

Aplikasi Teknologi Penginderaan Jauh untuk Pembuatan

BLOK SENSUS

Tim Penulis :

- Prof. Dr. F. Sri Hardiyanti Purwadhi ● Dr. Hamonangan Ritonga, MSc.
- Ir. Mahdi Kartasasmita, MSc. PhD. ● Drs. M. Ari Nugraha, MSc.



Pusat Data Penginderaan Jauh
Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional

Direktorat Pengembangan Metodologi Sensus dan Survey
Badan Pusat Statistik



LAPAN

**APLIKASI TEKNOLOGI PENGINDERAAN JAUH
UNTUK PEMBUATAN BLOK SENSUS**

APLIKASI TEKNOLOGI PENGINDERAAN JAUH UNTUK PEMBUATAN BLOK SENSUS

**PUSAT DATA PENGINDERAAN JAUH
LEMBAGA PENERBANGAN DAN ANTARIKSA NASIONAL
DAN
DIREKTORAT PENGEMBANGAN METODOLOGI SENSUS DAN SURVEI
BADAN PUSAT STATISTIK**

PENGARAH

**Deputi Penginderaan Jauh – LAPAN
Ir. Nurhidayat Dipl. Ing.
Deputi Bidang Metodologi Dan Informasi Statistik- BPS
Dr. Sihar Lumbantobing**

PENANGGUNGJAWAB

**Kepala Pusat Data Penginderaan Jauh LAPAN
Ir. I. L. Arisdiyo, MSi.
Kepala Direktorat Pengembangan Metodologi Sensus dan Survei, BPS
Dr. Hamonangan Ritonga, MSc.
Kepala Bidang Penyajian Data – LAPAN
Ir. Yuliantini Erowati, MSi.
Kepala Bidang Produksi Data – LAPAN
Ir. Agus Hidayat M.Sc.**

TIM PENULIS

**Prof. Dr. F. Sri Hardiyanti Purwadhi
Dr. Hamonangan Ritonga, MSc.
Ir. Mahdi Kartasasmita, MSc, PhD.
Drs. M. Ari Nugraha, MSc.**

EDITOR

**Prof. Dr. F. Sri Hardiyanti Purwadhi
Ir. Mahdi Kartasasmita, MSc, PhD.**

ISBN : 978-979-1458-24-5

KATA PENGANTAR



Puji dan syukur kepada Allah SWT, atas ijin dan ridhonya buku **Pedoman Pengajar Aplikasi Teknologi Penginderaan Jauh Untuk Pembuatan Blok Sensus** telah dapat diselesaikan. Buku ini disusun secara bersama oleh Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) dan Badan Pusat Statistik (BPS), sebagai tindak lanjut dari Nota Kesepahaman Nomor: 04/KS/24-IV/2008 dan Nomor: Perjan/354/V/2008 tentang Pemanfaatan Teknologi Penginderaan Jauh Satelit Untuk Mendukung Pembuatan Informasi Statistik Spasial antara Kepala Badan Pusat Statistik (BPS) dan Kepala Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN).

LAPAN sebagai institusi yang ditugasi Pemerintah memanfaatkan ilmu dan teknologi penginderaan jauh untuk pembangunan nasional bekerjasama dengan Badan Pusat Statistik (BPS) menerbitkan buku ini untuk dijadikan pegangan calon pengajar Pengolahan Citra Penginderaan Jauh Satelit dalam rangka penyiapan Peta Dasar Sensus Penduduk 2010. Buku pedoman ini dibuat agar calon pengajar mampu mengimplementasikan teknologi penginderaan jauh dan dapat menularkan kepada rekan-rekan kerjanya untuk memenuhi harapan dalam pembuatan peta Blok Sensus dengan kualitas yang memadai, secara spasial, faktual dan aktual.

Kerjasama LAPAN dengan BPS dalam pemanfaatan teknologi penginderaan jauh untuk peningkatan kualitas Program Sensus 2010 menandai interaksi positif antara sistem pengolahan data spasial dan data tabular yang hasilnya sangat diharapkan akan meningkatkan kualitas produk LAPAN dan BPS.

Sekian, kami sangat berterimakasih atas saran, kritik dari pihak untuk penyempurnaan buku ini.

Jakarta, Juni 2008
Deputi Penginderaan Jauh LAPAN

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Nur Hidayat', written in a cursive style.

Ir. Nur Hidayat, Dipl. Ing
NIP. 300000703

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	iii
-----------------------------	------------

BAB I.

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan	4
1.3. Ruang Lingkup	5
1.4. Hasil yang diharapkan	5

BAB II.

TEKNOLOGI PENGINDERAAN JAUH

2.1. Batasan dan Pengertian	7
2.2. Satelit Penginderaan Jauh	11
2.3. Karakteristik Data Inderaja Satelit	12
2.3.1. Data NOAA	14
2.3.2. Data Modis Satelit Aqua dan Terra	14
2.3.3. Data Landsat	15
2.3.4. Data SPOT	19
2.3.5. Satelit IKONOS	21
2.3.6. Satelit Quickbird	22
2.3.7. ALOS	24

BAB III.

PENGOLAHAN DATA DIGITAL PENGINDERAAN JAUH SATELIT

3.1. Pengertian dan Ruang Lingkup	27
3.2. Pengolahan Awal	28
3.2.1. Koreksi Geometrik	29
3.2.2. Koreksi Radiometrik	33
3.2.3. Rekonstruksi Citra	33

3.3. Penajaman Citra	35
3.3.1. Penajaman Kontras Spektral	36
3.3.2. Penajaman Kenampakan Spasial (<i>Spatial Feature Manipulation</i>)	40
3.3.3. Penajaman Kontras Multi-Citra (<i>Multi-Image Manipulation</i>)	43
3.4. Klasifikasi Citra Digital	48
3.4.1. Klasifikasi Tak Terbimbing (<i>Unsupervised Classification</i>)	50
3.4.2. Klasifikasi Terbimbing (<i>Supervised Classification</i>)	51

BAB IV.

INTERPRETASI CITRA PENGINDERAAN JAUH

4.1. Identifikasi Obyek pada Citra	61
4.1.1. Unsur Interpretasi Citra	62
4.1.2. Teknik Interpretasi Citra	69
4.1.3. Konvergensi Bukti dalam Identifikasi Obyek	72
4.2. Klasifikasi Penutup/Penggunaan Lahan	73
4.2.1. Sistem Klasifikasi Penutup/Penggunaan Lahan	74
4.2.2. Prosedur Klasifikasi Penutup/Penggunaan Lahan	83
4.3. Pembuatan Peta Penutup/Penggunaan Lahan	84
4.3.1. Sistem Informasi Geografis	85
4.3.2. Essensi Kartografi dan Kaidah Pemetaan	89
4.3.3. Generalisasi dan Eksagerasi Peta	93
4.3.4. Toponimi dan Simbolisasi Peta	94
4.3.5. Desain dan Tata Letak Peta	101
4.3.6. Persyaratan Peta yang Baik	103

BAB V.

INTERPRETASI CITRA UNTUK PERMUKIMAN DAN KEPENDUDUKAN

5.1. Batasan dan Pengertian	107
5.2. Deteksi Permukiman dari Citra	108
5.2.1. Klasifikasi Permukiman Kota	109
5.2.2. Evaluasi Permukiman Kota dari Citra Penginderaan Jauh	111
5.2.3. Prosedur Pelaksanaan Evaluasi Permukiman dari Citra Penginderaan Jauh	111
5.2.4. Deteksi Permukiman Kumuh dari Citra	114

5.3. Deteksi Kependudukan dari Citra	123
5.3.1. Perkiraan Jumlah dan Kepadatan Penduduk	123
5.3.2. Perhitungan Kepadatan Penduduk	126

BAB VI.

PENGEMBANGAN METODOLOGI PEMETAAN SENSUS PENDUDUK

6.1. Metodologi Pemetaan Sensus Penduduk yang Sudah Digunakan	132
6.1.1. Batasan dan Pengertian	132
6.1.2. Landasan Hukum Pemetaan Sensus Penduduk	133
6.1.3. Penyiapan Sketsa Peta Blok Sensus (BS)	133
6.2. Pengembangan Metodologi dengan Data Inderaja	136
6.2.1. Peta Satuan Lingkungan Setempat (SLS) dari Citra Inderaja	137
6.2.2. Penentuan Blok Sensus (BS) dari Citra Inderaja	139
6.2.3. Pembentukan Unit Statistik dari Citra Inderaja	145
6.2.4. Pengumpulan Responden Tercacah Berdasar BS dari Citra Inderaja	146
6.2.5. Perkiraan Jumlah Penduduk Berdasar SLS dan BS dari Citra	148
6.2.6. Perhitungan Kepadatan Penduduk, Pencacahan dari Citra Inderaja	152

DAFTAR PUSTAKA	154
-----------------------------	------------

BIODATA PENULIS	157
------------------------------	------------

LAMPIRAN (CD S/W ILWIS 3.4.0 / OPEN SOURCE)	
--	--

PENDAHULUAN

- 1) Memandu petugas dalam pendataan agar responden tidak tercacah ganda atau terlewat cacah,
- 2) Membentuk kerangka sampel di bagi survei-survei yang dilakukan bps dikemudian hari, agar estimasi yang dilakukan secara langsung lebih akurat,
- 3) Membentuk peta digital yang digunakan dalam desiminasi data berbasis spasial, yang dilakukan menggunakan sistem informasi geografis (SIG)

Perencanaan pembangunan memerlukan berbagai informasi yang akurat untuk mengetahui lokasi, fungsi, potensi sumber daya alam, dan sumber daya manusia. Dalam kaitannya dengan kegiatan SP2010, informasi tentang kawasan permukiman dan jumlah penduduk di seluruh wilayah Indonesia perlu diketahui dengan cepat, tepat, dan cermat. Penyediaan peta statistic (peta kawasan permukiman dan peta wilayah kerja kegiatan statistik) di Badan Pusat Statistik (BPS) selama ini didasarkan pada sketsa peta desa dan sketsa peta blok sensus, serta digital sketsa yang ada di BPS. Sketsa peta yang ada diperoleh dari sumber informasi peta dasar yang ada di daerah, seperti dari pemerintah desa/kelurahan, kecamatan, kabupaten/kota, yang belum menggunakan teknologi penginderaan jauh satelit. Kelemahan dari sketsa peta yang ada di BPS adalah belum sepenuhnya sesuai dengan posisi wilayah sebenarnya di lapangan. Oleh karena itu tingkat akurasi hasil sensus dan survei yang dihasilkan masih belum optimal.

Untuk memperoleh peta statistik yang cepat, tepat, cermat, dan bertanggungjawab, diperlukan teknologi yang dapat memenuhi persyaratan tersebut, yaitu teknologi penginderaan jauh. Menurut Purwadhi (1994) perencanaan dan pengelolaan pembangunan nasional dan daerah dapat berhasil baik bila memenuhi tiga aspek informasi, yaitu

1. Aspek kuantitas informasi mengenai luas areal pada berbagai tingkatan sesuai kriteria masing-masing,
2. Aspek kualitas atau keandalan informasi, menentukan tingkat kepercayaan informasi setiap kegiatan,
3. Aspek kecepatan dan ketepatan waktu untuk memperoleh informasi, merupakan pemenuhan waktu yang diperlukan dalam jadwal kegiatan, agar pelaksanaan pembangunan tidak terlambat sehingga penanganan masalah tepat waktu

Teknologi penginderaan jauh (inderaja) merupakan tipe teknologi untuk menyajikan suatu informasi dan dapat memenuhi ketiga aspek tersebut, yaitu aspek kualitas, kuantitas dan ketepatan waktu. Hal itu memungkinkan proses analisis dalam pengambilan keputusan dapat dilaksanakan lebih cepat. Berbagai bidang terapan yang diperlukan oleh penggunaan dalam pembangunan seperti kehutanan, pertanian, pemetaan, inventarisasi sumberdaya alam daratan dan lautan, permukiman dan kependudukan, hingga penanganan bencana alam telah banyak dilakukan. Terapan teknologi penginderaan jauh ini disamping untuk meningkatkan nilai ilmiah bagi penerapannya, diharapkan juga memiliki nilai strategis-ekonomis yang tinggi, sebab dapat segera diaplikasikan untuk memecahkan masalah yang dihadapi bangsa saat ini. Penelitian dalam ilmu terapan mulai dari alur pemikiran mengenai latar belakang, masalah, hipotesis, metodologi, dan analisis harus memiliki dampak positif terhadap tujuan aplikasinya. Namun kunci keberhasilan terapan data penginderaan jauh terletak pada interpretasinya (manusianya) yang menggunakan data penginderaan jauh tersebut. Data penginderaan jauh hanya akan menjadi "informasi" yang berdayaguna apabila pengguna memahami asal-usul datanya, sehingga mengerti bagaimana melakukan interpretasi dan memahami bagaimana cara penggunaannya yang paling tepat.

Berdasarkan hal tersebut pada kesempatan ini Badan Pusat Statistik (BPS) Republik Indonesia akan menerapkan teknologi penginderaan jauh untuk pemetaan wilayah kerja statistik dalam kegiatan sensus penduduk 2010. Badan Pusat Statistik (BPS) merupakan Lembaga Pemerintah Non Departemen yang mempunyai tugas menyediakan berbagai data dan informasi statistik untuk keperluan pemerintah, dunia usaha dan masyarakat luas; Sensus penduduk sebagai salah satu tugas utama dari Badan Pusat Statistik (BPS), sebagaimana diamanatkan dalam Undang-Undang No. 16 tahun 1997 tentang Statistik. Sensus Penduduk adalah kegiatan untuk mendata penduduk, tentang jumlah penduduk, tempat tinggalnya, hingga kondisi sosial ekonomi penduduk. Data penduduk tersebut akan disajikan hingga wilayah administrasi terendah, dan menurut wilayah kerja statistik (blok sensus).

Citra penginderaan jauh resolusi tinggi dapat menyajikan data wilayah hingga administrasi terendah dan blok sensus. Kegunaan citra resolusi-tinggi dalam kegiatan sensus penduduk adalah untuk :

1. Memandu petugas dalam kegiatan pengumpulan data agar responden tidak tercacah ganda dan terlewat cacah;

2. Meningkatkan akurasi nilai estimasi dengan metode estimasi langsung;
3. Bahan untuk diseminasi statistik melalui sistem informasi geografis.

Berdasarkan hal tersebut, Direktorat Pengembangan Metodologi Sensus dan Survei, Badan Pusat Statistik (BPS) bekerjasama dengan Pusat Data Penginderaan Jauh, Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) akan mengadakan pelatihan untuk para instruktur/ pelatih (*Training Of Trainers = TOT*) Pemetaan Blok Sensus menggunakan Teknologi Penginderaan Jauh. Usaha ini diharapkan dapat memenuhi target dalam menyediakan informasi statistik yang berkualitas, lengkap, akurat, relevan, mutakhir dan berkesinambungan, serta dapat disajikan dalam bentuk spasial untuk seluruh wilayah Indonesia.

1.2. TUJUAN

1.2.1. Tujuan Utama

Tujuan utama *Training Of Trainers (TOT)* Pemetaan Blok Sensus menggunakan Teknologi Penginderaan Jauh, untuk meningkatkan kemampuan sumber daya manusia (SDM) Badan Pusat Statistik (BPS) Pusat, BPS Provinsi, BPS Kabupaten/ Kota mampu mengolah citra penginderaan jauh dan mampu melakukan pemetaan wilayah permukiman berdasarkan wilayah administrasi Kabupaten/ Kota, Kecamatan, Kelurahan, satuan lingkungan setempat (SLS) terkecil, dan penentuan blok sensus (BS) sesuai ketersediaan data spasial dari berbagai sumber.

1.2.2. Tujuan Pendukung

Tujuan pendukung sebagai langkah atau tahapan untuk mencapai tujuan utama dari pelatihan (*Training Of Trainers = TOT*), diharapkan dapat memberikan

1. Pengetahuan dasar pengolahan data dari berbagai jenis citra penginderaan jauh
2. Interpretasi citra penginderaan jauh untuk deteksi penutup lahan
3. Interpretasi citra penginderaan jauh untuk prediksi jumlah penduduk dan kepadatan penduduk
4. Pembuatan peta digital batas Satuan Lingkungan Setempat (SLS) untuk penyiapan Blok Sensus (BS)

5. Survei lapangan untuk mendukung keperluan tersebut

1.3. RUANG LINGKUP

Ruang lingkup kegiatan *Training Of Trainers (TOT)* tentang aplikasi data penginderaan jauh untuk pemetaan permukiman dan sensus penduduk dibagi dalam tiga bagian, yaitu teori, praktikum, dan survey lapangan

1. Landasan teori yang akan diberikan mengenai teknologi penginderaan jauh dan jenis-jenis citra penginderaan jauh, pengolahan data penginderaan jauh, interpretasi citra penginderaan jauh untuk deteksi penutup lahan, interpretasi penginderaan jauh untuk perkiraan jumlah penduduk dan kepadatan penduduk, pemetaan Satuan Lingkungan Setempat (SLS) dan Blok Sensus (BS) secara digital, prosedur pelaksanaan sensus penduduk, strategi pembuatan batas Satuan Lingkungan Setempat (SLS), dan penyiapan Blok Sensus (BS), Pengukuran GPS (*Geo Positioning System*), dan survei lapangan.
2. Praktikum pengolahan data citra penginderaan jauh menggunakan perangkat lunak ER-Mapper 7.0; pembuatan peta garis dengan Arc View.
3. Survei lapangan: pengambilan posisi GPS, cek sampel hasil interpretasi penutup lahan, informasi ubinan untuk prediksi jumlah penduduk.

1.5. HASIL YANG DIHARAPKAN

Penggunaan peta statistik dasar dari hasil olahan citra penginderaan jauh resolusi tinggi, akan meningkatkan kualitas batas wilayah administrasi dan blok sensus, sehingga

1. Kegiatan pengumpulan data Sensus Penduduk 2010 menjadi tidak lewat cacah dan ganda cacah;
2. Kerangka sampel yang digunakan dalam survey-survei berikutnya di BPS menjadi tepat, sehingga nilai estimasi populasi dengan menggunakan estimasi langsung menjadi akurat;
3. Pemeliharaan wilayah blok sensus sebagai wilayah kerja statistik dapat dilakukan secara digital;
4. Diseminasi melalui sistem informasi geografis (SIG) menjadi tepat sasaran.

PENDAHULUAN

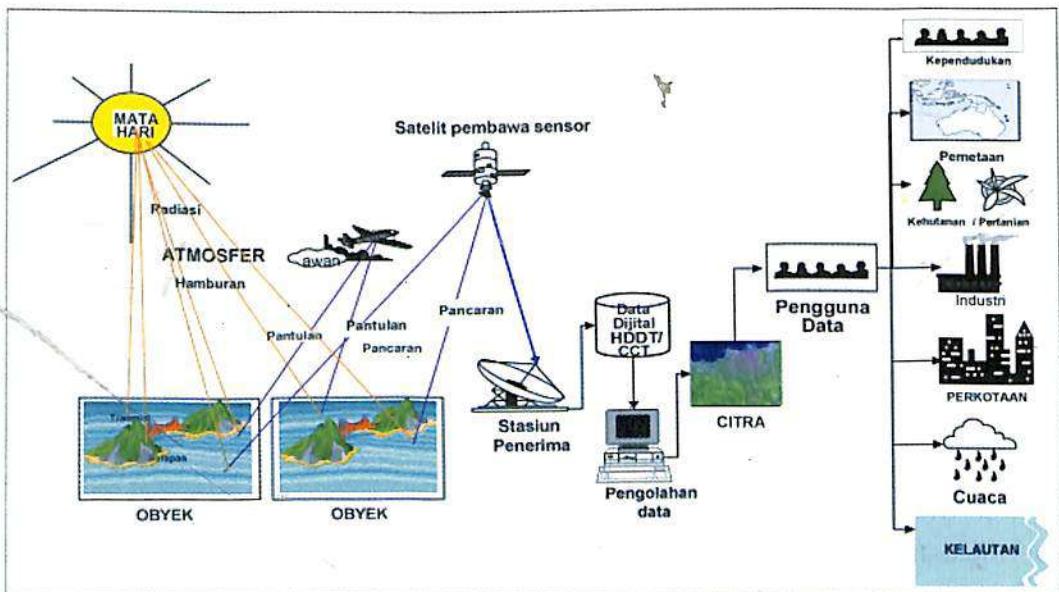
TEKNOLOGI PENGINDERAAN JAUH

2.1. BATASAN DAN PENGERTIAN

Penginderaan jauh (*remote sensing*) sering disingkat inderaja, adalah ilmu dan seni untuk memperoleh informasi tentang suatu obyek, daerah, atau fenomena melalui analisis data yang diperoleh dengan suatu alat tanpa kontak langsung dengan obyek, daerah, atau fenomena yang dikaji (Lillesand dan Kiefer, 1994). Teknologi penginderaan jauh satelit telah berkembang melalui kehadiran berbagai sistem satelit inderaja untuk mengindera sumber daya alam dan lingkungan, mulai dari satelit sumber daya alam eksperimental hingga operasional.

Konsep dasar penginderaan jauh terdiri atas beberapa elemen atau komponen, meliputi sumber tenaga, atmosfer, interaksi tenaga dengan obyek di permukaan bumi, sensor, sistem pengolahan data, dan berbagai penggunaan data. Sistem penginderaan jauh dan penggunaannya (aplikasinya) oleh Purwadhi, 2001 seperti Gambar 2.1. Sistem penginderaan jauh dimulai dari perekaman obyek permukaan bumi. Tenaga elektromagnetik bagi sistem pasif berasal dari matahari, perjalanan tenaga radiasi matahari melalui atmosfer, dan berinteraksi dengan benda di permukaan bumi. Tenaga radiasi matahari tidak semua sampai di permukaan bumi karena sebagian diserap, dihamburkan di atmosfer. Tenaga yang sampai ke permukaan bumi sebagian dipantulan dan atau dipancarkan oleh permukaan bumi, dan direkam oleh sensor penginderaan jauh. Sensor tersebut dapat dipasang dalam wahana pesawat terbang maupun satelit. Sensor satelit merekam permukaan bumi, dikirimkan ke stasiun penerima data di bumi. Stasiun bumi menerima data permukaan bumi dari satelit dan direkam dalam pita magnetik dalam bentuk digital. Rekaman data diproses di

laboratorium pengolahan data hingga berbentuk citra penginderaan jauh, dan didistribusikan ke berbagai pengguna. Citra penginderaan jauh merupakan gambaran yang mirip dengan ujud aslinya atau paling tidak berupa gambaran planimetriknya, bersifat multiguna atau multi-disiplin, artinya dapat digunakan dalam berbagai bidang pengguna seperti kependudukan, pemetaan, pertanian, kehutanan, industri, perkotaan, kelautan, pemantauan lingkungan dan cuaca, serta penggunaan lain yang berhubungan dengan kondisi fisik permukaan bumi. Berbagai satelit pengindera bumi baik menggunakan sistem pasif maupun sistem aktif (radar), merekam bumi sesuai misi khusus mengindera dan mengamati permukaan bumi. Aplikasi datanya disesuaikan dengan kepentingan dan kebutuhan dari penggunanya.

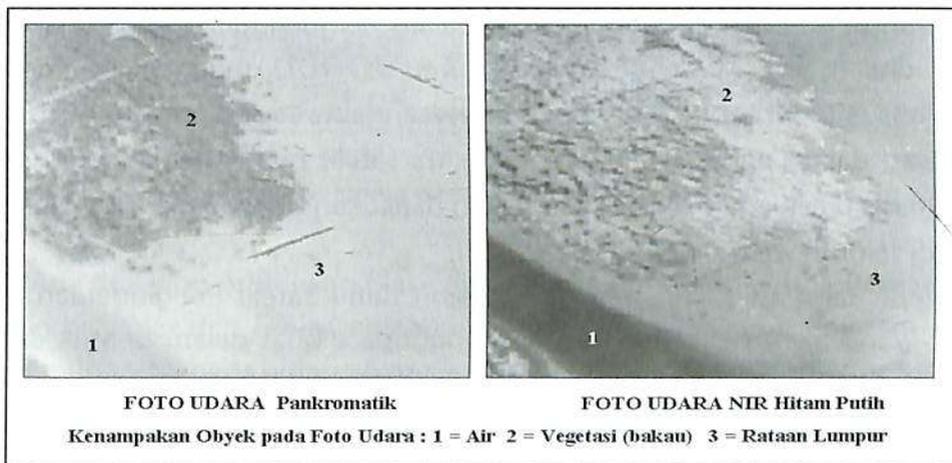


Gambar 2.1. Sistem Penginderaan Jauh dan Aplikasinya
(Purwadhi, 2001 dengan perubahan)

Penginderaan jauh (inderaja) satelit sebenarnya merupakan pengembangan dari foto udara. Kemajuan teknologi di bidang sensor telah membuat kamera mampu untuk menangkap pantulan dan pancaran sinar ultra violet, infra merah, dan infra merah thermal. Gambar 2.3. Contoh perbedaan kenampakan obyek pada foto udara pankromatik dan foto udara inframerah pantulan/ inframerah dekat (NIR) hitam putih di Muara Sungai Cibeel, Bekasi, Jawa Barat.



