



UNIVERSITAS INDONESIA

**ESTIMASI KELEMBABAN TANAH SKALA REGIONAL
(Studi Kasus Wilayah Kabupaten Subang)**

TESIS

**FADILA MUCHSIN
6303060071**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
DEPARTEMEN GEOGRAFI
DEPOK
OKTOBER 2010**



UNIVERSITAS INDONESIA

**ESTIMASI KELEMBABAN TANAH SKALA REGIONAL
(Studi Kasus Wilayah Kabupaten Subang)**

TESIS

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar magister sains

**FADILA MUCHSIN
6303060071**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
DEPARTEMEN GEOGRAFI
DEPOK
OKTOBER 2010**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Tesis ini adalah hasil karya penulis sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah penulis nyatakan dengan benar.

Nama : Fadila Muchsin

NPM : 6303060071

Tanda Tangan :

Tanggal : 27 Oktober 2010

HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini diajukan oleh :
Nama : Fadila Muchsin
NPM : 6303060071
Program Studi : Departemen Geografi
Judul Tesis : Estimasi Kelembaban Tanah Skala Regional
(Studi Kasus Wilayah Kabupaten Subang)

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Magister Sains pada Program Studi Departemen Geografi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing I : Dr. rer. nat. Eko Kusratmoko ()
Pembimbing II : Prof. Dr. F. Sri Hardiyanti P. ()
Penguji I : Dr. Djoko Harmantyo, MS. ()
Penguji II : Drs. Sobirin, M.Si. ()
Penguji III : Dr. Tarsoen Waryono ()

Ditetapkan di : Depok
Tanggal : 27 Oktober 2010

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah puji syukur kehadiran Allah SWT berkat rahmat dan karuniaNya tesis ini dapat diselesaikan sebagaimana mestinya. Tesis ini disusun sebagai syarat untuk memperoleh gelar Magister Sains pada Program Studi Pasca Sarjana Ilmu Geografi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia.

Tesis dengan judul “*Estimasi Kelembaban Tanah skala Regional Studi Kasus Kabupaten Subang*” bertujuan untuk mengetahui pola sebaran kelembaban tanah di Kabupaten Subang berdasarkan pada interpretasi citra Landsat-7_ETM bulan April dan September tahun 2002 serta faktor-faktor yang mempengaruhi pola sebaran kelembaban tanah seperti penutup lahan, topografi dan kerapatan vegetasi.

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pembimbing: Dr. rer. nat. Eko Kusratmoko dan Prof. DR. F. Sri Hardiyanti Purwadhi yang telah memberikan masukan yang sangat berarti dalam penulisan dan penyelesaian tesis ini serta para dosen penguji: Dr. Djoko Harmantyo, MS., Dr. Tarsoen Waryono dan Drs. Sobirin, M.Si. Tak lupa pula ucapan terima kasih kepada Kapusdata Inderaja LAPAN, Kabid. Prodata, Kabid. Jianta dan rekan-rekan staf Bidang Prodata dan Jianta atas dukungannya dalam penyelesaian tesis ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih yang tak terhingga kepada keluarga tercinta yang telah membantu memberikan dorongan moril maupun materil.

Penulis menyadari tesis ini masih banyak kekurangannya. Untuk itu, masukan dan saran sangat diharapkan untuk memperbaiki kekurangan-kekurangan yang ada. Semoga Allah SWT meridhoi setiap upaya yang kita lakukan dan tesis ini dapat memberikan manfaat bagi setiap pembaca.

Penulis

Oktober 2010

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Fadila Muchsin
NPM : 6303060071
Program Studi : Geografi
Departemen : Geografi
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Jenis Karya : Tesis

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti, Noneksklusif (*Non-exclusive Royalti Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

Estimasi Kelembaban Tanah Skala Regional (Studi Kasus Wilayah Kabupaten Subang)

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihkan media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada Tanggal : 27 Oktober 2010

Yang Menyatakan

(Fadila Muchsin)

ABSTRAK

Nama : Fadila Muchsin
Program Studi : Geografi
Judul : Estimasi Kelembaban Tanah Skala Regional
(studi kasus wilayah Kabupaten Subang)

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pola sebaran kelembaban tanah di Kabupaten Subang berdasarkan pada interpretasi citra Landsat-7_ETM bulan April dan September tahun 2002 serta faktor-faktor yang mempengaruhi pola sebaran kelembaban tanah seperti penutup lahan, topografi dan kerapatan vegetasi. Metode yang digunakan adalah “metode segitiga (*triangle method*)” yang menggambarkan hubungan antara suhu permukaan (T_s) dan fraksi vegetasi (Fr) yang diturunkan dari citra NDVI. Suhu permukaan dan fraksi vegetasi diperoleh dari kanal termal, visible dan inframerah dekat citra Landsat-7_ETM. Hasil yang diperoleh adalah pola sebaran kelembaban tanah dengan nilai yang tinggi umumnya terdapat di bagian selatan Kab. Subang yang merupakan daerah pegunungan dan sebaliknya nilai kelembaban tanah yang rendah umumnya menyebar di bagian tengah dan utara Kab. Subang yang merupakan daerah dataran rendah. Analisis yang dilakukan terhadap penutup lahan secara umum yang terdapat di Kab. Subang yaitu vegetasi budidaya lahan basah, vegetasi budidaya lahan kering dan lahan terbangun pada ketinggian 0 sampai diatas 1000 mdpl menunjukkan bahwa faktor ketinggian sangat mempengaruhi nilai kelembaban tanah. Vegetasi budidaya lahan basah memiliki nilai kelembaban tanah yang tinggi dibandingkan dengan penutup lahan lainnya dengan kisaran nilai antara 0.5 – 0.7. Sebaliknya lahan terbangun memiliki nilai kelembaban tanah yang rendah dengan kisaran 0.1 – 0.5. Selain penutup lahan dan ketinggian, kerapatan vegetasi merupakan variabel yang sangat signifikan mempengaruhi variasi kelembaban tanah. Pada bulan April dan September, tampak bahwa semakin tinggi kerapatan vegetasi, maka nilai kelembaban tanah semakin tinggi. Namun nilai korelasi antara keduanya berbeda. Pada bulan April, korelasi antara kerapatan vegetasi dan kelembaban tanah lebih kuat dengan $r^2 = 0.327$, sedangkan pada bulan September memiliki korelasi sangat lemah dengan $r^2 = 0.054$.

Kata kunci : citra landsat-7_ETM, kelembaban tanah, penutup lahan, kerapatan vegetasi

xiv + 69 hlm.; 20 gambar; 2 lampiran; 11 peta
Daftar Referensi: 14 (1996 – 2004)

ABSTRACT

Name : Fadila Muchsin
Major : Geography
Title : Soil Moisture Estimation on Regional Scale
(Case Study: Regency of Subang)

The goal of this research is to study the distribution pattern of soil moisture in the Regency of Subang based on the interpretation of the Landsat-7_ETM imageries taken on April and September 2002 and factors affecting the distribution pattern of soil moisture such as land cover, topography, and vegetation index. The method being applied is “the triangle method” which characterizes the correlation between surface temperature (Ts) and fractional vegetation cover (Fr) derived from the NDVI imagery. The surface temperature and the fractional vegetation cover are obtained from the thermal band, and the visible and/or the near infrared of the Landsat-7_ETM imagery. The high measurement of the distribution pattern of soil moisture generally can be found in southern area of the Regency of Subang which is mountain area. On the contrary, the distribution of low measurement of soil moisture generally can be found in the middle and northern area of the Regency of Subang which are lowlands. The analysis of the general land covers spreading on the Regency of Subang, i.e.: wetland cultivated vegetation, dryland cultivated vegetation and build-up areas on the elevation of 0 to over 1.000 mdpl shows that elevation factor plays a significant role in affecting the measurement of soil moisture. Wetland cultivated vegetation has the highest measurement of soil moisture in the range of 0.5 to 0.7 whereas build-up area has the lowest measurement of soil moisture in the range of 0.1 to 0.5. Along with the land cover and the elevation, the vegetation index is also a very significant variable in affecting the variation of soil moisture. On April and September 2002, it shows that the higher the vegetation index is, the higher the measurement of soil moisture would be. However, the correlation value between both is different. On April 2002, the correlation between the vegetation index and the soil moisture is higher with $r^2 = 0.327$ while September 2002 has the very low correlation with $r^2 = 0.054$.

Keywords : Landsat-7_ETM imagery, soil moisture, landcover, vegetation index

xiv + 69 pages.; 20 pictures; 2 attachments; 11 maps
Bibliography : 14 (1996 – 2004)

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	vii
ABSTRAK	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR PETA	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
1. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	4
1.3. Tujuan Penelitian	6
1.4. Manfaat Penelitian	6
1.5. Daerah Studi	6
1.6. Batasan, Pengertian dan Istilah	9
2. TINJAUAN PUSTAKA	11
2.1. Konsep Dasar Penginderaan Jauh	11
2.2. Interaksi Energi di Permukaan Bumi	13
2.3. Citra Landsat-7_ETM	16
2.4. Koreksi Geometri	19
2.5. Ketelitian Geometri	20
2.6. Klasifikasi Penutup Lahan	22
2.7. Kelembaban Tanah	23
2.8. Penginderaan Jauh Untuk Kelembaban tanah	24
3. METODOLOGI	27
3.1. Konsep Penelitian	27
3.2. Bahan dan Peralatan yang digunakan	28
3.2.1. Bahan yang digunakan	28
3.2.2. Peralatan yang digunakan	29
3.3. Metode Perolehan Data	30
3.3.1. Pengolahan Data Awal (<i>Pre-Processing</i>)	30
a. Koreksi Geometri	30
b. Mosaik dan Cropping Citra	34

3.3.2. Pengolahan Data Lanjut	36
a. Penutup Lahan	36
b. Suhu Permukaan	37
c. Kerapatan Vegetasi (NDVI)	38
d. Kelembaban Tanah	39
e. Ketinggian	40
3.4. Metode Analisis Data	41
3.5. Alur Penelitian	41
4. HASIL DAN PEMBAHASAN	44
4.1. Penutup Lahan Kabupaten Subang	45
4.2. Suhu Permukaan	47
4.3. Kerapatan Vegetasi (NDVI)	47
4.4. Kelembaban tanah	49
4.5. Ketinggian	51
4.6. Analisis Pola Sebaran	52
4.6.1. Hubungan Antara Penutup Lahan, Ketinggian dan Kelembaban Tanah	52
4.6.2. Hubungan Antara Kerapatan Vegetasi dan Kelembaban Tanah	55
5. KESIMPULAN	67
DAFTAR REFERENSI	68

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1.	Peta administrasi Kabupaten Subang	8
Gambar 2.1.	Konsep dasar penginderaan jauh	11
Gambar 2.2.	Spektrum gelombang elektromagnetik	12
Gambar 2.3.	Interaksi antara energi dengan objek di permukaan bumi	14
Gambar 2.4.	Kurva pantulan spektral untuk objek vegetasi, tanah dan air	16
Gambar 2.5.	Klasifikasi lapisan tanah	24
Gambar 3.1.	Kerangka penelitian	28
Gambar 3.2.	(a & b) Hasil koreksi geometrik citra LS-7_ETM P/R 122/064-65 bulan April dan September kanal-kanal multispektral (resolusi 30 m)	31
Gambar 3.3.	(a & b) Hasil koreksi geometrik citra LS-7_ETM P/R 121/065 kanal-kanal multispektral (resolusi 30 meter)	32
Gambar 3.4.	(a & b) Hasil koreksi geometrik citra LS-7_ETM P/R 122/064-65 kanal 6 (resolusi 60 meter)	33
Gambar 3.5.	(a & b) Mosaik dan cropping data LS-7_ETM P/R 122/064-65 dan 121/65 Bulan April 2002 (kanal-kanal multispektral)	34
Gambar 3.6.	(a & b) Mosaik dan cropping data LS-7_ETM P/R 122/064-65 dan 121/65 Bulan September 2002 (kanal-kanal multispektral)	35
Gambar 3.7.	(a & b) Mosaik dan cropping data LS-7_ETM P/R 122/064-65 dan 121/65 Bulan April 2002 (kanal temperatur)	35
Gambar 3.9.	(a & b) Mosaik dan cropping data LS-7_ETM P/R 122/064-65 dan 121/65 Bulan September 2002 (kanal temperatur)	36
Gambar 3.9.	Estimasi kelembaban tanah menggunakan batas suhu terendah dan tertinggi pada tiap-tiap fraksi tutupan vegetasi (Serrano, et al., 2004)	40
Gambar 3.10.	Diagram alir penelitian	41
Gambar 3.11.	Citra satelit Kabupaten Subang tanggal 29 April 2002	42
Gambar 3.12.	Citra satelit Kabupaten Subang tanggal 20 September 2002	43
Gambar 4.1.	Penutup lahan Kab. Subang bulan April 2002	58
Gambar 4.2.	Penutup lahan Kab. Subang bulan September 2002	59
Gambar 4.3.	Suhu permukaan Kab. Subang bulan April 2002	60
Gambar 4.4.	Suhu permukaan Kab. Subang bulan September 2002	61
Gambar 4.5.	Kerapatan vegetasi Kab. Subang bulan April 2002	62
Gambar 4.6.	Kerapatan vegetasi Kab. Subang bulan September 2002	63
Gambar 4.7.	Kelembaban tanah Kab. Subang bulan April 2002	64
Gambar 4.8.	Kelembaban tanah Kab. Subang bulan September 2002	65

Gambar 4.9. Ketinggian Kab. Subang	66
Gambar 4.10. Hubungan antara penutup lahan, ketinggian dan kelembaban tanah di Kab. Subang bulan April 2002	53
Gambar 4.11. Hubungan antara penutup lahan, ketinggian dan kelembaban tanah di Kab. Subang bulan September 2002	53
Gambar 4.12. Hubungan antara kerapatan vegetasi dan kelembaban tanah bulan April tahun 2002 di Kab. Subang	54
Gambar 4.13. Hubungan antara kerapatan vegetasi dan kelembaban tanah bulan September 2002 di Kab. Subang	55

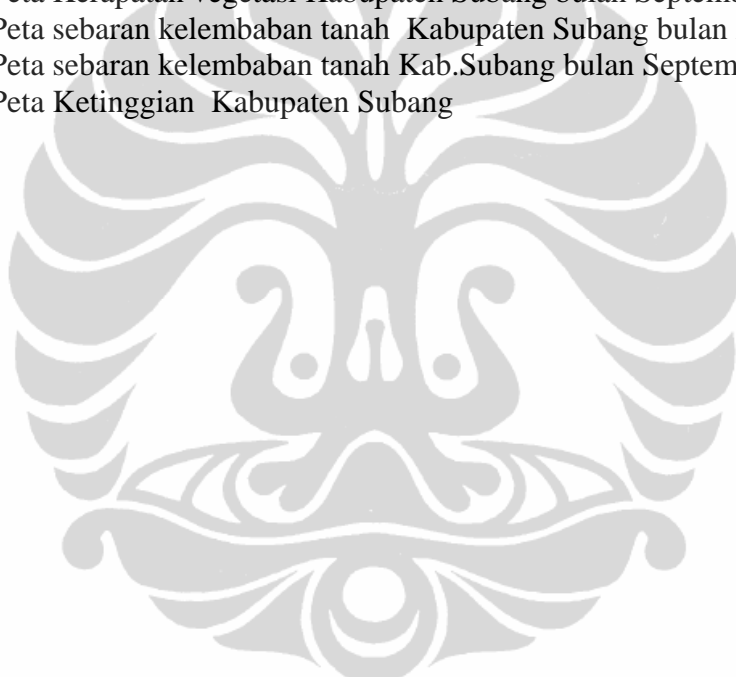


DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Karakteristik spektral satelit Landsat	17
Tabel 2.2.	Karakteristik setiap kanal data Landsat-7	18
Tabel 3.1.	Data Landsat-7_ETM yang digunakan dalam penelitian	29
Tabel 3.2.	Data Landsat-7_orthorectified untuk data acuan koreksi geometri	29
Tabel 4.1	Luas penutup lahan di Kab. Subang dan perubahannya Tahun 2002	45
Tabel 4.2.	Hasil Perhitungan Suhu Permukaan di Kab. Subang Tahun 2002	46
Tabel 4.3.	Hasil Perhitungan kerapatan vegetasi Kab. Subang Tahun 2002	47
Tabel 4.4.	Penentuan Batas Kering dan Lembab Pada Tiap-tiap Rentang Fraksi Tutupan Vegetasi Citra Landsat ETM+ Bulan April 2002	49
Tabel 4.5.	Penentuan Batas Kering dan Lembab Pada Tiap-tiap Rentang Fraksi Tutupan Vegetasi Citra Landsat ETM+ Bulan September 2002	50
Tabel 4.6.	Nilai rerata kelembaban tanah setiap penutup lahan di Kab. Subang pada ketinggian 0 sampai diatas 1000 mdpl (Bulan April 2002)	51
Tabel 4.7.	Nilai rerata kelembaban tanah setiap penutup lahan di Kab. Subang pada ketinggian 0 sampai diatas 1000 mdpl (Bulan September 2002)	52
Tabel 4.8.	Curah Hujan di Setiap Kecamatan di Kabupaten Subang Tahun 2002	56
Tabel 4.9.	Jumlah Hari Hujan di Setiap Kecamatan di Kabupaten Subang Tahun 2002	57

DAFTAR PETA

- Peta 1. Peta administrasi Kabupaten Subang
- Peta 2. Peta Citra satelit Kabupaten Subang tanggal 29 April 2002
- Peta 3. Peta Penutup lahan Kabupaten Subang bulan April 2002
- Peta 4. Peta Penutup lahan Kabupaten Subang bulan September 2002
- Peta 5. Peta Suhu permukaan Kabupaten Subang bulan April 2002
- Peta 6. Peta Suhu permukaan Kabupaten Subang bulan September 2002
- Peta 7. Peta Kerapatan vegetasi Kabupaten Subang bulan April 2002
- Peta 8. Peta Kerapatan vegetasi Kabupaten Subang bulan September 2002
- Peta 9. Peta sebaran kelembaban tanah Kabupaten Subang bulan April 2002
- Peta 10. Peta sebaran kelembaban tanah Kab.Subang bulan September 2002
- Peta 11. Peta Ketinggian Kabupaten Subang



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Lokasi Sampel Penutup Lahan Kabupaten Subang
Lampiran 2. Dokumentasi Kegiatan Survey Lapangan



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Kelembaban tanah merupakan salah satu komponen penting dalam siklus hidrologi karena berperan dalam menentukan angka evaporasi, mempengaruhi proses transpirasi serta merupakan salah satu variabel penting yang mengontrol proses pertukaran energi dan massa melalui permukaan bumi (Saha, S.K, 1995). Proses ini dapat mempengaruhi area yang sangat luas (global). Kelembaban tanah (*soil moisture*) diartikan sebagai jumlah air dalam tanah pada daerah perakaran dan secara biologis menentukan pertumbuhan tanaman serta mempengaruhi siklus nutrisi (Katzberg, 2005).

Pengukuran kandungan kelembaban tanah dan fluktuasinya secara akurat dan tepat waktu merupakan kegiatan yang sangat penting dalam memantau bencana alam khususnya banjir dan kekeringan. Tanah yang sangat jenuh tidak dapat menyerap air sehingga dapat memungkinkan terjadinya *runoff* atau banjir. Sebaliknya tanah yang sangat kering (tingkat kelembaban tanah sangat rendah) dapat menciptakan kekeringan sehingga mempengaruhi pertumbuhan dan produktivitas tanaman. Menurut Sandy (1996), pada daerah tropik seperti Indonesia, masa segar (*growing period*) atau di daerah sub tropik dikenal dengan istilah masa tumbuh (*growing season*), pertumbuhan tanaman sangat bergantung pada jangka waktu tersedianya air dalam tanah (kelembaban tanah). Oleh karena itu bagi masyarakat Indonesia yang sebagian besar adalah petani, kelembaban tanah merupakan sesuatu yang penting untuk mempertahankan dan meningkatkan pertumbuhan dan produktivitas tanaman. Secara umum dapat dikatakan bahwa pada tingkat tertentu kelembaban tanah sangat penting untuk kehidupan manusia. Akan tetapi pada tingkat kelembaban tanah yang terlalu tinggi ataupun rendah dapat menimbulkan permasalahan bagi manusia dan makhluk hidup lainnya (Asdak, 2002).

Di negara-negara maju seperti Amerika Serikat, Inggris, Perancis, Spanyol dan Jepang, penelitian tentang kelembaban tanah merupakan kegiatan yang penting dalam menunjang pembangunan sektor pertanian. Kegiatan ini dilakukan untuk memprediksi hasil-hasil panen, perencanaan irigasi selama musim pertumbuhan dan sebagainya.

Penelitian tentang kelembaban tanah di negara kita pada saat ini, umumnya masih bersifat lokal dan hanya terbatas pada areal pertanian. Pengukuran secara regional belum banyak dilakukan. Padahal informasi kelembaban tanah secara regional mempunyai manfaat yang besar antara lain dapat digunakan untuk memprediksi pola cuaca, mengelola daerah tampungan air/waduk, informasi jadwal irigasi selama masa tumbuh (*growing season*) dan informasi hasil-hasil panen, serta dapat digunakan sebagai peringatan dini (*early warning*) terhadap bencana banjir dan kekeringan (Ramnath, 2003).

Pengukuran mengenai kelembaban tanah dapat langsung dilakukan di lapangan (*in situ*) menggunakan berbagai metode diantaranya gravimetri, *neutron scattering*, *gamma attenuation* dan *Time Domain Reflectometri* (TDR). Namun pengukuran lapangan masih bersifat informasi titik, memerlukan waktu yang lama (*time consuming*) dan membutuhkan biaya yang sangat besar, sehingga sulit dilakukan pada daerah-daerah yang luas (Weidong, et al., 2003). Keterbatasan-keterbatasan ini dapat diatasi menggunakan teknik penginderaan jauh yang mempunyai keuntungan meliputi daerah yang sangat luas baik regional maupun global. Di samping itu, teknologi penginderaan jauh dapat menyediakan informasi kelembaban tanah yang bersifat spasial dan temporal dengan biaya yang relatif lebih murah (Rao, et al., 1993).

Berbagai penelitian mengenai kelembaban tanah menggunakan data penginderaan jauh telah banyak dilakukan dan telah berkembang luas. Saat ini terdapat berbagai metode maupun model-model yang telah dikembangkan dengan baik. Pada dasarnya terdapat lima jenis metode yang digunakan untuk menduga kandungan kelembaban tanah (Serrano, et al., 2004). Metode pertama menggunakan citra gelombang mikro yang didasari pada tingkat penyerapan (*absorption*) yang

tinggi dari radiasi gelombang elektromagnetik yang disebabkan oleh air. Metode kedua didasari pada model-model termal inersia menggunakan informasi termal, visible dan inframerah. Metode ketiga telah banyak dilakukan yaitu dengan melihat kondisi radiometrik pada permukaan tanah yang berbeda dengan menggunakan panjang gelombang inframerah tengah. Metode ini diterapkan untuk menduga tingkat kelembaban tanah dan vegetasi. Metode keempat yaitu menggunakan kombinasi band/kanal dan pengukuran lapangan untuk memperoleh kebenaran hasil pengukuran. Model-model seperti empiris regresi dipakai pada metode keempat ini. Metode terakhir atau metode kelima adalah menggunakan hubungan spasial antara suhu permukaan dan indeks vegetasi.

Estimasi kelembaban tanah menggunakan metode hubungan spasial antara suhu permukaan dan vegetasi merupakan metode yang telah luas digunakan. Berbagai penelitian yang telah dilakukan mengindikasikan hubungan yang kuat antara kandungan air tanah (kelembaban tanah) dan suhu permukaan. Oleh karena itu estimasi kelembaban tanah menggunakan data termal, didasari pada hubungan antara kandungan air pada berbagai permukaan dan suhunya. Akan tetapi, kenyataannya kondisi lingkungan yang ada di muka bumi adalah sangat heterogen seperti tanah, batuan, vegetasi dan topografi. Sehingga tidak dapat langsung mengasumsikan bahwa daerah yang sangat dingin merupakan daerah yang mempunyai kelembaban tanah yang sangat tinggi dan sebaliknya daerah yang sangat panas merupakan daerah dengan tingkat kelembaban tanah yang rendah. Hal tersebut dikarenakan terdapat sejumlah elemen yang mempengaruhi hubungan antara kandungan air pada berbagai permukaan dan suhunya. Salah satu diantaranya adalah vegetasi dan merupakan elemen yang berpengaruh paling signifikan terhadap variasi nilai kelembaban tanah (Lambin dan Erlich, 1993). Untuk itu kondisi vegetasi dijadikan sebagai indikator dalam menentukan nilai kelembaban tanah. Parameter yang umum digunakan dan telah memperoleh ketelitian yang baik dalam memantau kondisi vegetasi menggunakan data penginderaan jauh adalah NDVI (*Normalized Different Vegetation Index*). NDVI diturunkan dari kanal 3 dan 4 data satelit Landsat (*Land Satellite*), kanal 1 dan 2 data NOAA-AVHRR (*National Oceanic Atmospheric Administration-*

Advance Very High Resolution Radiometer) dan kanal 2 dan 3 data SPOT (*System Probatoire d'Observation de la Terre*). Sedangkan untuk informasi suhu permukaan menggunakan kanal 6 untuk data satelit LS-7_ETM, kanal 4 dan 5 untuk data NOAA_AVHRR serta kanal 31 dan 32 untuk data MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometric*).

