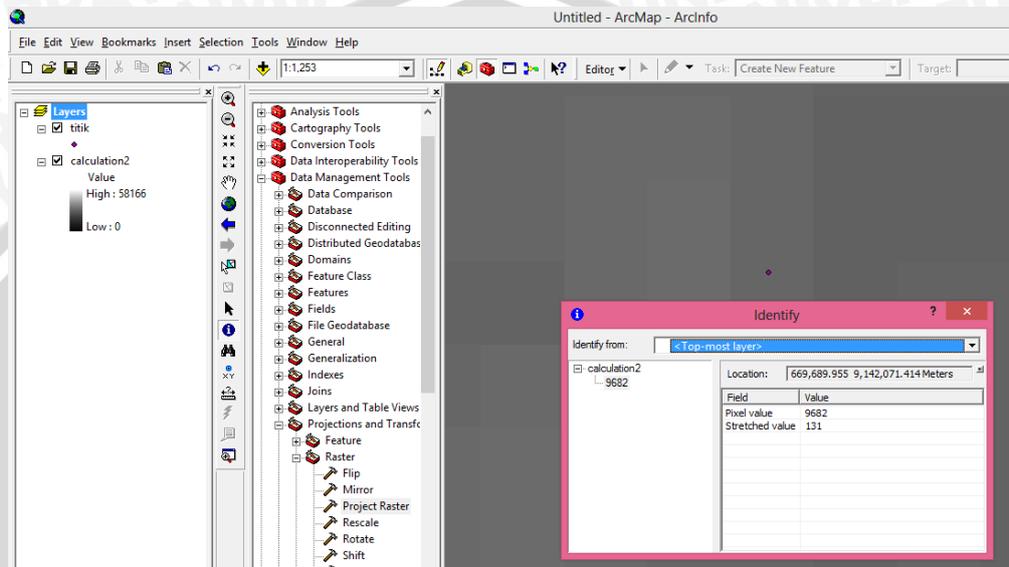


16. Tekan *Finish* untuk menjalankan proses pembuatan *layer* baru.

17. Kemudian simpan hasil klasifikasi dengan format TIFF.

Lampiran 4. Pengambilan Nilai *Digital Number* Pada Citra Satelit Menggunakan ArcGis 9.3

1. Pengambilan DN dilakukan pada setiap bahan yang digunakan dengan cara zoom pada titik pengamatan kemudian klik  dengan tujuan untuk mengetahui informasi DN pada citra satelit.



2. Lakukan proses tersebut pada seluruh *band* yang digunakan.

Lampiran 5. Dokumentasi Pengambilan Sampel Tanah Pada Survey Lapangan



Sawah



Tegalan (Tanaman Kubis)



Tegalan (Tanaman Wortel)



Tegalan (Tanaman Kentang)



Tegalan (Tanaman wortel)



Tegalan (Tanaman Kentang)



Tegalan (Tanaman Kubis)



Hutan



Lampiran 6. Nilai C-Organik Dan *Digital Number* untuk Membangun Model Estimasi C-Organik

No	Kode	Tahun	C-Org	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9
1	L01	2012	2.24	9585	8748	8579	7674	19493	12794	8732	7903	5055
2	L02	2012	3.15	9603	8760	8436	7442	18498	12202	8593	8094	5042
3	L03	2012	3.03	9778	8789	8390	7584	17761	11152	8571	8294	5061
4	L04	2012	3.84	9611	8837	8634	7393	19315	12672	8936	8441	5061
5	L05	2012	3.51	9681	8859	8879	7541	20368	13674	9416	8154	5060
6	L06	2012	2.94	9564	8684	8415	7513	19774	11870	8621	7815	5042
7	k1	2012	2.27	9225	8407	8465	7654	18682	11220	7866	7739	5046
8	k2	2012	2.97	9401	8582	8482	7226	21169	10874	7694	7900	5065
9	k5	2012	2.33	9682	8940	8642	7631	18403	11627	9426	8411	5052
10	k6	2012	2.51	9681	8954	8532	7615	17367	10956	9045	8065	5053
11	k10	2012	2.43	9800	9144	8449	7354	16731	10856	8993	8846	5053
12	k13	2012	2.14	9423	8595	8347	7541	18957	11877	8389	7802	5047
13	k15	2012	2.6	9884	9174	8435	7636	17279	12755	9762	7619	5049
14	k17	2012	1.97	9872	9134	8451	7195	16068	11529	9298	8153	5037
15	P01	2006	2.32	9666	8895	8598	7737	16782	12575	9324	8600	5051
16	P02	2006	0.58	10093	9389	8590	7632	15622	12642	9858	8382	5052
17	P04	2006	0.58	11208	10386	8445	7235	16399	13817	12061	12112	5052
18	P05	2006	4.64	9481	8595	8345	7072	18926	11219	7975	7685	5045
19	P06	2006	4.06	9570	8701	8367	7300	19433	12055	8474	7873	5040
20	P07	2006	2.32	9391	8610	8444	7821	17007	10521	8406	7660	5048
21	P08	2006	0.58	9439	8632	8527	7604	18049	10943	8311	8108	5050
22	P09	2006	2.9	9507	8790	8699	7460	16460	10699	8783	8688	5060
23	P10	2006	0.58	9301	8393	7763	7650	14655	8879	6652	7236	5048
24	P11	2006	0.58	9508	8623	7548	7756	17777	12381	8403	8023	5052
25	P12	2006	0.58	9302	8378	7668	7843	13501	8989	6957	7519	5051
26	P13	2006	2.32	9100	8170	7678	7369	15011	9768	7107	7008	5061
27	P14	2006	2.32	9166	8249	7673	7549	14095	8723	6638	7249	5051
28	P15	2006	0.58	9722	8879	7619	7719	17941	12017	8776	8288	5049