Gambar 2.2. Teknik Pemotretan Udara (Purwadhi dan Tjaturahono, 2008)
Skala = $f : H$; f = Panjang Fokus, H = Tinggi



Gambar 2.3. Perbedaan kenampakan pada foto udara pankromatik dan Inframerah hitam putih di Muara Cibeel, Bekasi, Jawa Barat (Dok. LAPAN)

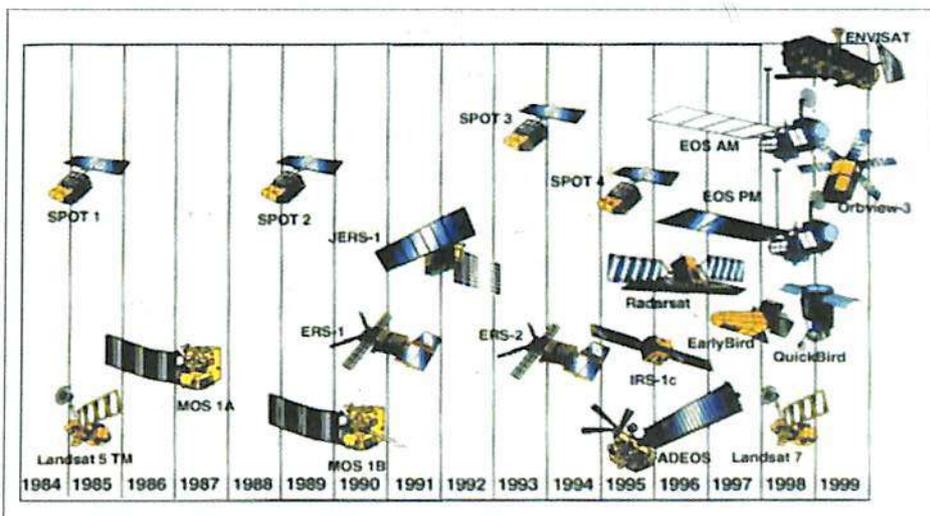
Teknologi penginderaan jauh satelit telah berkembang melalui kehadiran berbagai sistem satelit penginderaan jauh. Teknologi penginderaan jauh dimanfaatkan untuk mengindera sumber daya alam dan lingkungan. Kehadiran sejumlah satelit penginderaan jauh mulai dari satelit sumber daya alam

eksperimental hingga operasional dengan berbagai misi, teknologi sensor (termasuk sensor radar) telah menghasilkan berbagai jenis data dan informasi mutakhir, yang bersifat data spektral, data spasial, multi temporal, yang dapat diproduksi secara cepat dan akurat. Perkembangan paket sensor penginderaan jauh yang dipasang pada satelit baik dengan sistem aktif (radar) maupun sistem pasif (optik) semakin tinggi resolusinya. Hal tersebut merupakan peluang baik, yang telah mendorong Indonesia, yang mempunyai wilayah daratan dan lautan yang sangat luas, untuk membangun "Stasiun Bumi Satelit Penginderaan Jauh dan Sumberdaya Alam" di Pare-pare, Sulawesi Selatan, beserta fasilitas pengolahan datanya di Pekayon, Jakarta Timur. Tujuan utama Indonesia membangun stasiun bumi tersebut, agar penggunaan datanya dapat dilakukan untuk pembangunan, sehingga pengambilan keputusan/ kebijakan, pelaksanaan pembangunan dapat lebih cepat dan berdayaguna. Keberadaan "Stasiun Bumi Satelit Penginderaan Jauh dan Sumberdaya Alam" tersebut, mengakibatkan data penginderaan jauh satelit untuk wilayah Indonesia, dalam bentuk multispektral dan multi-temporal secara digital. Data berlimpah akan kurang bermanfaat apabila pemakaiannya tidak efisien. Oleh karena itu penggalian dayaguna mengenai kemampuan setiap data penginderaan jauh satelit untuk berbagai penggunaan di dalam pembangunan perlu dilakukan (Purwadi, 1994). Modul *Training Of Trainers (TOT)* mengenai pemetaan Blok Sensus (BS) dari teknologi penginderaan jauh ini merupakan salah satu sosialisasi dalam penggalian dayaguna citra satelit penginderaan jauh untuk keperluan statistik dan sensus, yang akan dilakukan oleh Badan Pusat statistik (BPS) di seluruh wilayah Indonesia.

Jenis data atau citra rekaman Stasiun Bumi Satelit Penginderaan Jauh LAPAN yang akan didistribusikan ke pengguna dibuat dalam bentuk digital pada media CDROM. Spesifikasi rekaman CDROM produk LAPAN menggunakan beberapa format, disesuaikan dengan permintaan pengguna. Beberapa format data penginderaan jauh LAPAN sesuai tuntutan pengguna berhubungan dengan perangkat lunak yang dimiliki pengguna. Setiap format disusun berdasarkan *Band Interactive By Line (BILL)* dan *Band Sequential (BSQ)*. Data Landsat dan SPOT produk LAPAN didistribusikan dan dapat dipesan dalam bentuk digital dengan media CDROM dalam format ERDAS/ LAN BSQ, BILL, dan sesuai permintaan pengguna, seperti TIF. Bagi pengguna yang ingin menginterpretasi citra secara visual juga disediakan produk citra cetak "paperprint", yang sudah terkoreksi.

2.2. SATELIT PENGINDERAAN JAUH

Berbagai macam sensor penginderaan bumi yang dipasang di berbagai satelit, dengan menggunakan berbagai panjang gelombang elektromagnetik sebagai media perekaman data penginderaan jauh, sehingga menghasilkan beraneka macam citra penginderaan jauh satelit. Saat ini banyak sekali satelit penginderaan jauh mengorbit dengan berbagai kegunaan. Setiap citra satelit mempunyai manfaat dan karakteristik masing-masing, sehingga pilihan untuk menggunakan citra satelit untuk tujuan tertentu menjadi semakin mudah. Beberapa jenis satelit penginderaan jauh seperti Gambar 2.4.



Gambar 2.4. Beberapa jenis satelit penginderaan jauh dan tahun peluncurannya

Ada dua jenis orbit yang biasa digunakan oleh satelit penginderaan jauh yaitu orbit Polar dan orbit Geostationer. Satelit dengan orbit Polar, di mana satelit mengorbit pada bidang hampir utara selatan pada ketinggian antara 600 – 1000 km dan karena perputaran bumi maka hampir seluruh permukaan bumi dapat tercakup oleh pengamatan satelit tersebut. Perlintasan satelit inderaja orbit Polar dengan garis equator (*equator crossing*) terjadi pada waktu matahari yang sama, contoh perlintasan equator satelit Landsat 4 dan 5 terjadi pada pukul 09:45 pagi waktu matahari, karena itu biasa disebut juga *Sun-Synchronous Orbit*. Periode satelit mengindera satu tempat yang sama di bumi tergantung dari ketinggian orbitnya. Contoh satelit inderaja dengan orbit Polar adalah Landsat (*Land satellite*) dan SPOT (*Satellite Pour l'Observation de la Terre*). Sedangkan pada orbit Geostationer kedudukan relatif satelit terhadap bumi adalah tetap

di mana hal itu terjadi bila satelit mengorbit sebidang dengan bidang equator pada ketinggian sekitar 36 000 km. Orbit ini biasa digunakan oleh satelit-satelit meteorologi dan lingkungan seperti MTSAT.

Jenis orbit menentukan periode satelit tersebut berada di atas suatu tempat yang sama di bumi. Satelit dengan orbit Polar akan kembali secara berkala ke suatu tempat di bumi tergantung dari ketinggiannya, misalnya satelit Landsat mempunyai periode 16 hari, sedangkan SPOT mempunyai periode (standar) 28 hari. Satelit dengan orbit Geostationer posisinya relatif tetap terhadap suatu tempat di bumi sehingga secara teoretis setiap saat satelit selalu berada di atas suatu tempat tertentu di bumi.

Dalam pengamatannya sensor di satelit membutuhkan energi untuk dapat mengenali obyek di permukaan bumi. Umumnya ada dua jenis energi yang digunakan dalam perekaman obyek di permukaan bumi, yaitu yang pertama adalah matahari. Sinar matahari akan dipantulkan oleh obyek atau akan diserap oleh obyek kemudian diemisikan ke sensor, dalam hal ini sensor satelit bersifat pasif menerima energi yang dipantulkan atau diemisikan oleh permukaan bumi. Walaupun sistem ini hemat energi, namun tidak dapat beroperasi secara penuh pada malam hari kecuali menerima energi yang diemisikan, dan sangat terganggu oleh awan. Sensor yang beroperasi dengan energi matahari biasa bekerja pada panjang gelombang cahaya optik, dari panjang gelombang cahaya tampak (*visible*) sampai infra merah thermal dan biasa disebut sistem optik. Contoh sensor optik adalah sensor ETM (*Enhanced Thematic Mapper*) Landsat.

Sumber energi lain adalah bila energi dipancarkan sendiri oleh satelitnya kemudian hamburan permukaan bumi atas energi tersebut yang diterima oleh sensor. Teknik ini biasa disebut teknik radar dan menguntungkan bila dilihat dari kebebasannya beroperasi baik pada malam maupun siang hari dan tidak terpengaruh oleh tutupan awan. Namun sistem ini mempunyai keterbatasan yaitu membutuhkan energi besar untuk beroperasi sehingga operasinya pada tiap orbit tidak kontinyu. Sensor seperti ini biasa disebut sensor aktif dan contoh penggunaannya adalah pada Radarsat milik Canada.

2.3. KARAKTERISTIK DATA INDERAJA SATELIT

Setiap satelit penginderaan jauh (inderaja) yang diluncurkan akan menghasilkan data permukaan bumi, yang pada akhirnya dimaksud untuk dapat dimanfaatkan bagi sebesar-besar kepentingan umat manusia. Untuk dapat memanfaatkan data tersebut dengan efisien dan efektif amat perlu diketahui

secara benar bagaimana Karakteristik dari tiap data indera khusus data indera satelit. Karakteristik data indera satelit meliputi:

- a) Karakteristik atau resolusi Spasial yaitu ukuran obyek terkecil yang masih dapat terdeteksi atau jarak minimum dua obyek agar kedua obyek tersebut dapat terdeteksi terpisah oleh sensor. Contoh resolusi spasial adalah data Landsat ETM mempunyai resolusi spasial 30 m pada sensor multispektralnya dan 15 m pada sensor pankromatiknya, Data Satelit Meteorologi dan Lingkungan NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) mempunyai resolusi spasial sekitar 1 km pada arah nadir, sedang data Ikonos adalah 4 m pada kanal multi spektral dan 1 m pada kanal pankromatik.
- b) Lebar Sapuan (*Swath Width*) yaitu lebar permukaan bumi yang diindera secara sekaligus pada satu saat penginderaan. Ukuran ini biasanya memberikan ukuran scene standar data satelit yang bersangkutan. Contoh lebar sapuan data Landsat adalah 185 km sehingga scene standarnya adalah 185 x 185 km. Lebar sapuan data SPOT adalah 60 km, sedangkan lebar sapuan data NOAA adalah 2300 km.
- c) Karakteristik atau resolusi Spektral yaitu jumlah kanal spektral dan makin sempitnya tiap-tiap kanal spektral tersebut. Contoh data Landsat ETM mempunyai tujuh kanal spektral dan satu kanal pankromatik, data SPOT 4 dan 5 mempunyai empat kanal (*band*) spektral dan satu pankromatik.
- d) Resolusi Temporal yaitu periode waktu (standar) satelit kembali berada diatas tempat yang sama di bumi. Contoh resolusi temporal data Landsat adalah 16 hari, data Spot 28 hari (standar), data NOAA empat kali dalam sehari semalam.
- e) Resolusi Radiometrik dari datanya, pada umumnya adalah 8 bit, atau berjenjang dari tingkat 0 sampai tingkat 255. Namun data kanal thermal satelit NOAA adalah 10 bit y.i. dari 0 sampai 1024 dan data radar biasanya 16 bit.

Berdasarkan karakteristik data indera satelit di atas dalam memilih data mana yang akan digunakan adalah tergantung dari rencana pemanfaatannya yang diharapkan akan efisien dan efektif. Misalnya untuk pemanfaatan pemantauan (perubahan) hutan maka resolusi spasial dan lebar sapuan data Landsat atau SPOT kiranya memadai sedangkan kecepatan perubahan hutan

kiranya dapat diikuti oleh resolusi temporal kedua data diatas yaitu 16 hari untuk Landsat maupun 28 hari untuk SPOT. Dalam mendeteksi obyek hutan resolusi spektral kedua data di atas juga memadai. Kebutuhan deteksi perkotaan kelihatannya resolusi spasial tinggi yang diperlukan seperti data Ikonos atau Quickbird. Sedangkan untuk mengamati pergerakan awan, kebakaran lahan atau suhu permukaan laut maka resolusi temporal seperti yang dipunyai oleh data satelit Meteorologi dan Lingkungan NOAA atau Modis (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*), adalah yang paling memadai. Pemanfaatan data secara multi level yaitu pengamatan dengan menggunakan data yang berbeda sensornya dan resolusi datanya, misalnya untuk mengamati hutan digunakan data Landsat atau SPOT untuk keseluruhan daerah yang menjadi perhatian, namun untuk daerah tertentu (fokus perhatian) dapat digunakan data dengan resolusi spasial lebih tinggi seperti Ikonos untuk melihat obyek secara lebih teliti.

Dilihat dari keterkaitannya dengan institusi LAPAN maka data inderaja satelit dapat dibagi dalam beberapa kelas sebagai berikut

- a) Data inderaja satelit yang saat ini diterima langsung oleh Stasiun Bumi LAPAN yaitu antara lain data SPOT 4 dan NOAA, dan Modis,
- b) Data inderaja satelit yang pernah diolah di LAPAN antara lain SPOT 5, Landsat, Ikonos, Quickbird, ALOS (*Advance Land Observing Satellite*) dan EROS,
- c) Data inderaja satelit lain didunia seperti Cartosat, Radarsat, Envisat.

Khusus di dalam modul ini hanya akan dibicarakan beberapa data penginderaan jauh satelit, yaitu NOAA, MODIS Landsat, SPOT, IKONOS, Quickbird, ALOS

2.3.1. Data NOAA

Satelit NOAA 16-AVHRR3 diluncurkan tanggal 21 September 2000. Karakteristik Data Satelit NOAA16- AVHRR3 terlihat pada Tabel 2.2.

2.3.2. Data Modis Satelit Aqua dan Terra

MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) adalah salah satu instrumen (milik Amerika Serikat) yang diletakkan pada Satelit Terra (Jepang),

Tabel 2.2. Karakteristik Data NOAA16-AVHRR3

KRITERIA	Karakteristik	
Ketinggian orbit / Sudut inklinasi orbit	870 km / 98,7 derajat	
Lebar Cakupan	2300 km	
Resolusi temporal	4 kali sehari	
Sensor Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR/3)	Band 1 0,58 – 0,68 μm	
Advanced Microwave Sounding Unit-A (AMSU-A)	Band 2 0,725 – 1,0 μm	
Advanced Microwave Sounding Unit-B (AMSU-B)	Band 3A 1,58 – 1,64 μm	Resolusi Spasial 1,1 km
	Band 3B 3,55 – 3,93 μm	
	Band 4 10,3 – 11,3 μm	
	Band 5 11,5 – 12,5 μm	
	Resolusi Spasial 48 km	
	Resolusi Spasial 16 km	
Search and Rescue (SAR) Repeater and Processor Data Collection System (DCS/2) dengan sensor Solar Backscatter Ultraviolet Radiometer (SBUV/2) dan High Resolution Infrared Radiation Sounder (HIRS/3)	Resolusi 20,3 km dan 18,9 km), pada lapisan atmosfer	
Space Environment Monitor (SEM/2) mempunyai tiga instrumen	Kegunaan untuk mendeteksi dan mengukur proton surya, flux kerapatan elektron pada ketinggian satelit	
Kegunaan citra Satelit NOAA-AVHRR	Menggambarkan dan mengukur permukaan, atmosfer bumi, cakupan awan, distribusi aerosols, suhu permukaan laut, suhu dan profil air vertical pada troposfer dan stratosfer,	

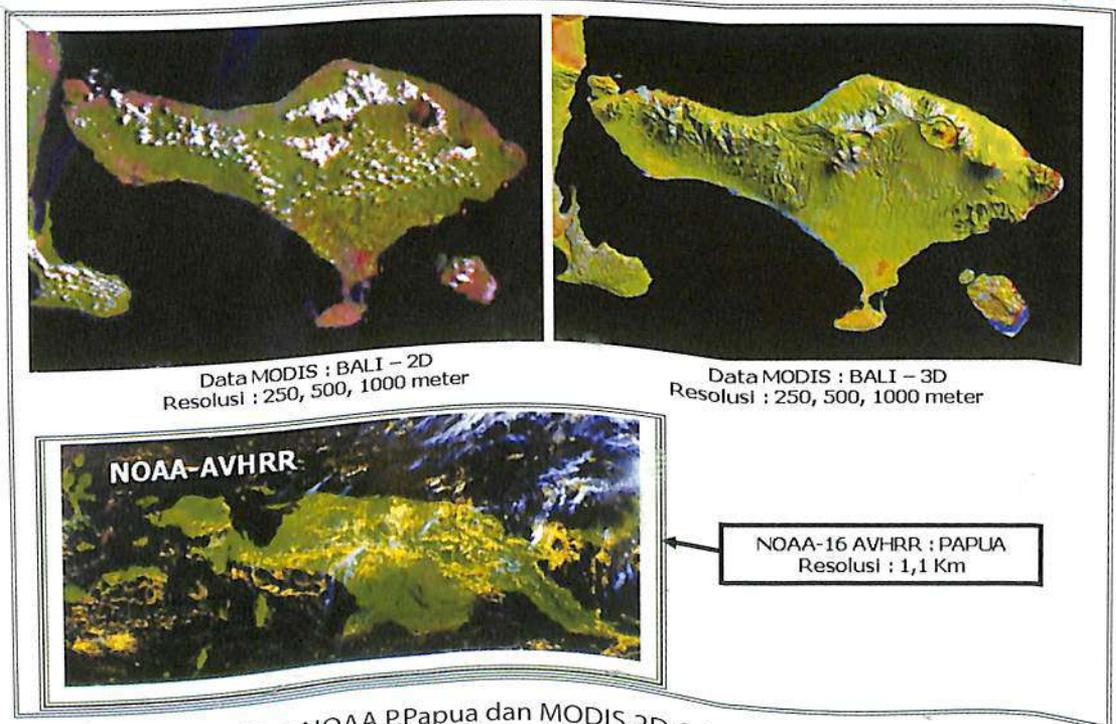
yang diluncurkan 18 Desember 1999. sedangkan Satelit Aqua tanggal 4 Mei 2002. Algoritma data MODIS sudah disiapkan oleh NASA sebelumnya untuk seluruh dunia (*Global standard*). Aplikasi data MODIS bervariasi sesuai panjang gelombang dalam perekaman datanya. Tabel 2.3. Karakteristik MODIS. Gambar 2.5. Perbedaan antara citra NOAA 16/ AVHRR3 Pulau Papua dan Citra Modis dua dimensi (2D) dan tiga dimensi (3D) Pulau Bali. Citra MODIS tiga dimensi (3D) adalah gabungan dari saluran (*band*) 1 s/d 2 dengan data ketinggian (kontur) menghasilkan citra tiga dimensi (3D) Pulau Bali.

2.3.3. Data Landsat

Landsat (*Land Satellite*) merupakan contoh satelit sumberdaya milik Amerika Serikat yang diluncurkan sejak tahun 1972. Landsat yang sudah mengorbit saat

Tabel 2.3. Karakteristik Modis Terra Aqua

KRITERIA	Karakteristik
Ketinggian orbit	705 km
Sudut inklinasi	98 derajat
Lebar sapuan	2330 km
Resolusi temporal	4 kali sehari
Jumlah spectral 36 band dengan Resolusi Spasial	Band 1 dan 2 resolusi 250 m
	Band 3-7 resolusi 500 m
	Band 8-36 resolusi 1000 m (1 km)
Kegunaan	Band 1,2 untuk analisis batas tanah atau awan
	Band 3 – 7 untuk analisis kandungan tanah atau awan
	Band 8 – 16 untuk analisis warna laut, plankton
	Band 17 – 19 untuk analisis uap air atmosfer
	Band 20 – 23 untuk analisis suhu permukaan atau awan
	Band 24 – 25 untuk analisis suhu atmosfer
	Band 26 untuk analisis awan Cirrus
	Band 27 – 29 untuk analisis uap air
	Band 30 untuk analisis ozon
	Band 31,32 untuk analisis suhu permukaan atau awan
Band 33 – 36 untuk analisis ketinggian puncak awan	

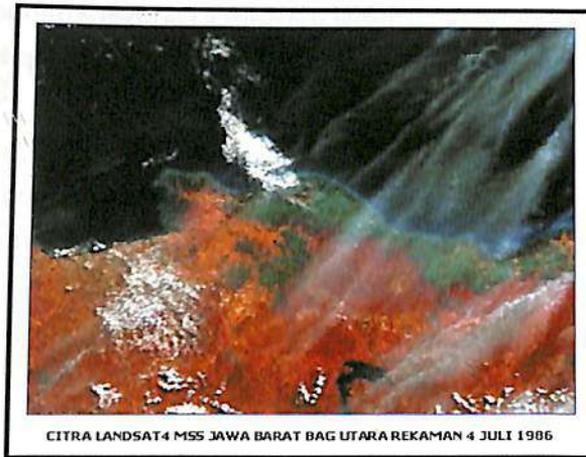


Gambar 2.5. Citra NOAA P.Papua dan MODIS 2D & 3D Pulau Bali (Dok. LAPAN)

ini adalah Landsat generasi ke tujuh (Landsat 7). Landsat 7 dengan sensor ETM+ (*Edvanced Thematic Mapper plus*), yang diluncurkan bulan April 1999 ternyata hanya beroperasi secara normal hingga bulan Mei 2003. Satelit tersebut telah mengalami kerusakan pada *Scan Line Korrektor* (SLC), sehingga untuk sementara tranmisi data dari satelit dihentikan. Stasiun Bumi Internasional (*IGS = International Ground Station*) mulai bulan Mei 2003, menghentikan perekaman data Landsat dan USGS (*United States Geological Survey*) berusaha memperbaiki kerusakan dengan operasi SLC cadangan. Namun usaha tersebut tidak berhasil, dan diputuskan bahwa kerusakan SLC adalah kerusakan permanen. Oleh karena itu mulai bulan November 2003 telah dilakukan pengiriman tranmisi lagi dengan Model *SLC-Off*, sehingga gambarnya tidak sempurna. Tabel 2.4. Karakteristik satelit Data Landsat 1 hingga 7. Beberapa contoh citra Landsat MSS, TM dan ETM seperti Gambar 2.6. Citra Landsat 4 MSS Jawa Barat bagian Utara. Gambar 2.7. Citra Landsat-5 TM Bogor, Jawa Barat, dan Gambar 2.8. Citra Landsat 7 ETM+ Gunung Merapi, Jawa Tengah.

Tabel 2.4. Karakteristik Satelit Landsat 1 hingga 5 dan Landsat 7

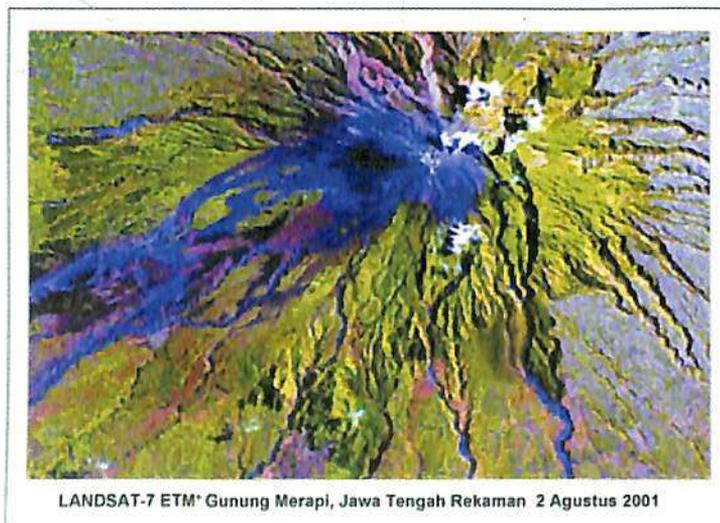
Karakteristik	Landsat 1,2,3		Landsat 4, 5		Landsat 7
Orbit	Sinkron matahari.		Sinkron matahari.		Sinkron matahari.
Ketinggian	(880 – 940) km		705 km		
Sudut Inklinalasi	99,1°		98,2°		
Sensor/ saluran spektral (band/ μm)	RBV	Band 1: 0,475 – 0,575 Band 2: 0,58 – 0,68 Band 3: 0,69 – 0,89	MSS	Band 4 : 0,50 – 0,60 Band 5 : 0,60 – 0,70 Band 6 : 0,70 – 0,80 Band 7 : 0,80 – 1,10	TM dan ETM+ Band 1 : 0,45 – 0,52 Band 2 : 0,52 – 0,61 Band 3 : 0,63 – 0,69 Band 4 : 0,78 – 0,90 Band 5 : 1,55 – 1,75 Band 6 : 10,4 – 12,5 Band 7 : 2,08 – 2,35 Band 8 : 0,52 – 0,90 (Pankromatik)
	MSS	Band 4 Band 5 Band 6 Band 7	TM	Band 1 : 0,45 – 0,52 Band 2 : 0,52 – 0,60 Band 3 : 0,63 – 0,69 Band 4 : 0,76 – 0,90 Band 5 : 1,55 – 1,75 Band 6 : 10,4 – 12,5 Band 7 : 2,08 – 2,35	
Resolusi spasial	80 m		30 m dan 120 (band 6)		30 m dan 15 m (band 8)
Cakupan	185 km x 185 km		185 km x 185 km		185 km x 185 km
Pengulangan rekaman	18 hari		16 hari		



Gambar 2.6. Citra Landsat 4 MSS Jawa Barat bag Utara (Dok. LAPAN)



Gambar 2.7. Citra Landsat-5 TM Bogor, Jawa Barat (Dok. LAPAN)



Gambar 2.8. Citra Landsat 7 ETM+ Gunung Merapi, Jawa Tengah (Dok. LAPAN)

2.3.4. Data SPOT

SPOT (*Satellite Pour l'Observation de la Terre*) seri kedua (SPOT 4). SPOT merupakan sistem satelit observasi bumi milik Perancis. Sistem SPOT yang dilengkapi dengan sistem penerima untuk pengendali satelit, sistem pemrograman, dan sistem produksi citra. Tabel 2.5. Karakteristik citra SPOT. Sampai saat ini Sistem SPOT terdiri dari tiga seri sistem wahana, yaitu

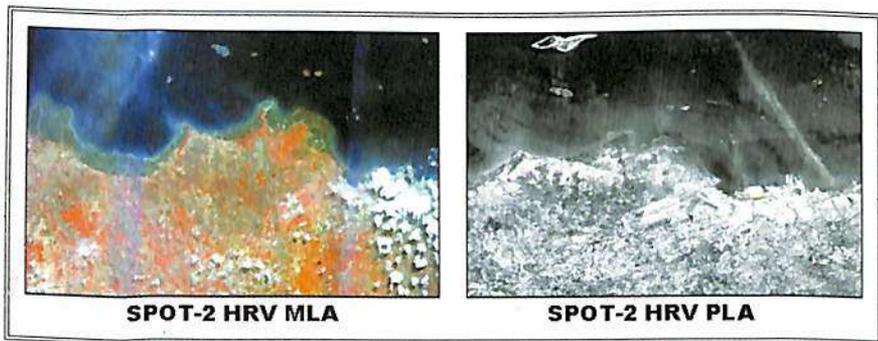
1. Seri pertama adalah SPOT 1, SPOT 2, dan SPOT 3, yang ketiganya didesain dengan karakteristik identik, yaitu resolusi tinggi, stereo, dan pengulangan orbit yang fleksibel menggunakan empat instrumen pada saluran pankromatik, hijau, merah dan inframerah dekat. SPOT 1 diluncurkan Februari 1986, SPOT 2 diluncurkan Januari 1990, SPOT 3 diluncurkan September 1993 yang beroperasi hingga November 1996. Gambar 2.9. Citra SPOT 2 Multispektral (MLA) dan Pankromatik (PLA) Pantai Utara Jakarta.
2. Seri kedua SPOT 4 diluncurkan maret 1998 dan didesain dengan perbaikan kinerja dengan menambahkan satu saluran (*band*)

Tabel 2.5. Karakteristik dan kemampuan dari setiap seri SPOT (*SPOT Images, 2002*)

SALURAN SPEKTRAL	RESOLUSI SERI SPOT				Instrumen vegetasi *)
	SPOT 123	SPOT 4	SPOT 5		
	HRV	HRVIR	HRG	HRS	SPOT 4, 5
PA : 0,49-0,69 μm (Pankromatik)	10 m	10 m	5 m ; 2,5 m	10 m	
B0 : 0,43-0,47 μm (Saluran Biru)					1000 m
B1 : 0,49-0,61 μm (Saluran Hijau)	20 m	20 m	10 m		
B2 : 0,61-0,68 μm (Saluran Merah)	20 m	20 m	10 m		1000 m
B3 : 0,78-0,89 μm (Saluran NIR)	20 m	20 m	10 m		1000 m
B4 : 1,58-1,75 μm (Saluran SWIR)		20 m	10 m		1000 m
Sudut Pandang (<i>Field of View</i>)	60 m	60 m	60 m	120 m	2.259 km
Resolusi Temporal (Standar)	26 hari				
Keterangan Singkatan	HRV : High Resolution Visible HRVIR : High Resolution Visible to Near Infrared HRG : High Resolution Geometric HRS : High Resolution Stereoscopic VINIR : Visible and Near Infrared (MS) NIR : Near Infrared PA : Pankromatik MS : Multispektral (B1+B2+B3) MX : Monokromatik (B4) SWIR : Short Wave Infrared *) Status Eksperimental				

inframerah dekat dan instrumen vegetasi sehingga terdapat enam instrumen, yaitu pada saluran pankromatik, hijau, merah, dua inframerah dekat, dan instrumen vegetasi dengan saluran biru. Gambar 2.10. Mosaik Citra SPOT 4 Provinsi Gorontalo tahun 2006.