Data yang digunakan untuk membuat estimasi kelembaban tanah dalam penelitian ini adalah data satelit Landsat_ETM (*Land Satellite_Enhanced Thematic Mapper*) yang memiliki 7 kanal spektral dan 1 kanal pankromatik. Data Landsat juga memiliki resolusi spasial 30 meter untuk kanal 1,2,3,4,5 dan 7, 60 meter untuk kanal 6 (termal) dan 15 meter untuk kanal pankromatik. Masing-masing kanal mempunyai manfaat untuk mendeteksi, memantau, mengobservasi dan dapat digunakan untuk menganalisis berbagai objek di muka bumi. Untuk memperoleh informasi suhu permukaan digunakan kanal 6 (inframerah termal) yang berada pada spektrum panjang gelombang $10.40 \mu\text{m} - 12.50 \mu\text{m}$ dan untuk indeks vegetasi menggunakan kanal 3 (kanal merah) dan 4 (kanal inframerah dekat) yang mempunyai nilai reflektansi tinggi terhadap vegetasi dan masing-masing berada pada spektrum $0,63 \mu\text{m} - 0,69 \mu\text{m}$ dan $0,76 \mu\text{m} - 0,90 \mu\text{m}$.

Citra suhu permukaan dan indeks vegetasi kemudian dianalisis secara spasial untuk mendapatkan hasil estimasi nilai kelembaban tanah di Kabupaten Subang.

1.2 PERUMUSAN MASALAH

Salah satu faktor penting yang mempengaruhi variasi kelembaban adalah suhu. Beberapa penelitian mengindikasikan adanya hubungan yang kuat antara kandungan air tanah dengan suhu permukaan (Zhang et al., dalam Serrano et al., 2004). Pada lahan bervegetasi dan non vegetasi, evaporasi dan transpirasi meningkat seiring meningkatnya kandungan air tanah. Pada saat tanah menjadi lembab, panas *latent* meningkat (*latent heat fluxes*) disebabkan penyerapan air yang sangat tinggi. Proses tersebut menyebabkan panas yang dirasakan (*sensible heat fluxes*) menjadi menurun. Sebaliknya pada saat tanah menjadi kering, energi radiasi tidak digunakan

dalam proses evaporasi sehingga suhu yang dirasakan menjadi meningkat dan meningkatkan suhu permukaan.

Akan tetapi, pada lingkungan yang sangat heterogen (topografi, jenis tanah dan penutup lahan) tidak dapat langsung mengasumsikan bahwa daerah yang sangat dingin merupakan daerah yang mempunyai kelembaban tanah yang sangat tinggi dan sebaliknya daerah yang sangat panas merupakan daerah dengan tingkat kelembaban tanah yang rendah. Hal tersebut dikarenakan terdapat sejumlah elemen yang mempengaruhi hubungan antara kandungan air pada berbagai permukaan dan suhunya. Salah satu diantaranya adalah vegetasi dan merupakan elemen yang berpengaruh paling signifikan terhadap variasi nilai kelembaban tanah (Lambin dan Erlich, 1993). Oleh karena itu, estimasi kelembaban tanah pada penelitian ini menggunakan parameter suhu permukaan dan vegetasi yang diturunkan dari data Landsat-7_ETM.

Penelitian ini dilakukan di Kabupaten Subang karena termasuk daerah yang memiliki kondisi topografi, iklim (suhu dan curah hujan), jenis tanah dan penutup/penggunaan lahan yang bervariasi. Penelitian dilakukan pada musim hujan dan musim kemarau karena diduga estimasi kelembaban tanah akan berbeda pada kedua musim tersebut. Pada musim hujan kondisi lahan bervegetasi masih tergolong luas sebaliknya pada musim kemarau cenderung berkurang. Penelitian ini mencoba mengidentifikasi dan memetakan kelembaban tanah pada kondisi penutup lahan yang berbeda dan kaitannya dengan curah hujan (musim hujan dan musim kemarau). Peumusan masalah penelitian ini, mencakup dua pertanyaan mendasar :

- a. Bagaimana pola sebaran kelembaban tanah berdasarkan pada interpretasi citra Landsat-7_ETM di Kabupaten Subang?
- b. Apakah terdapat perbedaan pola sebaran kelembaban tanah yang terbentuk sehubungan dengan perbedaan topografi, penutup lahan dan kerapatan vegetasi di Kabupaten Subang?

1.3 TUJUAN PENELITIAN

Tujuan penelitian ini adalah untuk menjawab masalah-masalah penelitian yang terkait dengan pertanyaan penelitian yaitu :

- a. Mengetahui pola sebaran kelembaban tanah berdasarkan pada interpretasi citra Landsat-7_ETM di Kabupaten Subang.
- b. Mengetahui perbedaan pola sebaran kelembaban tanah yang terbentuk sehubungan dengan perbedaan topografi, penutup lahan dan kerapatan vegetasi di Kabupaten Subang.

1.4. MANFAAT PENELITIAN

Beberapa manfaat yang diperoleh di dalam penelitian ini adalah :

- a. Informasi tentang kelembaban tanah pada setiap penutup lahan yang ada di Kabupaten Subang.
- b. Informasi tentang pola sebaran kelembaban tanah yang terbentuk sehubungan dengan perbedaan topografi, penutup lahan dan kerapatan vegetasi di Kabupaten Subang.

1.5. DAERAH STUDI

Kabupaten Subang terletak pada koordinat $107^{\circ} 31'$ - $107^{\circ} 54'$ Bujur Timur dan $6^{\circ} 11'$ - $6^{\circ} 49'$ Lintang Selatan. Daerah ini berbatasan dengan Laut Jawa di bagian utara, di bagian selatan dengan Kabupaten Bandung, di bagian timur dengan Kabupaten Sumedang dan Indramayu dan di bagian barat dengan Kabupaten Karawang dan Purwakarta (www.subang.go.id).

Kabupaten Subang terdiri dari 22 kecamatan dan terbagi kedalam tiga bagian wilayah yaitu bagian Selatan, Tengah dan Utara. Bagian Selatan adalah wilayah pegunungan yang merupakan daerah resapan air terdapat di Kecamatan Jalancagak, Sagalaherang, Cisalak dan Tanjungsiang. Bagian Tengah adalah daerah bergelombang/berbukit yang merupakan daerah penyangga terdapat di Kecamatan Subang, Cibogo, Cijambe, Pabuaran, Cipunagara, Pagaden, Kalijati, dan Cipendeuy. Bagian Utara adalah daerah dataran rendah yang merupakan daerah

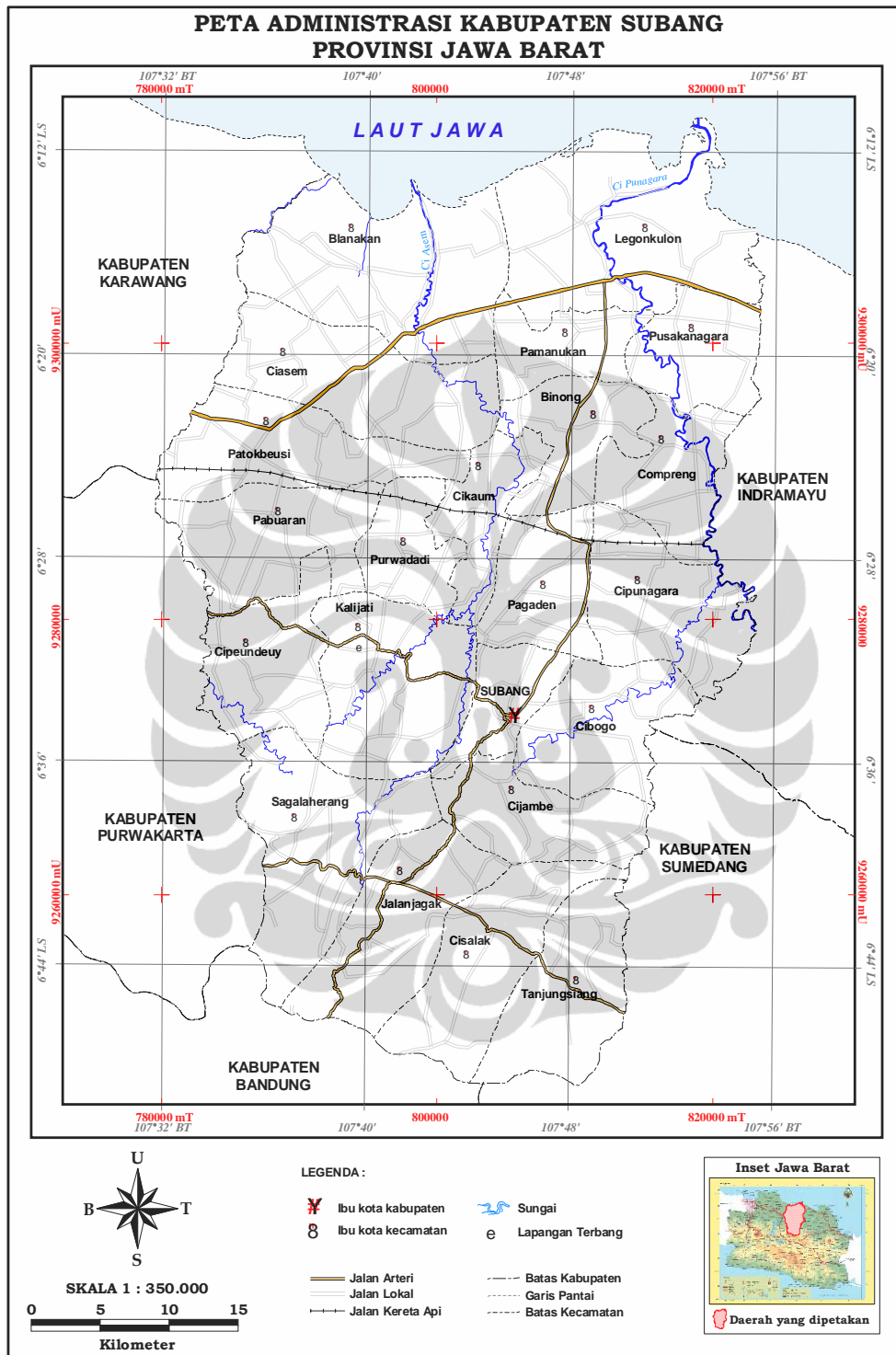
pengembangan/budidaya terdapat di Kecamatan Binong, Comprang, Pusakanagara, Pamanukan, Ciasem, Blanakan, Pabuaran, Patokbeusi dan Legon Kulon. Peta administrasi Kabupaten Subang dapat dilihat pada Gambar 1.1.

Curah hujan di Kabupaten Subang berkisar antara 1600 sampai 4000 mm pertahun dengan rata-rata pertahun adalah 2.100 mm. Jumlah hari hujan dalam setahun adalah 106 hari dan bulan kering dan bulan basah terjadi selama empat bulan.

Penggunaan tanah di Kabupaten Subang ditinjau dari sektor pertanian, dibedakan menjadi dua klasifikasi besar yaitu lahan sawah dan lahan kering. Lahan sawah dibedakan menurut jenis pengairan sedangkan lahan kering dirinci menurut status penggunaannya.

Kualitas sawah di Kabupaten Subang sebagian besar merupakan sawah berpengairan irigasi teknis dan setengah teknis. Terdapat lima kecamatan yang telah memiliki lahan sawah berpengairan irigasi teknis yaitu Binong, Pamanukan, Patokbeusi, Pusakanagara dan Blanakan. Binong merupakan kecamatan yang memiliki areal sawah berpengairan teknis diikuti empat kecamatan yaitu Pusakanagara, Ciasem, Patokbeusi dan Blanakan. Sedangkan sawah tadah hujan yang terluas terdapat di Kecamatan Pabuaran Cipunagara, Cisolak dan Cibogo.

Penggunaan lahan kering di Kabupaten Subang sebagian besar dimanfaatkan untuk perkebunan dan kehutanan. Jenis komoditi perkebunan yang banyak dimanfaatkan adalah karet dan tebu.



Gambar 1.1. Peta administrasi Kabupaten Subang

1.6. BATASAN, PENGERTIAN DAN ISTILAH

Batasan pengertian dan istilah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Kelembaban tanah (*soil moisture*) adalah kandungan air dalam tanah yang tertahan pada daerah perakaran (daerah aerasi). Kelembaban tanah yang dapat dideteksi melalui sensor penginderaan jauh adalah mencapai kedalaman 0 – 5 cm dari lapisan tanah teratas (Schmugge dan Jackson, 1996).
- Suhu permukaan (*Surface temperature*) adalah gambaran energi yang terdapat pada permukaan bumi dan dapat digunakan sebagai indikator untuk menghitung perubahan-perubahan karakteristik fisik dari penutup lahan (Sobrino dan Raissouni, 2002).
- *Sensible heat flux* adalah energi yang berkaitan dengan suhu udara.
- *Latent heat flux* adalah energi yang dilepaskan melalui perubahan fasa, contohnya adalah uap air. *Latent heat flux* tidak merubah suhu udara.
- Evaporasi adalah penguapan yang terjadi dari permukaan air.
- Transpirasi adalah penguapan yang terjadi dari permukaan tanaman.
- NDVI (*Normalized Different Vegetation Index*) adalah suatu indeks yang digunakan sebagai metode standar untuk menentukan tingkat kehijauan vegetasi berdasarkan citra satelit penginderaan jauh. Citra NDVI diperoleh menggunakan rumus :

$$NDVI = (NIR - R)/(NIR + R)$$

Dimana :

- NIR (*Near Infra Red*) atau gelombang infra merah dekat memiliki panjang gelombang 0,63 μm – 0,69 μm
- R (*Red*) atau gelombang merah memiliki panjang gelombang 0,76 μm – 0,90 μm
- Penutup lahan berkaitan dengan jenis kenampakan objek yang ada di muka bumi (Lillesand dan Kiefer, 1999).
- Musim hujan ditentukan berdasarkan jumlah curah hujan dalam satu dasarian (10 hari) kurang dari 50 milimeter dan diikuti oleh beberapa dasarian berikutnya (www.bmg.co.id).

- Musim kemarau ditentukan berdasar jumlah curah hujan dalam satu dasarian (10 hari) sama atau lebih dari 50 milimeter dan diikuti oleh beberapa dasarian berikutnya (www.bmg.co.id).



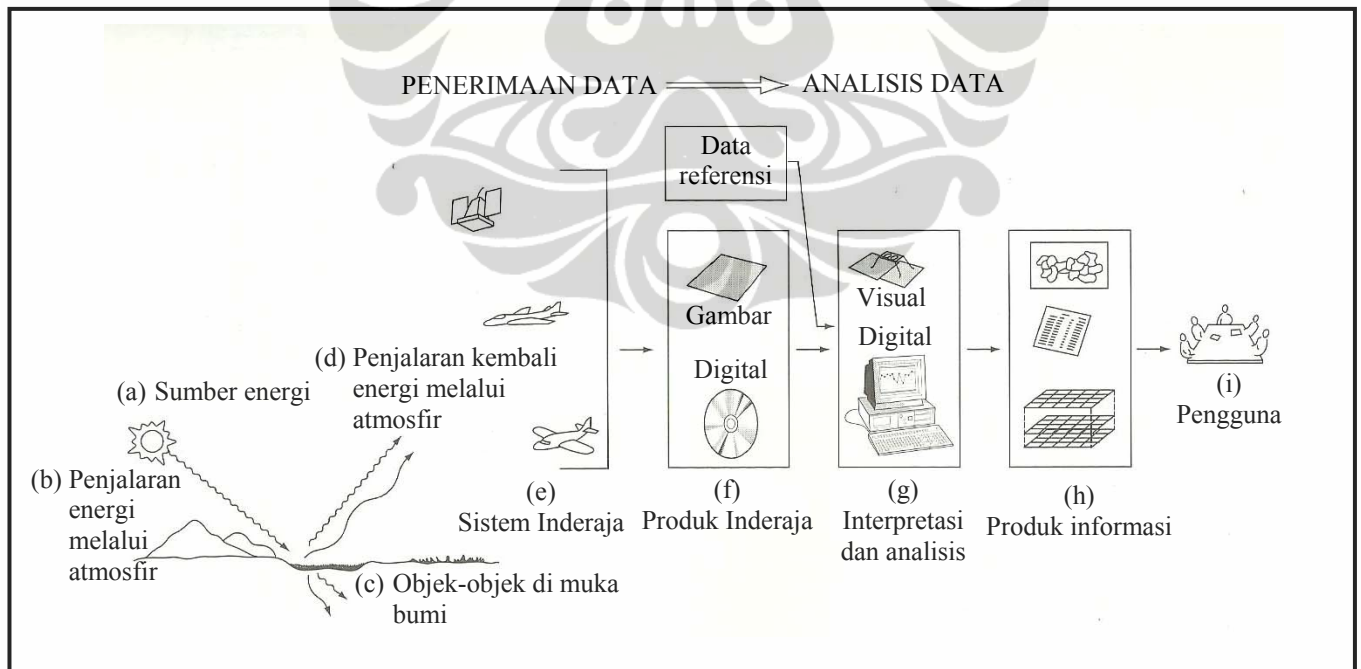
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. KONSEP DASAR PENGINDERAAN JAUH

Penginderaan jauh didefinisikan sebagai ilmu dan teknologi untuk mendapatkan informasi tentang suatu objek, area atau fenomena melalui analisis data tanpa melakukan kontak langsung dengan objek, area atau fenomena tersebut (Lillesand and Kiefer, 1999). Data yang dianalisis atau data penginderaan jauh diperoleh melalui perekaman menggunakan alat perekam yang ditempatkan di stasiun bumi atau alat penerima lainnya.

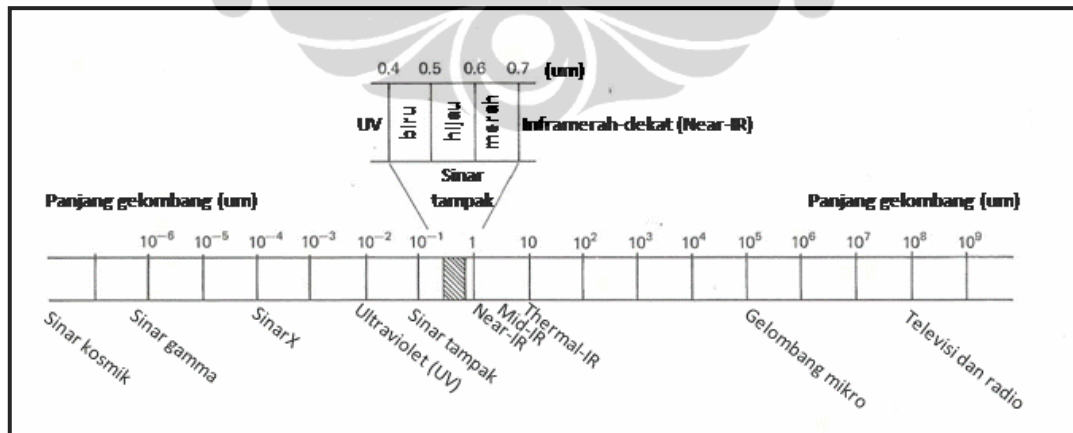
Proses perekaman data setiap objek di muka bumi adalah mendeteksi gelombang elektromagnetik yang dipantulkan, ditransmisikan dan dihamburkan oleh setiap objek tersebut seperti ditunjukkan pada Gambar 2.1(a – i).



Gambar 2.1. Konsep Dasar Penginderaan Jauh
(Lillesand and Kiefer, 1999).

Proses tersebut melibatkan elemen-elemen seperti sumber energi (a), penjalaran gelombang elektromagnetik ke setiap objek di bumi melalui atmosfer (b), interaksi energi dengan objek di muka bumi (c), penjalaran kembali energi dari objek melalui atmosfer (d), sensor yang ditempatkan di pesawat udara/satelit (e), hasil pengolahan data dalam bentuk gambar (cetak) atau digital (f), proses analisis data/intepretasi (g), kompilasi dengan berbagai informasi yang diperlukan (peta jenis tanah, data statistik, data lapangan, dsb) (h), dan penyajian informasi dalam bentuk tabel atau hardcopy yang diperuntukkan bagi pengguna untuk proses pengambilan keputusan (i).

Sistem penginderaan jauh, baik pasif maupun aktif memerlukan sumber energi berupa sumber energi alamiah maupun buatan. Energi elektromagnetik memiliki spektrum elektromagnetik yang meliputi sinar kosmik, gamma, X, ultraviolet, tampak, inframerah, gelombang mikro dan gelombang radio. Pembagian spektrum telah berkembang dari berbagai metode penginderaan, atas tiap jenis radiasi. Spektrum elektromagnetik yang digunakan di dalam penginderaan jauh terletak secara berkesinambungan yang dicirikan perubahan besaran energi dengan kelipatan 10 berpangkat banyak dan biasanya menggunakan skala logaritma (Gambar 2.2).



Gambar 2.2. Spektrum gelombang elektromagnetik

Sistem penginderaan jauh bekerja pada spektrum sinar tampak ($0,4 - 0,7 \mu\text{m}$), inframerah pantulan ($0,7 - 3 \mu\text{m}$), inframerah termal ($3 - 5 \mu\text{m}$ dan $8 - 18 \mu\text{m}$) dan gelombang mikro ($1 \text{ mm} - 1\text{m}$). Inframerah termal berkaitan dengan penginderaan panas, sedangkan inframerah pantulan tidak.

2.2. INTERAKSI ENERGI DI PERMUKAAN BUMI

Jika energi elektromagnetik mengenai suatu objek di permukaan bumi, maka terdapat tiga jenis interaksi yang akan terjadi yaitu energi akan dipantulkan, diserap dan ditransmisikan. Hubungan timbal balik antara tiga jenis interaksi tersebut dinyatakan dalam hukum kekekalan energi, sebagai berikut :

$$E_I(\lambda) = E_R(\lambda) + E_A(\lambda) + E_T(\lambda) \quad (2.1)$$

dimana :

E_I = energi yang mengenai objek

E_R = energi yang dipantulkan

E_A = energi yang diserap

E_T = energi yang ditransmisikan

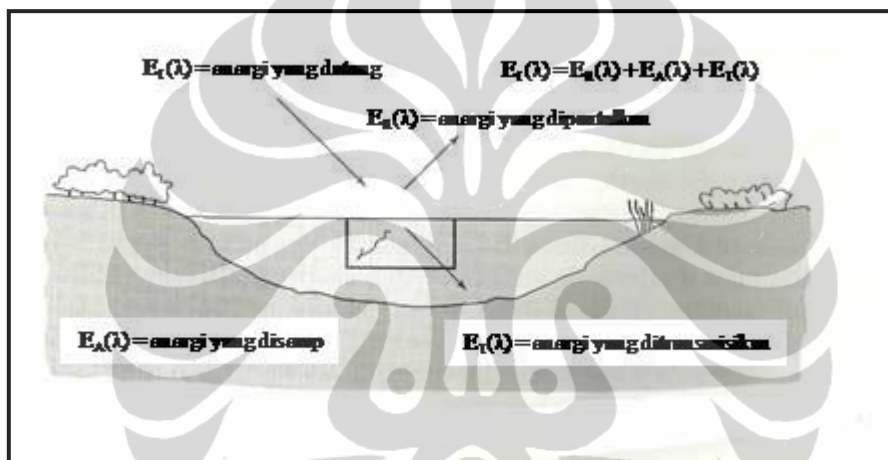
Seluruh komponen di atas merupakan fungsi dari panjang gelombang (λ).

Energi yang dipantulkan, diserap dan ditransmisikan dapat berbeda untuk setiap objek yang ada di permukaan bumi tergantung pada jenis materi dan kondisinya serta panjang gelombang. Perbedaan ini menyebabkan setiap objek dapat dibedakan pada suatu citra. Akibatnya, dua kenampakan yang tidak dapat dibedakan pada suatu kisaran spektral akan sangat berbeda pada saluan tampak, variasi spektral ini menghasilkan efek visual yang disebut warna. Sebagai contoh, suatu objek berwarna biru apabila objek tersebut banyak memantulkan bagian spektrum biru, berwarna hijau apabila banyak memantulkan bagian spektrum hijau dan seterusnya. Dengan demikian mata menggunakan variasi spektral pada besaran energi pantulan untuk membedakan berbagai objek.

Karena banyak sistem inderaja bekerja pada panjang gelombang pantulan, maka karakteristik pantulan objek di permukaan bumi sangat penting. Oleh karena itu persamaan (2.1) dapat menjadi :

$$E_R(\lambda) = E_I(\lambda) - E_A(\lambda) - E_T(\lambda) \quad (2.2)$$

Sehingga energi yang dipantulkan sama dengan energi yang datang pada suatu objek dikurangi energi yang diserap dan ditransmisikan oleh objek tersebut.