Keterangan: kode L01-L05 dan k1-k17 sampel diambil di kebun apel dan kode P01-P15 sampel diambil di penggunaan lahan tegalan.

Lampiran 7. Uji Korelasi Menggunakan Minitab 14

Correlations: corg, b1, B2, B3, B4, B5, B6, B7, B8, b9

	corg	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8
B1	-0.215								
	0.273								
B2	-0.196	0.983							
	0.318	0							
B3	0.469	0.334	0.421						
	0.012	0.082	0.026						
B4	-0.503	-0.258	-0.246	-0.24					
	0.006	0.186	0.206	0.219					
B5	0.542	0.006	0.02	0.533	-0.255				
	0.003	0.975	0.919	0.003	0.191				
B6	0.142	0.644	0.657	0.545	-0.124	0.576			
	0.472	0	0	0.003	0.53	0.001			
B7	-0.053	0.907	0.94	0.572	-0.166	0.22	0.822		
	0.789	0	0	0.001	0.398	0.261	0		
B8	-0.205	0.902	0.886	0.334	-0.272	0.035	0.546	0.82	
	0.296	0	0	0.082	0.161	0.859	0.003	0	
b9	0.058	-0.035	-0.036	0.098	0.046	0.074	-0.02	-0.021	0.101
	0.768	0.86	0.854	0.619	0.817	0.709	0.919	0.915	0.608



Lampiran 8. Uji Regresi Stepwise Menggunakan Minitab 14

Stepwise Regression: C_Organik versus B1, B2, B3, B4, B5, B6, B7, B8, B9

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is corg on 9 predictors, with N = 28

Step	1	2	3	4	5	6	7
Constant	-11.78	-11.29	-11.58	32.31	36.77	42.29	22.91
B1	0.0029	0.003	0.0027	0.0027	0.0018		-0.00156
T-Value	1.07	1.11	1.11	1.13	0.81		-4.14
P-Value	0.297	0.283	0.279	0.272	0.429		0
B2	-0.0056	-0.0057	-0.0053	-0.0054	-0.0053	-0.0036	0.00181
T-Value	-1.86	-1.96	-2.25	-2.33	-2.27	-3.27	4.3
P-Value	0.079	0.064	0.036	0.03	0.033	0.003	0
B3	0.00134	0.00141	0.00141	0.00145	0.0014	0.00119	-0.00293
T-Value	1.93	2.32	2.38	2.52	2.44	2.35	-3.92
P-Value	0.069	0.032	0.027	0.02	0.023	0.028	0.001
B4	-0.00339	-0.00346	-0.00341	-0.00338	-0.00332	-0.00345	
T-Value	-3.77	-4.15	-4.29	-4.36	-4.29	-4.58	
P-Value	0.001	0.001	0	0	0	0	
B5	0.00004						
T-Value	0.24						
P-Value	0.813						
B6	-0.00012	-0.00007					
T-Value	-0.34	-0.25					
P-Value	0.735	0.803					
B7	0.00108	0.00104	0.00089	0.00088	0.00088	0.00091	
T-Value	1.33	1.35	1.87	1.88	1.89	1.97	
P-Value	0.199	0.194	0.076	0.074	0.072	0.061	
B8	-0.00046	-0.00044	-0.00042	-0.00037			
T-Value	-1.11	-1.11	-1.11	-1.05			
P-Value	0.283	0.281	0.281	0.305			
B9	0.009	0.009	0.009				
T-Value	0.4	0.41	0.41				
P-Value	0.697	0.687	0.686				
S	0.747	0.728	0.711	0.697	0.698	0.693	0.733
R-Sq	71.96	71.87	71.78	71.54	70.04	69.15	63.94
R-Sq(adj)	57.94	60.03	61.9	63.41	63.23	63.79	59.44
Mallows C-p	10	8.1	6.1	4.3	3.2	1.8	3.1

$$C_Organik = 22.91 - 0.00156B2 + 0.00181B3 - 0.00293B4 R^2 = 0.64$$

Lampiran 9. Uji t berpasangan Menggunakan Minitab 14

Paired T-Test and CI: C_Organik, C_Model

Paired T for C_Organik__1 - b234_1

	N	Mean	StDev	SE Mean
C-Organik analisis Laboratorium	30	1.85607	0.80334	0.14667
C-Organik Model	30	1.98863	1.15803	0.21143
Difference	30	-0.132567	1.139279	0.208003

95% CI for mean difference: (-0.557980, 0.292847)

T-Test of mean difference = 0 (vs not = 0): T-Value = -0.64 P-Value = 0.529