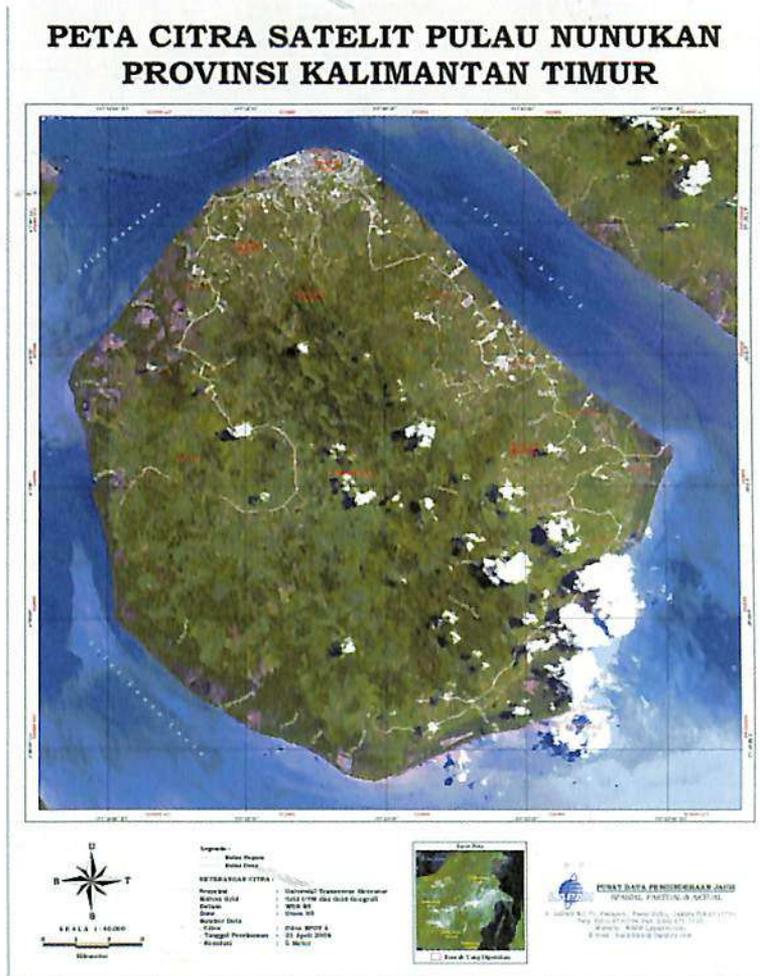
3. Seri ketiga SPOT 5 diluncurkan bulan Mei 2002. Sistem perekaman citra stereo SPOT 5. dengan sudut pandang 20° dan tumpang (overlap) 50 %. SPOT 5 telah mengalami perombakan besar pada tingkat ketelitian secara planimetri dan altimetri. SPOT 5 masih menggunakan enam instrumen seperti SPOT 4 tetapi resolusinya lebih halus (rinci). Gambar 2.11. Citra SPOT 5 HRG MLA Pulau Nunukan, Kalimantan Timur rekaman 20 April 2006



Gambar 2.9. Citra SPOT 2 Multispektral dan Pankromatik Pantai Jakarta (Dok LAPAN)



Gambar 2.10. Mosaik Citra SPOT 4 Provinsi Gorontalo (Dok. LAPAN)



Gambar 2.11. Citra SPOT-5 HRG MLA P. Nunukan, Kalimantan Timur (Dok. LAPAN)

2.3.5. Satelit IKONOS

Satelit IKONOS milik *Space Imaging (USA)*, pengelola GeoEye, Desain dan konstruksi Lockheed Martin Space System, berhasil diluncurkan di SLC-2W, Vandenberg AFB, California, Amerika Serikat tanggal 24 September 1999. Lokasi peluncuran SLC-2W, Vandenberg AFB, California, Amerika Serikat. Tabel 2.6. Karakteristik Satelit IKONOS. Gambar 2.12. Citra IKONOS Gelora-Manahan dan sekitarnya, Surakarta, Jawa tengah



Gambar 2.12. Citra IKONOS Manahan, Surakarta (Dok. LAPAN)

Tabel 2.6. Karakteristik IKONOS

KRITERIA	Karakteristik	
Ketinggian orbit	681 km	
Sudut inklinasi orbit	98.1 derajat	
Lebar sapuan satelit	11,3 km (nadir)	
Sensor Pankromatik dan Multispektral dengan kemiringan (<i>oblique</i>) 26 derajat	Pankromatik (0,45-0,90) μm	Resolusi Spasial 0,82 dan 1 meter
	Biru (0,445-0,516) μm	Resolusi Spasial 3,2 – 4 meter
	Hijau (0,506-0,595) μm	
	Merah (0,632-0,698) μm	
	Infra merah dekat (0,757-0,853) μm	
Penggunaan Citra IKONOS	Pemetaan kota, sumber daya alam dan bencana alam, Analisis pertanian dan kehutanan, Eksplorasi pertambangan, Mendeteksi perubahan hutan, lahan	

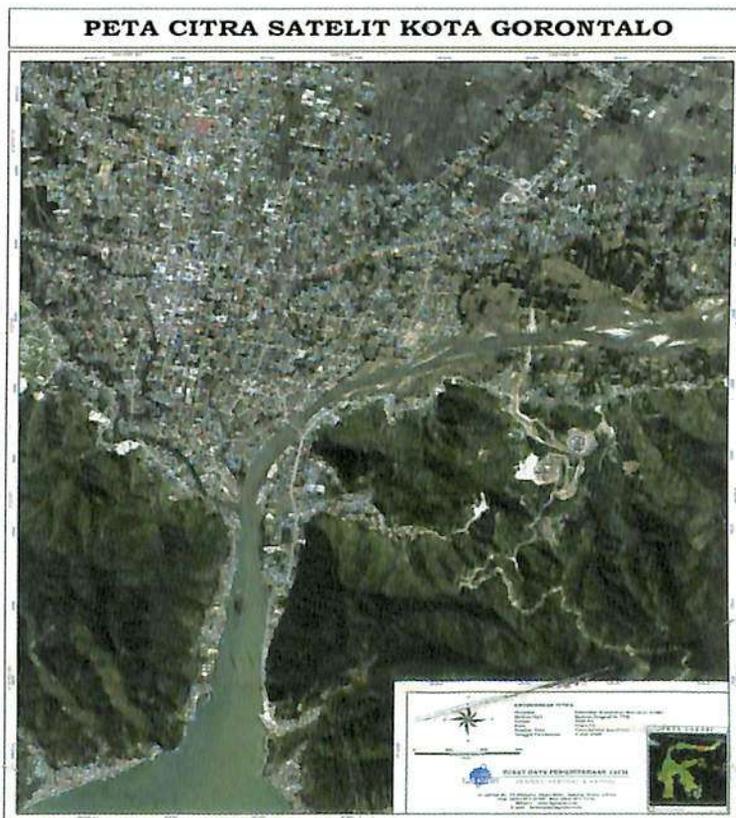
2.3.6. Satelit Quickbird

Satelit Quickbird pemilik dan pengelola Digital Globe, Desain dan konstruksi Digital Globe, Ball A & T Corps, Kodak dan Fokker dan berhasil diluncurkan di SLC-2W, Vandenberg AFB, California, Amerika Serikat (18 Oktober 2001). Lokasi peluncuran SLC-2W, Vandenberg AFB, California, Amerika Serikat. Tabel 2.7. Karakteristik Satelit Quickbird. Gambar 2.13. Citra Quickbird Kota Gorontalo (2 Juli 2006). Gambar 2.14. Perbedaan citra IKONOS (20 Mei 2003) dan Citra Quickbird (10 Juni 2006) kompleks Kodam IV Diponegoro, Semarang,

Jawa Tengah. Bandingkan kerincian citra Quickbird (resolusi spasial 0,6 meter) dengan citra IKONOS (resolusi spasial 1 meter).

Tabel 2.7. Karakteristik Quickbird

KRITERIA	Karakteristik	
Ketinggian orbit	450 km	
Sudut inklinasi orbit	97,2 derajat	
Lebar sapuan satelit	16,5 x 16,5 km	
Resolusi temporal	Program	
Jenis sensor Push broom linear array	Pankromatik (450-900) nm	Resolusi Spasial 0,6 meter
	Biru (450 – 520) nm	Resolusi Spasial 2,4 meter
	Hijau (520 – 600) nm	
	Merah (630 – 690) nm	
	Infra merah dekat (760-900) nm	
Penggunaan Citra Quickbird	Analisis perubahan penggunaan lahan, Eksplorasi minyak dan gas, Studi lingkungan, Pemetaan skala besar	



Gambar 2.13. Citra Quickbird Kota Gorontalo (Doc. LAPAN)



Gambar 2.14. Citra IKONOS dan Citra Quickbird (Dok. LAPAN)

2.3.7. ALOS

ALOS (*Advance Land Observing Satellite*) merupakan satelit yang diluncurkan oleh kerjasama antara METI (*Ministry of Economy, Trade and Industry*) dan JAXA (*Japan Aerospace Exploration Agency*). Desain dan konstruksi JAXA-EORC dan *Japan Resources Observation System Organization* (JAROS) dan berhasil diluncurkan di Tanegashima Space Center, Jepang tanggal 24 Januari 2006. ALOS dilengkapi tiga instrumen penginderaan jauh yaitu PRISM (*Panchromatic Remote sensing Instrument for Stereo Mapping*), AVNIR-2 (*Advanced Visible and Near Infrared Radiometer type 2*), dan PALSAR (*Phase Array type L-band Synthetic Aperture Radar*). Gambar 2.15 Citra Alos AVNIR Menteng, Jakarta rekaman 16 Mei 2007. Gambar 2.16. Citra gabungan ALOS AVNIR rekaman 14 April 2007 dan ALOS PRISM rekaman 12 September 2008 Kota Salatiga, Jawa Tengah. Tabel 2.8. Karakteristik ALOS.

1. Sensor optik pankromatik PRISM (*Panchromatic Remote sensing Instrument for Stereo Mapping*) yang memiliki tiga sistem optik (*nadir, forward, backward*) dengan resolusi 2,5 meter, sehingga dapat dibuat 3-D (tiga dimensi), lebar rekaman 70 km, arah depan (*forward*) dan belakang (*backward*) lebar 35 km,
2. Sensor AVNIR-2 (*Advanced Visible and Near Infrared Radiometer type 2*) merupakan sensor pantulan dari sinar tampak dan inframerah dekat. Sensor ini juga dilengkapi dengan kemampuan tidak hanya arah tegak lurus, namun juga observasi menyudut dengan *Pointing Angle* sebesar 44° . Empat saluran (*band*) spektral AVNIR2, yaitu Biru (0,42-0,50) μm , Hijau (0,52-0,60) μm , merah (0,61 – 0,69) μm , dan inframerah (0,76-0,89) μm ,

3. Sensor radar PALSAR (*Phase Array type L-band Synthetic Aperture Radar*) sensor ini merupakan pengembangan dari sensor JERS-1, dengan lebar cakupan rekaman citra 250-350 km. Oleh karena itu pengguna dapat memilih wilayah yang diinginkan, yaitu *Area of Interes* (AOI), tinggal memilih koordinatnya.

Tabel 2.8. Karakteristik ALOS

KRITERIA		Karakteristik	
Ketinggian orbit		692 km	
Sudut inklinasi orbit		98,2 derajat	
Lebar sapuan satelit		70 km	
Resolusi temporal (standar)		46 hari	
Sensor	PRISM	Pankromatik (0,52 – 0,77) μm	Resolusi Spasial 2,5 meter Ukuran <i>Triplet mode</i> 35 x 35 km, PRISM Nadir 35 x 70 km
	AVNIR-2	Band 1 (0,42 – 0,50) μm	Resolusi Spasial 10 meter AVNIR nadir 70 x 70 km
		Band 2 (0,52 – 0,60) μm	
		Band 3 (0,61 – 0,69) μm	
Band 4 (0,76 – 0,89) μm			
PALSAR	Band L	Resolusi Spasial 6,5 meter	
Penggunaan Citra ALOS		Observasi penutup lahan, Pemetaan skala sedang, Pengamatan daerah bencana	



Gambar 2.15. Citra ALOS AVNIR, Menteng, Jakarta. (Dok LAPAN)



Gambar 3.16. Citra ALOS AVNIR + PRISM Kota Salatiga (Purwadhi dkk, 2008)

PENGOLAHAN DATA DIGITAL PENGINDERAAN JAUH SATELIT

3.1. PENGERTIAN DAN RUANG LINGKUP

Data indera satelit yang sebagian telah dibahas pada Bab. II pada umumnya adalah data digital yaitu bahwa data atau citra tersebut terdiri dari piksel (*pixel = picture element*/elemen citra) dimana tiap piksel tersebut mempunyai nilai digital yang diskrit atau bilangan bulat biasanya positif yang sebanding dengan pantulan, emisi atau hamburan dari obyek yang di indera. Kisaran besaran digital tiap pixel tersebut tergantung dari resolusi radiometrik data yang bersangkutan, bila sebagai contoh resolusi radiometriknya adalah 8 bit maka kisaran nilai digital pixel tersebut adalah antara 0 – 255.

Untuk dapat memanfaatkan data indera satelit tersebut perlu dilakukan pengolahan secara digital terhadap data digital tersebut, dimana yang dimaksud dengan pengolahan data digital adalah melakukan manipulasi data digital tersebut dengan bantuan peralatan digital (komputer) baik perangkat keras maupun perangkat lunaknya. Pengolahan data digital adalah suatu subyek ilmu dan teknik yang sangat luas dan tidak jarang menggunakan prosedur matematik yang kompleks. Berkaitan dengan indera satelit sebenarnya secara formal sedikitnya ada tiga kelompok ilmu atau teknik pengolahan digital yang relevan yaitu Pengolahan Citra Digital (*Digital Image Processing*), Pengenalan Pola (*Pattern Recognition*) dan Pemodelan Geobiofisik. Pada tulisan ini ketiga bidang tersebut disebut secara gabungan yaitu Pengolahan Citra Digital sedangkan ruang lingkup tulisan ini adalah memperkenalkan teknik yang secara praktis banyak digunakan dalam pengolahan data indera satelit terutama pada tingkatan awal maupun menengah dalam pengalaman melaksanakan

pengolahan data inderaja satelit. Banyak buku *text* yang dapat dipelajari bila diinginkan untuk memahami ketiga bidang ilmu dan teknik tersebut secara lebih dalam lagi.

Sesuai dengan ruang lingkup tulisan ini maka "Pengolahan data/citra digital data penginderaan jauh satelit" dapat dikelompokkan sebagai berikut:

1. Pengolahan awal yang terdiri dari koreksi geometrik dan koreksi radiometrik terhadap citra penginderaan jauh satelit agar didapat citra dimana kesalahan posisi geometri tiap pixelnya sekecil-kecilnya dan nilai digital tiap pixelnya sudah sesuai dengan besaran yang mewakili obyek yang diindera.
2. Rekonstruksi citra yaitu perbaikan citra karena adanya gangguan pada nilai digital citra yang seharusnya, karena adanya ketidak sempurnaan transmisi data dari satelit penginderaan jauh ke stasiun bumi inderaja.
3. Penajaman citra bertujuan untuk peningkatan mutu citra agar dapat digunakan pada tahap selanjutnya baik secara pengolahan digital maupun interpretasi visual.
4. Klasifikasi obyek yaitu mendeteksi kelas atau jenis obyek pada citra yang berbeda. Klasifikasi obyek pada citra penginderaan jauh dapat berupa klasifikasi digital maupun interpretasi visual.
5. Prediksi fenomena geobiofisik, yang dalam hal ini berusaha memperkirakan sifat geobiofisik suatu obyek pada citra penginderaan jauh satelit dengan melalui model, yang mengkaitkan gejala geobiofisik dari obyek tersebut dengan data yang terekam pada citra penginderaan jauh satelit. Contoh dalam hal ini adalah memperkirakan suhu permukaan laut, titik panas/kebakaran lahan, ketinggian (elevasi) suatu daerah dan lain-lain. Namun sesuai lingkup buku ini pengolahan prediksi fenomena geobiofisik ini tidak akan diberikan.

3.2. PENGOLAHAN AWAL

Pengolahan awal yang terdiri dari koreksi geometrik dan koreksi radiometrik terhadap citra penginderaan jauh satelit agar didapat citra dimana kesalahan posisi geometri tiap pixelnya sekecil-kecilnya dan nilai digital tiap pixelnya sudah sesuai dengan besaran yang mewakili obyek yang diindera.

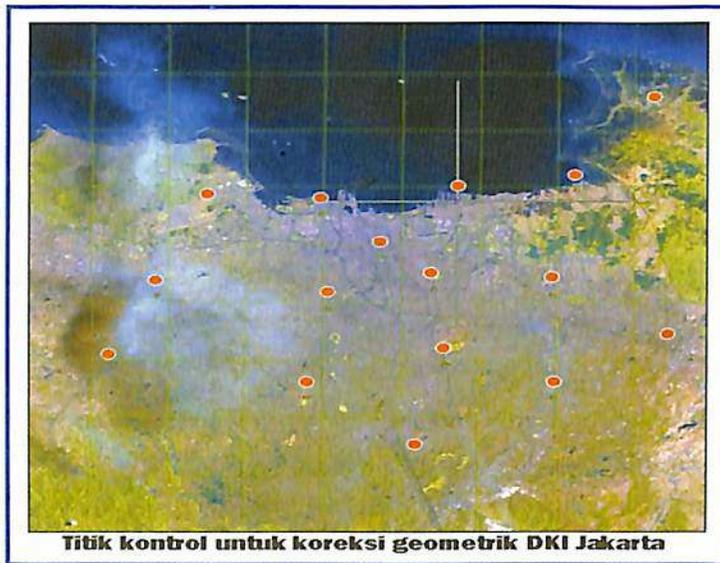
3.2.1. Koreksi Geometrik

Kesalahan geometri citra dapat terjadi karena posisi dan orbit maupun sikap sensor pada saat satelit mengindera bumi, kelengkungan dan putaran bumi serta adanya relief atau ketinggian yang berbeda dari permukaan bumi yang diindera. Akibat dari kesalahan geometrik ini maka posisi pixel dari data indera satelit tersebut tidak sesuai dengan posisi (lintang dan bujur) yang sebenarnya. Koreksi geometrik yang biasa dilakukan adalah koreksi geometrik Sistematis dan koreksi geometrik Presisi.

Koreksi geometrik sistematis melakukan koreksi geometri dengan menggunakan informasi karakteristik sensor yaitu orientasi internal (*internal orientation*) berisi informasi panjang fokus sistem optiknya dan koordinat titik utama (*primary point*) dalam bidang citra (*image space*) (sedangkan distorsi lensa dan difraksi atmosfer dianggap kecil pada sensor indera satelit), serta orientasi eksternal (*external orientation*) berisi koordinat titik utama pada bidang bumi (*ground space*) serta tiga sudut relatif antara bidang citra dan bidang bumi. Koreksi geometrik sistematis ini dilakukan oleh pihak yang mengeluarkan data tersebut (*data provider*) dan hasil koreksi diberikan dalam level atau tingkat koreksi geometri yang standar serta untuk masing-masing tingkat koreksi geometri diberikan juga ketelitian posisinya. Contoh data SPOT 4 level 1A telah mengalami normalisasi radiometrik, level 1B telah dilakukan koreksi geometrik sistematis dengan diacu ke koordinat (bidang) bumi dengan ketelitian RMS 50 m, level 2A telah dilakukan koreksi sistematis mengacu kepada sistem proyeksi peta dengan ketelitian RMS 50 m. Di Indonesia sistem proyeksi peta yang dipakai adalah UTM dengan spheroid dan datum WGS 84

Koreksi geometrik presisi pada dasarnya adalah meningkatkan ketelitian geometrik dengan menggunakan titik kendali tanah (*Ground Control Point - GCP*). GCP dimaksud adalah titik yang diketahui koordinatnya secara tepat dan dapat terlihat pada citra indera satelit seperti perempatan jalan dan lain-lain seperti terlihat pada Gambar 3.1.

Peningkatan ketelitian posisi dilakukan dengan transformasi dilakukan dari jaring (*grid*) koordinat (lintang, bujur dan mungkin juga elevasi) yang benar atau seharusnya pada proyeksi peta tertentu kepada koordinat dari citra yang belum terkoreksi presisi tersebut (biasanya koordinatnya adalah nomor pixel dihitung dari kiri ke kanan dan nomor garis dihitung dari atas ke bawah) atau kepada citra yang belum dikoreksi geometrik presisi (seperti level 2A data SPOT 4 di atas).



Gambar 3.1. Titik GCP untuk koreksi geometrik pada citra DKI Jakarta

Hubungan matematik dalam melakukan transformasi koordinat tersebut dapat berbentuk polinomial, lihat Tabel 3.1. yaitu yang umum dilakukan adalah polinomial orde satu (linear) dengan enam koefisien yang tidak diketahui, polinomial orde dua (kuadrat) dengan 12 koefisien yang tidak diketahui serta orde tiga (kubik) dengan 20 koefisien yang tidak diketahui. Jumlah GCP yang diperlukan paling sedikit sama dengan jumlah koefisien yang tidak diketahui untuk masing-masing orde polinomial yang digunakan. Namun demikian lebih banyak jumlah GCP dari pada yang diperlukan dan tersebar secara merata akan dapat meningkatkan ketelitian geometri hasil koreksi. Pengalaman penulis (Kartasasmita M, 2007) kalau kesalahan pada beberapa bagian dari citra masih besar setelah dilakukan koreksi geometrik presisi bahkan dengan menggunakan polinomial orde dua maka menaikkan orde polinomialnya misalnya menjadi orde tiga biasanya tidak akan memperbaiki kesalahan geometriknya. Hal ini disebabkan kesalahan geometri citra yang bersangkutan tidak merata pada keseluruhan citra. Untuk situasi seperti ini maka koreksi geometri dengan menggunakan polinomial tidak akan berhasil.

Tabel 3.1. Rumus-rumus polinomial transformasi Koreksi Geometrik Presisi
 (x,y) = sistem koordinat peta (u,v) = sistem koordinat citra

No.	Polinomial	Rumus transformasi	Jumlah parameter yang tidak diketahui
1.	Linear (orde satu)	$x = a_1 u + a_2 v + a_3$ $y = b_1 u + b_2 v + b_3$	6
2.	Quadratik (orde dua)	$x = a_1 u^2 + a_2 v^2 + a_3 uv + a_4 u + a_5 v + a_6$ $y = b_1 u^2 + b_2 v^2 + b_3 uv + b_4 u + b_5 v + b_6$	12
3.	Kubik (orde tiga)	$x = a_1 u^3 + a_2 v^3 + a_3 u^2 v + a_4 u v^2 + a_5 u^2 + a_6 v^2 + a_7 uv + a_8 u + a_9 v + a_{10}$ $y = b_1 u^3 + b_2 v^3 + b_3 u^2 v + b_4 u v^2 + b_5 u^2 + b_6 v^2 + b_7 uv + b_8 u + b_9 v + b_{10}$	20

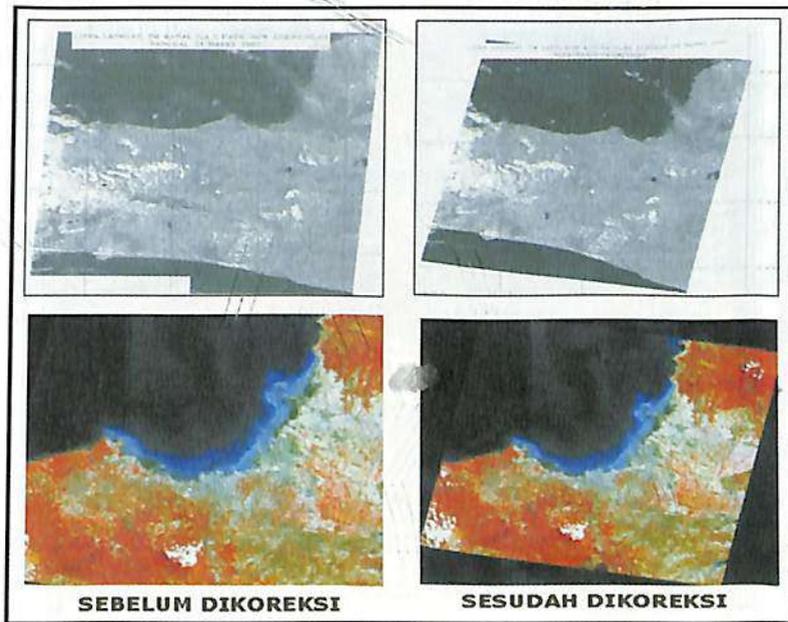
Dalam keadaan kesalahan geometrik seperti di atas maka dapat ditanggulangi antara lain dengan koreksi geometrik triangulasi segitiga. Teknik ini melakukan koreksi secara linear di dalam tiap segitiga yang dibentuk oleh tiga GCP. Pada daerah di citra yang mempunyai kesalahan geometrik besar diberikan cukup banyak GCP. Akibatnya teknik ini membutuhkan cukup banyak GCP bahkan sampai puluhan dan kerapatan GCP paling rapat diberikan pada daerah dengan kesalahan geometri yang besar.