Gambar 2.3. Interaksi antara energi dengan objek di permukaan bumi

Karakteristik pantulan objek di permukaan bumi dapat diukur berdasarkan jumlah energi yang dipantulkan dan dinyatakan dalam formula :

$$R = E_R(\lambda)/E_I(\lambda) \quad (2.3)$$

$$= \frac{\text{Energi yang dipantulkan pada panjang gelombang } (\lambda)}{\text{Energi yang diterima pada panjang gelombang } (\lambda)} \times 100$$

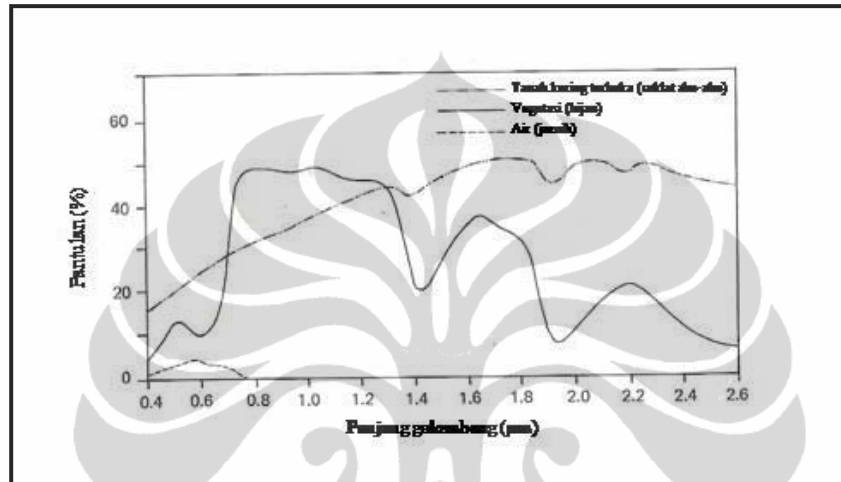
dimana R dinyatakan dalam persen.

Gambar 2.4. merupakan kurva pantulan spektral untuk tiga objek utama di permukaan bumi yaitu vegetasi sehat berdaun hijau, tanah gundul (lempung coklat kelabu) dan air danau yang jernih. Pada gambar tersebut, vegetasi (klorofil) banyak menyerap energi pada panjang gelombang yang terpusat pada 0,45 μm dan 0.65 μm . Oleh karena itu vegetasi sehat terlihat berwarna hijau karena besarnya penyerapan energi pada spektrum biru dan merah dan besarnya pantulan energi pada spektrum hijau. Apabila vegetasi tersebut mengalami gangguan, maka dapat mengurangi produksi klorofil sehingga dapat mengurangi serapan klorofil pada spektrum biru dan merah. Pantulan pada spektrum merah bertambah sehingga vegetasi tampak berwarna kuning (gabungan antara hijau dan merah). Pada kisaran panjang gelombang (0.7 – 1.3) μm vegetasi memantulkan 50% energi yang datang, sisanya ditransmisikan, karena minimnya serapan pada daerah spektral ini. Pengukuran pantulan pada panjang gelombang ini memungkinkan untuk melakukan pemisahan spesies tanaman. Sensor yang bekerja pada panjang gelombang tersebut sering digunakan untuk mendeteksi gangguan vegetasi.

Faktor-faktor yang mempengaruhi pantulan tanah adalah kandungan kelembaban tanah, tekstur (susunan pasir, debu dan lempung), kekasaran permukaan, adanya oksidasi dan bahan organik. Seperti halnya vegetasi, pengaruh terbesar terjadi pada spektrum (1.4, 1.9 dan 2.7) μm . Kandungan kelembaban tanah berkaitan erat dengan tekstur tanah. Tanah berpasir dengan tekstur kasar biasanya menghasilkan kandungan kelembaban tanah yang rendah dan pantulannya relatif tinggi. Faktor lain yang mempengaruhi pantulan tanah adalah kekasaran permukaan dan kandungan bahan organik. Adanya kandungan oksidasi besi di dalam tanah juga akan mengurangi pantulan tanah terutama pada spektrum cahaya tampak.

Air jernih menyerap energi relatif sedikit pada panjang gelombang kurang dari 0.6 μm . Transmisi yang tinggi dari air jernih terjadi pada spektrum biru – hijau. Akan tetapi air yang keruh akibat adanya (material organik dan non organik) akan mengubah transmisi secara drastis sehingga mengubah pantulannya. Sebagai contoh air yang mengandung material suspensi biasanya memiliki pantulan pada spektrum tampak dibandingkan dengan air jernih pada daerah spektrum yang sama.

Karakteristik air yang penting seperti konsentrasi oksigen terlarut, pH dan konsentrasi garam tidak dapat diamati secara langsung berdasarkan perubahan pantulan. Akan tetapi paramter yang berkaitan dengan sifat pantulan yang diamati. Untuk melakukan interpretasi data pantulan air secara tepat, harus menggunakan data rujukan yang sesuai.



Gambar 2.4. Kurva pantulan spektral untuk objek vegetasi, tanah dan air (Lillesand dan Kiefer, 1999)

2.3. CITRA LANDSAT-7_ETM+

Satelit Landsat-7 pertama kali diluncurkan pada tanggal 15 April 1999 dengan sensor ETM+ (*Enhanced Thematic Mapper Plus*). Sensor ETM+ merupakan pengembangan dari sensor TM (*Thematic Mapper*) yang ditempatkan pada satelit Landsat-5. Landsat-7 (LS-7) ditempatkan pada orbit yang sama dengan Landsat-5 dan memiliki ukuran citra 185 km. Sama halnya dengan Landsat-6, LS-7 memiliki jumlah kanal 8 kanal terdiri dari 3 kanal spektrum tampak, inframerah dekat – inframerah gelombang pendek, kanal termal dan pakromatik. Masing-masing kanal memiliki resolusi 30 meter untuk kanal reflektif (visible/inframerah), 60 meter untuk kanal

termal dan 15 meter untuk kanal pankromatik (Tabel 2.1). Data LS-7 telah dikalibrasi secara radiometrik dengan akurasi mencapai 5%.

Tabel 2.1 Karakteristik spektral satelit Landsat

Satellite	Sensor	Bandwidths	Resolution	Satellite	Sensor	Bandwidths	Resolution	
LANDSATs 1-2	RBV	(1) 0.48 to 0.57	80	LANDSATs 4-5	MSS	(4) 0.5 to 0.6	82	
		(2) 0.58 to 0.68	80			(5) 0.6 to 0.7	82	
		(3) 0.70 to 0.83	80			(6) 0.7 to 0.8	82	
	MSS	(4) 0.5 to 0.6	79			TM	(7) 0.8 to 1.1	82
		(5) 0.6 to 0.7	79				(1) 0.45 to 0.52	30
		(6) 0.7 to 0.8	79				(2) 0.52 to 0.60	30
		(7) 0.8 to 1.1	79				(3) 0.63 to 0.69	30
LANDSAT 3	RBV	(1) 0.505 to 0.75	40	(4) 0.76 to 0.90	30			
		(4) 0.5 to 0.6	79	(5) 1.55 to 1.75	30			
	MSS	(5) 0.6 to 0.7	79	(6) 10.4 to 12.5	120			
		(6) 0.7 to 0.8	79	(7) 2.08 to 2.35	30			
		(7) 0.8 to 1.1	79	LANDSAT 7	ETM ⁺	(1) 0.45 to 0.52	30	
(8) 10.4 to 12.6	240	(2) 0.52 to 0.60	30					
		(3) 0.63 to 0.69	30					
		(4) 0.76 to 0.90	30					
		(5) 1.55 to 1.75	30					
		(6) 10.4 to 12.5	60					
		(7) 2.08 to 2.35	30					
		PAN 0.50 to 0.90	15					

Sumber: *Landsathandbook.gsfc.nasa.gov*

Data Landsat telah digunakan dalam berbagai bidang aplikasi seperti pertanian, biologi, kartografi, monitoring lingkungan hidup, kehutanan, geografi, geologi, analisis sumberdaya lahan, perencanaan lahan, oseanografi dan analisis sumberdaya air. Setiap kanal data LS-7 dapat digunakan untuk membedakan setiap objek yang ada di permukaan bumi berdasarkan karakteristik spektralnya. Kanal-kanal tersebut dapat digunakan untuk berbagai aplikasi sesuai dengan kebutuhan pengguna (Tabel 2.2).

Tabel 2.2. Karakteristik setiap kanal data Landsat-7

Kanal	Panjang Gelombang (μm)	Spektrum	Aplikasi
1	0.45 – 0.52	Biru	<ul style="list-style-type: none"> • Tanggap peningkatan penetrasi tubuh air • Mendukung analisis sifat khas penggunaan lahan, tanah, vegetasi
2	0.53 – 0.61	Hijau	<ul style="list-style-type: none"> • Mengindera puncak pantulan vegetasi, perbedaan vegetasi, dan nilai kesuburan
3	0.63 – 0.69	Merah	<ul style="list-style-type: none"> • Memperkuat kontras kenampakan vegetasi dan non vegetasi
4	0.78 – 0.90	Inframerah dekat	<ul style="list-style-type: none"> • Tanggap terhadap biomasa vegetasi dan identifikasi tanaman • Memperkuat kontras tanaman, tanah, dan air
5	1.55 – 1.75	Inframerah gelombang pendek	<ul style="list-style-type: none"> • Menentukan jenis tanaman dan kandungan air • Membantu menentukan kondisi kelembaban tanah
6	10.4 – 12.5	Inframerah termal	<ul style="list-style-type: none"> • Deteksi perubahan suhu obyek • Analisa gangguan vegetasi
7	2.09 – 2.35	Inframerah gelombang pendek	<ul style="list-style-type: none"> • Formasi batuan dan analisis bentuk lahan
8	0.52 – 0.90	Pankromatik	<ul style="list-style-type: none"> • Resolusi spasial yang relatif lebih tinggi dan digunakan untuk aplikasi yang memerlukan akurasi tinggi

2.4. KOREKSI GEOMETRI

Koreksi geometrik merupakan teknik yang dilakukan untuk memperbaiki distorsi geometrik pada citra yang disebabkan oleh pergerakan satelit, rotasi bumi, efek kelengkungan bumi, perbedaan tinggi permukaan tanah dan sudut pandang perekaman.

Distorsi geometrik dapat bersifat sistematis dan non sistematis. Distorsi geometrik yang bersifat sistematis dapat disebabkan oleh banyak faktor dan harus dikoreksi terlebih dahulu sebelum citra digunakan. Penyebab distorsi geometrik yang cukup penting antara lain : rotasi bumi selama proses perekaman data, efek kelengkungan bumi, variasi tinggi dan gerakan satelit, variasi tinggi permukaan tanah dan sudut pandang perekaman. Pada umumnya distorsi geometrik sistematis sudah dikoreksi oleh pemilik satelit, karena parameter-parameter koreksi telah diketahui.

Distorsi geometrik non sistematis dapat dikoreksi menggunakan sejumlah titik kontrol tanah (*Ground Control Point*) yang cukup dan terdistribusi merata di seluruh permukaan citra. Ketelitian koreksi geometrik non sistematis sangat ditentukan oleh ketelitian sumber data acuannya. Jika pada suatu daerah belum memiliki peta atau citra yang ber-georeference, maka dapat menggunakan titik kontrol tanah dengan pengamatan GPS (*Global Positioning System*). Koreksi geometrik citra umumnya menggunakan persamaan transformasi dua dimensi dalam bentuk persamaan polinomial orde satu, dua dan tiga sebagai berikut :

a) Polinomial orde satu

$$\begin{aligned}x' &= a_0 + a_1x + a_2y \\y' &= b_0 + b_1x + b_2y\end{aligned}\tag{2.4}$$

b) Polinomial orde dua

$$\begin{aligned}x' &= a_0 + a_1x + a_2y + a_3x^2 + a_4xy + a_5y^2 \\y' &= b_0 + b_1x + b_2y + b_3x^2 + b_4xy + b_5y^2\end{aligned}\tag{2.5}$$

c) Polinomial orde tiga

$$\begin{aligned}x' &= a_0 + a_1x + a_2y + a_3x^2 + a_4xy + a_5y^2 + a_6x^3 + a_7x^2y + a_8xy^2 + a_9y^3 \\y' &= b_0 + b_1x + b_2y + b_3x^2 + b_4xy + b_5y^2 + b_6x^3 + b_7x^2y + b_8xy^2 + b_9y^3\end{aligned}\tag{2.6}$$

dimana :

x', y' = posisi objek dalam sistem koordinat citra

x, y = posisi objek dalam sistem koordinat peta

$a_0 \dots a_9$ & $b_0 \dots b_9$ = parameter transformasi

Transformasi polinomial digunakan untuk koreksi geometrik non sistematis karena mampu menghilangkan distorsi skala, translasi, rotasi dan *skew*. Penggunaan transformasi polinomial orde tiga digunakan untuk koreksi geometri citra dengan pertimbangan :

- Mampu mengeliminasi kesalahan *along track* seperti *roll*, *pitch* dan *yaw*.
- Mendekati kondisi permukaan tanah sebenarnya, meskipun masih lebih baik jika dimodelkan dengan polinomial orde dua.
- Cocok diaplikasikan untuk relief permukaan bumi yang tidak terlalu luas

2.5. KETELITIAN GEOMETRI

Pada umumnya ketelitian geometri ditentukan dari nilai RMSE (*Root Mean Square Error*). Semakin kecil nilai RMSE, maka semakin teliti penentuan titik kontrol tanah (GCP) pada citra. Bentuk persamaan RMSE setiap GCP dihitung menggunakan persamaan (Jensen, 1996) :

$$\text{RMSE} = \sqrt{(x'-x)^2 + (y'-y)^2} \quad (2.7)$$

dimana :

x', y' = koordinat titik yang dianggap benar

x, y = koordinat titik hasil perhitungan

RMSE untuk koreksi ortho dapat dihitung menggunakan formula :

(2.8)

$$RMSE = \sqrt{\frac{(e_1^2 + e_1^2 + \dots + e_n^2)}{n}}$$

$$e_i = \sqrt{(X_t - X_d)^2 + (Y_t - Y_d)^2} \quad (2.9)$$

e_i = error CP ke i

dimana :

n = jumlah sample

X_t dan Y_t = koordinat sebenarnya (sample, *check point* (CP))

X_d dan Y_d = kordinat hasil koreksi koreksi ortho

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam menghitung ketelitian geometri adalah:

- Biasanya RMSE GCP lebih baik dari pada yang dari CP (*Check Point*)
- Ketelitian titik dekat GCP lebih baik dan titik yang terletak di daerah tinggi ketelitiannya lebih buruk
- RMSE dapat dipengaruhi oleh *outlier* (titik dengan kesalahan sangat besar)
- Ukuran lain adalah:
- * CE90 = *Circular Error* pada tingkat keyakinan (*confidence*) 90 % (90 % dari waktu), biasa untuk titik pada bidang horizontal.
- LE90 = *Linear Error* pada tingkat keyakinan 90 % (90 % dari waktu), biasa untuk titik ketinggian.
- Dapat dipertimbangkan juga menggunakan *error maximum absolut* atau *median absolute deviation*.
- Kecuali error maximum absolut, teknik/cara lainnya adalah mencoba membuang *error* dari *outlier*.

2.6. KLASIFIKASI PENUTUP LAHAN

Klasifikasi penutup lahan dari citra penginderaan jauh umumnya dilakukan menggunakan klasifikasi terbimbing (*supervised classification*) dan klasifikasi tak terbimbing (*unsupervised classification*). Klasifikasi tak terbimbing merupakan metode klasifikasi piksel pada citra digital ke dalam kelas penutup lahan secara otomatis tanpa melakukan pengambilan sampel terlebih dahulu. Klasifikasi ini hanya didasari pada pengelompokan ciri/pola spektral yang mirip secara alami ke dalam sejumlah kelas tertentu (*clustering*). Identitas kelas spektral tidak diketahui sebelumnya, analisis dan penentuannya setelah klasifikasi dengan mengacu pada data rujukan yang ada seperti citra resolusi tinggi, peta-peta penutup/ penggunaan lahan, hasil survey lapangan dan sebagainya (Kushardono, 1999).

Klasifikasi terbimbing (*supervised classification*) adalah metode yang digunakan untuk mentransformasikan data/citra multispektral ke dalam kelas-kelas informasi yang bersifat tematik. Proses klasifikasi dilakukan menggunakan sejumlah *training sample* yang mewakili kelas penutup/penggunaan lahan yang telah diyakini kebenarannya berdasarkan hasil interpretasi atau dengan bantuan data sekunder dan hasil cek lapangan, kemudian dilakukan ekstraksi menggunakan metode-metode klasifikasi yang umum seperti *maximum likelihood*, dimana menggunakan parameter statistik seperti *mean*, *standar deviasi*, *correlation matrix* yang dikalkulasi untuk setiap *training sample* yang dibuat. Setiap piksel dalam *training sample* dievaluasi dan jika kemungkinan peluangnya terbesar, akan ditentukan menjadi kelas tertentu. Klasifikasi *maximum likelihood* memerlukan perhitungan yang banyak untuk klasifikasi setiap piksel sehingga kemungkinan menghasilkan klasifikasi yang lebih teliti.

Klasifikasi terbimbing maupun tak terbimbing memiliki kelebihan dalam hal prosesnya yang cepat. Metode ini optimal dilakukan apabila wilayah penelitian bersifat homogen, cakupan yang luas dan citra yang digunakan relatif bersih dari liputan awan.

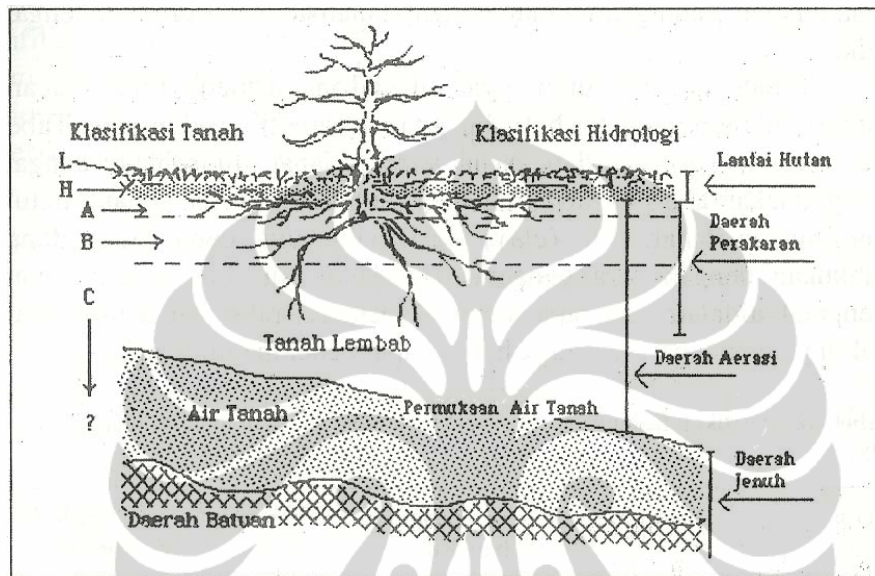
2.7. KELEMBABAN TANAH

Kelembaban tanah merupakan salah satu komponen penting dalam siklus hidrologi karena berperan dalam menentukan angka evaporasi, mempengaruhi proses transpirasi serta merupakan salah satu variabel penting yang mengontrol proses pertukaran energi dan massa melalui permukaan bumi (Saha, S.K, 1995). Proses ini dapat mempengaruhi area yang sangat luas (global). Kelembaban tanah (*soil moisture*) diartikan sebagai jumlah air dalam tanah pada daerah perakaran dan secara biologis menentukan pertumbuhan tanaman serta mempengaruhi siklus nutrisi (Katzberg, 2005).

Pengukuran kandungan kelembaban tanah dan fluktuasinya secara akurat dan tepat waktu merupakan kegiatan yang sangat penting dalam memantau bencana alam khususnya banjir dan kekeringan. Tanah yang sangat jenuh tidak dapat menyerap air sehingga dapat memungkinkan terjadinya *runoff* atau banjir. Sebaliknya tanah yang sangat kering (tingkat kelembaban tanah sangat rendah) dapat menciptakan kekeringan sehingga mempengaruhi pertumbuhan dan produktivitas tanaman. Menurut Sandy (1996), pada daerah tropik seperti Indonesia, masa segar (*growing period*) atau di daerah sub tropik dikenal dengan istilah masa tumbuh (*growing season*), pertumbuhan tanaman sangat bergantung pada jangka waktu tersedianya air dalam tanah (kelembaban tanah). Oleh karena itu bagi masyarakat Indonesia yang sebagian besar adalah petani, kelembaban tanah merupakan sesuatu yang penting untuk mempertahankan dan meningkatkan pertumbuhan dan produktivitas tanaman. Secara umum dapat dikatakan bahwa pada tingkat tertentu kelembaban tanah sangat penting untuk kehidupan manusia. Akan tetapi pada tingkat kelembaban tanah yang terlalu tinggi ataupun rendah dapat menimbulkan permasalahan bagi manusia dan makhluk hidup lainnya (Asdak, 2002).

Dari seluruh air hujan di daerah tropis, sekitar 75 % masuk ke dalam tanah dalam bentuk kelembaban tanah pada tanah tidak jenuh, dan sebagai air tanah pada tanah jenuh atau berbatu. Lapisan tanah diklasifikasikan menjadi dua zona utama yaitu zona aerasi (ruangan di dalam tanah yang memungkinkan udara bebas bergerak) dan zona jenuh (*ground water area*). Garis tinggi permukaan air (*ground water table*)

memisahkan kedua zona tersebut seperti ditunjukkan pada Gambar 2.5 Sistem perakaran kebanyakan tanaman pada umumnya terbatas pada zona aerasi karena adanya gerakan udara (terutama oksigen) di zona tersebut sehingga memungkinkan tanaman dapat tumbuh dengan baik.



Gambar 2.5. Klasifikasi lapisan tanah

2.8. PENGINDERAAN JAUH UNTUK KELEMBABAN TANAH

Estimasi kelembaban tanah menggunakan teknologi penginderaan jauh telah banyak dilakukan. Berbagai metode untuk menentukan tingkat kelembaban tanah menggunakan data satelit telah berkembang luas dan memiliki validitas yang tinggi. Disamping itu, secara signifikan dapat menghemat waktu dan biaya dan dapat dilakukan secara terus-menerus tidak terbatas pada waktu dan tempat.

Teknologi penginderaan jauh bekerja pada spektrum panjang gelombang visible sampai gelombang mikro. Serrano, S.M.V. (2004) telah membagi ke dalam 5 jenis metode untuk mengetahui tingkat kelembaban tanah suatu lahan yang diperoleh dari kanal-kanal data satelit penginderaan jauh. Metode pertama menggunakan citra gelombang mikro yang didasari pada tingkat penyerapan (*absorption*) yang tinggi

dari radiasi gelombang elektromagnetik yang disebabkan oleh air. Metode kedua didasari pada model-model termal inerti menggunakan informasi termal, visible dan inframerah. Metode ketiga telah banyak dilakukan yaitu dengan melihat kondisi radiometrik pada permukaan tanah yang berbeda dengan menggunakan panjang gelombang inframerah tengah. Metode ini diterapkan untuk menduga tingkat kelembaban tanah dan vegetasi. Metode keempat yaitu menggunakan kombinasi band/kanal dan pengukuran lapangan untuk memperoleh kebenaran hasil pengukuran. Model-model seperti empiris regresi dipakai pada metode keempat ini. Metode terakhir atau metode kelima adalah menggunakan hubungan spasial antara suhu permukaan dan indeks vegetasi (NDVI). Metode ini telah luas digunakan untuk menduga tingkat kelembaban tanah yang didasari pada penelitian yang dilakukan oleh Lambin dan Erlich (1996).

Beberapa penelitian yang menggunakan metode hubungan spasial antara suhu permukaan dan indeks vegetasi diantaranya telah dilakukan oleh Goward, dkk (2000) dengan melakukan evaluasi kondisi kelembaban tanah permukaan menggunakan hubungan antara suhu permukaan dan indeks vegetasi menggunakan indeks TVX (*Temperature Vegetation Index*) dan menghubungkannya dengan model biofisik. Hasilnya mengindikasikan adanya hubungan yang kuat antara suhu permukaan tanah dan kanopi daun dengan kondisi kelembaban tanah. Pengukuran menggunakan metode TVX juga dapat membuktikan variasi kelembaban tanah harian sampai kedalaman di atas 2 cm dan pada musim-musim tertentu trendnya mencapai 10 cm. Model interpretasi sederhana untuk mendapatkan status kelembaban tanah juga telah dilakukan oleh Sandholt, dkk (2001) menggunakan hubungan antara suhu permukaan dan indeks vegetasi. Hubungan tersebut menggunakan model TVDI (*Temperature – Vegetation Dryness Index*, TVDI). Pola spasial dari TVDI kemudian dibandingkan dengan model hidrologi dan hasilnya menunjukkan bahwa variasi spasial dari TVDI merupakan refleksi dari status kelembaban tanah pada skala yang cukup baik dibandingkan dengan status kelembaban tanah yang diperoleh dari model hidrologi yang digunakan dalam penelitian tersebut.

Dalam melakukan monitoring kekeringan, Wan, dkk (2004) menggunakan LST (*Land Surface Temperature*) dan NDVI dari data satelit MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometric*) untuk mendapatkan kondisi lahan yang kering dan basah. Dengan menggunakan model VTCI (*Vegetation Temperature Condition Index*) diperoleh hasil VTCI rendah mengindikasikan kondisi kekeringan dan tinggi pada kondisi basah. VTCI kemudian divalidasi dengan data curah hujan yang diperoleh dari pengukuran lapangan dan menunjukkan hubungan yang kuat antara keduanya. Hasil dari penelitian yang dilakukan Wan dkk menunjukkan bahwa VTCI dapat digunakan untuk monitoring kekeringan mendekati real time.

Dalam melakukan estimasi dan pemetaan distribusi spasial kelembaban tanah, Serrano, dkk, (2004) menggunakan hubungan antara suhu permukaan dengan fraksi vegetasi (diturunkan dari nilai NDVI) dengan metode segitiga (*triangle method*). Hasilnya menunjukkan bahwa estimasi kelembaban tanah menggunakan data penginderaan jauh (NOAA dan LS-7_ETM) memiliki kemampuan yang baik untuk membedakan daerah yang efektif kekurangan air dan juga dapat dilakukan untuk mengukur intensitas kekeringan.

Namun penelitian yang dilakukan oleh Goward, Sandhold dan Wan menggunakan pendekatan-pendekatan empiris yang sangat kompleks sehingga perlu penelitian mendalam dalam melakukan estimasi kelembaban tanah menggunakan model-model tersebut. Akan tetapi penelitian yang dilakukan oleh Serrano dkk menggunakan metode segitiga lebih sederhana dan lebih mudah penerapannya dibandingkan dengan metode yang dilakukan oleh Goward, Sandhold dan Wan dengan hasil yang cukup baik untuk penelitian kelembaban tanah secara regional. Oleh karena itu estimasi kelembaban tanah pada penelitian ini dilakukan menggunakan parameter suhu permukaan dan indeks vegetasi untuk mengetahui distribusi spasial kelembaban tanah menggunakan pendekatan dari penelitian yang dilakukan oleh Serrano dkk (2004).

BAB III

METODOLOGI

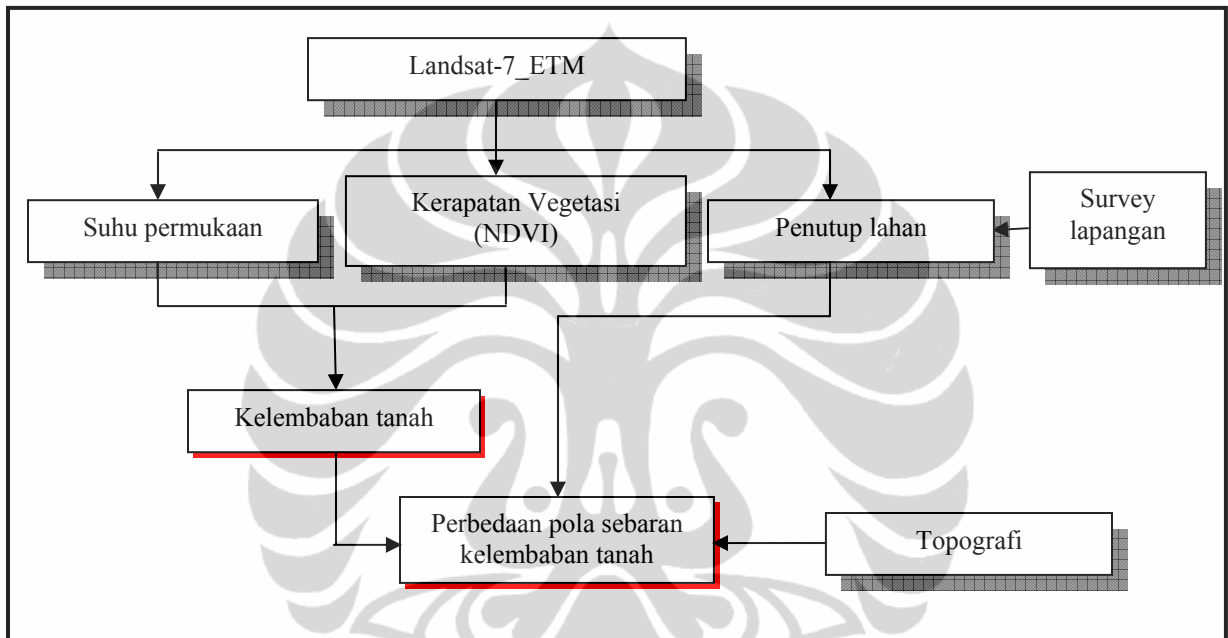
3.1. KONSEP PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan citra Landsat-7_ETM level 1G tanggal akuisisi 29 April dan 24 Mei 2002 serta tanggal 13 dan 20 September 2002. Masing-masing citra Landsat digunakan untuk mengetahui sebaran kelembaban tanah pada musim hujan dan musim kemarau.

Estimasi kelembaban tanah diperoleh dari data suhu permukaan dan kerapatan vegetasi/NDVI (*Normalized Different Vegetation Index*). Data suhu permukaan diperoleh dengan cara mengkonversi nilai digital kanal 6 citra Landsat-7_ETM ke dalam spektral radian kemudian menghitung nilai suhu permukaan. Untuk mendapatkan citra kerapatan vegetasi/NDVI, digunakan formula indeks vegetasi yang diekstraksi dari kanal 3 dan kanal 4 citra Landsat-7_ETM. Kemudian dilakukan normalisasi citra NDVI untuk menghilangkan informasi yang bernilai negatif pada citra. Nilai normalisasi NDVI kemudian dikuadratkan untuk memperoleh citra fraksi tutupan vegetasi (Fr).

Citra fraksi vegetasi yang dianalisis adalah dari rentang fraksi vegetasi 0% – 80%, karena estimasi kelembaban tanah hanya valid pada rentang tersebut (Giillies & Carlson, 1995 dalam Serrano et. al., 2004). Dengan menggunakan interval 5%, maka akan diperoleh 16 citra fraksi vegetasi. Masing-masing citra fraksi vegetasi (16 citra) kemudian digunakan untuk membagi citra suhu permukaan pada setiap rentang fraksi vegetasi untuk mendapatkan estimasi kelembaban tanah. Penentuan daerah lembab dan kering yang didasari asumsi bahwa pada masing-masing interval vegetasi, area yang sangat dingin berhubungan dengan tanah yang memiliki kandungan kelembaban tanah sangat tinggi dan sebaliknya area yang sangat panas memiliki tanah dengan kandungan kelembaban tanah sangat rendah. Selanjutnya dilakukan penggabungan seluruh citra fraksi vegetasi/suhu permukaan untuk mendapatkan satu citra kelembaban tanah yang utuh.

Pola sebaran kelembaban tanah dipengaruhi oleh penutup lahan khususnya vegetasi dan topografi. Oleh karena itu dilakukan analisis statistik untuk mengetahui pola sebaran kelembaban tanah yang terbentuk sehubungan dengan perbedaan topografi, penutup lahan dan kerapatan vegetasi di Kabupaten Subang. Diagram alir kerangka penelitian ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Kerangka penelitian

3.2. BAHAN DAN PERALATAN YANG DIGUNAKAN

3.2.1. Bahan yang digunakan

Bahan yang digunakan adalah Citra Landsat 7_ETM seperti yang disajikan pada Tabel 3.1 dan sebagai acuan koreksi geometri digunakan *LS-7_orthorectified* dari USGS (*United State of Geological Survey*) yang disajikan pada Tabel 3.2. DEM SRTM digunakan untuk mendapatkan data ketinggian. Selain itu, digunakan juga peta RBI lembar 1209 (Jakarta) skala 1:250.000 dan batas administrasi digital Provinsi/Kabupaten keluaran Bakosurtanal tahun 2002.

Tabel 3.1. Data Landsat-7_ETM yang digunakan dalam penelitian

No. Lintasan (P/R)	Tanggal akuisisi	Keterangan
122/064	29 April 2002	Analisis bulan April
122/065	29 April 2002	Analisis bulan April
121/065	24 Mei 2002	Analisis bulan April
122/064	20 September 2002	Analisis bulan September
122/065	20 September 2002	Analisis bulan September
121/065	13 September 2002	Analisis bulan September

Tabel 3.2. Data Landsat-7_orthorectified untuk data acuan koreksi geometri

No. Lintasan (P/R)	Tanggal akuisisi	Keterangan
122/064	15 Juli 2001	Koreksi geometri P/R 122/064
122/065	12 Mei 2001	Koreksi geometri P/R 122/065
121/065	5 September 1999	Koreksi geometri P/R 121/065

Data Landsat-7_orthorectified memiliki spesifikasi sebagai berikut :

- Bands : 2, 4 dan 7
- Ukuran piksel : 14.5 meter
- Map Projection : UTM
- Datum : WGS 1984

3.2.2. Peralatan yang digunakan

Peralatan yang digunakan di dalam pengolahan data adalah perangkat lunak pemrosesan citra (image processing) ER-Mapper Versi 7.0 untuk koreksi geometri, mosaik dan cropping citra, klasifikasi citra, ekstraksi NDVI, suhu permukaan dan estimasi kelembaban tanah. Untuk layout dan anotasi informasi spasial penutupan lahan, NDVI, suhu permukaan dan kelembaban tanah menggunakan perangkat lunak

ARC-View versi 3.3. Pengukuran titik koordinat lapangan menggunakan GPS (Global Positioning System) Garmin tipe navigasi. Analisis statistik menggunakan perangkat lunak MS-Excel.

3.3. METODE PEROLEHAN DATA

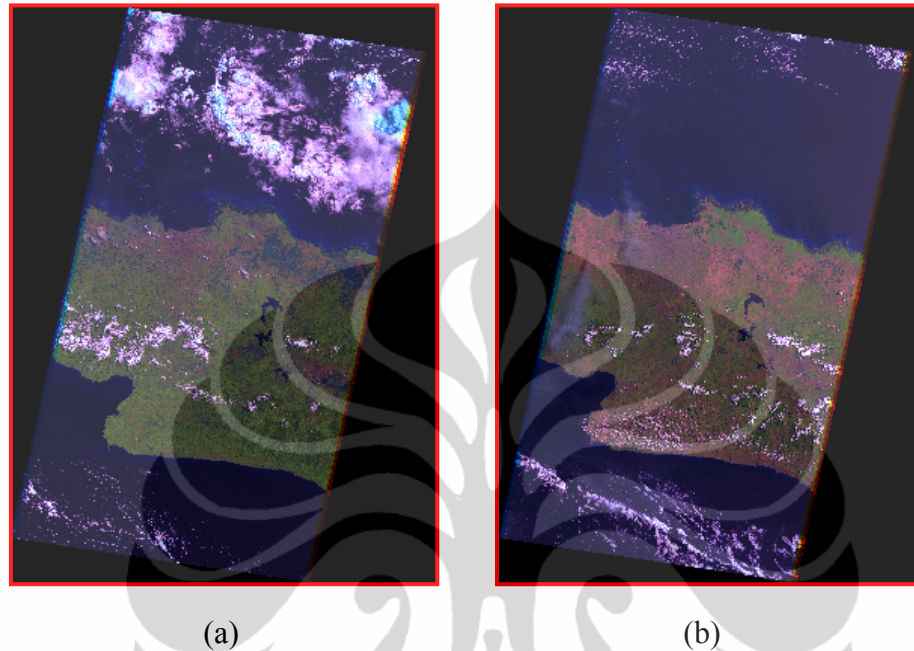
3.3.1. Pengolahan Data Awal (*Pre-Processing*)

a. Koreksi Geometri

Sebelum diproses lebih lanjut, seluruh citra dikoreksi geometri terlebih dahulu sehingga posisi koordinat objek yang ada pada citra mendekati posisi objek di muka bumi. Pertama-tama, koreksi dilakukan terhadap kanal-kanal multispektral yang memiliki resolusi spasial 30 meter diantaranya kanal 1,2,3,4,5 dan 7. Kemudian dilakukan terhadap kanal 6 (kanal temperatur) yang memiliki resolusi spasial 60 meter. Kanal-kanal multispektral yang masih terpisah, digabungkan menjadi satu set data kemudian dikoreksi secara bersamaan. Koreksi geometri mengacu pada citra *Landsat_orthorectified* dari USGS (*United State Geological Survey*) yang memiliki akurasi cukup tinggi dan diverifikasi dengan hasil pengukuran lapangan menggunakan GPS (*Global Positioning System*).

Koreksi geometrik dilakukan menggunakan metode polinomial orde satu sampai dengan orde tiga tergantung pada jumlah titik kontrol tanah (GCP = *Ground Control Point*) yang diambil. Citra hasil mosaik P/R 122/064-65 tanggal 29 April 2002 dikoreksi menggunakan metode polinomial orde dua dengan 40 titik kontrol tanah untuk mendapatkan akurasi geometri yang cukup baik khususnya pada wilayah Kab. Subang. Hal yang sama juga dilakukan pada citra dengan P/R 122/064 tanggal 20 September 2002. Hasil koreksi geometrik kedua citra mosaik tersebut menghasilkan akurasi (*RMS Error*) untuk P/R 122/064-65 tanggal 29 April adalah 0.430 pixel (12.9 meter) dan tanggal 20 September adalah 0.299 pixel (8.97 meter). Nilai RMSE (*Root Mean Square Error*) yang dihasilkan dianggap cukup baik karena sesuai dengan yang disyaratkan dari USGS (*United States Geological Survey*) yaitu

tidak kurang dari 30 meter untuk satu scene citra Landsat. Hasil koreksi geometrik citra-citra tersebut di atas dapat dilihat pada Gambar 3.2.



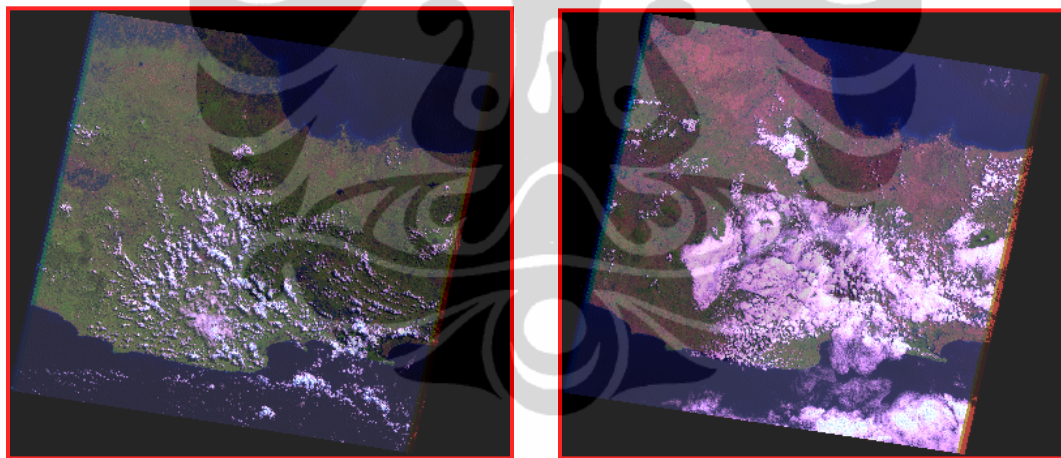
Gambar 3.2. (a & b) Hasil koreksi geometrik citra LS-7_ETM P/R 122/064-65 bulan April dan September kanal-kanal multispektral (resolusi 30 m)

Wilayah Kab. Subang diliputi oleh tiga scene data Landsat, maka data mosaik P/R 122/064-65 digabungkan lagi dengan data Landsat-7_ETM P/R 121/065 tanggal 24 Mei 2002 (untuk kajian bulan April) dan tanggal 13 September 2002 (untuk kajian bulan September). Data-data ini dipilih karena tanggal perekamannya mendekati data-data yang digunakan, sehingga diharapkan informasinya tidak jauh berbeda dengan kedua data lainnya dan lebih bersih dari liputan awan dibandingkan dengan data-data lain yang tersedia.

Sebelum dimosaik, data Landsat-7_ETM P/R 121/065 masing-masing dikoreksi mengacu pada data Landsat_orthorectified USGS P/R yang sama. Metode yang digunakan adalah polinomial orde tiga karena menghasilkan RMSE yang cukup

baik dibandingkan dengan orde satu dan dua. Hal ini disebabkan data-data tersebut memiliki tanggal perekaman yang berbeda dengan kedua data sebelumnya.

Koreksi geometrik data Landsat-7_ETM P/R 121/065 tanggal 24 Mei 2002 menggunakan 64 GCP dengan RMSE adalah 1.408 pixel (42 meter). sedangkan data tanggal 13 September 2002 menggunakan 56 GCP dengan RMSE adalah 0.309 pixel (9.27 meter). Penyimpangan terbesar terjadi pada data tanggal 24 Mei 2002 disebabkan sudut perekamannya yang cukup besar dibandingkan dengan data-data lainnya. Nilai RMSE tersebut berlaku untuk seluruh scene data. Namun hasil overlay dengan data acuannya yaitu data Landsat *orthorectified* khususnya untuk area yang masuk ke dalam wilayah Kab. Subang (10 % dari seluruh scene) memperlihatkan pergeseran sekitar 0.5 pixel (15 meter) dan hanya terjadi pada area tertentu yang tidak termasuk ke dalam wilayah yang dianalisis. Koreksi geometrik data Landsat-7_ETM P/R 122/065 dapat dilihat pada Gambar 3.3.



(a)

(b)

Gambar 3.3. (a & b) Hasil koreksi geometrik cata LS-7_ETM P/R 121/065 kanal-kanal multispektral (resolusi 30 meter)

Selanjutnya dilakukan juga koreksi geometri kanal 6 untuk membuat citra suhu permukaan. Citra Landsat kanal 6 memiliki resolusi yang berbeda dengan kanal-kanal multispektral, akan tetapi posisi koordinat keduanya adalah sama. Oleh karena

itu dilakukan transformasi titik-titik kontrol tanah dari kanal-kanal multispektral menggunakan formula :

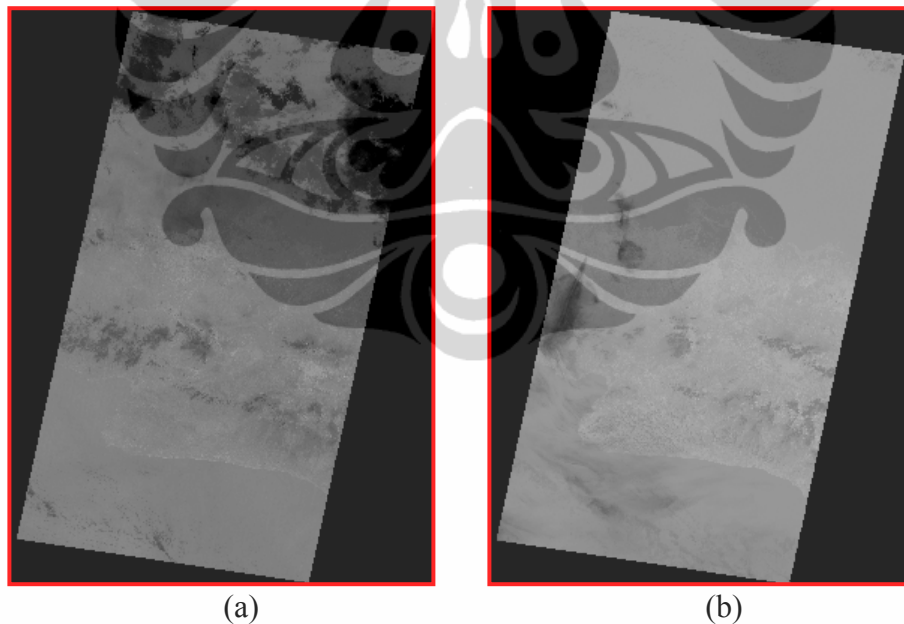
$$Y = X/2 + 0.25$$

dimana :

Y = titik kontrol (GCP) kanal 6 (resolusi 60 m)

X = titik kontrol (GCP) kanal multispektral (resolusi 30 m)

Koreksi geometrik kanal 6 citra bulan April dan September 2002 menggunakan metode polinomial orde dua dengan 40 titik kontrol tanah. Nilai RMSE data bulan April adalah 0.12 pixel (12.9 meter) dan data bulan September adalah 0.149 pixel (8.94 meter). Proses resampling menjadi resolusi 30 meter (sesuai citra multispektral) menggunakan metode *nearest neighbour*. Hasil koreksi geometrik kanal 6 masing-masing citra dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4. (a & b) Hasil koreksi geometrik citra LS-7_ETM P/R 122/064-65 kanal 6 (resolusi 60 meter)

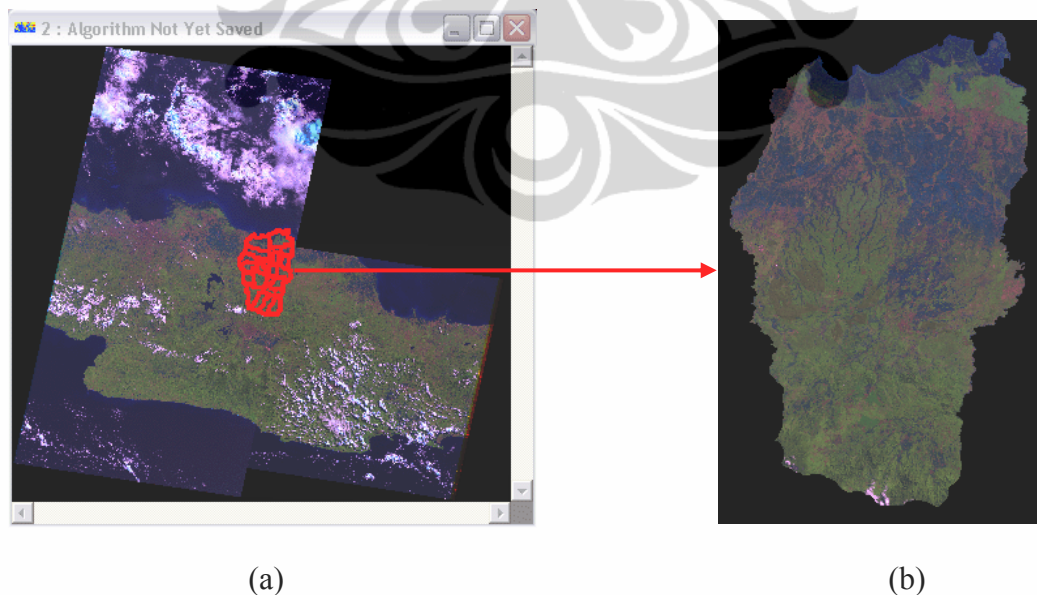
Wilayah Kab. Subang telah tercakup seluruhnya pada P/R 122/064-65 kanal 6, untuk itu koreksi geometrik tidak dilakukan lagi pada P/R 121/065 kanal 6.

b. Mosaik dan *Cropping* Citra

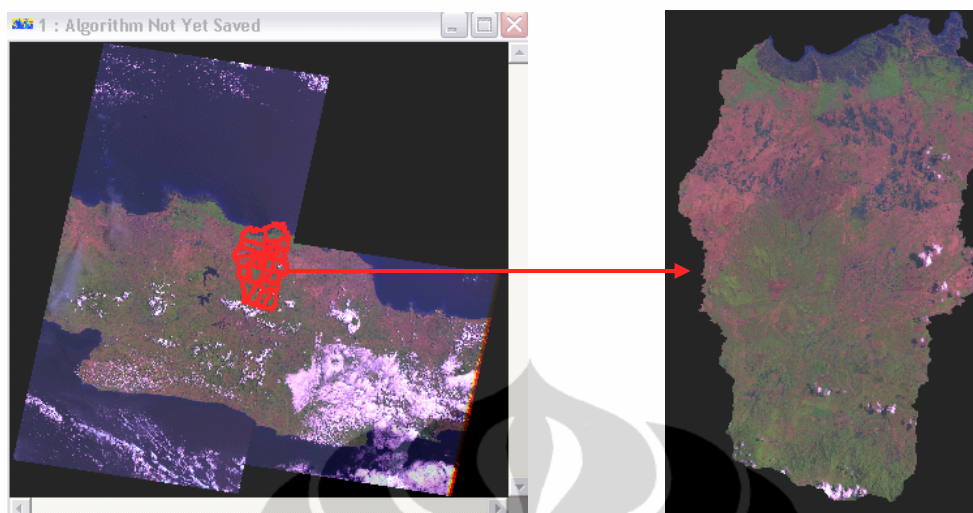
Citra yang telah terkoreksi geometrik kemudian dimosaik atau digabungkan agar dapat diperoleh wilayah Kab. Subang secara utuh. Hasil mosaik data bulan April 2002 P/R 122/064-65 kanal-kanal multispektral dimosaik kembali dengan P/R 121/065 kana-kanal yang sama. Hal yang sama juga dilakukan terhadap data bulan September 2002 serta citra kanal 6 (kanal temperatur).

Setelah semua data dimosaik kemudian dilakukan *cropping* atau pemotongan citra sesuai dengan AOI (*Area of Interest*) yaitu batas administrasi Kab. Subang.