Koreksi geometrik secara orto (*ortho correction*) biasa dilakukan untuk menghilangkan kesalahan geometri karena kesalahan sensor yang mengindera tiap titik di bumi tidak seluruhnya secara ke arah nadir, juga dilakukan untuk mengkoreksi kesalahan paralaks di mana posisi dengan ketinggian relatif jauh di atas daerah sekitarnya akan diproyeksikan pada lokasi yang salah atau tergeser dari posisi proyeksi yang seharusnya. Koreksi ini biasa dilakukan dengan fungsi rasional (*rational function*) yaitu fungsi berbentuk pembagian antara dua fungsi polinomial dengan penyebut dan pembilang mempunyai orde yang sama. Transformasinya memberikan hubungan fungsional antara koordinat piksel (*pixel number*) pada bidang citra dengan lintang, bujur dan ketinggian demikian pula antara garis (*line number*) pada bidang citra dengan lintang, bujur dan ketinggian. Dengan menggunakan prinsip kolinier (*collinear*) dan dengan menggunakan orientasi internal maupun orientasi eksternal dari sensornya fungsi transformasi berbentuk fungsi rasional dimana masing-masing polinomial pada penyebut dan pembilang mempunyai orde satu. Dengan ditambah dengan beberapa GCP yang tidak terlalu banyak maka kesalahan geometrik koreksi orto ini dapat diperbaiki. Dalam hal ini diperlukan

data ketinggian untuk melakukan koreksi geometrinya dan untuk ini biasa digunakan DEM (*digital elevation model*) dari daerah yang akan dikoreksi.

Seperti dikatakan di atas transformasi dilakukan dari jaring (*grid*) lintang dan bujur (serta ketinggian untuk koreksi orto) yang benar atau seharusnya ke koordinat piksel dan garis dari bidang citra yang belum terkoreksi sistematis. Bila transformasi tersebut tepat jatuh pada piksel dengan nomor piksel dan nomor garis tertentu maka nilai digital pada piksel tersebut yang akan dipakai pada lokasi lintang bujur yang bersesuaian pada bidang citra yang telah terkoreksi. Namun bila transformasi tidak tepat jatuh pada lokasi piksel tertentu maka untuk menentukan nilai digital pada piksel yang posisinya telah terkoreksi perlu dilakukan proses penentuan kembali nilai piksel (*resampling*). Proses penentuan kembali nilai piksel dapat dilakukan dengan menggunakan nilai piksel terdekat (*nearest neighbour*) pada bidang citra dari piksel hasil transformasi. Teknik ini sangat sederhana dan tidak melakukan perubahan terhadap data, namun dapat menghasilkan artifak yang tidak dikehendai. Teknik lain untuk menentukan kembali nilai piksel dengan menggunakan jumlah linear dari beberapa piksel terdekat dengan bobot jarak relatif dari masing-masing piksel terdekat tersebut, teknik ini biasa disebut teknik aproksimasi bilinear. Aproksimasi lain yang dapat memberikan citra yang tajam adalah teknik konvolusi kubik (*cubic convolution*) di mana aproksimasi menggunakan 4x4 piksel terdekat dengan bobot mengikuti fungsi $\sin x/x$.

Akurasi koreksi geometrik biasanya disajikan oleh standar deviasi (*Root Mean Squared = RMS*) per unit pixel pada citra. Akurasi seharusnya \pm satu pixel, jika kesalahan lebih besar dari persyaratan, koordinat pada citra dan peta perlu diperiksa kembali, atau kalau perlu diulangi pemilihan rumus transformasinya. Gambar 3.2. Contoh koreksi geometrik citra Landsat TM Jawa Tengah 24 Maret 1997. Koreksi geometrik secara sistematis dengan menggunakan dua teknik koreksi geometrik, yaitu metode sistematis dilanjutkan dengan pergeseran atau translasi letak posisi setiap pixel



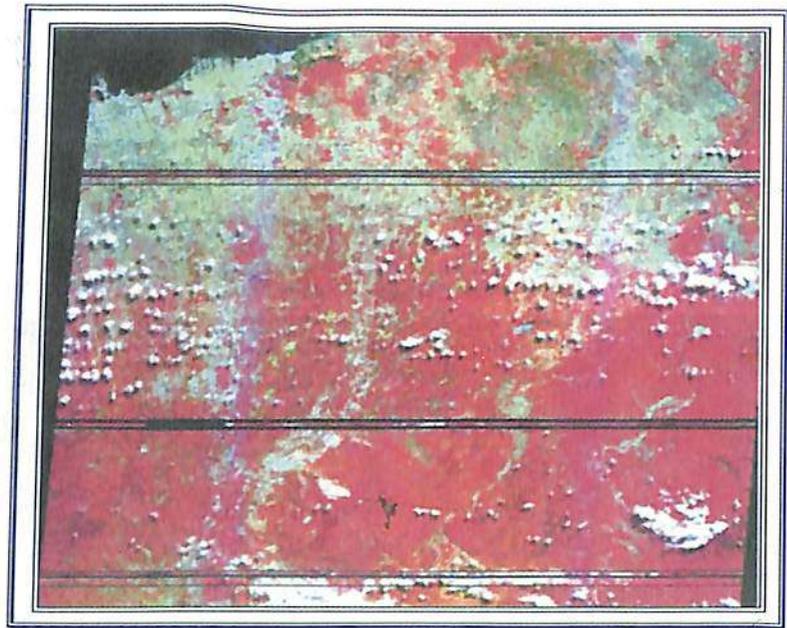
Gambar 3.2. Koreksi geometrik citra Landsat Jawa Tengah

3.2.2. Koreksi Radiometrik

Koreksi radiometrik standar yang biasa dilakukan oleh penyedia data adalah kalibrasi linear dari data mentah (raw data) yang direkam di stasiun bumi dengan menggunakan koefisien pengali dan bias yang konstan yang ditentukan sebelum peluncuran satelitnya atau dilakukan pengukuran selama pengamatan oleh sensornya (biasa dilakukan untuk kanal infra merah termal). Kadang ada koefisien kalibrasi berbeda untuk laut dan untuk darat. Contoh hasil koreksi radiometrik adalah level 1A data Spot 4, yaitu telah dinormalisasi secara radiometrik (*radiometrically normalized*).

3.2.3. Rekonstruksi Citra

Teknologi sensor yaitu dari jenis Push Broom maupun sistem optik yang banyak digunakan oleh satelit indera saat ini sedemikian maju sehingga kesalahan nilai digital pada citra terjadi pada umumnya oleh sebab eksternal dari luar sistem sensor tersebut. Kesalahan yang akan dibahas adalah kehilangan data karena memburuknya komunikasi antara satelit dengan stasiun buminya yang disebut *scan loss*. Akibat dari kesalahan ini dapat berupa kehilangan data berbentuk garis seperti terlihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3. Bising garis pada citra Landsat 5 (Purwadhi, 2001)

Perbaikan kehilangan data seperti ini dapat dilakukan dengan mengganti nilai piksel yang hilang dari citra hari lain pada posisi yang sama dengan asumsi bahwa dalam selang waktu tersebut obyeknya belum berubah. Dalam penggantian dapat dilakukan pendekatan linear dari data yang akan digunakan dengan mengalikan dengan sesuatu pengali dan penambahan bias dimana parameter-parameter tadi dihasilkan dengan memperhatikan parameter statistik dari data sumber nilai piksel dan dari data yang nilai pikselnya perlu diganti. Pendekatan linier lain dapat dilakukan dengan melakukan regresi dari data yang akan mengganti dengan data yang nilai pikselnya akan diganti. Dalam hal ini sumber dari nilai piksel yang akan mengganti dapat terdiri dari beberapa tanggal data. Teknik di atas dapat juga digunakan untuk mengganti nilai piksel yang tertutup awan.

Banyak teknik untuk mempertajam citra dapat pula digunakan untuk merekonstruksi citra, seperti menghilangkan akibat adanya kabut, di mana sebagian dari teknik-teknik ini akan dibahas pada bagian selanjutnya. Memang ada sedikit kesulitan untuk membedakan secara tajam antara metode rekonstruksi citra dengan mempertajam citra.

Dalam merekonstruksi citra dianggap kita mengetahui bagaimana seharusnya citra tersebut padahal adanya kabut atau perbedaan iluminasi

matahari misalnya bukanlah kesalahan namun hal tersebut adalah kenyataan yang tidak dikehendaki. Seperti telah dikatakan di depan bahwa teknologi sistem sensor termasuk sistem optiknya sedemikian maju sehingga data yang dihasilkan hampir sempurna seperti yang diharapkan, sehingga kesalahan terjadi karena faktor eksternal. Namun faktor eksternal alami seperti kabut, awan dan iluminasi matahari bukan suatu kesalahan namun menghasilkan data dengan kualitas yang tidak dikehendaki sehingga pembicaraan penanggulangannya akan dilakukan pada bagian berikut yaitu penajaman citra.

3.3. PENAJAMAN CITRA

Penajaman citra bertujuan untuk meningkatkan mutu citra, baik untuk memperoleh keindahan gambar maupun untuk kepentingan analisis citra. Penajaman citra pada data penginderaan jauh dilakukan sebelum interpretasi visual, dan kadang-kadang juga untuk analisis kuantitatif. Tiga jenis penajaman citra penginderaan jauh satelit, yaitu

1. Penajaman kontras spektral citra, penajaman yang berhubungan dengan tingkat keabuan/ warna citra dapat dilakukan dengan manipulasi kontras citra berupa *gray-level thresholding*, *level slicing*, dan *contrast stretching*.
2. Penajaman kenampakan secara spasial, dilakukan dengan cara manipulasi spasial berupa *spatial filtering*, *edge enhancement*, *fourier analysis*.
3. Penajaman citra jamak atau multi citra dapat dilakukan dengan manipulasi citra jamak berupa *multispectral ratioing*, *principal component*, *canonical components*, *vegetation component*, komposisi warna RGB dan penajaman tepi dengan menggabung (fusi) dengan data resolusi spasial tinggi (*pansharpening*)

Operasi penajaman dimaksudkan untuk mempertajam kontras yang tampak pada ujud gambaran yang terekam dalam citra. Penajaman secara sederhana dapat diartikan mentransformasikan data ke bentuk yang lebih ekspresif. Penajaman kenampakan obyek dapat dicirikan dalam dua hal, yaitu operasi titik dan operasi lokal. Operasi titik mengubah nilai kecerahan setiap pixel di dalam suatu data citra penginderaan jauh secara terpisah, dan operasi lokal mengubah nilai tiap pixel dalam hubungannya dengan nilai kecerahan pixel di sekitarnya. Operasi penajaman tersebut berhubungan dengan kontras

spektral atau tingkat keabuan citra. Pelaksanaan proses penajaman dapat dilakukan dengan modifikasi histogram, penajaman kontras linier (*linier contrast enhancement*), penajaman kontras linier siturasi, penajaman kontras otomatis, penajaman logaritma dan eksponensial, dan modifikasi kontras "*piece wise linear*".

3.3.1. Penajaman Kontras Spektral

Penajaman kontras spectral merupakan manipulasi kontras citra yang merupakan perbaikan kontras citra dari proses operasi titik dan operasi lokal pada citra spektral tunggal dan multispektral. Proses manipulasi kontras citra menggunakan modifikasi histogram, yang berupa pergeseran, pemerataan, perajangan, dan penentuan kontras biner dengan teknik nilai ambang dari histogram tingkatan keabuan citra. Operasi manipulasi kontras citra dilakukan dengan tiga teknik, yaitu (1) Teknik penajaman berdasar nilai ambang tingkatan keabuan (*gray-level thresholding*); (2) Teknik perajangan tingkatan keabuan (*level slicing*); (3) Teknik perentangan kontras (*contrast stretching*) citra.

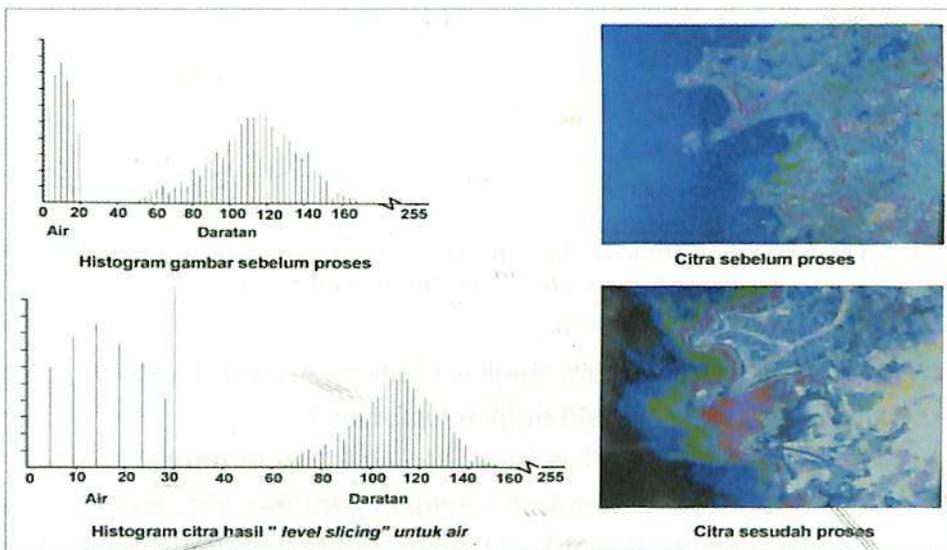
3.3.1.1. Teknik penajaman nilai ambang (*gray-level thresholding*)

Teknik penajaman berdasarkan nilai ambang tingkatan keabuan citra (*gray-level thresholding*) adalah penggunaan segmentasi data masukan citra kedalam dua tingkatan keabuan yang disebut kontras biner (*binary contrast*). Penggunaan kontras biner atau dua tingkatan keabuan obyek yang akan diteliti diberi warna yang jelas misalnya hitam dengan intensitas nilai keabuan 1, sedangkan obyek lainnya diberi warna sama dengan warna latar belakang misalnya putih dengan intensitas nilai keabuan 0. Pemetaan tingkat keabuan setiap pixel ke tingkat keabuan biner dapat dilakukan berdasarkan histogram aslinya. Berdasarkan histogram gambar tersebut ditentukan bahwa semua pixel misalnya mempunyai intensitas lebih dari 40 diberi warna latar belakang, sedangkan intensitas yang lebih kecil atau sama diberi warna yang jelas (menunjukkan obyek yang dimaksud). Nilai 40 disebut sebagai nilai ambang, dan proses tersebut dikenal dengan proses segmentasi citra dengan nilai ambang (*thresholding*).

3.3.1.2. Teknik penajaman berdasarkan *level slicing*

Proses penajaman dengan perbaikan kontras citra dapat dilakukan dengan perajangan (*slices*) nilai tingkat keabuan dengan teknik pelebaran, pengecilan,

dan pergeseran histogram. Proses pengolahan citra ini dapat dilakukan dengan memetakan nilai intensitas setiap pixel menjadi nilai intensitas yang baru menurut rumusan tertentu. Teknik pergeseran histogram dilakukan dengan cara penambahan atau pengurangan nilai intensitas pixel, pelebaran histogram dengan penambahan nilai intensitas pixel, sedangkan pengecilan dengan cara pembagian nilai intensitas pixel. Gambar 3.4. Proses aplikasi "level slicing" untuk obyek air pada citra Landsat Muara Gembong Bekasi. Citra sebelum dilakukan proses dengan sistem biner tampak warna air hanya satu macam. Histogram citra setelah proses perajangan (direntang) pada kenampakan air menjadi beberapa kelas. Proses perajangan tingkat kecerahan citra (*level slicing*), kenampakan air dibedakan kontrasnya (air jernih, keruh, sangat keruh) sesuai kondisi turbididinya.

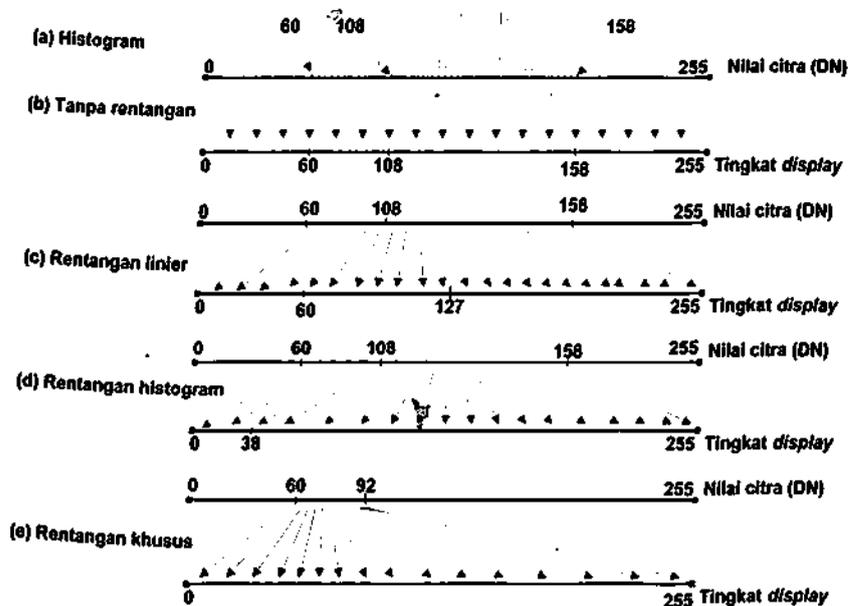


Gambar 3.4. Proses aplikasi "level slicing" untuk air pada citra Landsat Muara Gembong Bekasi (Purwadhi, 2001)

3.3.1.3. Teknik penajaman berdasarkan *contrast stretching*

Nilai pixel pada sebagian besar data penginderaan jauh hanya menempati bagian yang sempit (kecil) pada kisaran nilai citra, sehingga pada tayangan (*display*) bentuk citra asli tergambar dengan kontras rendah. Penajaman dengan perentangan kontras memperluas daerah tingkat keabuan/ nilai pixel sehingga nilai tersebut dapat digambarkan dalam daerah tingkat keabuan yang penuh. Proses perentangan kontras secara bervariasi pada nilai 256 (0-255) daerah tingkat keabuan. Variasi rentangan dapat dilakukan secara linier maupun

husus seperti digambarkan pada Gambar 3.5. Setiap proses perentangan dapat diterangkan sebagai berikut:



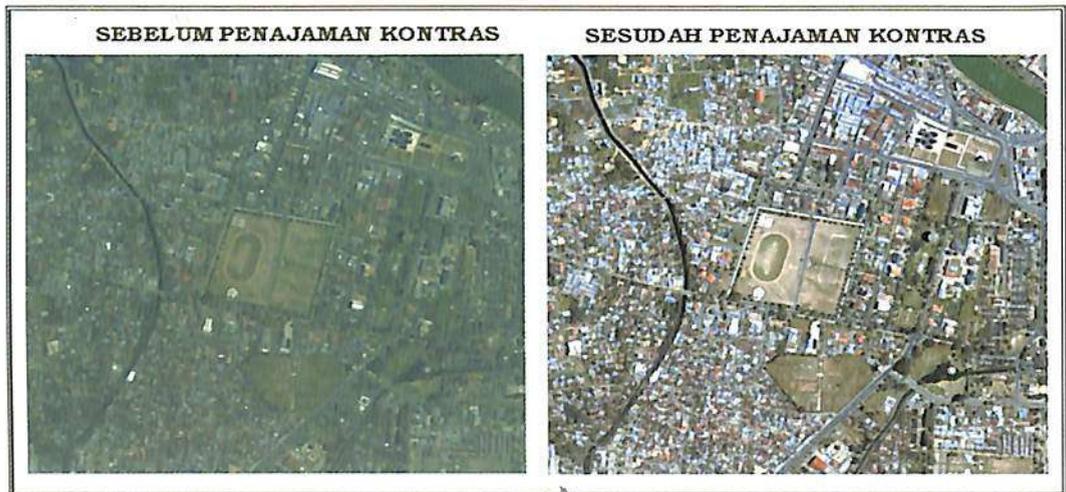
Gambar 3.5. Asas penajaman dengan perentangan kontras (*contrast stretching*) (Lellisand dan Kiefer, 1994 dengan perubahan)

1. Gambar 3.5.a. histogram tingkat kecerahan yang direkam pada satu saluran spektral citra 256 tingkat keabuan (0-255).
2. Histogram nilai obyek hanya menempati daerah tingkat keabuan 60-158, yaitu hanya menempati sebagian kecil dari alat *display* (Gambar 3.5.b), berarti rona nilai 0-59 dan nilai 159-255 tidak digunakan, berarti memperkecil kemampuan analisis citra.
3. *Display* gambar yang lebih ekspresif akan diperoleh bila memperluas daerah tingkat keabuan pixel citra asli (60-158) untuk memenuhi daerah keabuan (0 - 255). Gambar 3.5.c menunjukkan nilai citra telah direntang secara seragam, disebut perentangan linier (*linear stretch*). Hasil citra dengan proses perentangan linier, kenampakan lebih cerah menyebabkan mengakibatkan kenampakan lebih gelap. Suatu kelemahan perentangan linier adalah teknik menggunakan nilai display citra pada banyak tingkatan. Gambar 3.5.c bahwa setengah daerah nilai dinamik keluaran (0-127) akan dicadangkan untuk sejumlah kecil pixel memiliki nilai 10-108, dan sebagian data citra mempunyai nilai

109-158 terletak setengah display citra 128-255.

4. Perbaikan gambar lebih bagus dapat diterapkan suatu teknik yang disebut rentangan histogram ratahan (*histogram equalized stretch*). Pendekatan ini menempatkan nilai citra pada tingkatan gambar yang berdasarkan frekuensi terjadinya (saat perekaman) pixel seperti Gambar 3.5.d. direntang hingga rentangannya memiliki sebaran mirip uniform yaitu jumlah piksel untuk masing-masing nilai digital antara 0 -255 terdistribusikan secara merata (uniform). Teknik ini didasarkan kepada teori bahwa setiap variabel random yang kontinyu dengan probabilitas distribusi tertentu selalu dapat ditransformasi menjadi variabel random dengan probabilitas distribusi uniform.
5. Analisis khusus pada kenampakan tertentu sehingga dapat dianalisis pada kerincian radiometrik yang lebih besar, yaitu dengan cara menenpatkan daerah gambar pada nilai kecerahan citra tertentu. Contoh air direntang pada daerah kecerahan yang lebih besar (Gambar 3.5.e.) seluruh keluaran diperuntukkan bagi keluaran kenampakan air yang nilai citranya 60-92. Variasi rentangan rona yang kecil pada kenampakan air akan menjadi sangat besar, sebaliknya kenampakan lahan akan tergambar aslinya.
6. Merubah mean dari citra dengan histogram tertentu dengan menambahkan atau mengurangi dengan suatu konstanta. Ini dapat dilakukan untuk menghilangkan kabut dengan dengan mengurangi seluruh nilai digital citra pada tiap kanal sedangkan besaran pengurang diambil dari pantulan yang seharusnya tidak ada pada kanal tertentu misalnya pada kanal infra merah, badan air seharusnya tidak memantul samasekali. Jadi bila ada nilai digital pada badan air pada kanal infra merah maka nilai itu adalah disebabkan kabut, yang nilai rata-ratanya dapat dikurangkan untuk melakukan koreksi kabut.
7. Untuk melakukan penggabungan horisontal (*mozaicking*) beberapa citra dan juga untuk analisis multitemporal dapat dilakukan harmonisasi histogram dengan mengatur atau menyamakan mean dan varian dari seluruh citra dengan merujuk kepada mean dan varian salah satu citra. Seperti diketahui mean adalah mewakili intensitas (kecerahan) sedangkan varian mewakili kontras. Teknik dapat sekaligus melakukan koreksi ifuminasi matahari.
8. Untuk maksud yang sama pada butir 7. di atas dapat dilakukan

teknik penyamaan histogram (*histogram matching*) yaitu seluruh citra disamakan histogramnya dengan merujuk histogram salah satu citra



Gambar 3.6. Hasil penajaman kontras linier (Dok LAPAN)

Gambar 3.6. Hasil penajaman kontras berdasarkan algoritma nilai digital pixel citra keluaran dan citra masukan. Harga tingkat keabuan pixel mula-mula (citra asli) dikurangi dengan nilai minimum kemudian dibagi dengan nilai maksimum dikurang nilai minimum dan hasilnya dikalikan seluruh nilai pixel. Proses gabungan merupakan asosiasi antara nilai digital pixel masukan (DN) dengan nilai digital pixel keluaran (DN') disebut prosedur LUT (*Look Up Table*).

3.3.2. Penajaman Kenampakan Spasial (*Spatial Feature Manipulation*)

Penajaman kenampakan spasial dilakukan dengan manipulasi kenampakan spasial (*spatial feature manipulation*), merupakan operasi lokal karena pengubahan nilai pixel dilakukan dengan mempertimbangkan nilai pixel sekeliling atau tetangga terdekatnya. Operasi ini biasanya diterapkan untuk mengurangi atau memperjelas gambar. Perubahan nilai kecerahan dengan cara ini akan mengubah kenampakan tekstural (kenampakan secara spasial). Manipulasi kenampakan spasial mencakup penggunaan filter spasial (*spatial filtering*), penajaman tepi (*edge enhancement*), dan penajaman penggunaan analisis Fourier (*Fourier analysis*).

3.3.2.1. Penggunaan filter spasial (*spatial filtering*)

Penggunaan filter spasial merupakan operasi lokal berdasarkan manipulasi

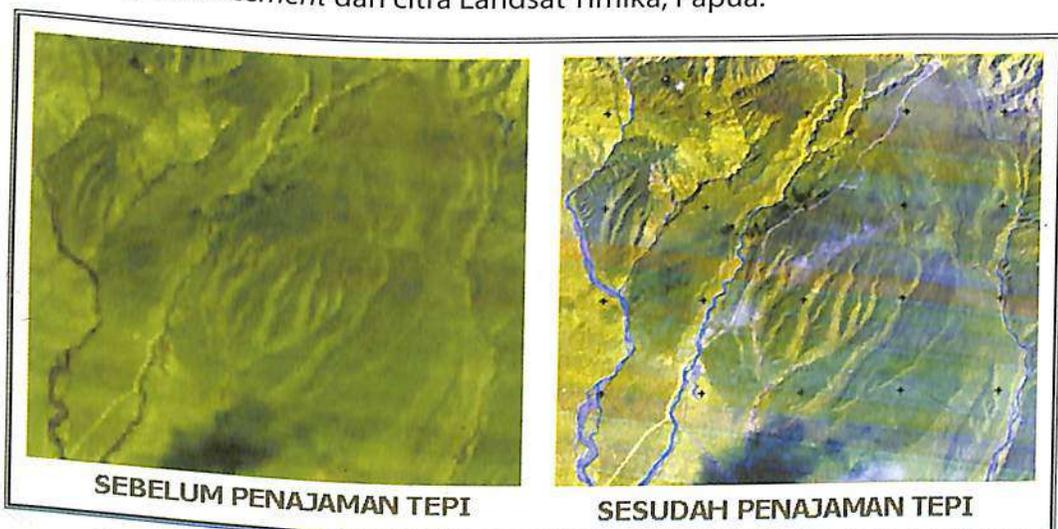
kenampakan spasial dengan cara pengurangan kejelasan atau kecerahan citra. Penggunaan filter bermanfaat untuk mengurangi bising random yang disebabkan karena perubahan frekuensi. Oleh karena itu disebut "frekuensi spasial tinggi". Filter spasial dapat mengurangi ketajaman atau menahan nilai frekuensi spasial tinggi, filternya disebut filter penerus rendah (*low pass filters*). Bentuk filter ini paling sederhana ialah mengganti setiap nilai pixel dengan nilai rata-rata dihitung dalam jendela kernel 3 x 3 pixel sekeliling. Operasi filter penerus rendah sama dengan reduksi bising random, yang mengakibatkan nilai bising berbentuk bulatan-bulatan (bercak-bercak) akan diperhalus, sehingga proses filter penerus rendah disebut operasi penghalusan (*smoothing operation*).