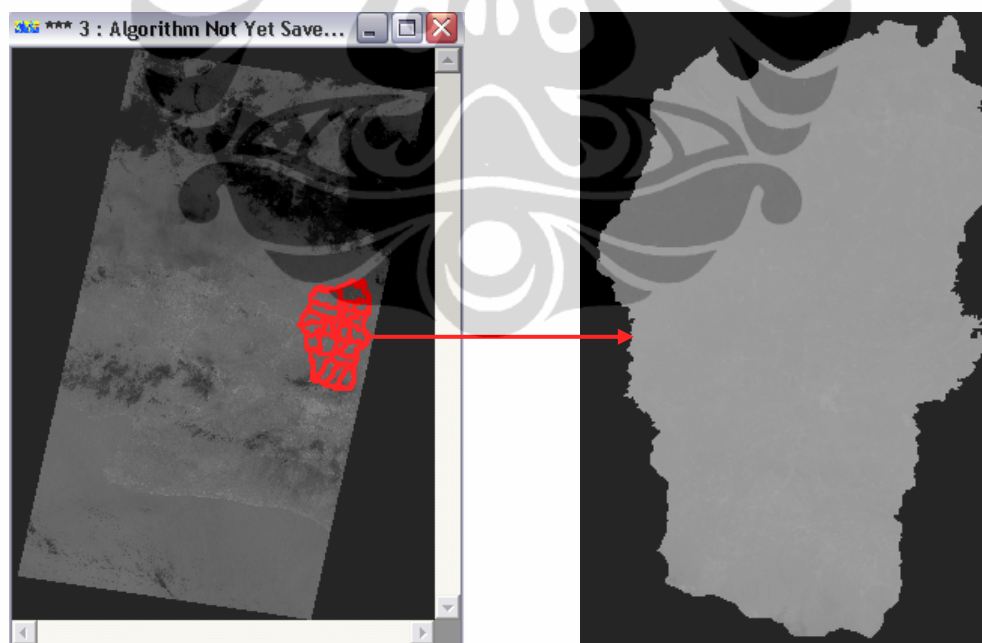
Batas administrasi diperoleh dari batas digital administrasi Kabupaten dan Kecamatan seluruh Indonesia keluaran Bakosurtanal tahun 2002. Hasil mosaik dan *cropping* seluruh data dapat dilihat pada Gambar 3.5, 3.6, 3.7 dan 3.8.



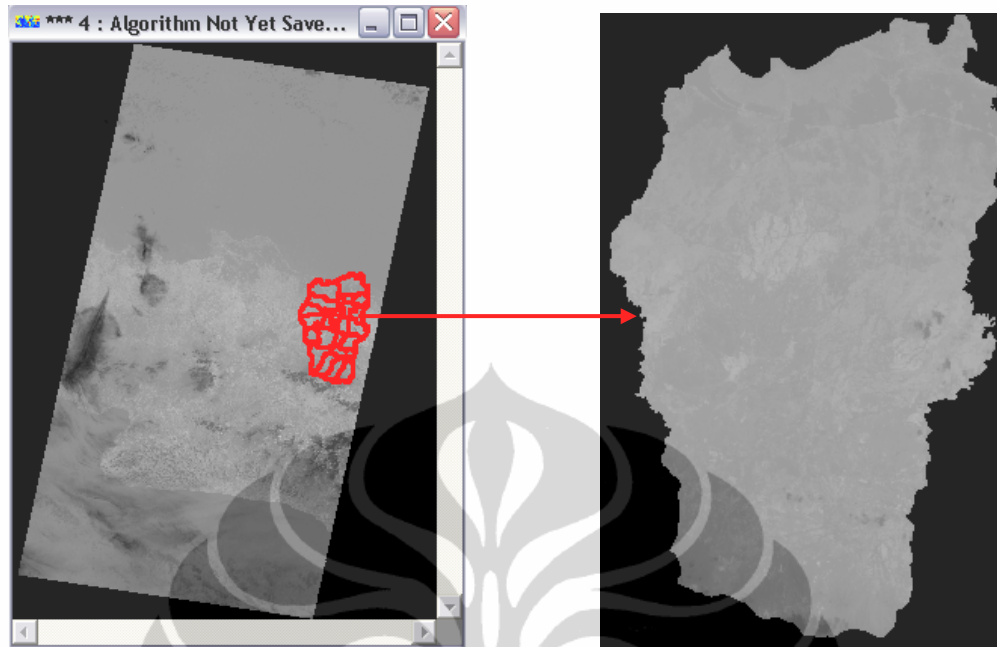
Gambar 3.5. (a & b) Mosaik dan *cropping* data LS-7_ETM P/R 122/064-65 dan 121/65 Bulan April 2002 (kanal-kanal multispektral)



Gambar 3.6. (a & b) Mosaik dan cropping data LS-7_ETM P/R 122/064-65 dan 121/65 Bulan September 2002 (kanal-kanal multispektral)



Gambar 3.7. (a & b) Mosaik dan cropping data LS-7_ETM P/R 122/064-65 dan 121/65 Bulan April 2002 (kanal temperatur)



Gambar 3.9. (a & b) Mosaik dan cropping data LS-7_ETM P/R 122/064-65 dan 121/65 Bulan September 2002 (kanal temperatur)

3.3.2. Pengolahan Data Lanjut

Pengolahan data lanjut merupakan pengolahan citra satelit untuk mendapatkan informasi tambahan sesuai dengan kebutuhan analisis. Pada penelitian ini pengolahan data lanjut dilakukan untuk menghasilkan data penutup lahan, suhu permukaan, NDVI dan kelembaban tanah.

a. Penutup Lahan

Data penutup lahan diperoleh melalui interpretasi dan analisis citra dengan melakukan digitasi *onscreen* secara manual pada citra. Metode ini digunakan karena dasar interpretasi tidak semata-mata nilai kecerahan saja akan tetapi konteks keruangan juga menjadi pertimbangan. Peranan interpreter dalam mengontrol hasil klasifikasi menjadi sangat dominan sehingga hasil klasifikasi yang diperoleh relatif lebih masuk akal. Disamping itu, metode ini juga dapat lebih rinci dari hasil

klasifikasi terbimbing, terutama untuk memisahkan, menggabungkan atau menambahkan kelas-kelas yang tidak bisa dilakukan dengan klasifikasi terbimbing.

Digitasi *on screen* dilakukan pada citra komposit RGB-542, baik untuk citra Landsat bulan April maupun September seperti ditunjukkan pada Gambar 3.8 & 3.9. Data acuan yang digunakan adalah peta rupabumi dan diverifikasi dengan survey lapangan. Interpretasi dan analisis dilakukan dengan tahapan sebagai berikut :

- Mendeteksi objek dengan melakukan digitasi pada batas luar kelompok yang mempunyai bentuk, warna, tekstur dan pola yang sama dan memisahkannya dari kelompok lain.
- Uji keketelitian dilakukan menggunakan teknik SIG, yaitu objek diidentifikasi dan dianalisis dengan meng-*overlay*-kannya dengan peta RBI ditambah dengan informasi hasil survey lapangan.

b. Suhu Permukaan

Citra suhu permukaan diperoleh dengan cara mengkonversi nilai digital kanal 6 (inframerah termal) ke dalam spektral radian menggunakan formula (USGS, 2001):

$$L_{\gamma} = L_{min} + \{((L_{max} - L_{min})/255)DN\} \tag{3.1}$$

Dimana :

L_{γ} = spektral radian ($Wm^{-2}sr^{-1}\mu m^{-2}$)

L_{min} = spektral radian maksimal untuk kanal 6 ($Wm^{-2}sr^{-1}\mu m^{-2}$).

L_{min} kanal 6Low = 0 $Wm^{-2}sr^{-1}\mu m^{-2}$

L_{min} kanal 6High = 3.200 $Wm^{-2}sr^{-1}\mu m^{-2}$

L_{max} = spektral radian maksimum untuk kanal 6 ($Wm^{-2}sr^{-1}\mu m^{-2}$)

L_{max} kanal 6Low = 17.04 $Wm^{-2}sr^{-1}\mu m^{-2}$

L_{max} kanal 6High = 12.650 $Wm^{-2}sr^{-1}\mu m^{-2}$

(Ket : L_{min} dan L_{max} diperoleh dari file MTL LS-7_ETM)

DN = nilai digital (0 – 255)

Dengan mengasumsikan emisivitas permukaan adalah satu, maka formula yang digunakan untuk menghitung suhu permukaan adalah (USGS, 2002):

$$T_s = K_2 / \ln (K_1 / L_\gamma + 1) \quad (3.2)$$

Dimana :

T_s = Suhu permukaan (Kelvin)

K_1 = Konstanta kalibrasi 1 = 666.09 ($\text{Wm}^{-2}\text{sr}^{-1}\mu\text{m}^{-2}$)

K_2 = konstanta kalibrasi 2 = 1282.71 9 (Kelvin)

L_γ = spektral radian ($\text{Wm}^{-2}\text{sr}^{-1}\mu\text{m}^{-2}$)

Untuk mengkonversi nilai suhu permukaan ke dalam °C, nilai yang diperoleh dikurangi 273.

c. Kerapatan Vegetasi (NDVI)

Citra kerapatan vegetasi atau NDVI (*Normalized Different Vegetation Index*) diekstraksi dari kanal merah (kanal 3) dan inframerah dekat (kanal 4) menggunakan formula :

$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{R}) / (\text{NIR} + \text{R}) \quad (3.3)$$

Dalam melakukan estimasi kelembaban tanah menggunakan informasi termal, perlu juga mempertimbangkan faktor fraksi tutupan vegetasi (Gillies, et al., 1997). Untuk daerah yang mempunyai tutupan lahan yang sangat bervariasi (dari tanah terbuka sampai vegetasi lebat), nilai maksimum NDVI dikelompokkan ke dalam 100% tutupan vegetasi. Untuk itu, perlu dilakukan normalisasi terhadap nilai NDVI (normalisasi juga dilakukan untuk menghilangkan nilai negatif pada citra NDVI), formula yang digunakan adalah (Gillies, et al. 1997) :

$$N = (\text{NDVI} - \text{NDVI}_0) / (\text{NDVI}_s - \text{NDVI}_0) \quad (3.4)$$

Dimana :

N = Normalisasi NDVI

NDVI = Nilai NDVI dalam piksel

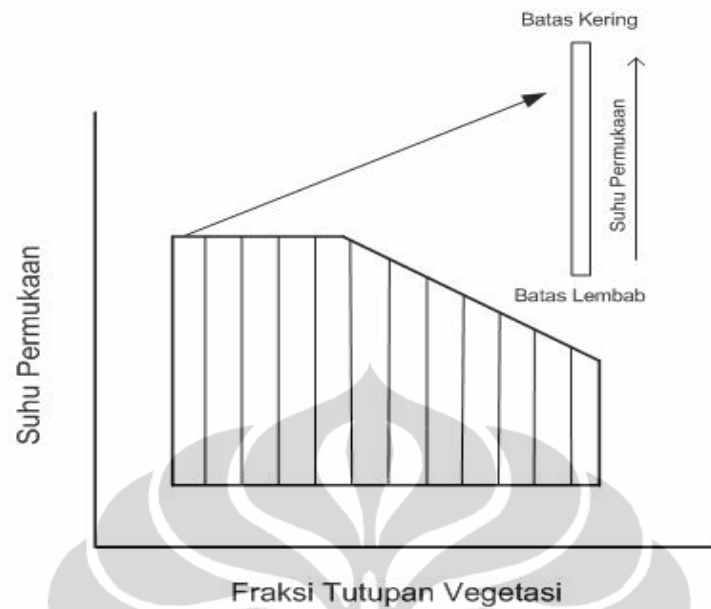
NDVI₀ = Nilai minimum citra NDVI
NDVI_S = Nilai maksimum citra NDVI.

Nilai normalisasi NDVI (N) kemudian dikuadratkan untuk memperoleh citra fraksi tutupan vegetasi (Fr) :

$$Fr \approx N^2 \quad (3.5)$$

d. Kelembaban Tanah

Estimasi kelembaban tanah diperoleh dari data suhu permukaan dan indeks vegetasi menggunakan diagram pencar yang menggambarkan hubungan antara suhu permukaan (Ts) dengan fraksi vegetasi (Fr) berdasarkan metode segitiga yang mendefinisikan secara spasial Ts/Fr. Citra fraksi vegetasi yang dianalisis adalah dari rentang fraksi vegetasi 0% – 80%, karena estimasi kelembaban tanah hanya valid pada rentang tersebut (Giilies & Carlson pada Serrano et. al., 2004). Dari pembagian citra fraksi vegetasi, diperoleh 16 citra masing-masing dengan interval 5%. Masing-masing citra fraksi vegetasi kemudian digunakan untuk membagi citra suhu permukaan pada setiap rentang fraksi vegetasi untuk mendapatkan estimasi kelembaban tanah. Penentuan daerah lembab dan kering didasari asumsi bahwa pada masing-masing interval vegetasi, area yang sangat dingin berhubungan dengan tanah yang memiliki kandungan kelembaban tanah sangat tinggi (nilai 1) dan sebaliknya area yang sangat panas memiliki tanah dengan kandungan kelembaban tanah sangat rendah (nilai 0). Metode yang digunakan untuk mendapatkan estimasi kelembaban tanah ditunjukkan pada Gambar 3.9.



Gambar 3.9. Estimasi kelembaban tanah menggunakan batas suhu terendah dan tertinggi pada tiap-tiap fraksi tutupan vegetasi (Serrano, et al., 2004)

e. Ketinggian

Informasi atau data ketinggian digunakan untuk mengetahui hubungan antara topografi dengan kelembaban tanah. Informasi ketinggian Kab. Subang diperoleh dari DEM SRTM resolusi spasial 30 meter, melalui klasifikasi nilai ketinggian yang dibagi kedalam empat kelas ketinggian sebagai berikut :

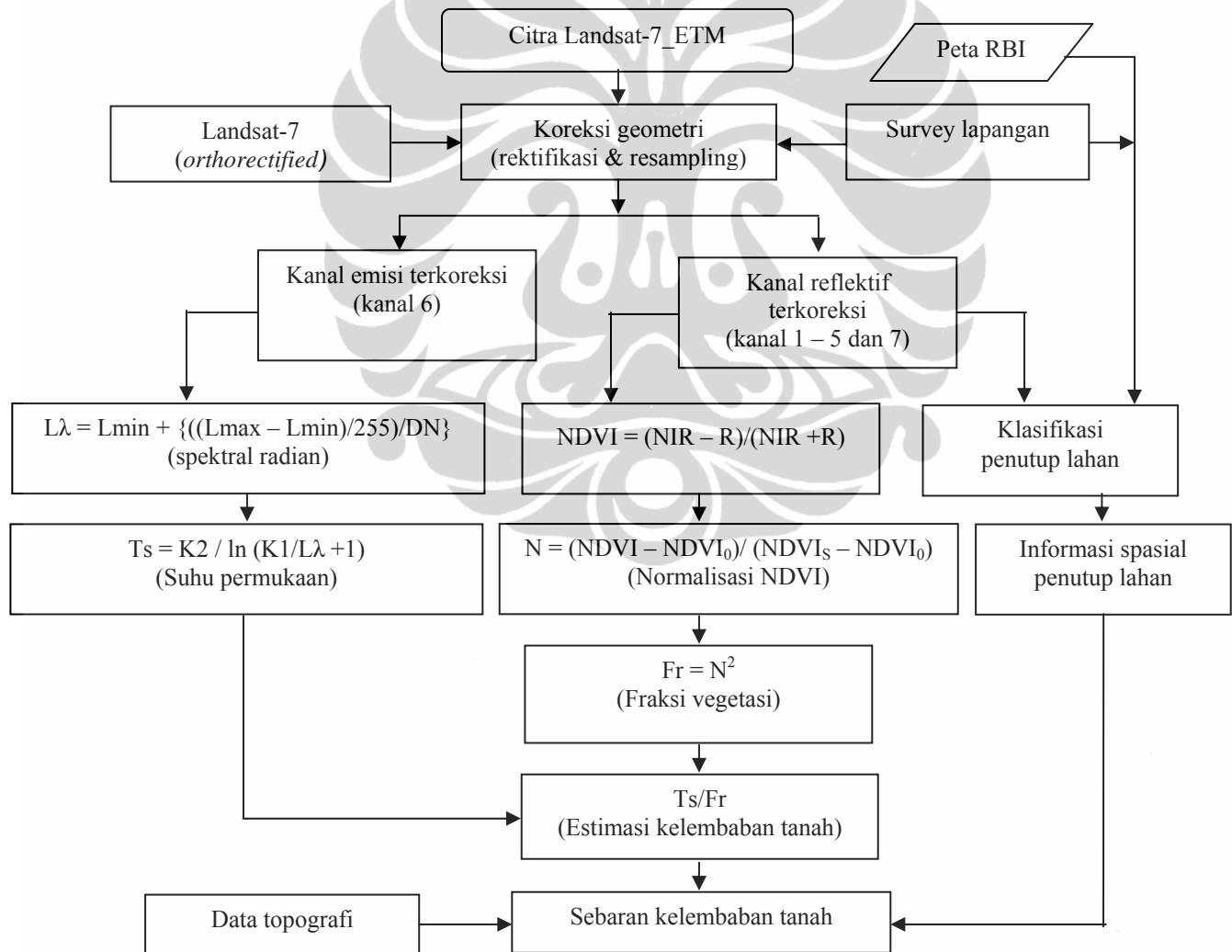
1. Ketinggian (0 – 100) meter
2. Ketinggian (100 – 500) meter
3. Ketinggian (500 – 1000) meter
4. Ketinggian diatas 1000 meter

3.4. METODE ANALISIS DATA

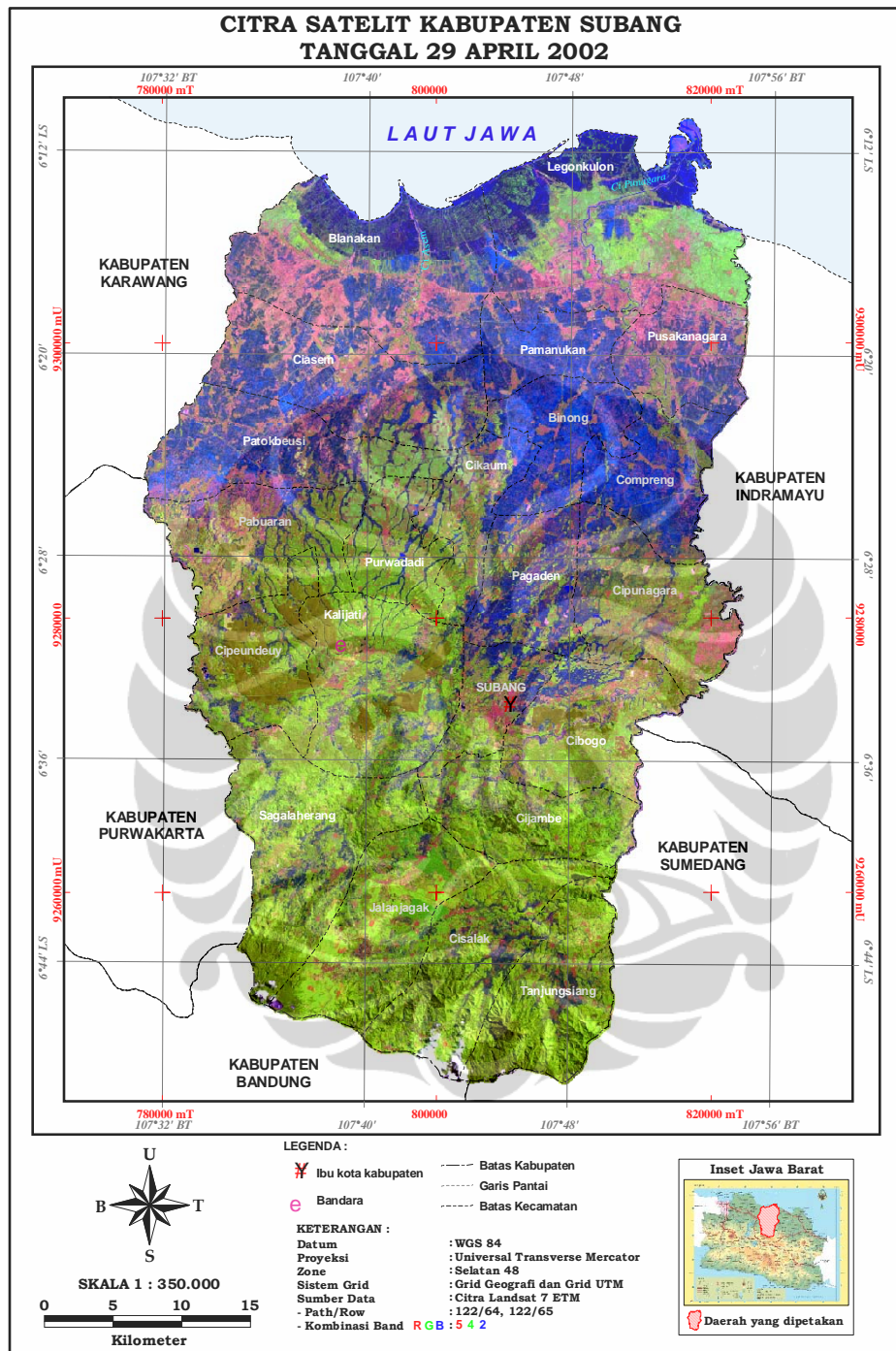
Faktor utama yang mempengaruhi distribusi kelembaban tanah adalah vegetasi, ketinggian dan penutup lahan. Untuk itu pada penelitian ini dicari hubungan antara kelembaban tanah dengan ketiga variabel tersebut menggunakan analisis spasial dan kuantitatif dengan metode statistik.

3.5 ALUR PENELITIAN

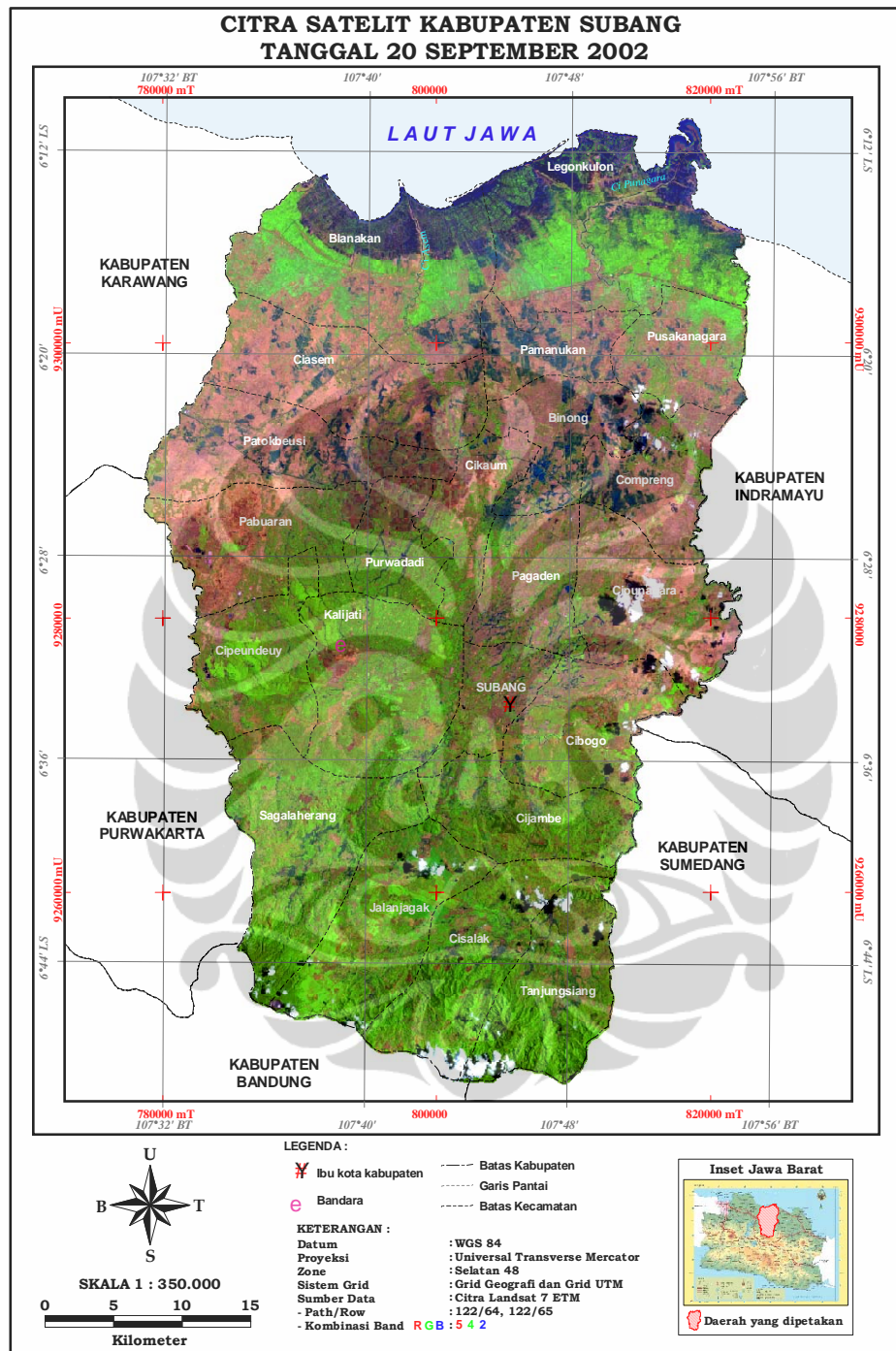
Secara keseluruhan, diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.10.



Gambar 3.10. Diagram alir penelitian



Gambar 3.11. Citra satelit Kabupaten Subang tanggal 29 April 2002



Gambar 3.12. Citra satelit Kabupaten Subang tanggal 20 September 2002

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. PENUTUP LAHAN KABUPATEN SUBANG

Data penutup lahan Kab. Subang diperoleh dari interpretasi citra Landsat-7_ETM tanggal akuisisi 24 April 2002 dan 29 September 2002. Kedua citra tersebut digunakan untuk mengetahui informasi penutup lahan pada musim hujan dan musim kemarau. Berdasarkan hasil interpretasi dan hasil survei lapangan, diketahui bahwa penutup lahan di Kab. Subang secara umum terdiri dari vegetasi alami (hutan), vegetasi budidaya lahan basah, vegetasi budidaya lahan kering, lahan terbangun, lahan perikanan budidaya, tubuh air dan pasir laut. Peta penutup lahan bulan April dan September tahun 2002 disajikan pada Gambar 4.1 dan 4.2 serta jenis-jenis penutup lahan di Kab. Subang dari hasil pengamatan lapangan disajikan pada Lampiran 1.

Vegetasi budidaya lahan basah merupakan penutup lahan yang dominan terdapat di Kab. Subang dan menyebar hampir di seluruh wilayah Kabupaten. Luas areal vegetasi budidaya lahan basah mencapai 41 % dari luas seluruh wilayah Kab. Subang. Pada bulan April 2002 luas areal vegetasi budidaya lahan basah mencapai 85.531,591 hektar dan berkurang menjadi 23,151 hektar pada bulan September menjadi 85.508,440 hektar. Selain vegetasi budidaya lahan basah, luas areal vegetasi budidaya lahan kering juga berkurang dari 66.156,347 hektar pada bulan April menjadi 66.138,240 hektar pada bulan September dengan perubahan luasan mencapai 18,107 hektar. Vegetasi budidaya lahan kering umumnya menyebar di bagian tengah dan selatan Kab. Subang.

Penutup lahan lainnya yang juga berubah luasannya, namun makin meningkat adalah lahan terbangun. Pada bulan April luas lahan terbangun mencapai 37.810,525 hektar dan pada bulan September meningkat menjadi 37.851,783 hektar atau bertambah seluas 41,258 hektar. Lahan terbangun menyebar hampir di seluruh wilayah dan terkonsentrasi di bagian tengah wilayah Kab. Subang karena merupakan

wilayah pusat pemerintahan. Luas lahan terbangun makin meningkat dari bulan April ke September disebabkan karena alih fungsi dari lahan vegetasi budidaya, baik lahan basah maupun kering menjadi lahan terbangun.

Penutup lahan yang tidak mengalami perubahan yaitu vegetasi alami (lahan hutan), lahan perikanan budidaya, tubuh air/sungai dan pasir laut. Vegetasi alami terdapat di bagian selatan Kab. Subang yang merupakan daerah dataran tinggi sedangkan lahan perikanan budidaya dan pasir laut terdapat di bagian utara yang merupakan daerah dataran rendah. Secara umum perubahan luas penutup lahan dari bulan April 2002 ke September 2002 tidak mengalami perubahan yang berarti yaitu kurang dari 1% . Luas penutup lahan di Kab. Subang dan perubahannya disajikan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Luas penutup lahan di Kab. Subang dan perubahannya
Tahun 2002

Penutup Lahan	Luas Tahun 2002 (hektar)			
	Bulan April	Bulan September	Perubahan	
			(hektar)	(%)
Vegetasi alami	5.206,698	5.206,698	0,000	0,00
Vegetasi budidaya lahan basah	85.531,591	85.508,440	(-) 23,151	0,01
Vegetasi budidaya lahan kering	66.156,347	66.138,240	(-) 18,107	0,01
Lahan terbangun	37.810,525	37.851,783	(+) 41,258	0,02
Lahan perikanan budidaya	10.498,777	10.498,777	0,000	0,00
Tubuh air/sungai	365,080	365,080	0,000	0,00
Pasir laut	1.762,135	1.762,135	0,000	0,00
Jumlah	207.331,153	207.331,153	82,516	0,04

4.2. SUHU PERMUKAAN

Perhitungan suhu permukaan di Kab. Subang menggunakan kanal 6 menggunakan formula (3.2). Hasil perhitungan suhu permukaan dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2. Hasil Perhitungan Suhu Permukaan di Kab. Subang Tahun 2002

Bulan	Nilai Digital (DN) Kanal 6				Suhu Permukaan (T) (°C)			
	Min	Max	Rerata	Std Dev	Min	Max	Rerata	Std Dev
April	115	155	137	2.394	14.025	32.856	25.367	1.185
September	110	231	179	11.764	10.306	40.955	30.172	3.118

Hasil perhitungan menunjukkan suhu permukaan pada bulan April 2002 lebih rendah dibandingkan bulan September 2002. Dilihat dari nilai rerata temperatur terdapat selisih sekitar 5⁰C. Hal ini terjadi karena nilai spektral citra (DN) pada bulan April lebih rendah dibandingkan pada bulan September. Kondisi ini dipengaruhi oleh radiasi sinar matahari di bulan April lebih rendah dibandingkan pada bulan September.

Sebaliknya nilai temperatur minimum di bulan April lebih tinggi dari bulan September karena citra bulan September diliputi awan yang lebih banyak terutama di bagian Selatan Kab. Subang. Kondisi awan dapat menyebabkan anomali terhadap informasi yang dihasilkan. Informasi suhu permukaan di Kabupaten Subang dapat bula April dan September ditunjukkan pada Gambar 4.3 dan 4.4.

4.3. KERAPATAN VEGETASI (NDVI)

Citra kerapatan vegetasi atau NDVI (*Normalized Different Vegetation Index*) diturunkan dari kanal merah (kanal 3) dan kanal inframerah dekat (kanal4) citra Landsat-7_ETM menggunakan formula (3.3) dan dilakukan normalisasi terhadap nilai kerapatan vegetasi (normalisasi dilakukan untuk menghilangkan nilai negatif pada citra) menggunakan formula (3.4).

Hasil perhitungan nilai kerapatan vegetasi Bulan April dan September 2002 Kab. Subang dan hasil normalisasinya dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3. Hasil Perhitungan kerapatan vegetasi Kab. Subang Tahun 2002

Bulan	Kerapatan vegetasi				Normalisasi kerapatan vegetasi			
	Min	Max	Rerata	Std Dev	Min	Max	Rerata	Std Dev
April	-0.644	0.561	0.066	0.246	0	1	0.589	0.204
September	-0.657	0.511	0.008	0.208	0	1	0.570	0.178

Nilai rerata kerapatan vegetasi pada bulan April cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan bulan September. Hal ini dimungkinkan karena pada bulan April masih merupakan musim peralihan dari musim hujan ke musim kemarau sehingga kerapatan vegetasi masih cenderung tinggi yaitu sebesar 0.066. Sebaliknya pada bulan September masih merupakan musim peralihan dari musim kemarau ke musim penghujan sehingga nilai rerata kerapatan vegetasi cenderung lebih rendah yaitu 0.008.

Gambar 4.4 dan 4.5 menunjukkan tingkat kerapatan vegetasi di Kab. Subang. Pada bulan April, wilayah bagian tengah dan selatan Kabupaten Subang merupakan wilayah dengan sebaran nilai kerapatan cukup tertinggi. Sebaliknya pada bulan September sebaran tingkat kerapatan vegetasi tertinggi pada wilayah tersebut mulai berkurang. Hal tersebut menunjukkan klorofil daun yang merupakan indikator kesehatan/kesuburan vegetasi mulai berkurang pada bulan September.

Setelah menghitung nilai kerapatan vegetasi, kemudian dibuat citra fraksi tutupan vegetasi (Fr) untuk mengetahui informasi kelembaban tanah pada area yang memiliki tutupan vegetasi yang sama. Citra Fr diperoleh menggunakan formula (3.5).

4.4. KELEMBABAN TANAH

Informasi kelembaban tanah Kab. Subang diperoleh melalui ekstraksi informasi suhu permukaan dan kerapatan vegetasi. Citra kerapatan vegetasi dibuat menjadi citra fraksi tutupan vegetasi dengan interval 0% - 80% . Pada penelitian ini, dibuat interval 5% (0.05) untuk citra fraksi vegetasi sehingga diperoleh 16 citra. Kemudian 16 citra tersebut digunakan untuk membagi citra suhu permukaan menjadi 16 citra yang masing-masing berkaitan dengan interval citra fraksi vegetasi (16 citra Ts/Fr). Penentuan batas kering dan lembab untuk masing-masing citra suhu permukaan menggunakan interval perkalian tiga standar deviasi dengan nilai rerata suhu permukaan pada rentang fraksi vegetasi yang telah dibuat (Serrano et. all, 2004). Hasilnya adalah nilai suhu terendah merupakan batas lembab dan nilai suhu tertinggi merupakan batas kering.

Tabel 4.4 dan 4.5 merupakan hasil penentuan batas kering dan lembab pada masing-masing kategori fraksi vegetasi bulan April dan September. Hasil tersebut kemudian diterapkan pada 16 citra Ts/Fr. Masing-masing citra kemudian digabungkan seluruhnya untuk mendapatkan citra kelembaban tanah yang utuh sehingga dapat diperoleh distribusi spasial kelembaban tanah di Kabupaten Subang (Gambar 4.7 dan 4.8).

Hasil estimasi kelembaban tanah pada bulan April dan September di Kabupaten Subang memperlihatkan pola distribusi yang berbeda. Pada bulan September distribusi kelembaban tanah cenderung meluas dibandingkan dengan bulan April. Kondisi tersebut sebagian besar terdapat di bagian utara dan selatan Kab. Subang. Nilai kelembaban tanah yang tinggi umumnya terdapat di bagian selatan Kab. Subang yang merupakan daerah pegunungan dan sebaliknya nilai kelembaban tanah yang rendah umumnya menyebar di bagian tengah dan utara Kab. Subang yang merupakan daerah dataran rendah. Namun rerata kelembaban tanah pada bulan April dan September adalah sama yaitu sebesar 0.493. Kelembaban tanah di beberapa tempat tertentu tidak memiliki nilai (dalam citra tampak berwarna putih) karena merupakan daerah dengan fraksi vegetasi di atas 80%, adanya liputan awan dan kesalahan radiometri pada citra.

Tabel 4.4. Penentuan Batas Kering dan Lembab Pada Tiap-tiap Rentang Fraksi Tutupan Vegetasi Citra Landsat ETM+ Bulan April 2002

Interval Fraksi Tutupan Vegetasi	Suhu Rerata (C)	Standar Deviasi	Batas Lembab	Batas Kering	Intercept	Slope
			(mean - 3*standar deviasi) (C)	(mean + 3*standar deviasi) (C)		
0.00 – 0.05	24.00	0.48	22.57	25.43	9.07	-0.3494
0.05 – 0.10	25.12	0.74	22.90	27.35	6.14	-0.2246
0.10 – 0.15	25.27	1.03	22.19	28.35	4.63	-0.1623
0.15 – 0.20	25.86	1.11	22.52	29.20	4.37	-0.1496
0.20 – 0.25	26.01	1.15	22.58	29.45	4.28	-0.1454
0.25 – 0.30	26.00	1.16	22.52	29.47	4.24	-0.1439
0.30 – 0.35	25.93	1.14	22.52	29.34	4.30	-0.1466
0.35 – 0.40	25.82	1.12	22.47	29.18	4.35	-0.1491
0.40 – 0.45	25.69	1.13	22.31	29.08	4.30	-0.1478
0.45 – 0.50	25.49	1.16	21.99	28.98	4.15	-0.1432
0.50 – 0.55	25.34	1.18	21.80	28.89	4.07	-0.1410
0.55 – 0.60	25.19	1.16	21.71	28.68	4.11	-0.1434
0.60 – 0.65	24.96	1.21	21.33	28.58	3.94	-0.1379
0.65 – 0.70	24.88	1.17	21.37	28.40	4.04	-0.1421
0.70 – 0.75	24.75	1.09	21.48	28.03	4.28	-0.1526
0.75 – 0.80	24.58	1.00	21.60	27.57	4.61	-0.1673

Tabel 4.5. Penentuan Batas Kering dan Lembab Pada Tiap-tiap Rentang Fraksi Tutupan Vegetasi Citra Landsat ETM+ Bulan September 2002

Interval Fraksi Tutupan Vegetasi	Suhu Rerata (C)	Standar Deviasi	Batas Lembab	Batas Kering	Intercept	Slope
			(mean - 3*standar deviasi) (C)	(mean + 3*standar deviasi) (C)		
0.00 – 0.05	27.29	1.50	22.78	31.80	3.53	-0.1110
0.05 – 0.10	29.36	2.75	21.11	37.60	2.28	-0.0606
0.10 – 0.15	31.73	3.33	21.74	41.71	2.09	-0.0501
0.15 – 0.20	31.84	2.92	23.09	40.59	2.32	-0.0571
0.20 – 0.25	31.51	3.06	22.32	40.70	2.21	-0.0544
0.25 – 0.30	30.95	3.08	21.71	40.18	2.18	-0.0542
0.30 – 0.35	30.52	2.89	21.87	39.18	2.26	-0.0578
0.35 – 0.40	30.25	2.48	22.81	37.70	2.53	-0.0671
0.40 – 0.45	30.00	2.39	22.83	37.17	2.59	-0.0698
0.45 – 0.50	29.81	2.32	22.85	36.76	2.64	-0.0719
0.50 – 0.55	29.54	2.22	22.89	36.19	2.72	-0.0752
0.55 – 0.60	29.16	2.30	22.25	36.08	2.61	-0.0723
0.60 – 0.65	28.63	2.39	21.47	35.79	2.50	-0.0698
0.65 – 0.70	28.00	2.55	20.34	35.65	2.33	-0.0653
0.70 – 0.75	27.38	2.52	19.82	34.95	2.31	-0.0661
0.75 – 0.80	27.14	2.34	20.10	34.17	2.43	-0.0711

4.5. KETINGGIAN

Informasi ketinggian Kab. Subang yang disajikan pada Gambar 4.9, diperoleh dari DEM SRTM resolusi spasial 30 meter (sama seperti citra Landsat), melalui klasifikasi nilai ketinggian yang dibagi kedalam empat kelas ketinggian sebagai berikut :

1. Ketinggian (0 – 100) meter
2. Ketinggian (100 – 500) meter
3. Ketinggian (500 – 1000) meter
4. Ketinggian diatas 1000 meter

Ketinggian (0 – 100) meter terdapat di bagian utara Kab. Subang yang sebagian besar merupakan lahan sawah, ladang dan empang. Ketinggian (100 – 500) meter terdapat di bagian tengah dan sebagian wilayah selatan yang penutup lahannya sebagian besar merupakan lahan perkebunan. Ketinggian di atas 500 meter terdapat di bagian selatan dan didominasi oleh penutup lahan hutan dan perkebunan.

4.6. ANALISIS POLA SEBARAN

4.6.1. Hubungan antara penutup lahan, ketinggian dan kelembaban tanah

Faktor yang mempengaruhi pola sebaran kelembaban tanah diantaranya penutup lahan dan ketinggian. Pada penelitian ini dilakukan analisis terhadap penutup lahan secara umum yang terdapat di Kab. Subang yaitu vegetasi budidaya lahan basah, vegetasi budidaya lahan kering dan lahan terbangun. Masing-masing sampel penutup lahan diambil pada lokasi yang sama, baik untuk data bulan April maupun September. Pada ketinggian di atas 1000 mdpl hanya diambil penutup lahan vegetasi budidaya lahan kering dan lahan terbangun karena merupakan penutup lahan yang dominan pada ketinggian tersebut. Nilai rerata kelembaban tanah pada setiap penutup lahan yang ada di Kab. Subang terkait dengan ketinggian pada bulan April dan September ditunjukkan pada Tabel 4.6 dan 4.7.

Tabel 4.6. Nilai rerata kelembaban tanah setiap penutup lahan di Kab. Subang pada ketinggian 0 sampai diatas 1000 mdpl (Bulan April 2002)

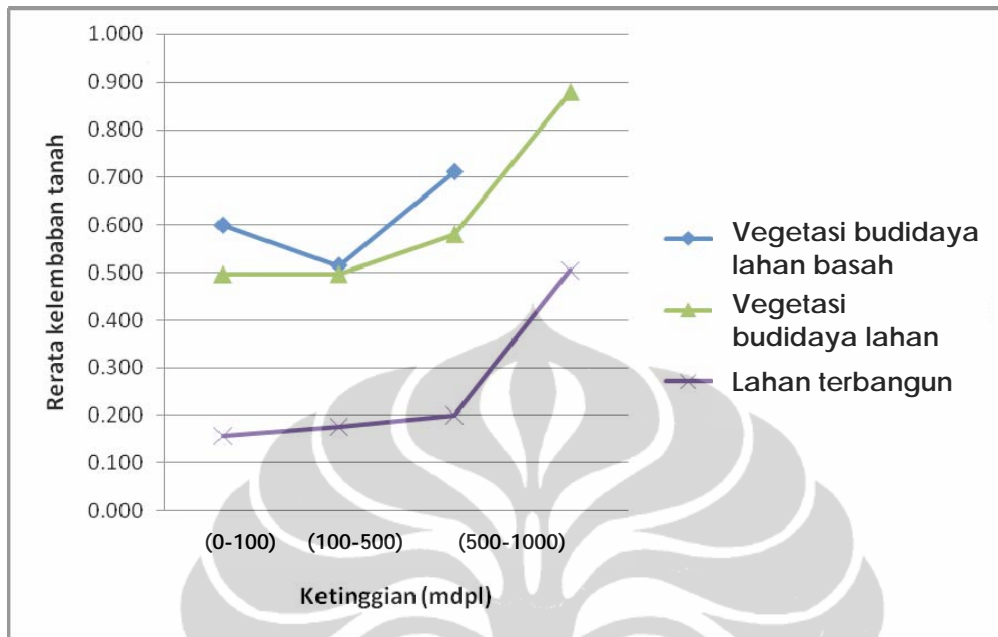
Penutup lahan	Ketinggian tempat dari muka laut (mdpl)			
	0-100	100-500	500-1000	>1000
Vegetasi budidaya lahan basah	0.599	0.514	0.712	-
Vegetasi budidaya lahan kering	0.497	0.498	0.581	0.878
Lahan terbangun	0.157	0.177	0.201	0.505

Tabel 4.7. Nilai rerata kelembaban tanah setiap penutup lahan di Kab. Subang pada ketinggian 0 sampai diatas 1000 mdpl (Bulan September 2002)

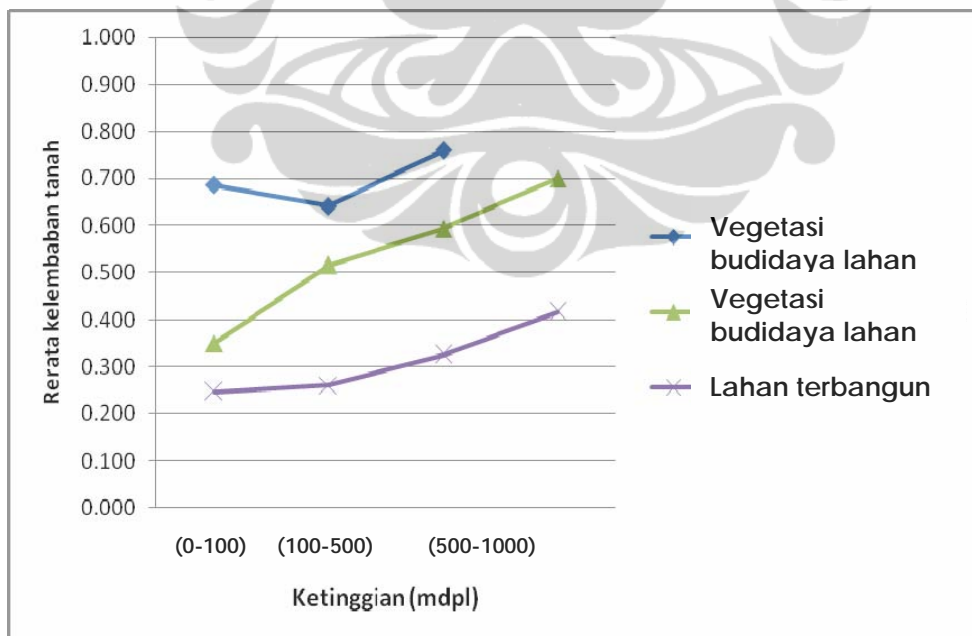
Penutup lahan	Ketinggian tempat dari muka laut (mdpl)			
	0-100	100-500	500-1000	>1000
Vegetasi budidaya lahan basah	0.686	0.641	0.760	-
Vegetasi budidaya lahan kering	0.350	0.516	0.593	0.700
Lahan terbangun	0.247	0.261	0.325	0.417

Pada Tabel 4.6 maupun 4.7 nampak bahwa ketinggian tempat sangat mempengaruhi nilai kelembaban tanah. Makin tinggi tempat, nilai kelembaban tanah cenderung semakin tinggi. Apabila dikaitkan dengan penutup lahan, maka terdapat variasi nilai kelembaban tanah pada setiap penutup lahan yang ada, baik untuk bulan April maupun September.

Pada bulan April nilai rerata kelembaban tanah pada setiap penutup lahan, cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan bulan September. Vegetasi budidaya lahan basahi memiliki nilai kelembaban tanah yang tinggi dibandingkan dengan penutup lahan lainnya dengan kisaran nilai antara 0.5 – 0.7 (bulan April dan September). Sebaliknya lahan terbangun memiliki nilai kelembaban tanah yang rendah dengan kisaran 0.1 – 0.5 (bulan April dan September). Namun pada ketinggian di atas 1000 mdpl nilai kelembaban tanah baik pada lahan terbangun maupun vegetasi budidaya lahan kering sangat tinggi masing-masing mendekati nilai kelembaban tanah untuk vegetasi budidaya lahan basah pada ketinggian di bawah 1000 mdpl. Khusus untuk vegetasi budidaya lahan kering, nilai kelembaban tanah cenderung rendah di bulan April pada ketinggian di bawah 1000 mdpl. Hubungan antara penutup lahan, ketinggian dan kelembaban tanah pada Tabel 4.6 dan 4.7 disajikan pada Gambar 4.3 dan 4.4.



Gambar 4.10. Hubungan antara penutup lahan, ketinggian dan kelembaban tanah di Kab. Subang bulan April 2002

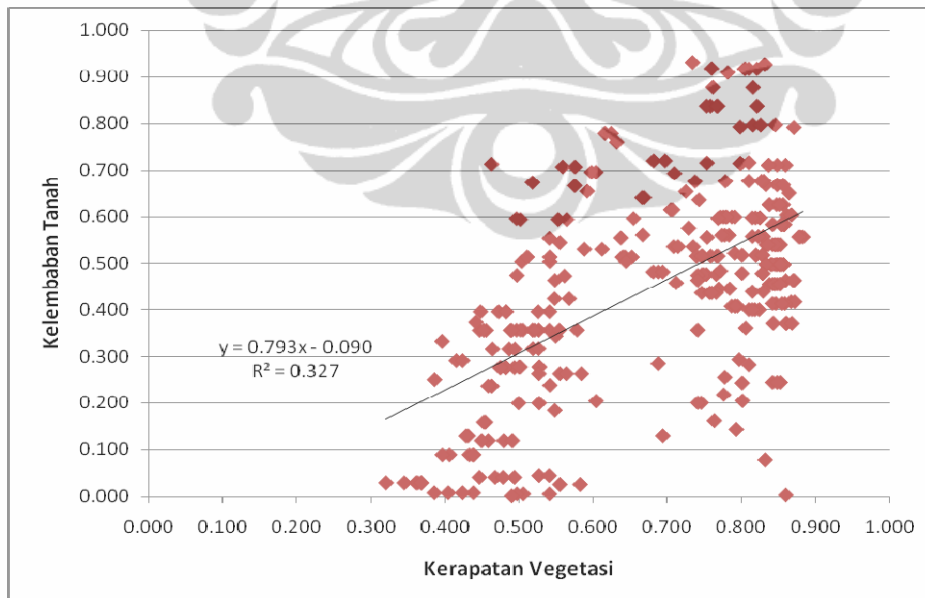


Gambar 4.11. Hubungan antara penutup lahan, ketinggian dan kelembaban tanah di Kab. Subang bulan September 2002

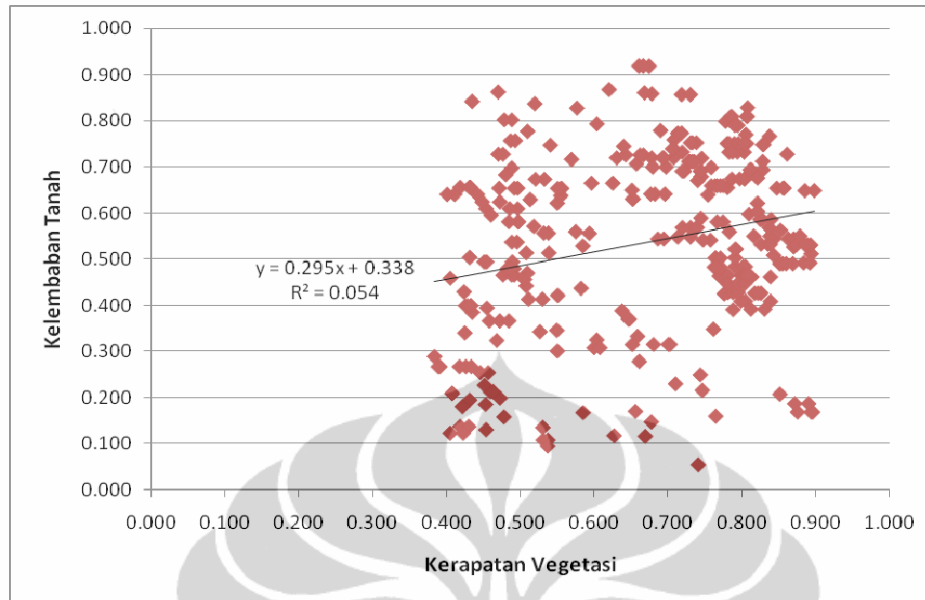
4.6.2. Hubungan antara kerapatan vegetasi dan kelembaban tanah

Kerapatan vegetasi berhubungan erat dengan kelembaban tanah dan merupakan variabel yang sangat signifikan mempengaruhi variasi kelembaban tanah. Pada penelitian ini, hubungan antara kerapatan vegetasi dan kelembaban tanah bulan April dan September pada setiap penutup lahan di Kab. Subang ditunjukkan dalam bentuk diagram pencar pada Gambar 4.5 dan 4.6.