Aplikasi pada penggunaan filter spasial disebut konvolusi. Prosedur operasi konvolusi dapat dilakukan dengan operasi kernel yang elemennya terdiri dari faktor pembobotan yang menentukan nilai intensitas pixel-pixel tetangga. Filter frekuensi rendah mempunyai efek pemerataan tingkat keabuan, sehingga gambar yang diperoleh akan tampak kontrasnya agak kabur, namun proses ini dilakukan terhadap gambar agar gangguan yang berbentuk garis tajam efeknya dapat dikurangi. Oleh karena itu operasi penghalusan biasanya untuk memperkecil gangguan radiometrik pada citra. Operasi ini sesungguhnya lebih bersifat pemulihan atau koreksi citra daripada teknik penajaman.

3.3.2.2. Penajaman tepi (*edge enhancement*)

Penajaman tepi (*edge enhancement*) atau operasi menggunakan filter penerus (frekuensi) tinggi (*high pass filters*) merupakan operasi untuk meningkatkan beberapa kenampakan yang terkena bising acak. Masalah bising acak biasanya mempengaruhi kenampakan kecil berukuran kurang dari ukuran resolusi spasial, namun kontras terhadap kenampakan disekelilingnya. Oleh karena itu dengan menekan beberapa kenampakan akan diperoleh peningkatan resolusi spasial, maka sering kali penting untuk memperbesar nilai citra untuk menajamkan kenampakan tertentu. Filter penerus (frekuensi) tinggi mempunyai karakteristik menyalurkan dan memperkuat komponen suatu citra sehingga bagian garis-garis atau batas antara obyek yang ada pada gambar akan tampak lebih tajam. Operasi penajaman tepi dilakukan secara terpisah pada setiap saluran. Penajaman tepi untuk menghilangkan bising dapat diidentifikasi dengan membandingkan setiap pixel citra terhadap pixel sekelilingnya (tetangganya). Jika perbedaan antara nilai pixel obyek dan nilai tetangganya melebihi spesifikasi nilai ambang (*threshold*), maka pixel tersebut

dapat diasumsikan sebagai pixel yang mengandung bising. Nilai pixel bising dapat dihitung menggunakan rata-rata nilai tetangga, yaitu menggunakan prosedur tipe pergeseran nilai tetangga dari jendela Kernel 3 x 3 pixel atau 5 x 5 pixel. Teknik lain dalam penajaman tepi menggunakan perbedaan arah pertama dengan menekan tepi data citra. Proses perbandingan setiap pixel dalam citra dilakukan terhadap satu pixel tetangga terdekat yang mempunyai perbedaan nilai keabuan. Proses matematikanya sama, yaitu menentukan nilai keabuan pertama dari citra asli dan menentukan arah perbedaan terhadap tetangganya. Penentuan arah tetangga terdekat dapat dilakukan secara horisontal, vertikal atau diagonal. Gambar 3.7. Hasil proses penajaman tepi menggunakan *contrast stretching enhancement* dari citra Landsat Timika, Papua.



Gambar 3.7. Hasil proses penajaman tepi Timika, Papua (Purwadhi, 2001)

3.3.2.3. Penajaman dengan analisis fourier

Manipulasi kenampakan spasial (*spatial feature manipulation*) yang diterapkan pada daerah spasial (*spatial domain*) dengan koordinat (x,y) citra. Alternatif koordinat ruang citra dapat dianalisis berdasarkan daerah frekuensinya (*frequency domain*). Pendekatan dari berbagai macam (variasi) komponen frekuensi spasial dapat diaplikasikan secara matematik menggunakan transformasi fourier (*fourier transform*). Deskripsi kuantitatif mengenai bagaimana proses komputer menangani transformasi fourier cukup sulit. Penggunaan domain frekuensi proses konvolusinya dapat diterapkan pada bentuk perkalian langsung, dan perubahan sebaliknya digunakan transformasi invers fourier.

3.3.3. Manipulasi Multi-Citra (*Multi-Image Manipulation*)

Proses penajaman terhadap dua citra merupakan proses penggabungan informasi dari dua citra secara spektral. Operasi matematika terhadap setiap pasangan pixel untuk dua citra menggunakan operasi aritmatik (tambah, kurang, kali, rasio, akar, negatif) dan bersifat logik (*AND, OR, NOT, XOR*). Penajaman menggunakan operasi manipulasi multi-citra (*multi-image manipulation*), mencakup (1) spektral rasio citra multispektral "*band rationing*" atau "*spectral rationing*", (2) komponen utama (*principal components*) dan komponen baku atau kanonik (*canonical components*), (3) komponen vegetasi, (4) komposisi warna RGB, dan (5) penajaman dengan fusi dengan data resolusi spasial tinggi (*pansharpenning*).

3.3.3.1. Spektral rasio citra multispektral "*band rationing*"

Hasil penajaman rasio citra multispektral diperoleh dari prosedur rentangan kontras spektral untuk memperkuat kontras pada masing-masing saluran. Citra rasio dibentuk dengan menghitung perbandingan nilai digital pixel (*DN values*) setiap saluran. Rasio citra dapat dihitung berdasarkan kondisi kenampakan, yaitu kenampakan obyek tanpa gangguan dan kenampakan obyek yang mendapat gangguan (kenampakan obyek yang terkena bayangan atau obyek yang tertutup kabut). Misalnya rasio citra pada obyek hutan di daerah yang mempunyai topografi bergelombang, maka perbandingan (rasio) dihitung berdasarkan perbedaan penyinaran sinar matahari pada obyek yang sama. Obyek hutan dengan sinar matahari penuh nilai digitalnya berbeda dengan obyek yang sama yang tertutup bayangan bukit. Perbedaan jenis penutup lahan juga mempengaruhi perbedaan nilai digital, maka untuk rasionya juga berbeda antara dua saluran spektral

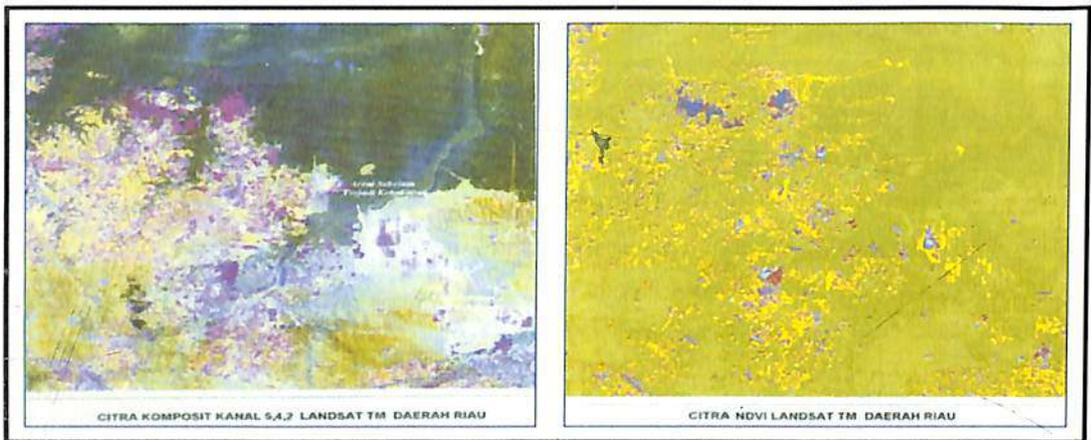
3.3.3.2. Komponen utama dan komponen baku

Korelasi yang intensif antar saluran merupakan masalah dalam penggunaan rasio dua saluran bagi penajaman citra. Banyaknya kemungkinan paduan saluran yang harus dipilih pada pembentukan paduan warna merupakan tugas yang sulit dilakukan. Dasar transformasi nilai pixel ke rangkaian sumbu pengukuran. Transformasi komponen utama (*principal component*) dan komponen baku (*canonical component*) merupakan dua teknik desain dalam reduksi data multispektral. Transformasi yang digunakan dalam dasar penajaman sebelum interpretasi visual atau merupakan pra-pengolahan data sebelum klasifikasi secara otomatis.

3.3.3.3. Komponen vegetasi

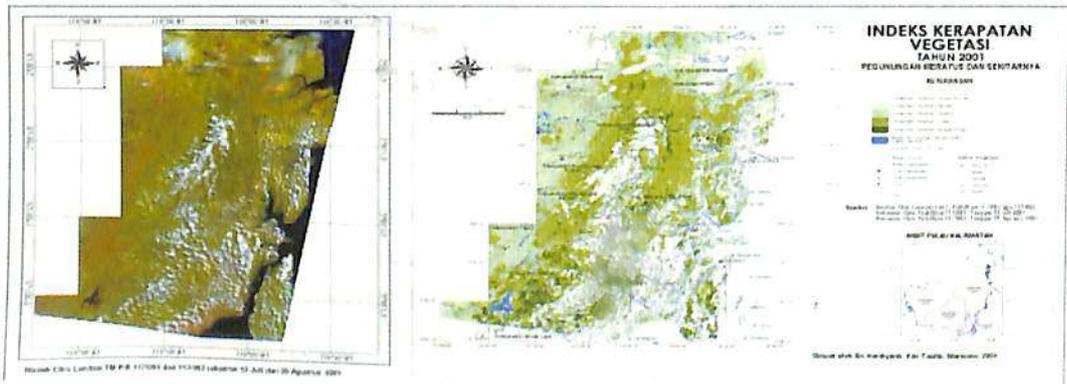
Teknik untuk mencari penutupan lahan yang maksimal dan tidak bertampalan dapat dilakukan pada citra yang sudah diproses dengan penajaman berdasarkan komponen vegetasi (indeks vegetasi). Penajaman dengan membuat citra indeks vegetasi, yang pembuatannya dengan cara mengurangi, menambah, dan membandingkan nilai digital setiap saluran yang spektralnya berbeda.

Gambar 3.8. Hasil pembuatan citra dengan komponen vegetasi, dengan indeks perbedaan nilai normal vegetasi atau NDVI (*Normalization Difference Vegetation Index*) dan citra Landsat TM daerah bekas kebakaran di Provinsi Riau, Sumatera (Purwadhi dkk, 2001).



Gambar 3.8. Citra Landsat TM dan NDVI Riau, Sumatera (Purwadhi dkk, 2001)

Gambar 3.9. Peta NDVI yang dibuat dari mosaik citra Landsat TM Pegunungan Meratus dan sekitarnya (path/ Row 117/061 dan 117/062), rekaman tanggal 12 Juli 2001 dan 29 Agustus 2001 (Purwadhi dkk, 2001)



Gambar 3.9. Mosaik citra Landsat dan NDVI (Purwadhi dkk, 2001)

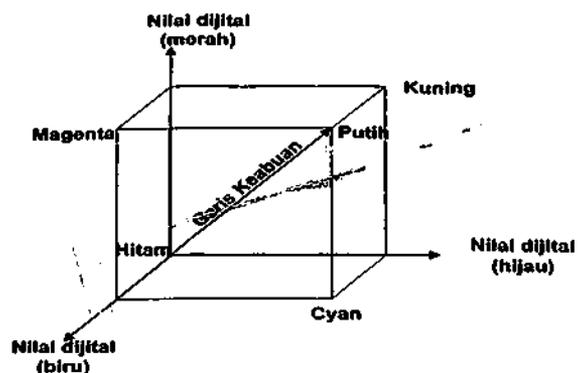
Lima cara pembuatan citra indeks vegetasi dengan perbandingan beberapa saluran (citra rasio, citra normalisasi, citra hasil transformasi), membuat citra yang diselisihkan, citra indeks vegetasi bekas kebakaran, dan membuat citra transformasi model "Tasseled Cap", dan pembuatan citra tegak lurus. Masing-masing cara sebagai berikut.

1. Membuat citra perbandingan dari beberapa saluran antara lain:
 - a. Citra Rasio atau RVI (*Ratio Vegetation Index*)
 - b. Citra normalisasi atau NDVI (*Normalization Difference Vegetation Index*)
 - c. Citra transformasi atau TVI (*Transformed Vegetation Index*)
2. Membuat citra yang diselisihkan atau DVI (*Difference vegetation Index*)
3. Membuat citra indeks vegetasi bekas kebakaran atau AVI (*Ashburn vegetation index*)
4. Membuat citra transformasi model "Tasseled Cap" (Kouth dan Thomas, 1976)
5. Membuat citra tegak lurus atau PVI (*Perpendicular vegetation index*).

3.3.3.4. Komposisi warna (*Colour Composite*)

Komposisi warna adalah teknik memberikan warna kepada citra atau data digital agar pemisahan atau pendeteksian obyek secara visual akan lebih mudah. Caranya adalah berdasarkan teori bahwa seluruh warna yang ada dapat dibangun dari tiga warna utama (*primary colours*) yaitu merah (R-Red), Hijau (G-Green) dan biru (B-Blue) di mana ruang warna RGB digambarkan pada Gambar 3.10. Nilai digital dari tiap kanal spektral data indera masing-masing diletakkan pada kanal R, G atau B dari peralatan penampil (*display system*). Kisaran nilai digital pada tiap kanal spektral biasanya delapan bit per pixel kisaran 0-255, dengan demikian diperoleh kemungkinan kombinasi warna merah, hijau, dan biru sebanyak 256^3 atau 16.777.216

Gambar 3.10.
Kubus warna merah, hijau, dan biru (RGB)



Gambar.3-11. memberikan contoh komposisi warna dimana kanal penampil R ditempati kanal spektral 5, kanal penampil G ditempati kanal spektral 4 dan kanal penampil B ditempati kanal spektral 2 dari data Landsat 5 TM

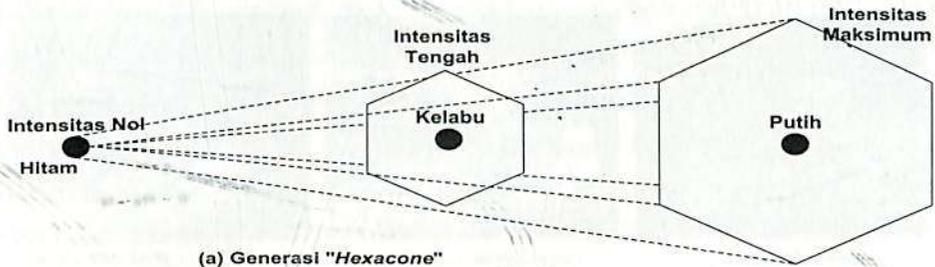


Gambar 3.11. Komposit citra Landsat RGB 542 Jawa Tengah dan DIY (Dok. LAPAN)

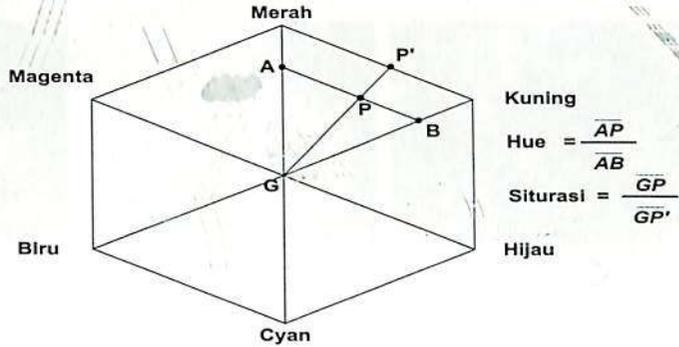
3.3.3.5. Penajaman gabungan data resolusi spasial tinggi (*Pansharpen*)

Penajaman tepi dapat dilakukan dengan penggabungan dengan data resolusi spasial lebih tinggi. Maksudnya adalah untuk dapat memanfaatkan ketajaman citra dari citra dengan resolusi spasial yang lebih tinggi dengan tetap memelihara informasi spektral dari kanal-kanal dengan resolusi lebih rendah. Caranya adalah dengan mentransformasi data dari ruang RGB ke IHS (*I-Intensity, H-Hue, S-Saturation*). Ruang IHS dan hubungan antara RGB dan IHS dapat dilihat pada Gambar.3.12. Kemudian kanal I diganti dengan data resolusi tinggi kemudian dilakukan transformasi kebalikan dari ruang IHS ke RGB. Sayangnya teknik ini hanya dapat digunakan untuk tiga kanal data saja yaitu yang menempati ruang RGB. Pengembangan teknik ini adalah dengan transformasi untuk kanal lebih dari tiga (Kartasmita M dan Dianovita, 2007) telah dilakukan.

Teknik lain adalah dengan mengganti data Kanal Komponen Utama Pertama oleh data resolusi tinggi (Gambar 3.13.), dan teknik lain adalah dengan menggunakan nilai piksel dari kanal resolusi tinggi dimana untuk tiap kanal aslinya diambil nilai yang proporsional dengan harga nilai piksel pada kanal tersebut dibandingkan dengan jumlah nilai piksel tiap-tiap kanal pada posisi piksel yang sama. Contoh hasil fusi data dengan resolusi spasial yang berbeda. Fusi dibuat dengan penajaman tepi sehingga dapat menonjolkan kenampakan jalur (jalan, sungai, igir pegunungan, garis pantai) yang lebih tajam dilihat Gambar. 3.14 dan Gambar 3.15.

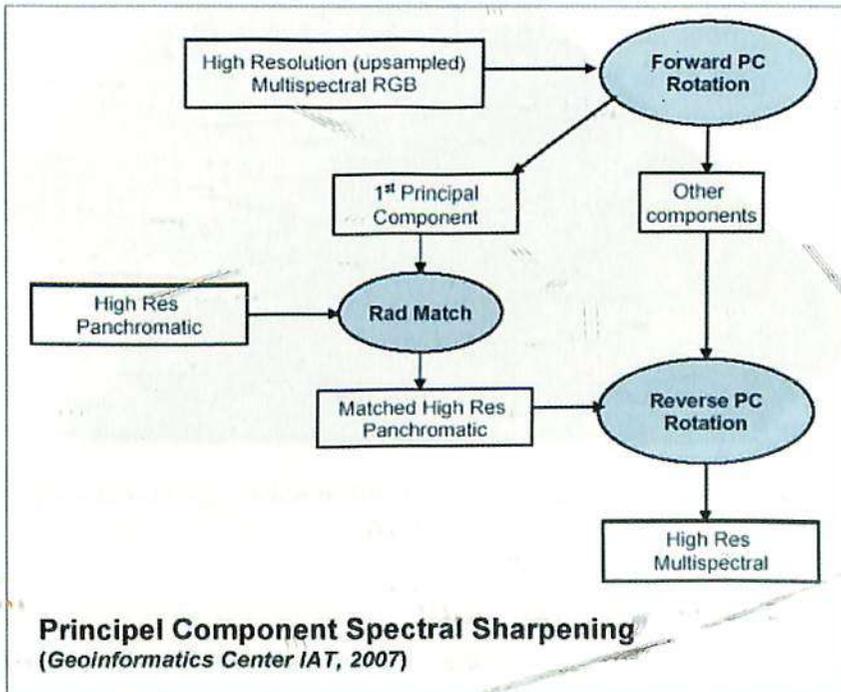


(a) Generasi "Hexacone"

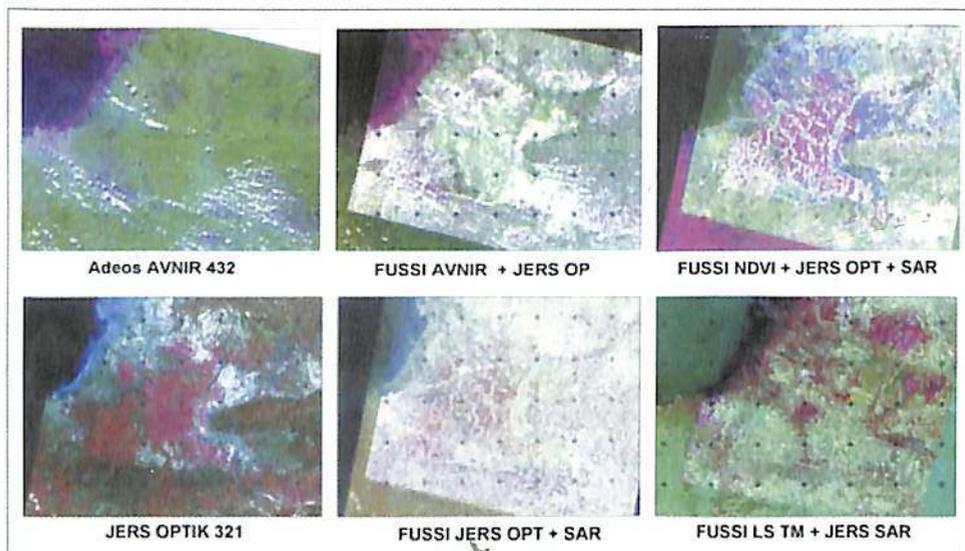


(b) Definisi komponen siturasi "Hue"

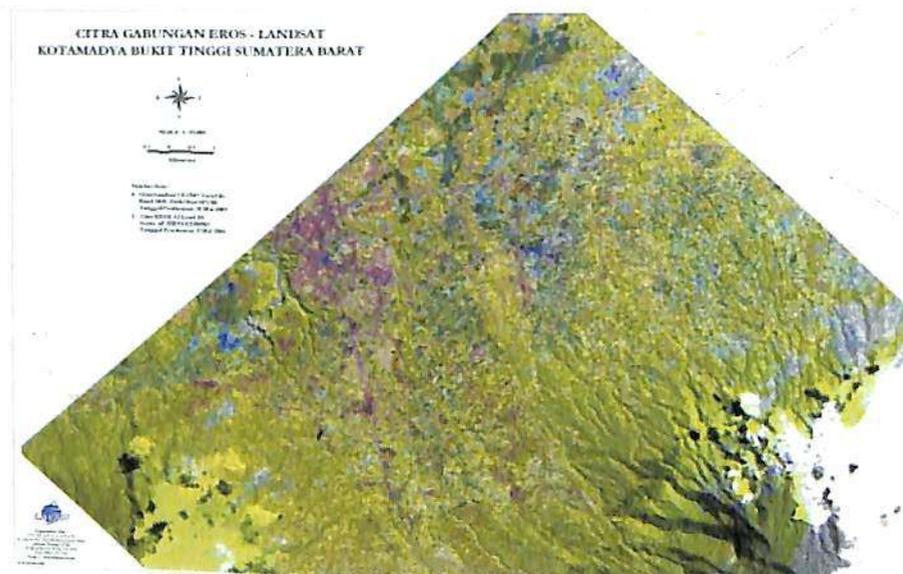
Gambar 3.12. Model warna "Hexacone" (Lillesand dan Kiefer, 1994 dengan perubahan)



Gambar 3.13. Pelaksanaan penajaman citra berdasarkan komponen utama.



Gambar 3.14. Citra gabungan beberapa jenis citra resolusi spasial yang berbeda



Gambar 3.15. Gabungan citra EROS dan Landsat Bukitinggi, Sumatera Barat. (Dok LAPAN)

3.4. KLASIFIKASI CITRA DIGITAL

Prosedur klasifikasi citra secara digital bertujuan untuk melakukan kategorisasi secara otomatis dari semua pixel citra ke dalam kelas penutup lahan atau suatu tema tertentu. Secara umum data multispektral boleh dikatakan menggunakan bentuk klasifikasi pola spektral data untuk kategorisasi setiap

pixel berbasis numerik. Perbedaan tipe kenampakan menunjukkan perbedaan kombinasi dasar nilai digital pixel pada sifat pantulan (reflektansi) dan pancaran (emisi) spektral yang dimilikinya, dan harus diingat bahwa pola spektral tidak semuanya sesuai dengan karakter geometrik. Bentuk "pola" cukup berhubungan dengan ukuran radian yang diperoleh dari setiap pixel berdasarkan jenis saluran atau panjang gelombang yang merekamnya. Pengenalan pola spektral (*spectral pattern recognition*) merupakan prosedur klasifikasi menggunakan informasi spektral setiap pixel untuk mengenal kelas-kelas penutup lahan secara otomatis.

Pengenalan pola spasial (*spatial pattern recognition*) meliputi kategorisasi pixel citra dengan basis hubungan spasial antar pixel-pixel tersebut. Pola spasial dapat dievaluasi pada skema interpretasi secara otomatis. Klasifikasi spasial mencakup beberapa aspek seperti tekstur citra atau pengulangan rona, bentuk dan ukuran obyek, arah, hubungan, serta posisi pixel yang berdekatan. Tipe klasifikasi spasial mudah dideteksi oleh akal manusia dalam proses interpretasi visual, namun merupakan tugas yang rumit bagi komputer karena informasinya sangat kompleks. Sebaliknya komputer dengan mudah menganalisis pola spektral dalam sejumlah saluran. Oleh karena itu atribut spasial dapat dikaitkan dengan proses pengenalan spektral, dengan cara membuat asumsi bahwa pixel yang berdekatan akan menjadi satu kelas tutupan yang sama.

Pengenalan pola temporal (*temporal pattern recognition*) yaitu menggunakan variasi waktu pada tanggapan spektral dapat digunakan untuk identifikasi atau interpretasi kenampakan permukaan bumi. Di dalam survei pertanian dapat diidentifikasi perubahan tanaman selama musim pertumbuhan menggunakan analisis serangkaian citra secara spasial maupun analisis secara spektral. Cara analisisnya dapat dilakukan seperti analisis multispektral, bedanya pada multi temporal menggunakan rangkaian data dengan waktu perekaman berbeda. Analisis multi temporal memerlukan ketelitian registrasi data, harus dilakukan pixel per pixel pada tanggal yang berbeda. Registrasi memerlukan koreksi geometrik secara teliti, walaupun kadang-kadang terjadi pergeseran letak oleh relief, yang membuat pekerjaan lebih sulit.