Pada kedua gambar tersebut, tampak bahwa semakin tinggi kerapatan vegetasi, maka nilai kelembaban tanah semakin tinggi. Namun korelasi antara keduanya berbeda. Pada bulan April, korelasi antara kerapatan vegetasi dan kelembaban tanah lebih kuat dengan $r^2 = 0.327$ dibandingkan dengan bulan September yang memiliki korelasi sangat lemah dengan $r^2 = 0.054$. Hal ini diperkirakan berhubungan erat dengan kondisi curah hujan di Kab. Subang pada kedua bulan tersebut. Pada bulan April rerata curah hujan yaitu 22 mm dan jumlah hari hujan adalah 10 hari (Tabel 4.8 dan 4.9) . Namun pada bulan September, tidak ada kejadian hujan sama sekali sehingga nilai kerapatan vegetasi maupun kelembaban tanah menjadi menurun.



Gambar 4.12. Hubungan antara kerapatan vegetasi dan kelembaban tanah bulan April tahun 2002 di Kab. Subang



Gambar 4.13. Hubungan antara kerapatan vegetasi dan kelembaban tanah bulan September 2002 di Kab. Subang

Nilai kelembaban tanah pada bulan April dapat diestimasi melalui persamaan $y = 0.793x - 0.090$ dan pada bulan September dinyatakan dengan persamaan $y = 0.295x + 0.338$, dimana y = kelembaban tanah dan x = kerapatan vegetasi. Hasil estimasi tersebut hanya berasal dari sejumlah kecil sampel yang diteliti. Sehingga masih memerlukan jumlah sampel yang lebih banyak untuk dapat meningkatkan hasil estimasi.

Tabel 4.8. Curah Hujan di Setiap Kecamatan di Kabupaten Subang
Tahun 2002

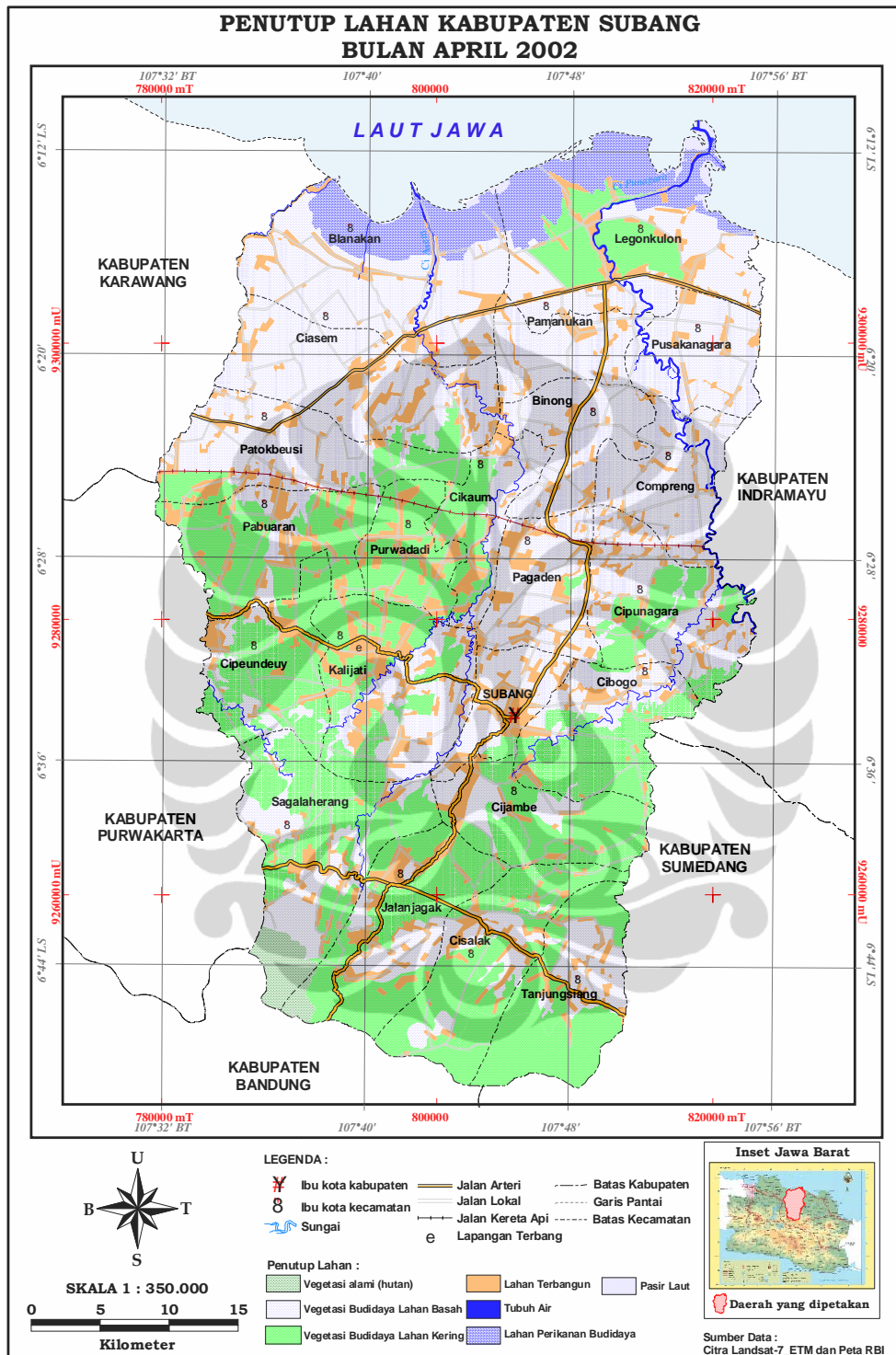
Kecamatan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des	Total
Sagalaherang	1.033	580	661	359	154	121	110	85	-	85	469	358	4.015
Jalancagak	1.383	409	667	379	182	90	152	129	-	166	398	798	4.749
Cisalak	-	-	-	-	100	87	185	53	-	62	371	606	1.464
Tanjungsiang	939	352	621	102	100	121	124	83	-	85	498	561	3.586
Cijambe	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cibogo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subang	492	362	137	116	86	3	-	-	-	-	122	329	1.647
Kalijati	917	603	734	345	232	41	88	12	-	-	300	413	3.685
Cipendeuy	174	580	149	359	154	10	69	5	-	-	92	-	1.592
Pabuaran	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Patokbeusi	265	208	35	30	-	-	77	-	-	-	74	90	779
Purwodadi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cikaum	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pangaden	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cipunagara	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Compreng	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Binong	436	455	120	31	-	-	89	2	-	-	60	87	1.302
Ciasem	281	325	14	258	22	12	42	2	-	-	74	127	1.247
Pamanukan	336	361	-	-	54	-	87	10	-	-	36	67	951
Pusakanagara	-	-	-	-	104	-	140	-	-	-	36	105	385
Legonkulon	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Blanakan	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rerata	626	424	359	22	112	61	106	42	-	100	211	321	2.117

Sumber : Subang Dalam Angka 2002, BPS, Jakarta

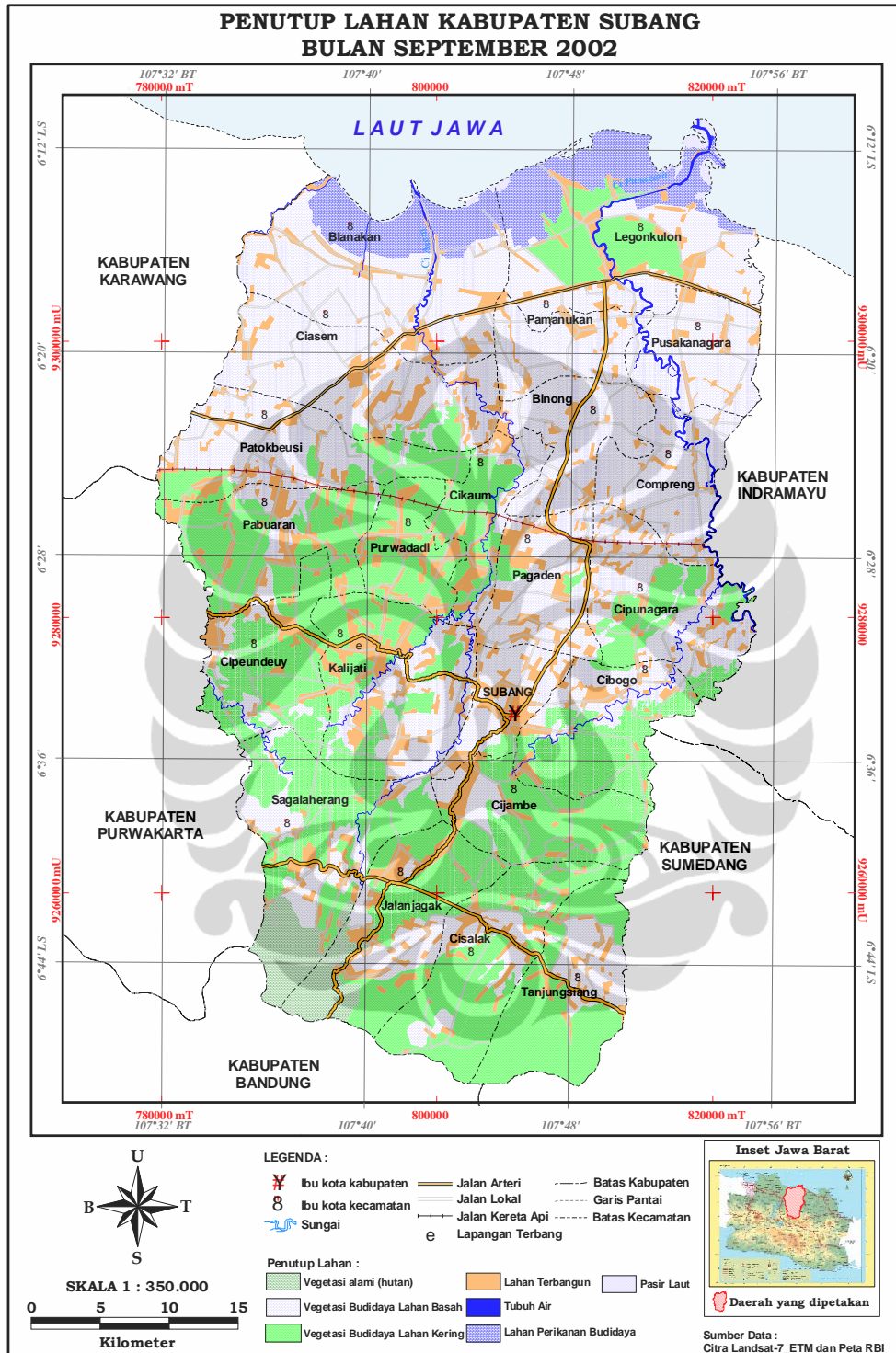
Tabel 4.9. Jumlah Hari Hujan di Setiap Kecamatan di Kabupaten Subang
Tahun 2002

Kecamatan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des	Total
Sagalaherang	27	24	20	17	8	7	8	3	-	3	12	22	152
Jalancagak	27	23	21	18	9	7	9	3	-	4	14	22	157
Cisalak	-	-	-	-	6	6	6	3	-	2	16	22	61
Tanjungsiang	27	24	21	8	8	7	8	3	-	3	13	22	44
Cijambe	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cibogo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subang	20	17	13	5	2	4	-	-	-	-	10	17	88
Kalijati	28	23	10	17	7	3	6	1	-	-	6	15	126
Cipendeuy	15	17	10	17	-	2	5	1	-	-	6	-	73
Pabuaran	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Patokbeusi	24	22	5	3	-	-	3	-	-	-	5	6	68
Purwodadi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cikaum	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pangaden	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cipunagara	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Compreng	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Binong	18	21	4	1	4	-	3	1	-	-	2	7	61
Ciasem	23	21	11	6	4	2	3	1	-	-	6	8	85
Pamanukan	12	18	-	-	3	-	2	1	-	-	4	3	42
Pusakanagara	-	-	-	-	6	-	5	-	-	-	3	5	20
Legonkulon	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Blanakan	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rerata	22	21	14	10	6	5	5	2	-	3	9	14	90

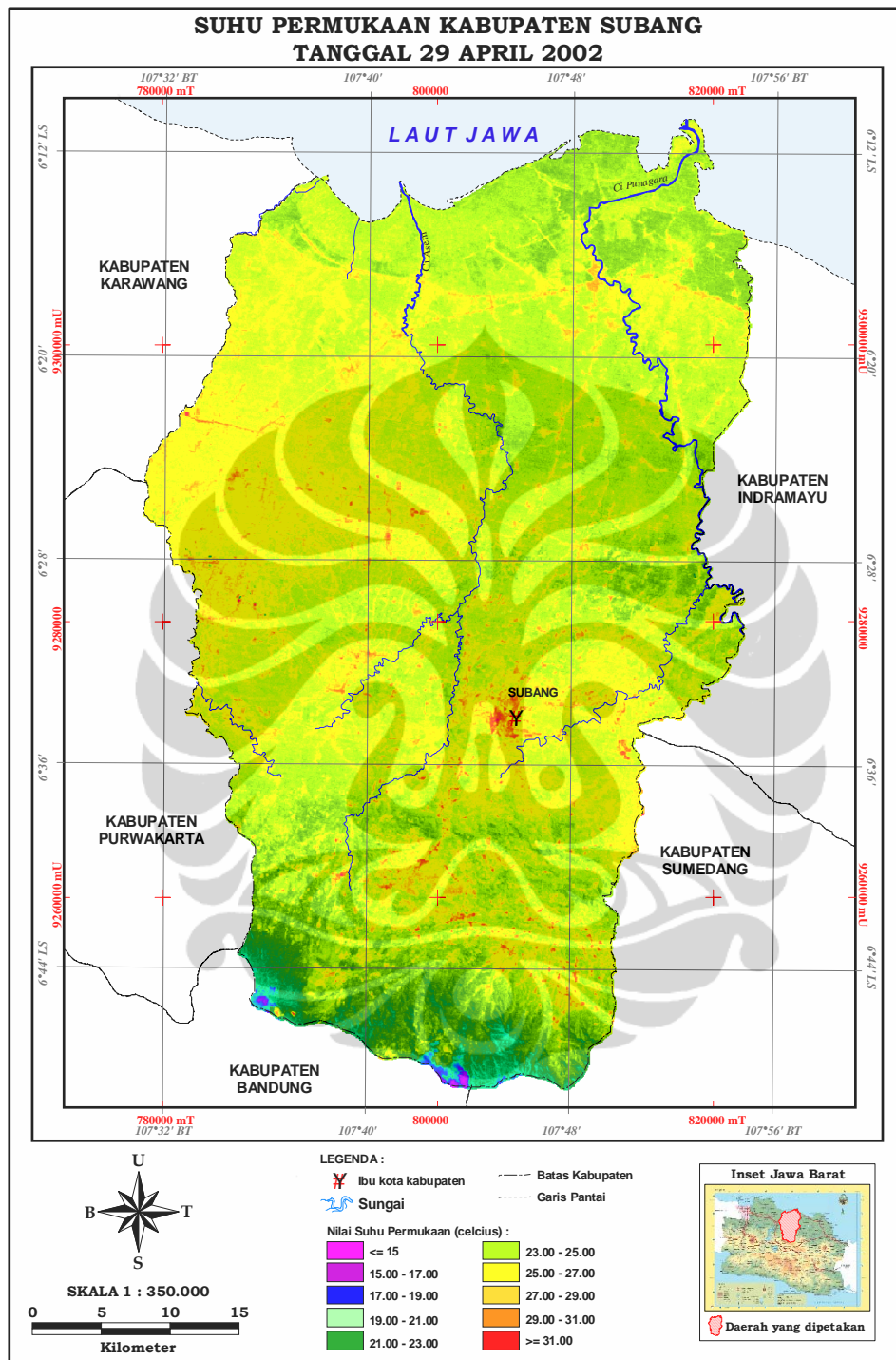
Sumber : Subang Dalam Angka 2002, BPS, Jakarta



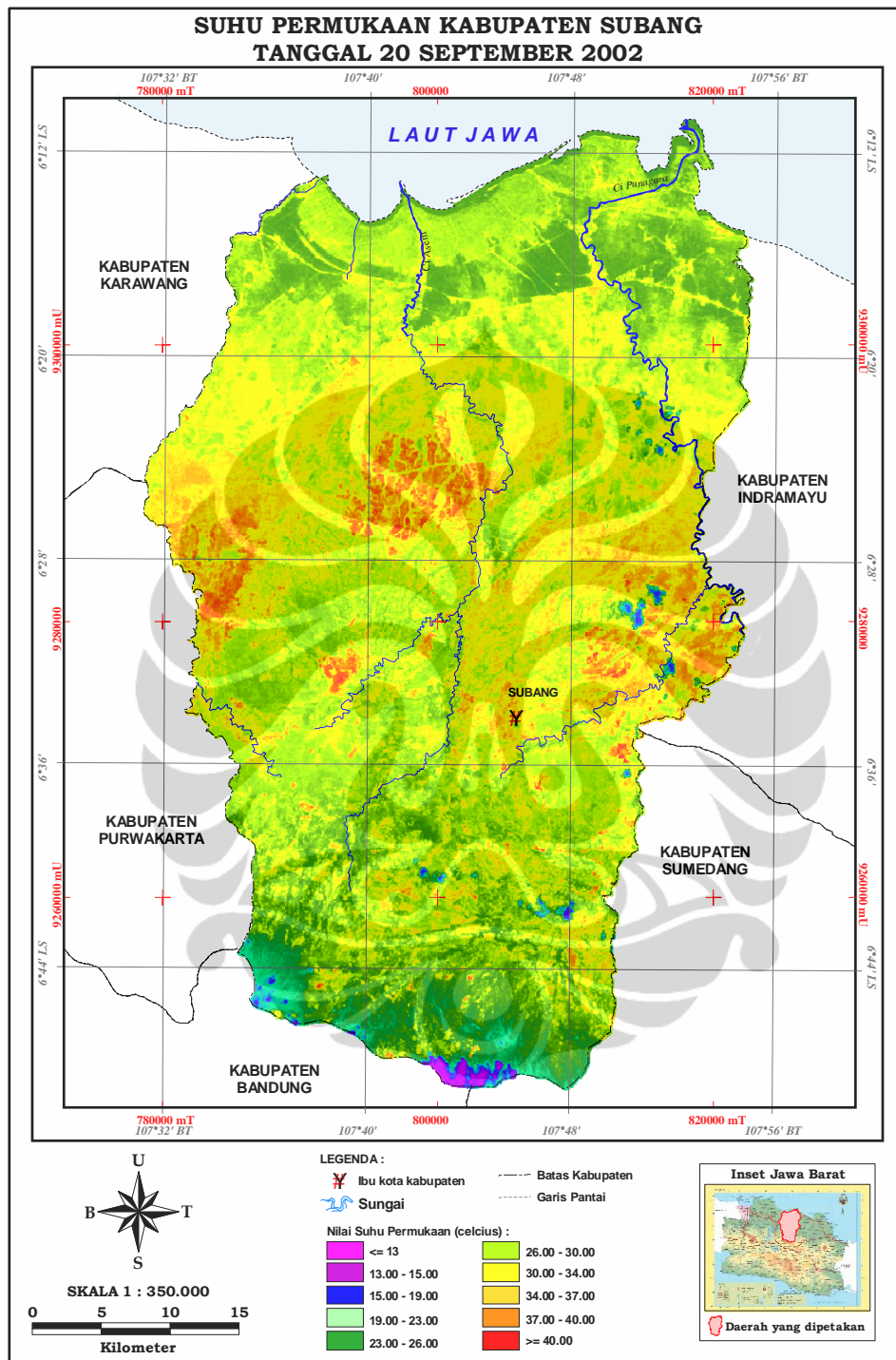
Gambar 4.1. Penutup lahan Kab. Subang bulan April 2002



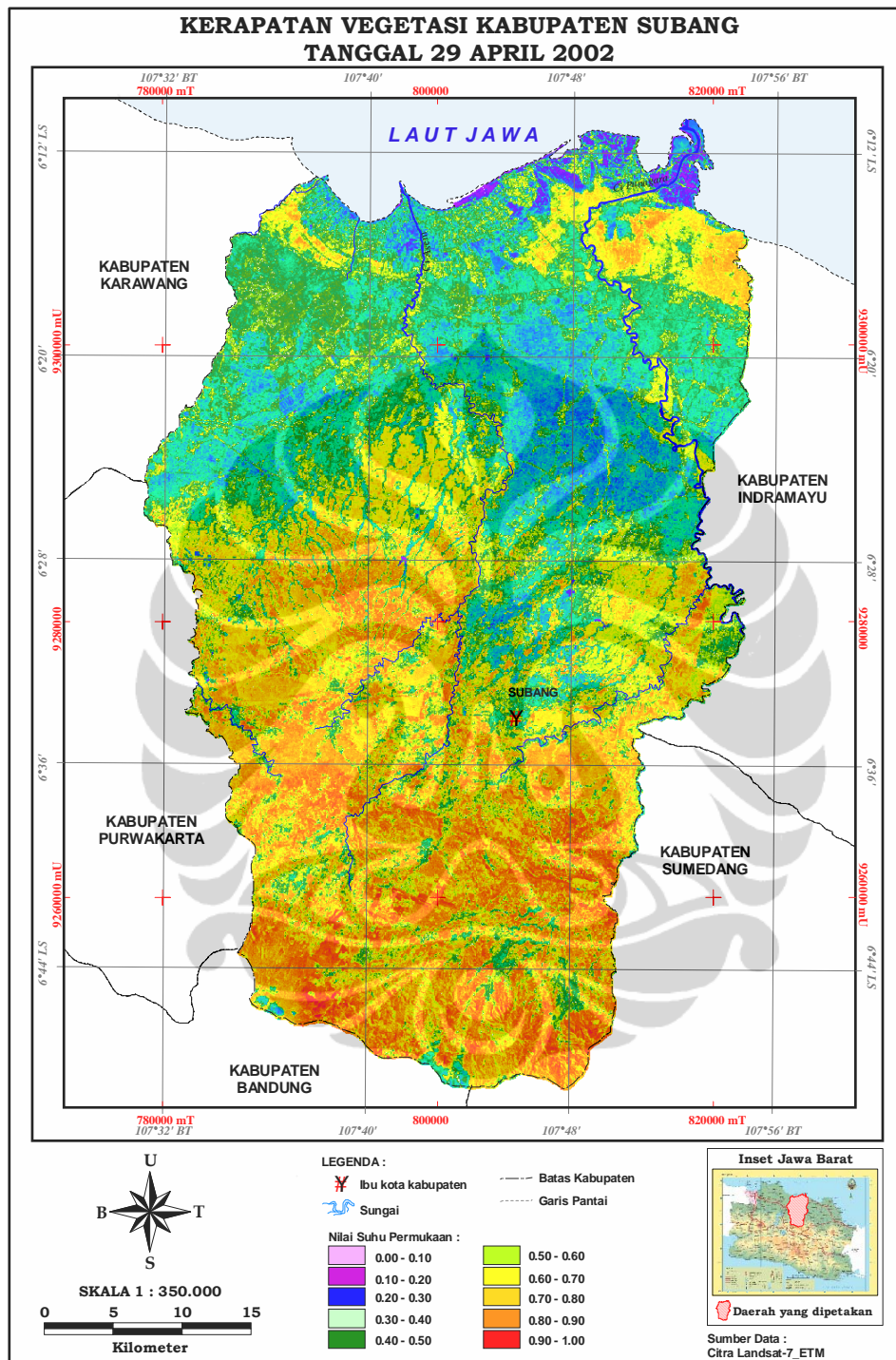
Gambar 4.2. Penutup lahan Kab. Subang bulan September 2002