Klasifikasi citra merupakan interpretasi secara otomatis dari atribut tekstural lebih sukar karena kekasaran rona (frekuensi spasial) dapat dikuantisasikan dengan evaluasi terhadap variabilitas nilai pixel sekelilingnya. Suatu daerah yang teksturnya kasar (frekuensi spasial tinggi) seharusnya menunjukkan nilai varian yang besar, sedangkan daerah yang teksturnya halus seharusnya

menunjukkan nilai varian yang rendah. Teknik klasifikasi berorientasi pada klasifikasi penutup lahan, secara tak-terbimbing (*unsupervised classifications*) dengan pendekatan analisis kelompok (*cluster analysis*). Klasifikasi terbimbing (*supervised classification*) dimulai dari pengenalan pola spektral, prosedur *training areas* penyusunan kunci interpretasi, dan klasifikasi hingga keluarannya. Evaluasi ketelitian klasifikasi dapat dilakukan dengan menggunakan kovusion matrik (*confusion matrix*).

3.4.1. Klasifikasi Tak Terbimbing (*Unsupervised Classification*)

Salah satu alternatif bagi pendekatan klasifikasi data penginderaan jauh dapat dilakukan dengan cara klasifikasi tak-terbimbing (*unsupervised classification*). Klasifikasi tak-terbimbing menggunakan algoritma untuk mengkaji atau menganalisis sejumlah besar pixel yang tidak dikenal dan membaginya dalam sejumlah kelas berdasarkan pengelompokan nilai digital citra. Kelas yang dihasilkan dari klasifikasi tak-terbimbing adalah kelas spektral. Oleh karena itu pengelompokan kelas didasarkan pada nilai natural spektral citra, dan identitas nilai spektral tidak dapat diketahui secara dini. Hal itu disebabkan analisisnya belum menggunakan data rujukan seperti citra skala besar untuk menentukan identitas dan nilai informasi setiap kelas spektral. Citra lebih dari satu saluran sulit untuk menggambarkan nilai citra untuk pengelompokan spektral secara natural. Oleh karena itu tersedia teknik statistik yang dapat digunakan untuk pengelompokan secara otomatis. Klasifikasi tak-terbimbing dilakukan dalam rangkaian n dimensional dengan cara pengelompokan obyek menurut sifat spektral naturalnya sama, dapat dikelompokkan ke dalam kategori tertentu, prosedur ini disebut analisis kelompok (*cluster analysis*).

Analisis *cluster* merupakan studi yang mempelajari algoritma yang mencari bentuk struktur data yang sesuai. Algoritma *clustering* merupakan penyusunan matrik pola (*pattern matrix*) atau matrik keserupaan (*dissimilarity matrix*) dalam proses penentuan *cluster*. Pengamatan pixel dari seleksi ciri obyek (*clustering*) pada bidang pengukuran tiga dimensi, hanya pada *clustering* nama dari setiap kelompok apakah itu jagung, hutan, pasir, dan sebagainya belum diketahui. Proses analisis klasifikasi tak-terbimbing dapat dilakukan dengan berbagai macam algoritma, untuk setiap proses pengelompokan *cluster* tersebut. Di samping itu beberapa pertanyaan yang perlu dijawab oleh interpreter, yaitu bagaimana cara mengatur tingkat keserupaannya, apakah *cluster* data atau kelompok data dapat diukur validasinya, apakah bentuk *cluster* harus lingkaran,

bagaimana yang berbentuk ellips, atau bentuk alamiah lainnya.

Penyelesaian klasifikasi *cluster* akan dapat berhasil dengan baik apabila dilakukan setiap kriteria, karena kriteria yang berlainan apabila dilakukan dengan algoritma yang sama akan menghasilkan bias (kesalahan) yang tidak kecil. Penyelesaian algoritma dapat dilakukan dengan pendekatan perbedaan bentuk *cluster*.

Program pengelompokan memerlukan perhitungan waktu dan biaya yang cukup banyak, karena waktu merupakan fungsi jumlah pixel yang dianalisis. Oleh karena itu dalam klasifikasi tak-terbimbing sering dilakukan partisi atau pembagian data yang disebut sub bagian (*subscene*) sehingga proses pengelompokan pola spektral dapat lebih bagus, dan dapat menjamin bahwa semua kenampakan pada seluruh citra dapat dilakukan pengelompokan dengan menggunakan kelas pada sub-bagian tersebut. Penerapan analisis kelompok dilakukan secara sederhana berupa identifikasi kelas spektral yang berbeda di dalam data citra.

3.4.2. Klasifikasi Terbimbing (*Supervised Classification*)

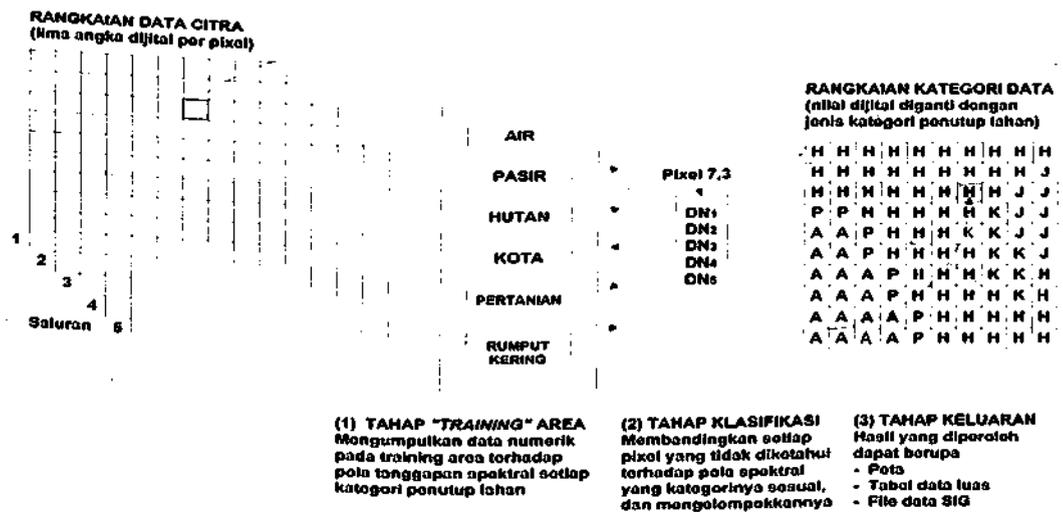
Proses klasifikasi dengan pemilihan kategori informasi yang diinginkan dan memilih *training area* untuk tiap kategori penutup lahan yang mewakili sebagai kunci interpretasi merupakan klasifikasi terbimbing (*supervised classification*). Klasifikasi terbimbing digunakan data penginderaan jauh multispektral yang berbasis numerik, maka pengenalan polanya merupakan proses otomatis dengan bantuan komputer. Konsep penyajian data dalam bentuk numeris/grafik atau diagram klasifikasi terbimbing didasarkan pengenalan pola spektral yang terdiri atas tiga tahap, yaitu.

1. Tahap *training sampel* : analisis menyusun "kunci interpretasi" dan mengembangkan secara numerik spektral untuk setiap kenampakan menggunakan *training areas*
2. Tahap klasifikasi : setiap pixel pada serangkaian data citra dibandingkan setiap kategori pada kunci interpretasi numerik, yaitu menentukan nilai pixel yang tak dikenal dan paling mirip dengan kategori yang sama. Perbandingan tiap pixel citra dengan kategori pada kunci interpretasi dikerjakan secara numerik dengan menggunakan berbagai strategi klasifikasi (dapat dipilih salah satu dari jarak minimum rata-rata kelas, *parallelepiped*, kemiripan maksimum). Setiap pixel kemudian diberi nama sehingga diperoleh matrik multidemensi untuk menentukan

jenis kategori penutup lahan yang diinterpretasi.

3. Tahap keluaran : hasil matrik didelineasi sehingga terbentuk peta penutup lahan, dan dibuat tabel matrik luas berbagai jenis tutupan lahan pada citra.

Ilustrasi tiga langkah dasar prosedur analisis data pada proses pengenalan pola spektral ditunjukkan pada Gambar 3.16 Hasil rekaman suatu matrik nilai digital citra pada setiap pixel merupakan rangkaian dasar pentahapan pada proses pelaksanaan interpretasi terselia, di mana pixel dengan posisi (7,3) digunakan sebagai *training sampel* yang merupakan penutup lahan hutan. Lima nilai digital berasal dari pixel yang sama pada setiap saluran, yaitu saluran 1 (biru), saluran 2 (hijau), saluran 3 (merah), saluran 4 (inframerah dekat), dan saluran 5 (inframerah termal).

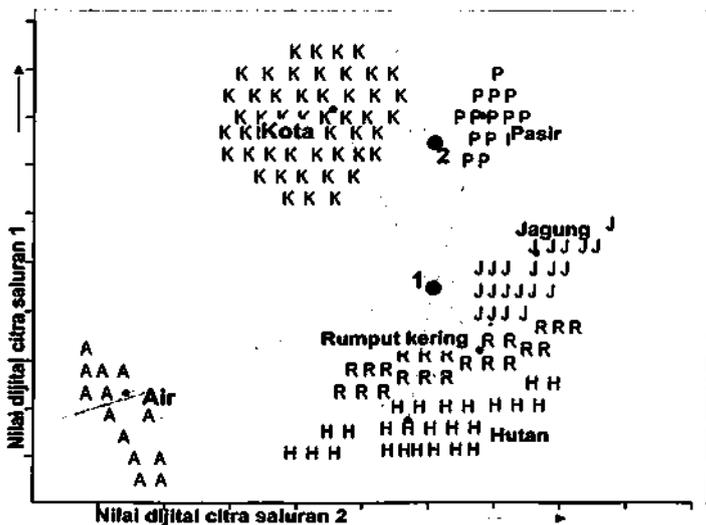


Gambar 3.16. Dasar rangkaian pentahapan pada proses klasifikasi terselia (Lillesand dan Kiefer, 1994 dengan perubahan)

3.4.2.1. Klasifikasi berdasarkan jarak minimum rata-rata kelas

Klasifikasi berdasarkan jarak minimum rata-rata kelas merupakan klasifikasi terselia yang menggunakan strategi paling sederhana, yaitu dengan cara menentukan nilai rata-rata setiap kelas yang disebut vektor rata-rata (*mean vector*). Nilai pixel dua saluran digunakan sebagai koordinat posisi seperti yang ditunjukkan pada diagram pencah dari citra saluran 1 dan citra saluran 2, yang dapat diperiksa pada Gambar 3.17. menunjukkan suatu strategi klasifikasi terbimbing yang menggunakan jarak minimum rata-rata kelas. Suatu pixel tak

dikenal identitasnya dapat dikelaskan dengan cara menghitung jarak terpendek dari nilai pixel rata-rata yang digunakan sebagai kategori kelas. Pixel tak dikenal pada Gambar 3.16. diberi tanda titik 1 dan 2. Titik 1 mempunyai jarak terhadap rata-rata nilai pixel penutup lahan, jarak terpendek (minimum) titik 1 tersebut ternyata terhadap rata-rata nilai pixel penutup lahan yang dikelompokkan pada "rumput kering", maka titik 1 dapat dikelompokkan pada kelas "rumput kering". Namun apabila jarak terpendek tersebut melebihi dari jarak yang telah ditetapkan maka akan dikelompokkan pada kelas pixel "tidak dikenal". Jarak minimum rata-rata kelas merupakan strategi paling sederhana secara matematik dan perhitungannya efisien, namun metode ini memiliki keterbatasan, karena kurang peka terhadap perbedaan varian tanggapan spektral. Titik 2 menurut dasar klasifikasi jarak minimum rata-rata menjadi kelas "pasir" padahal menurut kenyataan variabilitas nilai pixel lebih besar masuk ke dalam kategori "kota". Berdasarkan banyaknya permasalahan seperti ini, maka metode klasifikasi berdasar jarak minimum rata-rata, dalam terapannya tidak banyak digunakan.

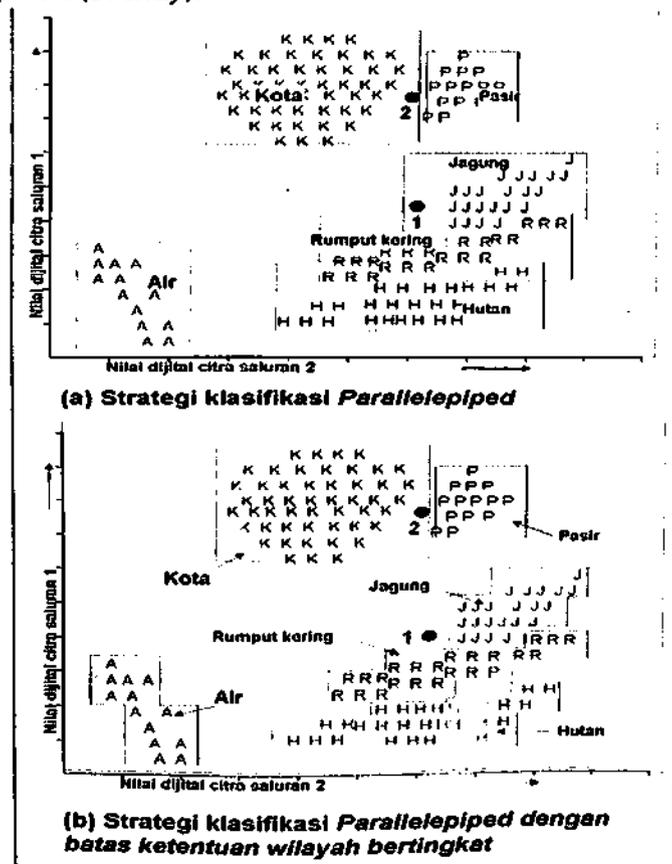


Gambar 3.17. Strategi klasifikasi terbimbing dengan jarak minimum rata-rata kelas.

3.4.2.2. Klasifikasi berdasarkan strategi "paralelepiped"

Strategi *paralelepiped* merupakan klasifikasi terbimbing yang dapat memberikan kepekaan terhadap varian kategori, yaitu dengan memperhitungkan kisaran nilai digital dari masing-masing rangkaian kategori nilai pixel "training" sampel. Kisaran nilai digital dapat ditentukan dengan nilai digital tertinggi (*DN Max*) dan nilai digital terendah (*DN Min*) pada setiap

saluran. Kisaran nilai digital dari dua saluran dapat digambarkan dalam bentuk empat persegi panjang pada diagram pencarnya (Gambar 3.18.) Suatu pixel tak dikenal dapat dikelaskan pada kisaran kategori kelas penutup lahan sesuai dengan wilayah ketetapan (*decision region*) di mana letak atau poisisi pixel "tak dikenal" tersebut berada. Apabila letak pixelnya di luar kisaran nilai digital semua penutup lahan yang dikenal, maka pixel tersebut akan dikelaskan pada pixel "tak dikenal" bentuk analog multidemensi bidang persegi empat ini disebut "*parallelepiped*" dan digunakan sebagai nama strategi klasifikasi ini. Klasifikasi menggunakan strategi *parallelepiped* proses pengkelasannya sangat cepat dan efisien serta diterapkan pada beberapa sistem analisis citra. Kepekaan strategi klasifikasi *parallelepiped* terhadap varian kategori (Gambar 3.18a) Wilayah ketetapan untuk kategori "pasir" lebih kecil dibandingkan dengan "kota" yang mempunyai sinyal atau frekuensi perekaman dengan pengulangan tinggi. Oleh karena itu Titik 2 akan lebih cocok masuk pada kelas "kota". Meskipun demikian akan dijumpai kesulitan apabila kisaran kategori pixel (kotak persegi panjang) saling bertampalan (*overlay*).



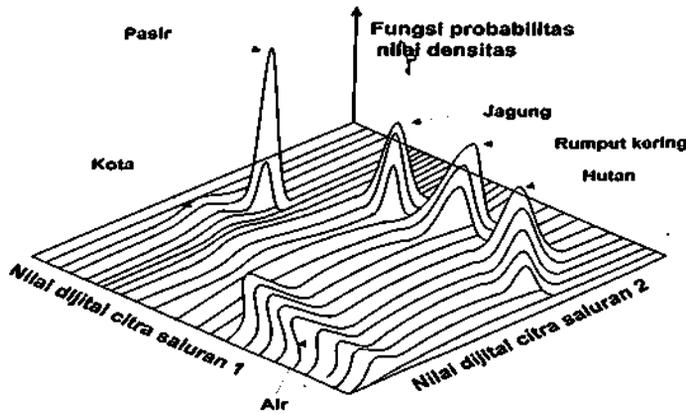
Gambar 3.18. Klasifikasi terbimbing dengan strategi "*Parallelepiped*"

Bagi pengamatan pixel "tak dikenal" akan diklasifikasikan pada kelas yang "belum jelas", atau secara bebas akan ditempatkan pada salah satu kelas dari kategori pixel yang bertampalan. Tampalan tersebut disebabkan oleh kategori nilai digital pixel mempunyai sebaran miring atau sebarannya berbentuk memanjang tidak teratur seperti bentuk awan (*slanted cloud*) pada gambar diagram pencarnya. Bentuk kemiringan diagram pencar dapat berkorelasi positif atau negatif. Bentuk diagram pencar "jagung, rumput kering, hutan" berkorelasi positif (miring ke atas ke arah kanan), yang berarti nilai digital yang tinggi pada saluran 1 sesuai dengan nilai digital yang tinggi pada saluran 2. Sedangkan kategori air menunjukkan korelasi negatif (miring ke bawah ke arah kanan), yang berarti nilai tinggi pada saluran 1 sesuai dengan nilai rendah pada saluran 2. Kelas "kota" menunjukkan kurang korelasi antar saluran, sehingga hasil sebaran nilai digital hampir berbentuk melingkar pada diagram pencarnya, karena penutup lahan "kota" sangat bervariasi. Berdasarkan adanya korelasi antar saluran pada setiap nilai digital penutup lahan tersebut maka batas wilayah ketetapan persegi panjang tersebut kurang sesuai bagi kategori "training sampel" akan menghasilkan kekaburan untuk pengkelasan *parallelepiped*. Titik 1 pada klasifikasi jarak minimum dikelaskan "jagung", ternyata variabilitas kepekaannya bukan "rumput kering" namun "jagung", maka dalam klasifikasi *parallelepiped* titik 1 dimasukkan ke dalam kategori "rumput kering"

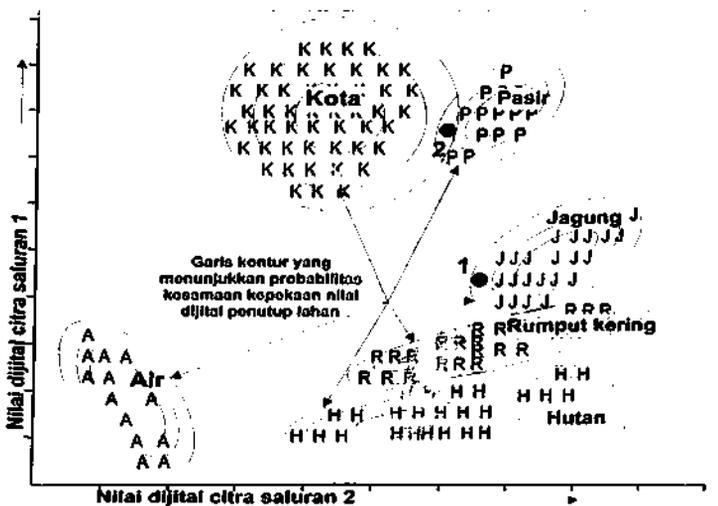
3.4.2.3. Klasifikasi berdasarkan kemiripan maksimum "gaussian"

Klasifikasi berdasarkan kemiripan maksimum (*maximum likelihood*) merupakan strategi klasifikasi terbimbing dengan cara mengevaluasi kuantitatif varian maupun korelasi pola tanggapan spektral pada saat mengklasifikasikan pixel yang tidak dikenal. Pengkelasan ini menggunakan bentuk training sampel yang bersifat sebaran normal (distribusi normal), yaitu semua sebaran (distribusi) pola tanggapan spektral penutup lahan dianggap atau diasumsikan sebagai vektor rata-rata dan kovarian matrik, sehingga kebolehjadian (probabilitas) statistiknya berupa kurve normal (*Gaussian*). Gambar 3.19. menunjukkan nilai probabilitas dalam grafik tiga dimensi terhadap diagram pencar. Sumbu tegak berkaitan dengan probabilitas suatu nilai pixel dalam satu kelompok kelas. Permukaan berbentuk gunung-gunung yang dihasilkan dari fungsi probabilitas nilai densitas (*probability density function value*). Pola dasar klasifikasi kemiripan maksimum terutama pada pembuatan batas "garis tinggi probabilitas nilai densitas pixel sama" yang digambarkan dalam bentuk *ellipsoidal* pada diagram

pencarnya yang menunjukkan daerah atau wilayah ketetapan kepekaan spektral pixel seperti pada Gambar 3.20. di mana bentuk kontur garis tinggi probabilitas nilai densitas pixel merupakan kepekaan kelas spektral terhadap korelasi. Contoh kepekaan dapat dilihat pada pixel (titik) 1 secara tepat dapat ditetapkan pada kategori "jagung" karena masuk dalam garis kontur yang menunjukkan probabilitas kesamaan kepekaan untuk nilai digital penutup lahan "jagung". Klasifikasi menggunakan kemiripan maksimum menyangkut beberapa dimensi, maka pengelompokan obyek dilakukan pada obyek yang mempunyai nilai pixel sama dan identik pada citra. Pengelompokan setiap kategori kelas harus memenuhi distribusi normal "Gauss" di mana setiap kelas mempunyai satu karakteristik, yaitu harga rata-rata (*mean*) intensitas pixel yang diketahui.



Gambar 3.19. Fungsi probabilitas nilai densitas berdasarkan kemiripan maksimum



Gambar 3.20. Kontur probabilitas nilai densitas pixel (klasifikasi kemiripan maksimum)

Secara umum pengelasan kemiripan maksimum (*maximum likelihood*) diperlukan perhitungan yang banyak dan agak rumit untuk mengklasifikasikan setiap pixel. Kerumitan ini menyebabkan proses klasifikasi ini lebih lambat dan lebih mahal, yaitu disebabkan lamanya penggunaan komputer/ *CPU time* lebih besar dibandingkan dengan menggunakan strategi lain yang lebih sederhana.

3.4.2.4. Tahap Latihan (*Training Stage*)

Tahap *training sampel* merupakan analisis menyusun "kunci interpretasi" dan mengembangkan secara numerik spektral untuk setiap kenampakan dengan memeriksa batas daerah (*training areas*). Kunci interpretasi yang dimaksud adalah mempelajari, mengenal dan mengukur pola tanggapan spektral bagi setiap kategori penutup lahan sebelum dilakukan klasifikasi terselia dengan berbagai strategi klasifikasi. Tahap *training* ini merupakan suatu pekerjaan yang penting untuk keberhasilan klasifikasi, karena nilai informasi yang diciptakan dalam klasifikasi terbimbing tergantung secara langsung pada kualitas dan prosedur training. Prosedur kerja dan proses penanganan tahap *training* ini sangat erat dengan pengetahuan menyeluruh interpreter atau analis tentang citra yang digunakan, dan data daerah secara geografik. Persyaratan penting adalah pengetahuan tentang sifat khas spektral setiap kenampakan obyek yang dianalisis.

Pengukuran nilai digital pola tanggapan spektral pada *training area* dapat dibuat dengan beberapa cara, yaitu dengan pengukuran langsung di lapangan atau pengukuran di laboratorium penginderaan jauh menggunakan serangkaian citra sebagai referensi. Proses pemilihan *training sampel* yang representatif (contoh yang seragam) bagi setiap kategori penutup lahan merupakan informasi atau pedoman dalam melakukan klasifikasi. Pemilihan *training area* dilakukan dengan menggunakan rujukan peta topografi, foto udara skala besar, atau pengamatan langsung ke lapangan. Pembuatan batas *training area* dilakukan dengan membuat *poligon* (batas area) yang biasa disebut "jendela" pada citra terhadap penutup lahan yang seragam. Setelah membuat batas *training area*, maka dilakukan pembacaan nilai digital pada citra untuk setiap pixel yang terdapat pada *training area*. Nilai pixel dari rangkaian *training area* tersebut digunakan untuk menetapkan pola tanggapan spektral sebagai kategori penutup lahan.

Pembuatan batas *training area* untuk klasifikasi berdasarkan metode kemiripan maksimum (*maximum likelihood*) merupakan pengelasan yang

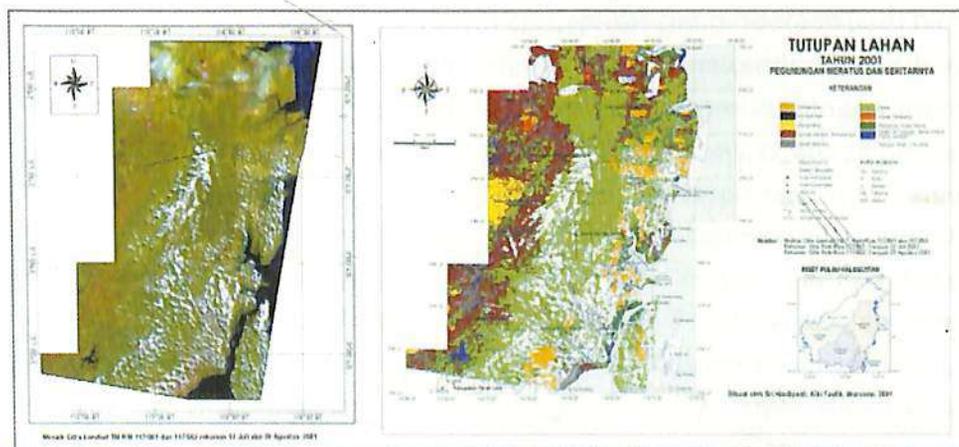
didasarkan pada perhitungan statistik. Oleh karena itu diperlukan jumlah pengamatan pixel pada sejumlah *training area*. Jumlah lokasi *training area* untuk setiap penutup lahan paling sedikit sejumlah $n + 1$ (n = jumlah saluran spektral). Sebagai contoh apabila kita menggunakan dua saluran maka diperlukan tiga lokasi pixel pengamatan pada setiap kelas penutup lahan. Jumlah pixel pada setiap poligon training sampel minimum $10n$ (bagi citra resolusi tinggi atau skala besar seperti foto udara) hingga $100n$ pixel (bagi citra satelit). Jadi jumlah pixel yang diambil pada setiap training sampel citra Landsat TM, jika digunakan klasifikasi multispektral (6 saluran) dengan metode kemiripan maksimum diperlukan dalam training sampel (poligon) berisi 100×6 pixel atau 600 pixel. *Training sampel* diambil secara menyebar pada citra, sehingga dapat diperoleh besaran statistik untuk melakukan evaluasi varian dan korelasi nilai spektral secara baik (lebih baik menentukan pola *training sampel* bagi satu kelas dengan menganalisis 10 lokasi masing-masing 60 pixel jenis tertentu dari pada menganalisis satu lokasi yang berisi 600 pixel). Identifikasi *training sampel* dilakukan berdasarkan ciri spektral atau nilai tingkat keabuan dari suatu obyek pada variasi setiap saluran spektral, serta didasarkan pada tekstur, pola, asosiasi obyek yang diambil sebagai *training sampel*. Perkiraan nilai vektor rata-rata dan matrik kovarian pada umumnya, yang diterapkan pada pengkelasan statistik bertambah besar, yaitu banyaknya pixel penalaran lebih yang digunakan pada *training area* akan lebih teliti. Setelah nilai pixel training area diperoleh dari data citra, maka perlu dievaluasi pola tanggapan spektral setiap kategori penutup lahan, khususnya kemampuan dalam pemisahan setiap spektralnya. Analisis juga harus mengevaluasi apakah data latihan sudah merupakan "distribusi normal". Lima cara analisis untuk mengevaluasi kemungkinan pemisahan dan tingkat kenormalannya ialah :

1. Penggambaran grafik dari pola tanggapan spektral, yaitu menayangkan (*display*) pola tanggapan spektral dari *training sampel* dalam bentuk grafik (histogram) setiap saluran untuk berbagai penutup lahan.
2. Ekspresi (pernyataan) kuantitatif pemisahan kategori, yaitu pengukuran secara statistik bagi pemisahan antara pola tanggapan spektral setiap kategori penutup lahan, dihitung dalam bentuk matrik kelas disebut "matrik divergensi". Matrik ini merupakan suatu jarak kovarian tertimbang antara rata-rata setiap kategori penutup lahan.
3. Klasifikasi khusus data training area, yaitu pengukuran atau evaluasi daya pisah spektral dengan menggunakan matrik error atau matrik

kesalahan (*confusion matrix*), di mana penyimpangan klasifikasi berupa kelebihan jumlah pixel dari kelas lain (komisi) atau kekurangan jumlah pixel masuk kekelas lain (omisi).

4. Interaktif klasifikasi pendahuluan (*interactive preliminary classification*) merupakan suatu interaktif antara training area dengan data asal atau citra keseluruhan (*full scene*). Interaktif tersebut dapat dilakukan dengan cara mengevaluasi ketelitian seluruh citra dengan menggunakan perhitungan algoritma yang efisien (jarak minimum rata-rata) dari kategori pixel penutup lain secara statistik pada *training* sampel.
5. Klasifikasi potongan citra dapat mewakili (*representative subscene classification*) dari seluruh citra (*full scene*). Hasil dari butir 4 (pendahuluan klasifikasi interaktif) dapat digunakan sebagai pembanding pada overlay dengan data mentah citra (*raw image*). pemilihan kelas merupakan pengelompokan secara logik pada citra asli.

Gambar 3.21. Hasil Klasifikasi terbimbing dari citra Landsat TM mosaik wilayah pegunungan Meratus dan sekitarnya (path/ Row 117/061 dan 117/062), rekaman tanggal 12 Juli 2001 dan 29 Agustus 2001, dengan metode kemiripan maksimum dan training sampel (poligon) 600 pixel per jenis penutup lahan.



Gambar 3.21. Klasifikasi terbimbing dari Landsat TM mosaik (Purwadhi dkk, 2001)

INTERPRETASI CITRA PENGINDERAAN JAUH

4.1. IDENTIFIKASI OBYEK PADA CITRA

Interpretasi citra merupakan pekerjaan yang menjawab pertanyaan "bagaimana cara mempergunakannya atau cara analisis data penginderaan jauh", agar dapat digunakan untuk keperluan daerah. Data penginderaan jauh satelit sebelum dipergunakan untuk mengidentifikasi daerah perlu diolah atau dikoreksi terlebih dahulu, agar diperoleh citra yang sudah terkoreksi (dibincangkan pada Bab III). Pengolahan data penginderaan jauh didefinisikan sebagai penanganan data yang direkam oleh sensor penginderaan jauh hingga menjadi bentuk citra yang dapat diinterpretasi. Citra penginderaan jauh yang sudah terkoreksi (citra hasil pengolahan) dapat diinterpretasi hingga menjadi bentuk informasi, yang dapat dimanfaatkan oleh pengguna. Usaha pengolahan data hingga menjadi bentuk citra yang dapat diinterpretasi atau menjadi informasi lain yang dapat langsung digunakan, memerlukan banyak pemikiran, instrumentasi, waktu, pengalaman, dan data rujukan. Peranan manusia di dalam pengolahan data terus berlanjut hingga yang paling penting adalah terapan informasi citra penginderaan jauh dalam berbagai bidang yang diperlukan.

Data penginderaan jauh (citra) menggambarkan obyek dan gejala di permukaan bumi relatif lengkap, dengan ujud dan letak obyek yang mirip dengan ujud dan letak di permukaan bumi dalam liputan yang luas. Interpretasi atau penafsiran citra penginderaan jauh (fotografik atau non-fotografik) merupakan perbuatan mengkaji citra dengan maksud untuk mengidentifikasi obyek yang tergambar dalam citra, dan menilai arti pentingnya obyek tersebut (Sutanto, 1986). Interpretasi citra merupakan kegiatan mengidentifikasi obyek

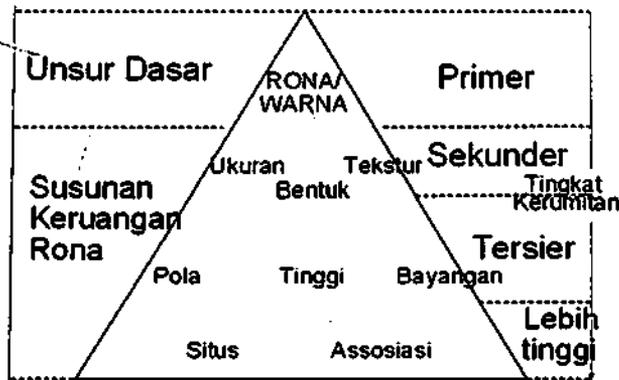
melalui citra penginderaan jauh. Kegiatan ini merupakan bagian terpenting dalam penginderaan jauh, karena tanpa dikenali obyek yang tergambar pada citra kita tidak dapat melakukan kegiatan apa-apa terhadap citra tersebut. Interpretasi citra penginderaan jauh dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu interpretasi secara manual dan digital.

1. Interpretasi citra secara manual data penginderaan jauh merupakan pengenalan karakteristik obyek secara keruangan (spasial) berdasarkan pada unsur-unsur interpretasi citra inderaja. Interpretasi manual dilakukan terhadap citra fotografi dan non-fotografi yang sudah dikonversi ke dalam bentuk foto atau citra. Interpretasi manual pada citra yang sudah terkoreksi baik secara radiometrik maupun secara geometrik, sehingga pengguna tinggal melakukan identifikasi obyek yang tergambar pada citra atau foto. Interpretasi citra visual sesuai kebutuhan pengguna. Interpretasi dilakukan berdasarkan sistem klasifikasi, dan bertujuan untuk pengelompokan atau segmentasi kenampakan muka bumi yang homogen dengan teknik kualitatif. Perhitungan kuantitatif dilakukan secara manual berdasarkan skala dan resolusi citra penginderaan jauh.
2. Interpretasi secara digital dilakukan dengan bantuan komputer. Sudah dibincangkan pada Bab III mengenai klasifikasi citra secara digital. Interpretasi digital pengguna dapat melakukan mulai dari pengolahan/pra-pengolahan, penajaman, hingga klasifikasi. Namun dapat juga menggunakan data digital yang sudah terkoreksi, sehingga pengguna tinggal melakukan klasifikasi, tidak perlu melakukan koreksinya.

4.1.1. Unsur Interpretasi Citra

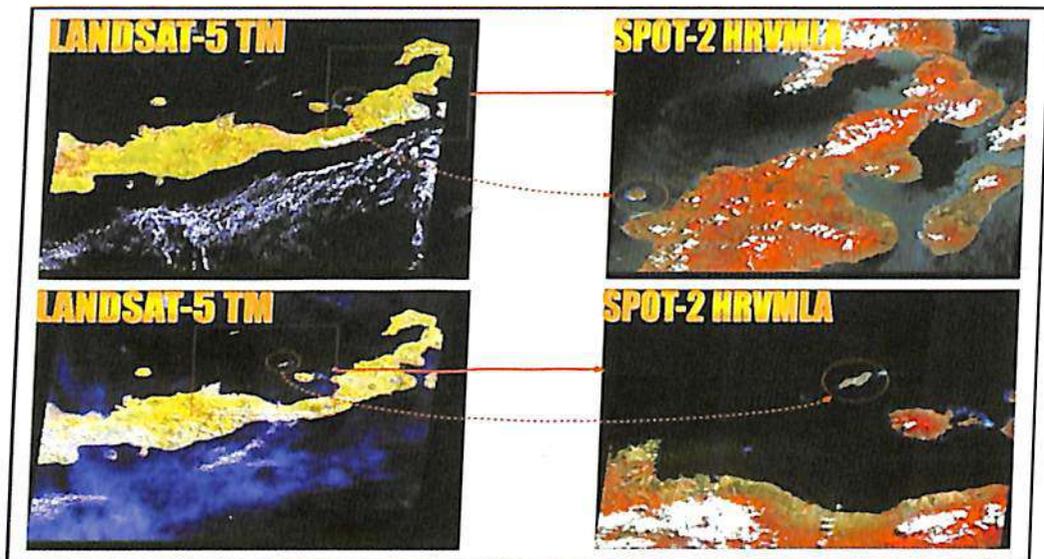
Pengenalan identitas dan jenis obyek yang tergambar pada citra merupakan bagian pokok dari interpretasi citra. Prinsip pengenalan identitas dan jenis obyek pada citra berdasarkan pada karakteristik obyek atau atribut obyek pada citra. Unsur Interpretasi yang dapat digunakan untuk identifikasi obyek pada citra. Karakteristik obyek yang tergambar pada citra dikenali menggunakan 8 (delapan) unsur interpretasi, yaitu rona atau warna, ukuran, bentuk, tekstur, pola, bayangan, letak atau situs, dan asosiasi kenampakan obyek. Unsur-unsur interpretasi tersebut disusun secara berjenjang untuk memudahkan dalam pengenalan obyek pada citra. Susunan berdasarkan pada tingkat kerumitan dalam pengenalan obyek, yang diungkapkan pada Gambar

4.1. (Estes et al., 1983 dalam Sutanto, 1986). Setiap unsur memiliki kemampuan untuk mengenali obyek pada citra, yang masing-masing dapat dijelaskan sebagai berikut.



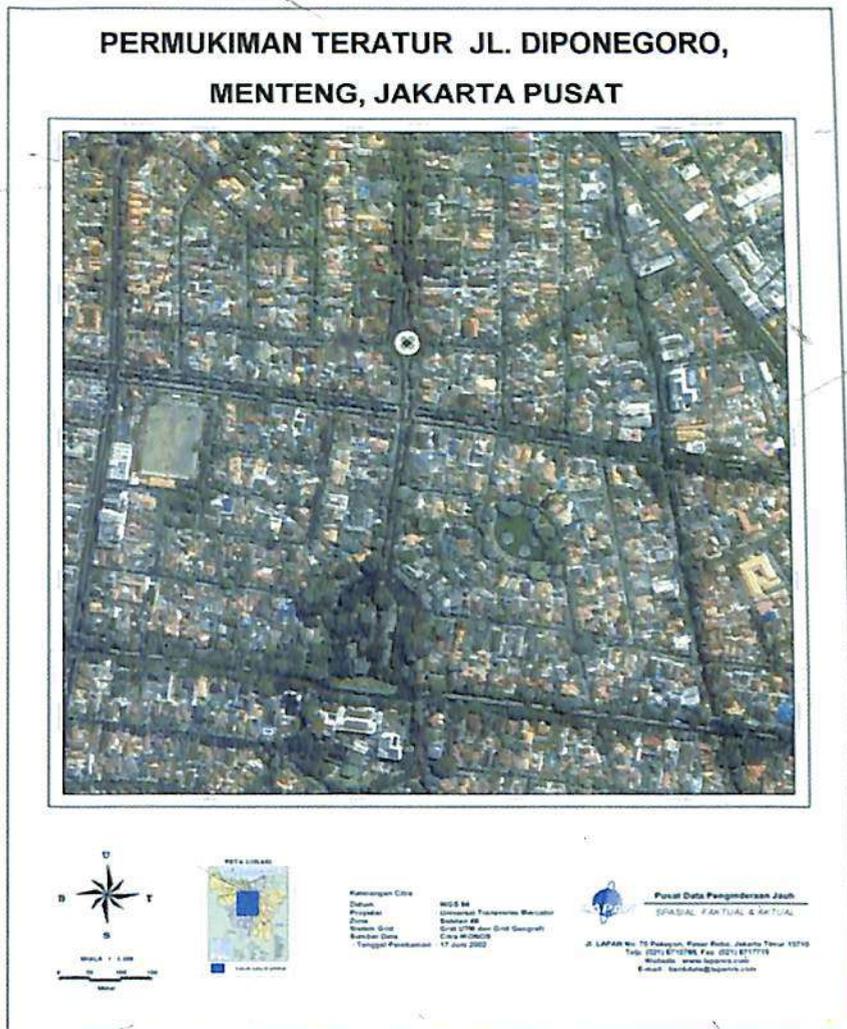
Gambar 4.1. Susunan tingkatan unsur interpretasi citra (Estes et al., 1983 dalam Sutanto, 1986)

1. Rona atau Warna. Rona adalah tingkat kegelapan atau kecerahan obyek pada citra atau tingkatan dari hitam ke putih atau sebaliknya, sedangkan warna adalah ujud yang tampak oleh mata yang menunjukkan tingkat kegelapan dan keragaman warna dari kombinasi saluran/ band citra, yaitu warna dasar biru, hijau, merah, dan kombinasi warna dasar seperti kuning, jingga, nila, ungu, dan warna lainnya. Unsur dasar yang berupa rona atau warna merupakan hal Primer dalam tingkat kerumitan pengenalan obyek. Rona menyajikan tingkat kegelapan atau tingkat keabuan obyek yang tergambar pada citra hitam putih, sedangkan warna menunjukkan tingkatan warna dari obyek yang tergambar pada citra berwarna (baik warna palsu maupun warna asli). Perbedaan warna lebih mudah dibandingkan dengan perbedaan rona, karena mata kita sudah terbiasa melihat keanekaragaman warna di permukaan bumi. Perhatikan rona dan warna citra. Gambar 4.2. Perbedaan rona dan warna dari citra Landsat 5 TM dan SPOT 2 Pulau kecil di sekitar Pulau Flores, Nusa Tenggara Timur.



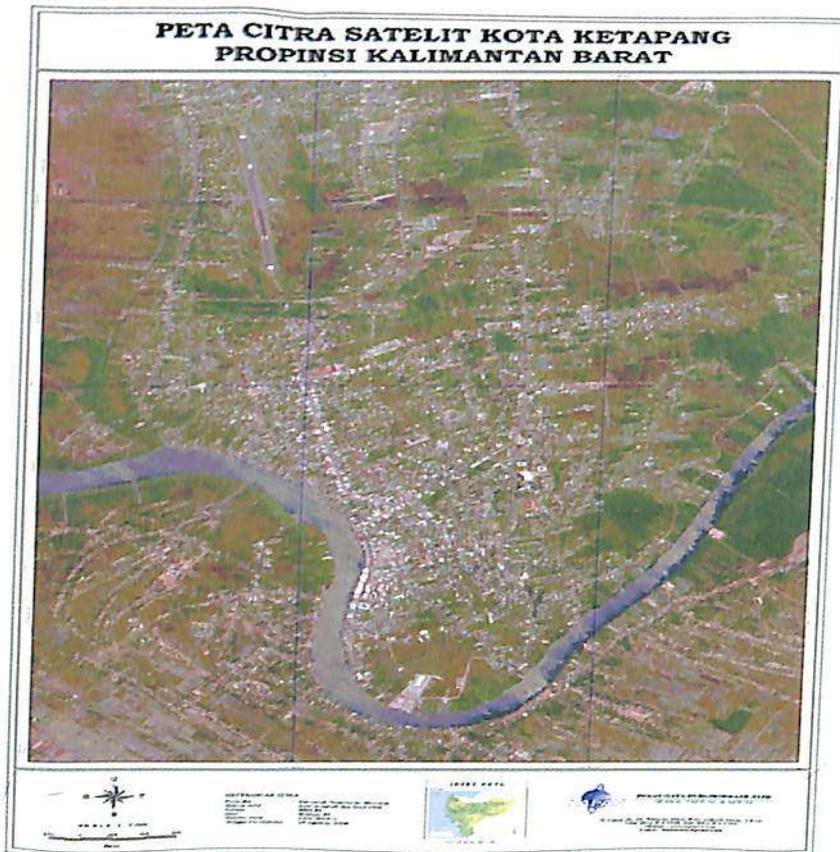
Gambar 4.2. Perbedaan Rona/ Warna Landsat 5 TM dan SPOT 2 Pulau Flores, Nusa Tenggara Timur (Dok. LAPAN)

2. Bentuk adalah variabel kualitatif yang memerikan (menguraikan) konfigurasi atau kerangka suatu obyek, misal : persegi, membulat, memanjang, dan bentuk lainnya. Bentuk juga menyangkut susunan atau struktur yang lebih rinci. Contoh kenampakan pada citra pohon kelapa, sagu, nipah, enau berbentuk bintang, pohon pinus berbentuk kerucut, sedangkan bangunan seperti gedung perkantoran mempunyai bentuk beraturan seperti berbentuk memanjang seperti huruf I, bentuk lengkung seperti huruf L atau U. Gambar 4.3. Citra IKONOS daerah Manggadua, Jakarta Pusat. Perhatikan bentuk rumah hunian, perkantoran, dan pusat niaga, masing-masing mempunyai bentuk berbeda.
3. Ukuran: merupakan atribut obyek yang berupa jarak, luas, tinggi, lereng dan volume. Ukuran tergantung skala dan resolusi citra. Gambar 4.3. menunjukkan ukuran rumah hunian, dan perkantoran. Perkantoran ukurannya relatif lebih besar dibandingkan rumah tinggal.



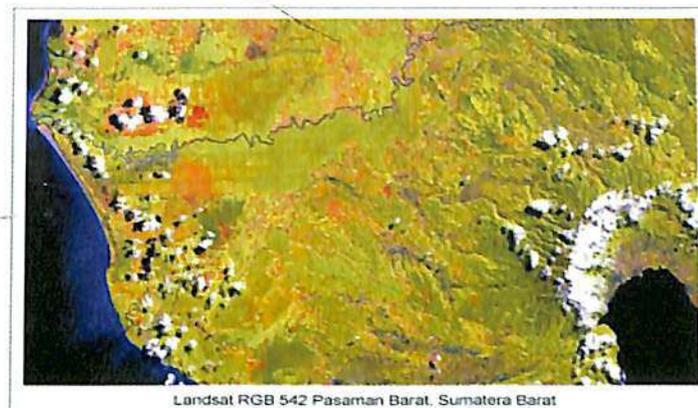
Gambar 4.3. Ukuran dan bentuk rumah pada Citra IKONOS (Dok LAPAN)

4. Tekstur adalah frekuensi perubahan rona pada citra. Tekstur sering dinyatakan dalam ujud kasar, halus, atau bercak-bercak. Gambar 4.4. Citra Quickbird Ketapang, Kalimantan Barat, tampak obyek perkotaan (bangunan) tampak bertekstur kasar, sedangkan kebun bertekstur sedang, rumput bertekstur halus. Obyek air tenang bertekstur halus, air bergelombang bertekstur sedang



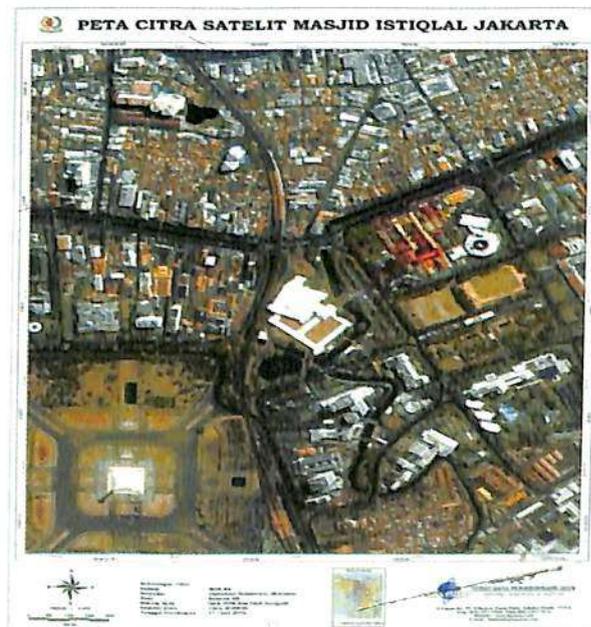
Gambar 4.4. Perbedaan tekstur pada citra Quickbird (Dok. LAPAN)

5. Pola merupakan ciri obyek buatan manusia dan beberapa obyek alamiah yang membentuk susunan keruangan. Pola permukiman pedesaan biasanya pola tidak teratur, namun ada hal yang dapat digunakan sebagai acuan seperti pola permukiman memanjang (longeted) sepanjang jalan atau sungai, permukiman menyebar dan mengelompok di sekitar danau. Perumahan yang dibangun terencana seperti *real estate* dikenali dengan pola teratur. Pola perkebunan teratur karena sudah direncanakan dengan pematang/ jalan-jalan inspeksi, saluran pengairan dengan tanaman yang homogen, sehingga mudah dibedakan dengan vegetasi lain. Gambar 4.6. Citra Landsat RGB 543 Pasaman Barat, Sumatera Barat. Perkebunan pola teratur dengan pematang/ jalan setapak teratur, bedakan dengan vegetasi yang lain (hutan, tegalan).



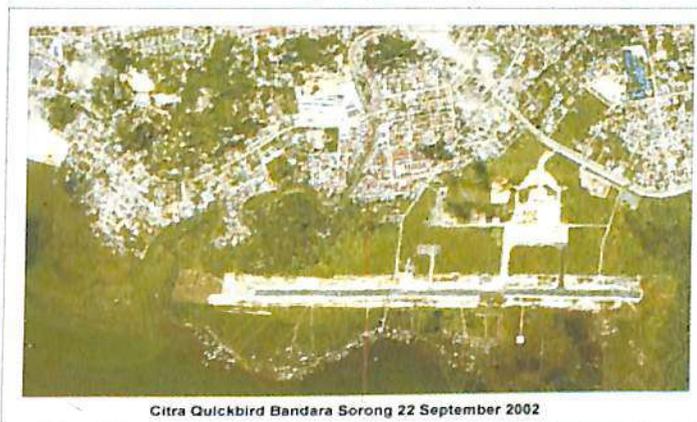
Gambar 4.6. Perbedaan pola dari citra Landsat (Dok. LAPAN)

6. Bayangan merupakan obyek yang tampak samar-samar atau tidak tampak sama sekali (hitam), sesuai dengan bentuk obyeknya seperti bayangan awan, bayangan gedung, bayangan bukit. Bayangan sering dapat mengamati obyek yang tersembunyi, seperti cerobong asap pabrik, menara, bak air yang dipasang tinggi akan tampak dari bayangan. Gambar 4.7. Citra IKONOS sekitar Masjid Istiqlal Jakarta. Perhatikan bayangan gedung gereja, masjid dan gedung bertingkat.



Gambar 4.7. Perbedaan bayangan pada Citra IKONOS (Dok. LAPAN)

7. Situs merupakan hubungan antar obyek dalam satu lingkungan, yang dapat menunjukkan obyek disekitarnya atau letak suatu obyek terhadap obyek lain. Situ biasanya mencirikan suatu obyek secara tidak langsung. Situs kebun kopi terletak di lahan miring, karena tanaman kopi memerlukan pengaturan saluran air/ sirkulasi air yang baik; Situs sering membentuk pola, seperti situs permukiman memanjang di sepanjang jalan, permukiman sepanjang sungai pada tanggul alam, permukiman pantai di sepanjang igir beting pantai. Gambar 4.8. Citra Quickbird Bandara Sorong, Papua Barat. Perbedaan situs bandara yang terletak di daerah landai (dataran) di dekat pantai. Situs permukiman yang membentuk pola memanjang mengikuti aliran sungai yang besar dan mengelompok pada meander-meander sungai. Perhatikan pola jalan dibuat mengikuti pola lekukan sungai atau bentuk pengelompokan daerah permukiman.



Gambar 4.8. Situs bandara dan permukiman pada citra Quickbird (Dok LAPAN)

8. Asosiasi merupakan unsur antar obyek yang keterkaitan atau antara obyek yang satu dengan obyek yang lain, sehingga berdasarkan asosiasi tersebut dapat membentuk suatu fungsi obyek tertentu. Misalnya Pelabuhan merupakan asosiasi dari kenampakan laut, dermaga, kapal, bangunan gudang dan tempat tunggu penumpang, lapangan tempat parkir kontainer. Sekolah merupakan asosiasi dari gedung sekolah, lapangan/ halaman untuk olah raga. Stasiun Kereta Api merupakan asosiasi dari bangunan memanjang di tepi rel kereta api, tempat parkir kereta, tower air untuk keperluan kereta api, kemungkinan bangunan bengkel kereta api. Gambar 4.9. Citra

IKONOS Ancol, Jakarta. Perhatikan asosiasi dari setiap obyek yang menggambarkan tempat rekreasi, wilayah pariwisata pantai dan wisata pendidikan untuk bidang kelautan.



Gambar 4.9. Asosiasi obyek di wisata Ancol, Jakarta dari citra IKONOS (Dok. LAPAN)

4.1.2. Teknik Interpretasi Citra

Teknik interpretasi citra sebagai alat atau cara ilmiah untuk melaksanakan interpretasi citra penginderaan jauh, yang dapat dilakukan secara manual maupun secara digital. Cara pelaksanaan interpretasi diperlukan data acuan, kunci interpretasi, penanganan data, pengamatan stereoskopis (bagi data tiga dimensi), metode pengkajian, dan penerapan konsep multi (multi spektral, multi tingkat, multi penajaman, multi polarisasi bagi citra radar, dan multi temporal). Pengenalan penutup lahan pada data penginderaan jauh diperlukan kunci, yang disebut kunci interpretasi.