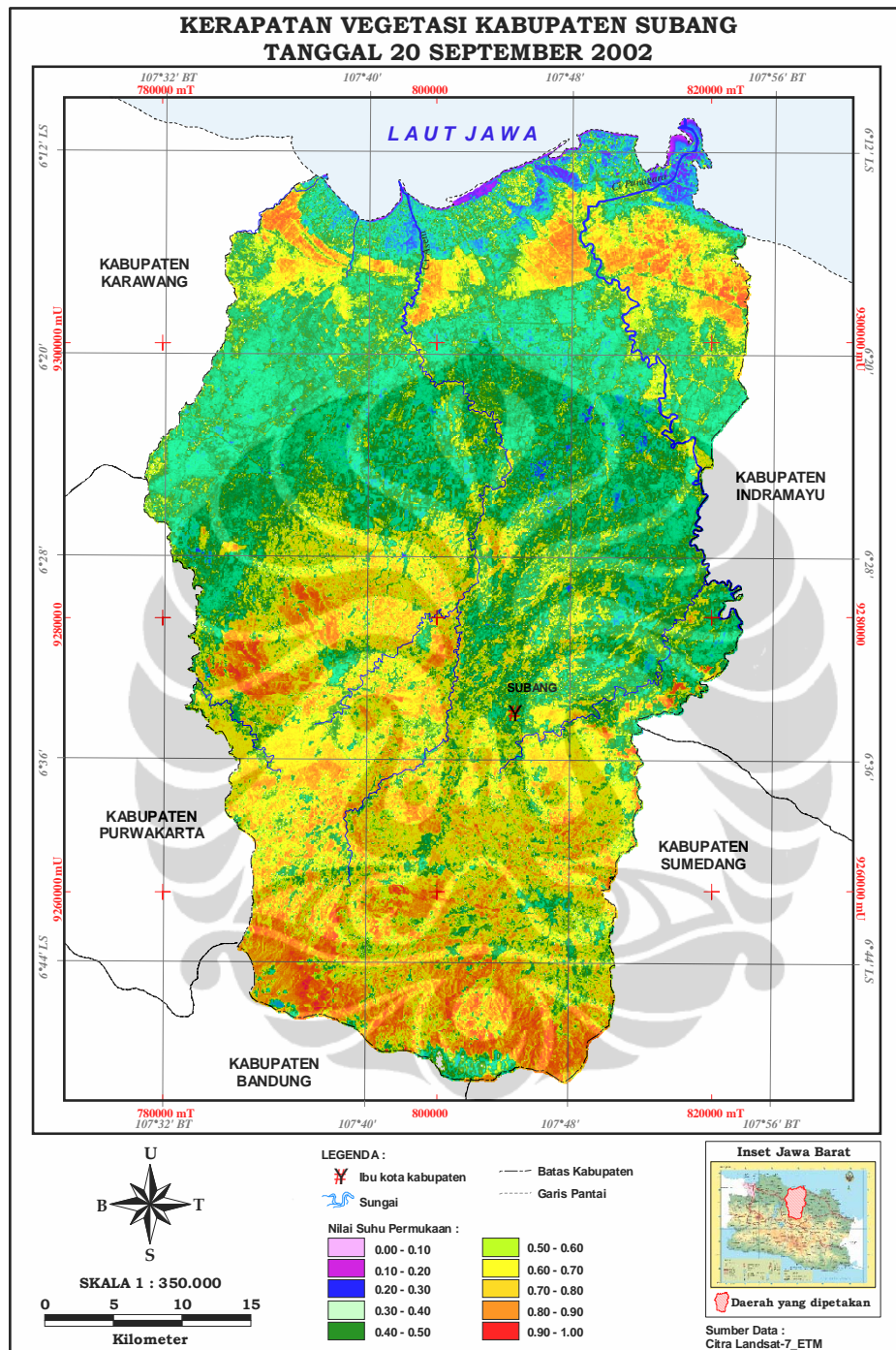
Gambar 4.3.Suhu permukaan Kab. Subang bulan April 2002



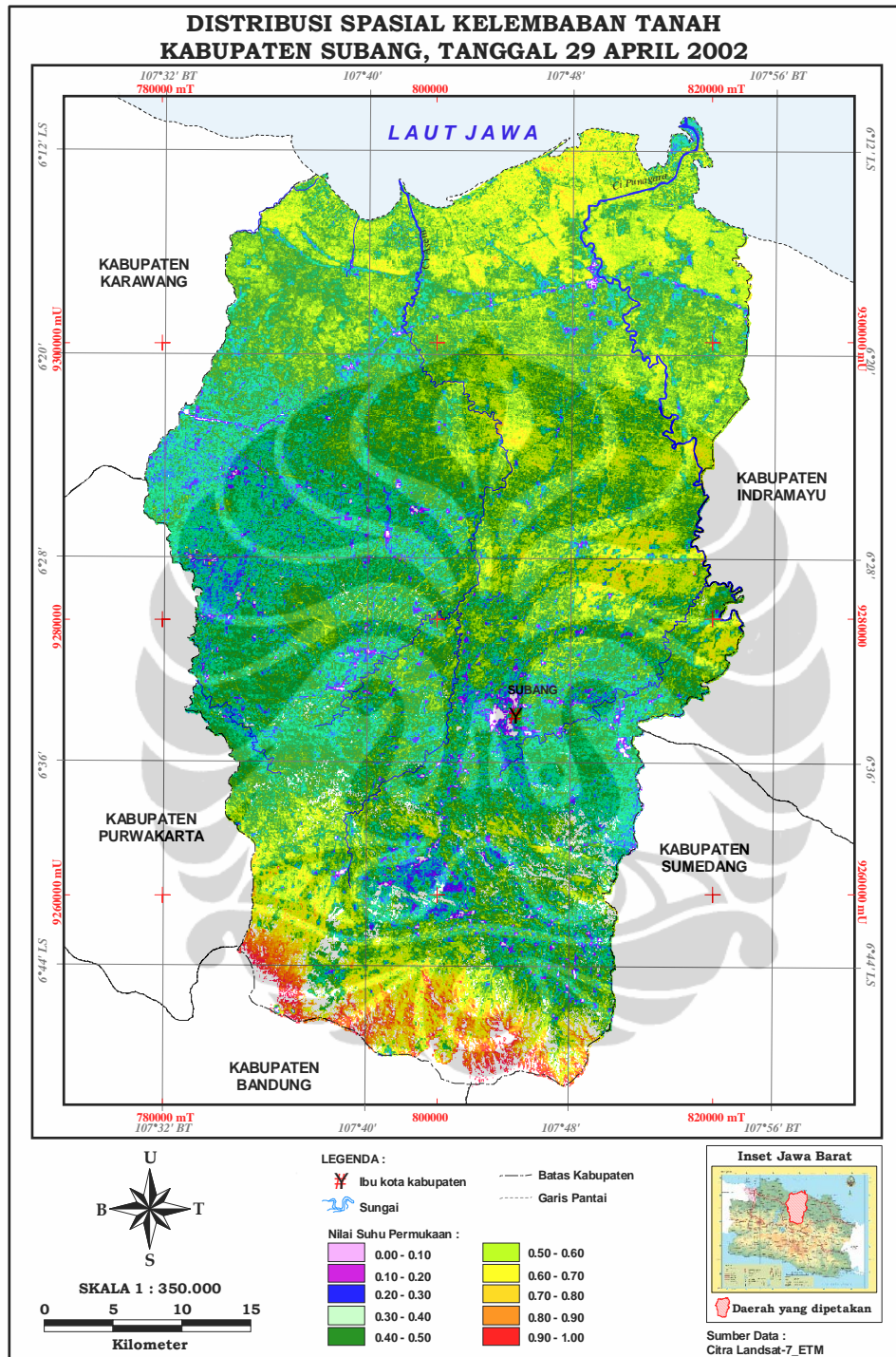
Gambar 4.4. Suhu permukaan Kab. Subang bulan September 2002



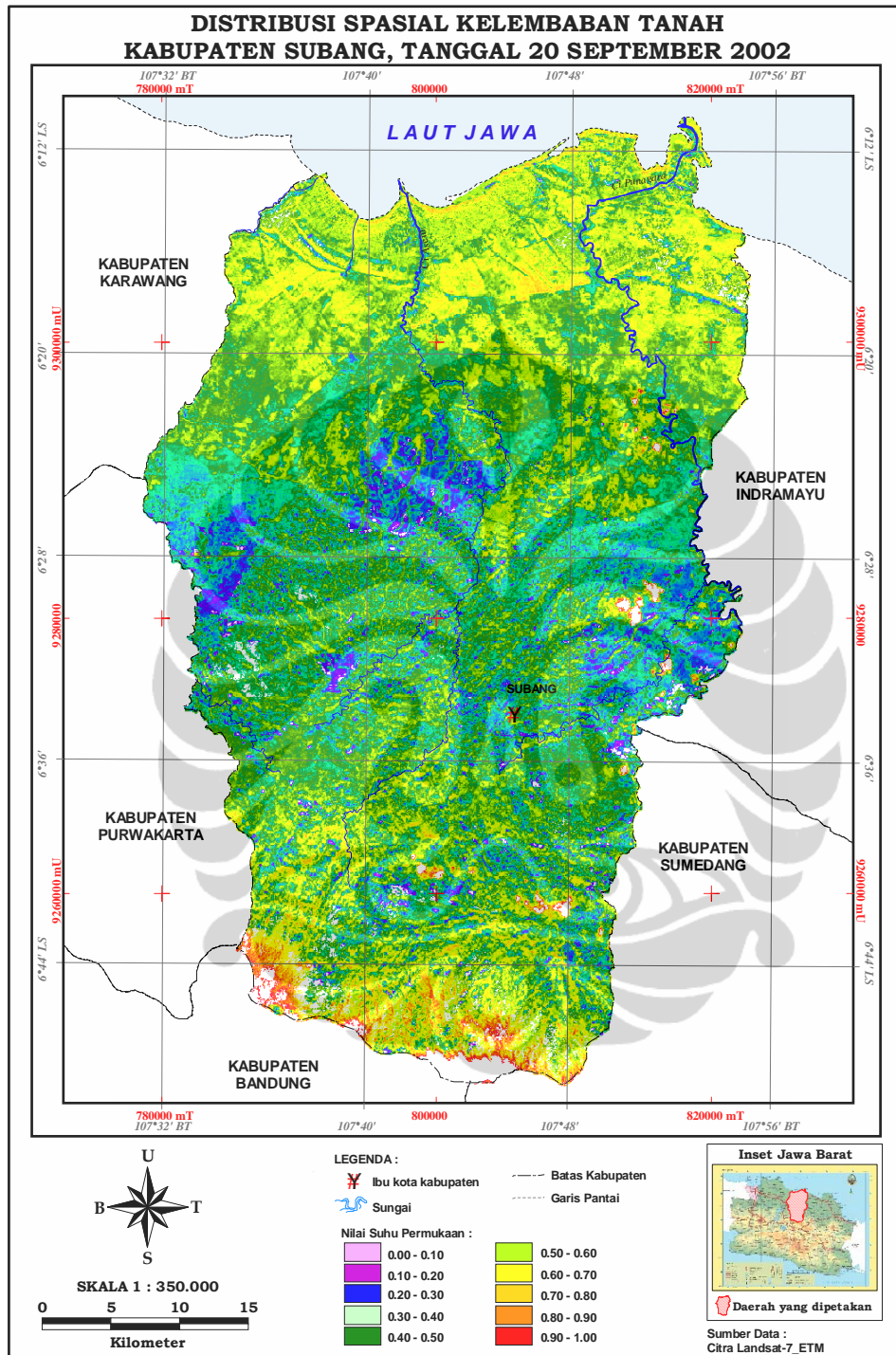
Gambar 4.5. Kerapatan vegetasi Kab. Subang bulan April 2002



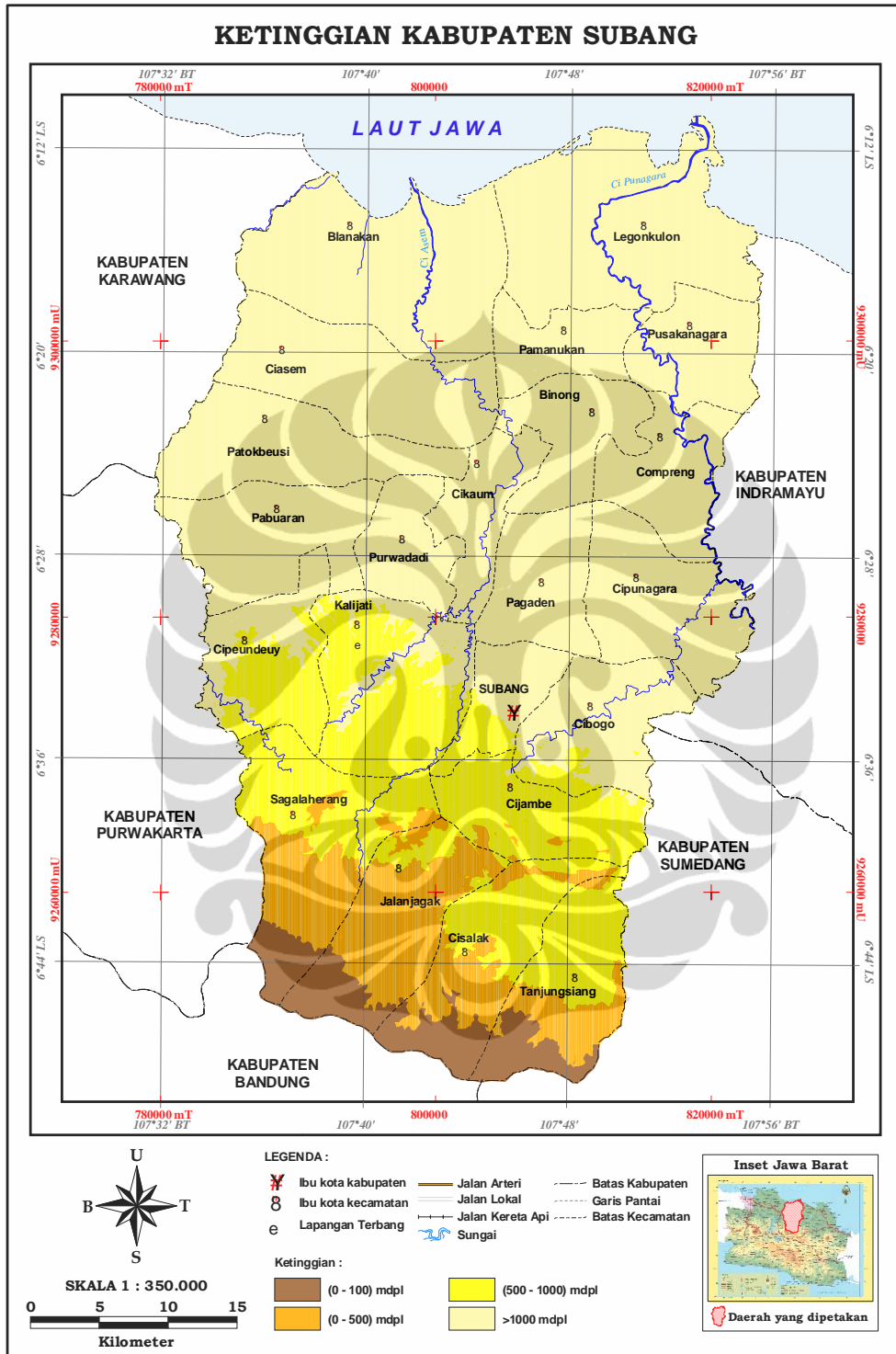
Gambar 4.6. Kerapatan vegetasi Kab. Subang bulan September 2002



Gambar 4.7. Distribusi Spasial kelembaban tanah Kab. Subang bulan April 2002



Gambar 4.8. Distribusi spasial kelembaban tanah Kab. Subang
bulan September 2002



Gambar 4.9. Ketinggian Kab. Subang

BAB V

KESIMPULAN

Sebaran kelembaban di Kabupaten Subang dari hasil hasil estimasi menggunakan analisis spasial fraksi vegetasi (Fr) dan suhu permukaan (Ts) pada bulan April yang mewakili musim hujan dan bulan September yang mewakili musim kemarau, dapat disimpulkan :

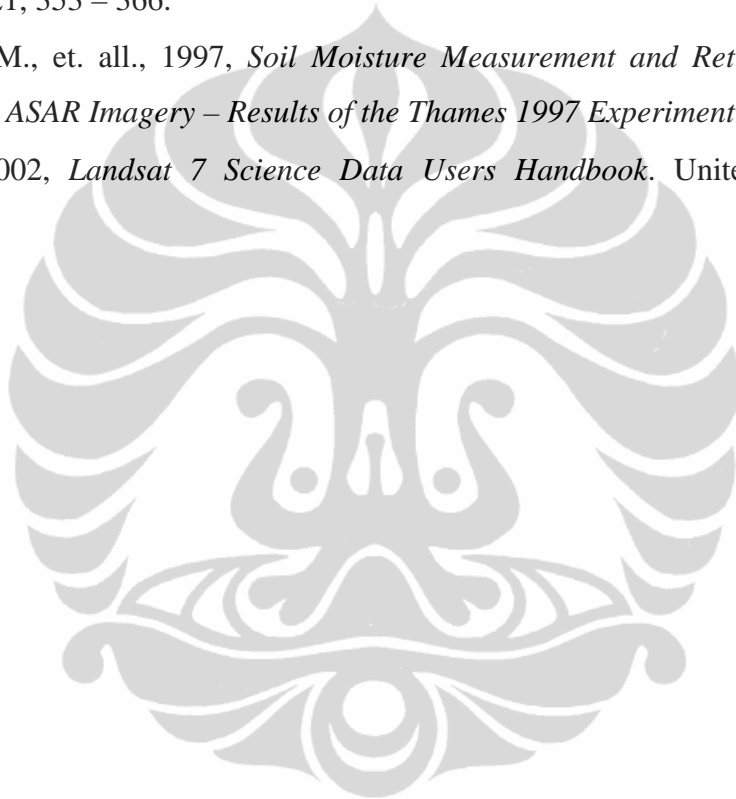
- ✓ Hasil estimasi kelembaban tanah di Kab. Subang berdasarkan interpretasi citra Landsat menunjukkan pola sebaran kelembaban tanah yang berbeda pada bulan April dan September. Pada bulan September distribusi kelembaban tanah cenderung meluas dibandingkan dengan bulan April. Kondisi tersebut sebagian besar terdapat di bagian utara dan selatan Kab. Subang. Nilai kelembaban tanah yang tinggi umumnya terdapat di bagian selatan Kab. Subang yang merupakan daerah pegunungan dan sebaliknya nilai kelembaban tanah yang rendah umumnya menyebar di bagian tengah dan utara Kab. Subang yang merupakan daerah dataran rendah.
- ✓ Kelembaban tanah berbeda untuk tiap penutup lahan. Penutup lahan vegetasi alami (hutan) relatif lebih tinggi diandingkan penutup lahan yang lain. Faktor ketinggian mempengaruhi tingkat kelembaban tanah untuk tiap jenis penutup lahan. Semakin tinggi tempat kelembaban tanah cenderung meningkat untuk tiap jenis penutup lahan. Selain penutup lahan, kerapatan vegetasi merupakan variabel yang sangat signifikan mempengaruhi variasi kelembaban tanah. Pada bulan April dan September, tampak bahwa semakin tinggi kerapatan vegetasi, maka nilai kelembaban tanah semakin tinggi. Namun korelasi antara keduanya berbeda. Pada bulan April, korelasi antara kerapatan vegetasi dan kelembaban tanah lebih kuat dengan $r^2 = 0.327$, sedangkan pada bulan September memiliki korelasi sangat lemah dengan $r^2 = 0.054$.

DAFTAR PUSTAKA

- Asdak, C., 2002, *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*, Gajahmada University Press, Yogyakarta.
- Goward, et. all., 2002. *Evaluating Land Surface Moisture Conditions from The Remotely Sensed/Temperature Vegetation Index Measurements An Exploration with Simplified Simple Biosphere Model*, *Remote Sensing of Environment*, 79, 225 – 242.
- Kushardono, K., 1999, *Klasifikasi Penutup/Penggunaan Lahan Dari Data Inderaja*, Kedeputan Inderaja, Jakarta.
- Lillesand, T. M., and Kiefer, R. W., 1999, *Remote Sensing and Image Interpretation*, Third Edition, John Wiley & Son Inc., New York.
- Purwadhi, S. H., 2002, *Intepretasi Citra Digital*, Grasindo, Jakarta.
- Ramnath, V. K., 2003, *Estimation of Soil Moisture Using Active microwave Remote Sensing*, Thesis, Department of Electrical & Computer Engineering, Mississippi State, Mississippi.
- Rao, N.P.V., et. all., 1993, *Relation Beetween Root Zone Soil Moisture and Normalized Vegetation Index Of Vegetated Fields*. *International Journal of Remote Sensing*, 14, 441 – 449.
- Sandholt, I., et. all., 2002, *A simple interpretation of the surface suhue/vegetation index space for assessment of surface moisture status*. *Remote Sensing of Environment*, 79, 213–224.
- Saha, S.K., 1995, *Assessment of Regional Soil Moisture Conditions by Coupling Satellite Sensor Data with Soil Plant System Heat and Moisture Balance Model*. *International Journal of Remote Sensing*, 16, 973 – 980.
- Serrano, V.S.M., et. all., 2004, *Mapping Soil Moisture in the Central Ebro River Valley (Northeast Spain) with Landsat and NOAA Satelite Imagery:*




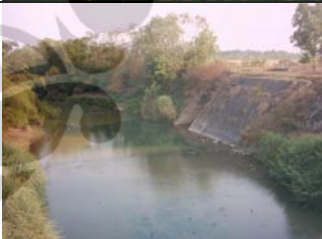


Comparison with Metereological Data. International Journal of Remote Sensing, 25, 4325 – 4350.







- Schmugge, T.J., et. all., 1996, *Soil Moisture Variability, Scalling up in Hydrology using Remote Sensing*, hal 183 – 192, John Wiley & Sons, England.
- Sobrino, J.A., et. all., *Toward Remote Sensing Methods for Land Cover Dynamic Monitoring: Application in Morocco.* International Journal of Remote Sensing, 21, 353 – 366.
- Stuttard, M., et. all., 1997, *Soil Moisture Measurement and Retrieval Using Simulated ASAR Imagery – Results of the Thames 1997 Experiment.* PDF Files.
- USGS, 2002, *Landsat 7 Science Data Users Handbook.* United States of America.





Lampiran 1. Lokasi Sampel Penutup Lahan Kabupaten Subang

No	Pengukuran Koordinat dengan GPS		Ketinggian (mdpl)	Penutup Lahan	Dokumentasi Lapangan
	Lat/Long	UTM (meter)			
1	06°17'50.7'' 107°45'40.9''	0805544 9303110	29	Vegetasi budidaya lahan basah (sawah bervegetasi)	
2	06°20'44.4'' 107°45'52.5''	0805838 9291685	32	Vegetasi budidaya lahan basah (sawah non vegetasi)	
3	06°24'02.2'' 107°45'52.5''	0805838 9291685	48	Vegetasi budidaya lahan basah (sawah bervegetasi)	
4	06°23'59.3'' 107°45'55.5''	0805933 9291777	48	Ciasem	
5	06°26'58.9'' 107°42'36.1''	0799772 9286290	55	Vegetasi budidaya lahan basah (sawah non vegetasi)	
6	06°26'26.2'' 107°41'10.8''	0797155 9287306	68	Vegetasi budidaya lahan kering (tanaman tebu)	

No	Pengukuran Koordinat dengan GPS		Ketinggian (mdpl)	Penutup Lahan	Dokumentasi Lapangan
	Lat/Long	UTM (meter)			
7	06°29'15.2'' 107°40'45.0''	0796336 9282117	107	Vegetasi budidaya lahan kering (tanaman rambutan)	
8	06°34'07.9'' 107°45'43.6''	0805465 9273070	114	Lahan terbangun	
9	06°31'17.9'' 107°42'49.9''	0793147 9278362	140	Vegetasi budidaya lahan kering (tanaman karet)	
10	06°40'09.3'' 107°38'11.3''	0791503 9262035	551	Vegetasi budidaya lahan basah (sawah bervegetasi)	
11	06°39'52.2'' 107°36'43.3''	0788801 9262577	676	Vegetasi budidaya lahan kering (tanaman kelapa sawit)	
12	06°40'04.1'' 107°36'28.5''	0788343 9262210	683	Vegetasi budidaya lahan kering (tanaman teh)	

Lampiran 2. Dokumentasi Kegiatan Survey Lapangan



Lokasi Kantor Kecamatan Jalan Cagak



Vegetasi budidaya lahan kering (tanaman teh) di depan Kantor Kec. Jalan Jagak



Vegetasi budidaya lahan kering (tanaman teh dan nenas) di Kec. Cisalak



Vegetasi budidaya lahan kering (tanaman teh) di Kec. Cisalak



Vegetasi budidaya lahan basah (tanaman padi) di Kec. Binong



Vegetasi budidaya lahan basah (tanaman padi) di Kec. Sagalaherang



Vegetasi budidaya lahan basah (tanaman padi) di Kec. Pamanukan



Vegetasi budidaya lahan kering (tanaman tebu) di Kec. Cikaum



Vegetasi budidaya lahan kering (tanaman karet) di Kec. Kalijati



Vegetasi budidaya lahan kering (tanaman rambutan) di Kec. Purwadadi