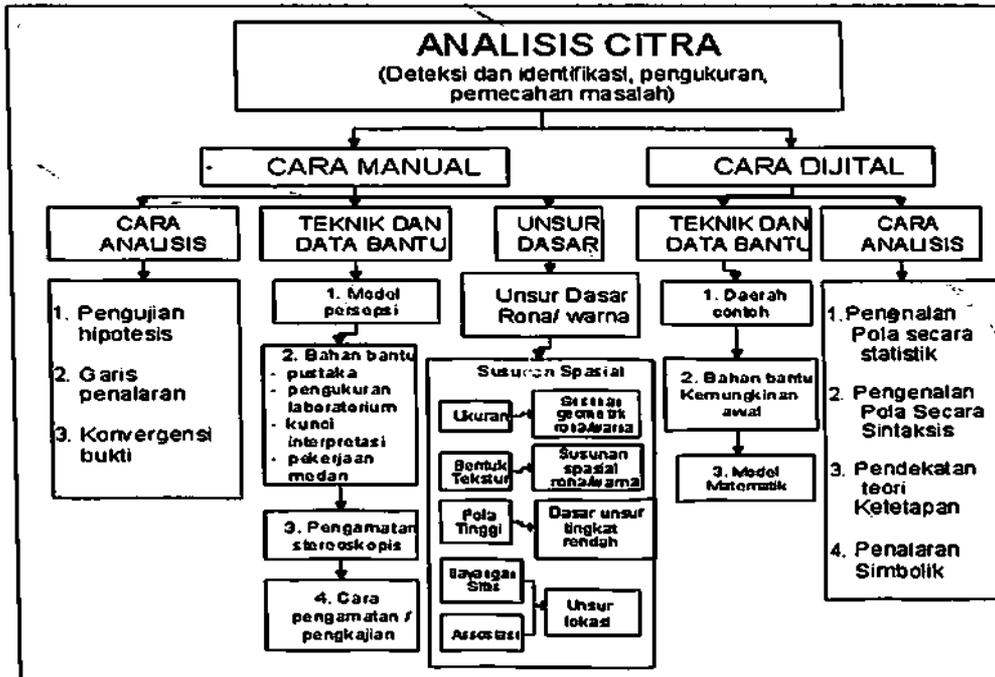
1. Pembuatan kunci interpretasi dapat dilakukan dengan suatu perumusan (generalisasi) kunci yang mudah disusun untuk mengenali kenampakan obyek budidaya seperti rumah, jembatan, jalur-jalur jalan, saluran irigasi.
2. Pembuatan kunci untuk mengenali kondisi alam seperti vegetasi, tanah, air, dan penutup lahan lainnya.
 - a. Identifikasi penutup lahan dapat dilakukan berdasarkan karakteristik tingkatan rona (*gray tone*) sesuai dengan nilai spektral pantulan obyeknya.
 - b. Identifikasi penutup lahan berdasarkan karakteristik ukuran, bentuk, pola tekstur, dan asosiasi, yang merupakan karakteristik spasial.
 - c. Identifikasi penutup lahan didasarkan pada pengenalan unsur dasar pantulan obyek (tanah, air, dan vegetasi)

Interpretasi penutup lahan dengan teknik analisis citra penginderaan jauh secara konseptual oleh Estes et al (1983) dalam Sutanto (1986) pada Gambar 4.10. Pengenalan obyek permukaan bumi berdasarkan rona atau warna pada citra penginderaan jauh dipengaruhi oleh lima faktor, yaitu

1. Karakteristik obyeknya sendiri : kekasaran permukaan obyek yang mempengaruhi pantulan; warna obyek, kondisi kelembaban obyek, dan sifat pantulan obyek
2. Bahan perekaman data penginderaan jauh. Bahan dalam citra fotografi adalah jenis filmnya (pankromatik, inframerah, hitam putih, berwarna), dan citra non fotografi atau citra satelit berupa kepekaan detektor perekam terhadap gelombang elektromagnetiknya (berhubungan dengan sifat spektral).
3. Proses pengolahan data : pada citra fotografi jenis proses film atau secara kimia, dan hasil cetakan redup (*doph*) atau gilap (*glossy*). Sedangkan citra non-fotografi berupa digital tergantung proses koreksi dan restorasi citranya dapat diinterpretasi secara manual (citra dicetak pada kertas) atau delinesasi *on-screen* dan interpretasi digital dengan klasifikasi terbimbing atau tidak terbimbing.
4. Cuaca pada saat pengambilan data, mempengaruhi kendala atmosfer pada citra, yang berhubungan dengan kualitas citra.
5. Letak obyek dan waktu pemotretan mempengaruhi rona atau warna citra. Letak obyek (ketinggian, letak posisi geografis) mempengaruhi sudut datang sinar matahari, sehingga berpengaruh pada pantulan obyeknya. Waktu mempengaruhi musim (kemungkinan adanya kabut tipis pagi hari) sangat berpengaruh pada hasil rekaman obyek atau citra yang dihasilkan.

Teknik interpretasi diartikan sebagai analisis citra seluruh pekerjaan interpretasi citra penginderaan jauh. Analisis citra penginderaan jauh meliputi tiga kegiatan dalam pembuatan kunci interpretasi, yaitu (1) Deteksi dan identifikasi, (2) Pengukuran, dan (3) Pemecahan masalah.

1. Kegiatan deteksi untuk menguraikan obyek-obyek penting yang tergambar pada citra penginderaan jauh, misalnya dideteksi obyek air ternyata ada titik pada obyek air tersebut. Obyek titik tersebut perlu pengukuran lebih rinci. Deteksi obyek dapat dilakukan berdasarkan karakteristik spektral, karena data penginderaan jauh direkam dengan



Gambar 4.10. Kerangka konseptual analisis citra (Sutanto 1986 dengan perubahan)

sensor penginderaan jauh dengan detektor elektronik, yang cara perekamannya menggunakan tenaga elektromagnetik yang luas, yaitu spektrum tampak, ultraviolet, inframerah dekat, inframerah termal, dan gelombang mikro. Setiap citra penginderaan jauh satelit mempunyai sifat khas datanya. Sifat khas data penginderaan jauh tersebut dipengaruhi oleh sifat orbit satelit, sifat dan kepekaan sensor indera terhadap panjang gelombang elektromagnetik, jalur transmisinya, sifat sasaran (obyek), dan sifat sumber tenaga radiasinya. Setiap citra penginderaan jauh mempunyai karakteristik spektral, ditunjukkan pada rona/ warna pada citra.

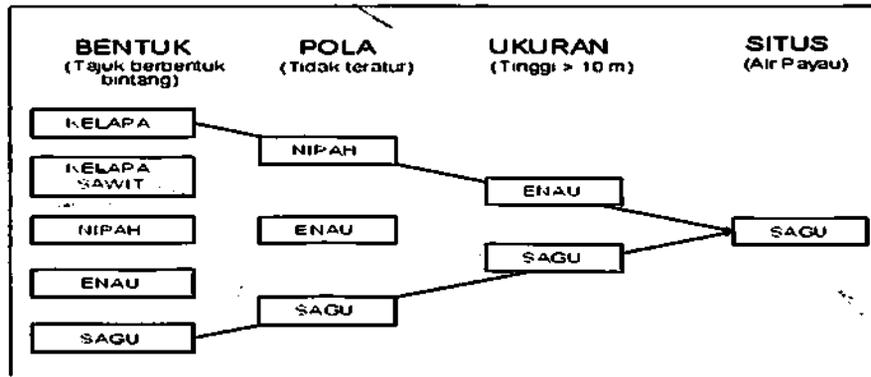
2. Kegiatan pengukuran, yaitu obyek kemudian diukur menggunakan instrumen unsur-unsur interpretasi citra, yaitu pengukuran atas rona / warna, bentuk, luas (ukuran), bayangan, tekstur, dan aspek lainnya. Misalnya berdasarkan warna dan ukuran obyek dapat diketahui bahwa titik di sungai tersebut adalah kapal. Identifikasi kenampakan pola penutup lahan secara manual, dilakukan dengan pengenalan pola spasial. Pola penutup lahan yang dimaksud dalam penginderaan jauh adalah susunan keruangan, yang merupakan karakteristik obyek,

baik obyek bentukan manusia maupun obyek alamiah. Unsur bentuk, ukuran, tekstur, pola, tinggi, bayangan obyek merupakan susunan keruangan yang membantu pengenalan obyek pada citra.

3. Pemecahan masalah dilakukan berdasarkan hasil pengukuran unsur interpretasi. Hasil pengukuran obyek sangat penting untuk pemecahan masalah, yang dapat beraneka bentuknya, antara lain pengenalan obyek melalui pengamatan obyek satu persatu yang tergambar pada citra. Cara analisis dapat dilakukan secara digital atau secara manual, sehingga obyek dapat disimpulkan. Misalnya berdasarkan asosiasi dari kenampakan perlengkapan kapal dan jumlah penumpang dapat disimpulkan apakah kapal penumpang atautah kapal nelayan. Asosiasi obyek pada setiap penggunaan lahan mempunyai beberapa unsur penutup lahan misalnya penggunaan lahan perkotaan terdiri atas penutup lahan berupa bangunan, jalan, vegetasi, rel kereta api. Gabungan beberapa penutup lahan yang mempunyai satu fungsi merupakan unsur asosiasi.

4.1.3. Konvergensi Bukti dalam Identifikasi Obyek

Interpretasi obyek juga dapat dilakukan dengan pengembangan hipotesis, untuk menjawab pertanyaan atau pemecahan masalah. Hipotesis merupakan dugaan ilmiah yang perlu diuji kebenarannya. Garis penalaran ialah pengembangan penalaran ke arah kesimpulan. Penyimpulan jenis obyek yang tergambar pada citra, dapat digunakan lebih dari satu unsur interpretasi, yang masing masing mengarah ke satu kesimpulan, dan tidak bertentangan satu dengan yang lainnya. Azas ini disebut konvergensi bukti. Identifikasi obyek di citra penginderaan jauh, pada prinsipnya harus dibantu dengan unsur-unsur interpretasi tersebut. Penggunaan unsur interpretasi boleh satu, dua, atau lebih dari tiga unsur interpretasi, sehingga obyek tersebut dapat dikenali dengan benar. Semakin sulit kita mengenali obyeknya biasanya semakin banyak unsur interpretasi yang digunakan. Sebagai contoh kenampakan pada citra foto udara atau citra satelit, terlihat tetumbuhan yang tajuknya berbentuk bintang. Contoh konvergensi bukti Gambar 4.11. Deteksi citra tampak tetumbuhan dengan tajuk berbentuk bintang, maka jelas bahwa obyek merupakan pohon jenis palma. Pertanyaan yang dapat diajukan : Tanaman apa itu ? Identifikasi obyek berdasarkan konvergensi bukti harus dapat mengerucut.



Gambar 4.11. Contoh Konvergensi bukti (Sutanto, 1986)

Di dalam contoh konvergensi bukti terdapat lima kemungkinan, yang akan disimpulkan menjadi satu kesimpulan berdasarkan unsur interpretasi, yaitu

1. Unsur bentuk tajuk obyek berbentuk bintang terdapat lima kemungkinan, yaitu pohon kelapa, pohon kelapa sawit, pohon nipah, pohon enau, dan pohon sagu.
2. Apabila ditambah satu unsur interpretasi lagi, misalnya unsur pola, maka kemungkinan akan lebih menciut. Misalnya polanya tidak teratur, maka dari lima kemungkinan menciut menjadi tiga, yaitu nipah, enau, dan sagu. Pohon kelapa dan kelapa sawit umumnya sebagai usaha perkebunan dengan pola teratur.
3. Apabila ditambah satu unsur ukuran, misalnya tingginya 10 meter atau lebih, maka dari tiga kemungkinan menciut menjadi dua, yaitu enau dan sagu, karena nipah paling tinggi 3 (tiga) meter.
4. Apabila ditambah satu unsur situs, misalnya lokasi di tanah yang berair payau, maka betul-betul menciut menjadi titik simpul, yaitu sagu, karena enau merupakan tumbuhan darat yang tidak berair.

4.2. KLASIFIKASI PENUTUP/PENGGUNAAN LAHAN

Penutup lahan (*landcover*) dapat berupa vegetasi dan konstruksi artifisial yang menutup permukaan lahan. Penutup lahan berkaitan dengan jenis kenampakan di permukaan bumi, seperti bangunan, danau, vegetasi (Lillesand dan Kiefer, 1994). Penggunaan lahan (*land use*) adalah semua jenis penggunaan atas lahan oleh manusia, mencakup penggunaan untuk pertanian hingga lapangan olah raga, rumah mukim, hingga rumah makan, rumah sakit hingga kuburan (Lindgren, 1985). Lillesand dan Kiefer (1994) memberikan batasan

mengenai penggunaan lahan yang berkaitan dengan kegiatan manusia pada bidang lahan tertentu (permukiman, perkotaan, pesawahan). Penggunaan lahan juga merupakan pemanfaatan lahan dan lingkungan alam untuk memenuhi kebutuhan manusia dalam penyelenggaraan kehidupannya. Pengertian istilah penggunaan lahan biasanya digunakan untuk mengacu pemanfaatan masa kini (*present or current land use*). Oleh karena aktifitas manusia di bumi bersifat dinamis, maka perhatian seringkali ditujukan baik kepada perubahan penggunaan lahan baik secara kualitatif maupun kuantitatif.

4.2.1. Sistem Klasifikasi Penutup/Penggunaan Lahan

Pengenalan karakteristik spasial pada interpretasi secara manual tidak mengalami masalah, karena gambaran yang terbentuk pada citra baik bentuk pola dan bayangan dengan mudah dapat dibaca dengan menggunakan penalaran dan pengalaman interpreter. Pengenalan pola spasial dapat dilakukan dengan interpretasi digital (otomatik). Atribut spasial dalam interpretasi digital dalam kaitannya dalam proses pengenalan pola spektral dan penentuan sampel. Namun untuk melakukan hal ini perlu dibuat suatu asumsi bahwa pixel yang berdekatan akan menjadi kelas penutup lahan sama (Purwadhi, 2001).

Informasi penggunaan lahan adalah data mengenai penutup lahan dan kegunaannya di permukaan bumi. Informasi penggunaan lahan berbeda dengan informasi penutup lahan yang dapat dikenali secara langsung dari citra penginderaan jauh. Informasi kegiatan manusia dalam suatu lahan (penggunaan lahan) tidak selalu dapat ditaksir secara langsung dari penutup lahannya (Purwadhi, 1999). Contohnya kegiatan rekreasi tidak dapat secara langsung dikenali dari citra penginderaan jauh. Kegiatan berburu merupakan rekreasi dapat dilakukan di hutan, daerah penggembalaan, daerah pertanian baik lahan basah maupun lahan kering. Oleh karena itu informasi lengkap untuk menentukan penggunaan lahan seperti rekreasi, perlindungan perburuan, dan batas abstrak (batas administrasi, batas daerah pemasaran) tidak terlihat secara langsung pada citra, maka perlu informasi tambahan. Klasifikasi penggunaan lahan merupakan pengelompokan beberapa jenis penutup lahan. Pengelompokannya dapat dilakukan dengan pendekatan induksi, sedangkan untuk menentukan hirarkhi pengelompokan digunakan suatu sistem, yang disebut sistem klasifikasi (Anderson et.al, 1972). Beberapa sistem klasifikasi penggunaan lahan diantaranya yang paling berpengaruh dalam pembuatan peta penggunaan lahan di Indonesia adalah:

1. Klasifikasi penggunaan lahan menurut Darmoyuwono (1964), menekankan pada aspek penggunaan lahan berpedoman pada *Commision on World Land Use Survey*. Klasifikasinya memiliki hirarkhi atau penjejangsan yang mantap, sehingga pemetaan penggunaan lahan mampu menampilkan pola keruangan dari suatu wilayah.
2. Klasifikasi penggunaan lahan menurut I Made Sandy (1977), mendasarkan pada bentuk penggunaan lahan dan skala peta, juga membedakan daerah desa dan kota.
3. Klasifikasi dari *USGS (United States Geological Survey)*, Anderson 1972 digunakan untuk klasifikasi citra penginderaan jauh.
4. Klasifikasi dari Mallingreau (1978) menekankan pada pemahaman sistem klasifikasi mengacu pada suatu kerangka kerja klasifikasi menurut Dent, dengan cara membagi lahan ke dalam tingkatan-tingkatan tertentu.

4.2.1.1. Sistem Klasifikasi menurut Darmoyuwono (1964)

Sutanto, 1982 menguraikan Klasifikasi penggunaan lahan menurut Darmoyuwono (1964) menekankan pada aspek penggunaan lahan, yang berpedoman pada *Commision on World Land Use Survey*. Klasifikasi tersebut memiliki hirarkhi atau penjenjangan yang mantap, sehingga pemetaan penggunaan lahan mampu menampilkan pola keruangan dari suatu wilayah. Klasifikasi bentuk penggunaan lahan menurut Darmoyuwono adalah

1. Lahan permukiman dijabarkan menjadi permukiman dan lahan non-pertanian, meliputi (a) Permukiman perkotaan, (b) Permukiman perdesaan, (c) Permukiman perdesaan bercampur kebun dan tanaman keras, (d) Lahan non pertanian yang lain
2. Kebun ditanami sayuran, buah-buahan kecil dan bunga (kelabu tua). Kelas ini sangat umum terdapat beberapa perdesaan di Indonesia, biasanya sayuran, buah-buahan kecil seperti tomat, mentimun dan lainnya merupakan tanaman campuran (tumpang sari) seperti halnya di pertanian lahan kering.
3. Tanaman Keras, antara lain tanaman kelapa, rambutan, tanaman lainnya.
4. Lahan untuk tanaman semusim, antara lain tanaman (a) Padi, (b) Jagung, (c) Ketela pohon (d) Tanaman perdagangan
5. Lahan padang rumput yang dikelola

6. Tanaman padang rumput yang tidak dikelola untuk penggembalaan
7. Lahan Hutan dikelaskan (1) Hutan lebat, (2) Hutan terbuka, pohon jaran merupakan sabana tropis, (3) Hutan belukar, (3) Hutan Rawa, (4) Hutan sudah dibuka atau dibakar, (5) Hutan industri, (6) Hutan ladang
8. Bentuk-bentuk tubuh perairan adalah (1) Rawa air tawar, (2) Rawa pasang, (3) Kolam ikan, (4) Sungai, (5) Danau, (6) Laut
9. Lahan tidak produktif, seperti lahan kosong, berbatu, berpasir, berbukit, gunung.

4.2.1.2. Sistem Klasifikasi I Made Sandy (1977)

Klasifikasi penggunaan lahan menurut I Made Sandy (1977) berdasarkan pada bentuk penggunaan lahan. Namun demikian, variasi jumlah dan jenis kategori (kelas) bentuk penggunaan disarankan untuk mempertimbangkan skala peta yang digunakan. Skala yang berbeda, jumlah, dan jenis kategori bentuk penggunaan lahan juga berbeda. Klasifikasi penggunaan lahan daerah perdesaan sesuai skala berikut (Sandy, 1977)

1. Pemetaan skala 1:250.000 dan skala 1:200.000, bentuk penggunaan lahan dibedakan menjadi 8 kategori, yaitu (1) Perkampungan, (2) Sawah, (3) Tegalan dan kebun, (4) Ladang berpindah, (5) Hutan, (6) Alang-alang dan semak belukar, (7) Rawa, (8) Lahan lain-lain
2. Pemetaan skala 1:100.000, skala 1:50.000, dan skala 1:25.000, bentuk penggunaan lahan diklasifikasikan menjadi 10 kelas dengan beberapa sub kategori:
 - 1) Perkampungan berupa (a) Kampung, (b) Kuburan, (c) Emplesemen
 - 2) Tanah pertanian berupa (a) Sawah ditanami padi dua kali setahun, (b) Sawah ditanami padi satu kali setahun, (c) Sawah ditanami setiap tahun bergantian, yaitu padi sekali setahun, sekali setahun bukan padi, (d) ladang berpindah.
 - 3) Lahan perkebunan dengan jenis tanaman (a) Karet, (b) Kopi, (c) Kakao, (d) jenis tanaman perkebunan lainnya
 - 4) Kebun dapat berupa (a) Sawah ditanami sayuran dan tidak pernah ditanami padi, (b) Kebun kering dengan berbagai tanaman, (c) Hutan dibedakan (c.1) Hutan lebat, (c.2) Belukar, (c.3) Satu jenis tanaman
 - 5) Kolam ikan
 - 6) Tanah rawa/ Rawa-rawa
 - 7) Tanah tandus atau tanah yang tidak bernilai ekonomis

- 8) Tanah tandus berumput
- 9) Hutan penggembalaan
- 10) Lain-lain (kalau ada sesuai kondisi daerahnya)

Sandy (1977) menyarankan untuk pemetaan skala 1: 12.500, skala 1:10.000, dan skala 1:5000; klasifikasinya disamakan dengan klasifikasi untuk pemetaan skala 1:100.000, skala 1:50.000, dan skala 1: 25.000 seperti disebutkan sebelumnya, namun peta skala rinci (skala lebih besar) agar keterangannya lebih rinci (detail).

4.2.1.3. Sistem Klasifikasi USGS (1972)

Sistem klasifikasi penggunaan lahan dan penutup lahan menurut USGS (*United States Geological Survey*), dikembangkan oleh Anderson et al (1972). Sistem klasifikasi USGS merupakan sistem klasifikasi berjenjang, yang didasarkan pada citra penginderaan jauh. Sistem klasifikasi USGS yang harus memenuhi 10 (sepuluh) kriteria berikut.

1. Kecermatan interpretasi dalam identifikasi penutup lahan dan penggunaan lahan harus lebih besar dari 85 persen ($> 85\%$)
2. Kecermatan interpretasi untuk beberapa kategori harus kurang lebih sama
3. Sistem klasifikasinya harus dapat diterapkan pada daerah luas.
4. Hasil serupa harus dapat diperoleh dari beberapa penafsir citra atau penafsiran dilakukan pada waktu yang berbeda
5. Kategorisasinya memungkinkan penggunaan atau penutup lahan lainnya sebagai variabel pengganti bagi aktivitas manusia
6. Sistem klasifikasinya harus sesuai untuk interpretasi citra penginderaan jauh yang direkam pada musim berbeda
7. Penggunaan efektif subkategori diperoleh dari survei terestris atau citra skala lebih besar (rinci), atau penonjolan data penginderaan jauh lebih dimungkinkan
8. Dimungkinkan agregasi atau pengelompokan kategori
9. Dimungkinkan perbandingan terhadap data penutup/ penggunaan lahan masa lalu, sekarang, dan masa datang
10. Lahan digunakan lebih dari satu penggunaan sejauh mungkin yang dapat dikenali pada citra penginderaan jauh

Anderson et al (1972) mengusulkan sistem klasifikasi penutup lahan/ penggunaan lahan secara hirarkhi mulai tingkat 1 (umum) hingga tingkat 4 (rinci). Sistem klasifikasi penutup lahan/ penggunaan lahan tingkat 1 hingga tingkat 2 ditetapkan USGS, dan ~~dibakukan~~ untuk seluruh dunia, sedangkan klasifikasi penutuplahan/penggunaan lahan tingkat 3 dan tingkat 4 masih terbuka, diserahkan kepada pengguna, agar pengguna dapat menciptakan sendiri sesuai keperluan dan kondisi daerahnya. Sistem klasifikasi USGS tingkat 1 dan tingkat 2 seperti Tabel 4.1

Tabel 4.1. Sistem klasifikasi penggunaan/penutup lahan USGS (Anderson et al, 1972)

TINGKAT I		TINGKAT II	
No	Penutup lahan	No	Penutup lahan
1.	Kota dan daerah bangunan (Urban and build up land)	1.1.	Permukiman (Residential)
		1.2.	Perdagangan dan jasa (commercial and services)
		1.3.	Industri (industrial)
		1.4.	Transportasi, komunikasi, vasilitas umum (transportation, communication, utitities)
		1.5.	Komplek industri dan perdagangan (industrial and commercial complexes)
		1.6.	Campuran kota dan terbangun (mixed urban and build up land)
		1.7.	Kota dan daerah bangunan (other urban and build up land)
2.	Lahan pertanian (agriculture land)	2.1.	Tanaman semusim dan lahan rumput (cropland and pasture)
		2.2.	Kebun buah-buahan, pembibitan (orchards, groves, nurseries)
		2.3.	Pengusahaan pakan ternak (confined feeding operation)
		2.4.	Lahan pertanian lain (other agriculture land)
3.	Peternakan (rangeland)	3.1.	Peternakan tanaman merambat (herbaceous rangeland)
		3.2.	Peternakan semak dan gerumbul (shrub and brush rangeland)
		3.3.	Peternakan campuran (mixed rangeland)
4.	Lahan hutan (Forest Land)	4.1.	Lahan Hutan Berdaun Lebar (Deciduous Forest Land)
		4.2.	Lahan Hutan Hijau (Evergreen Forest Land)
		4.3.	Lahan Hutan Campur (Mixed Forest Land)
5.	Air (water)	5.1.	Sungai dan kanal (streams and canals)
		5.2.	Danau (lakes)
		5.3.	Reservoir (reservoires)
		5.4.	Teluk dan muara (bays and estuaries)
6.	Lahan basah (wetland)	6.1.	Lahan hutan basah (forested wetland)
		6.2.	Lahan basah tak berhutan (non forested wetland)

7.	Lahan gundul (barren land)	7.1.	Dataran garam kering (<i>dry salt flats</i>)
		7.2.	Pantai (<i>beaches</i>)
		7.3.	Daerah pasir selain pantai (<i>sandy areas other than beaches</i>)
		7.4.	Batuan singkap gundul (<i>bare exposed rock</i>)
		7.5.	Pertambangan (<i>strip mines quarries</i>)
		7.6.	Daerah transisi (<i>transitional areas</i>)
		7.7.	Lahan gundul campuran (<i>mixed barren land</i>)
8.	Tundra (<i>tundra</i>)	8.1.	Tundra dengan tanaman merambat (<i>shrub and brush tundra</i>)
		8.2.	Tundra semak/ belukar (<i>herbaceous tundra</i>)
		8.3.	Tundra lahan gundul (<i>bare ground tundra</i>)
		8.4.	Tundra basah (<i>wet tundra</i>)
		8.5.	Tundra campuran (<i>mixed tundra</i>)
9.	Salju / es abadi	9.1.	Padang Salju Abadi (<i>Perennial Snowfield</i>)
		9.2.	Gletser (<i>Glaciers</i>)

4.2.1.4. Sistem Klasifikasi Malingreau-Cristiani (1981)

Sistem klasifikasi penutup/penggunaan lahan Malingreau-Cristiani (1981) mendasarkan sistem USGS, yang disesuaikan dengan kondisi daerah tropis seperti Tabel 4.2. Sistem klasifikasi ini banyak digunakan oleh para peneliti yang menggunakan data penginderaan jauh untuk kajian wilayah di Indonesia. Sistem klasifikasi ini pengkelasan obyek didasarkan sifat pantulan obyek/ permukaan bumi, dibedakan dalam tiga kondisi, yaitu

1. Sifat vegetasi harus memenuhi tiga kriteria, yaitu kriteria *physiognomic* (fisik vegetasi), kriteria *floristic* (vegetasinya), dan kriteria komunitas;
2. Sifat di luar vegetasi yang mempengaruhi komunitas tanaman. Sifat luar vegetasi ini harus memenuhi tiga faktor, yaitu faktor perkembangan vegetasi, faktor lingkungan (iklim, air, tanah), dan faktor lokasi geografis;
3. Sifat yang dipengaruhi oleh kombinasi vegetasi dan lingkungan sehingga pengkelasannya berdasarkan sistem *physiognomic*, sistem ekologi (*geographic*), sistem *physiognomic-ecological*, sistem *dinamika-evolusi floristic*, sistem *physognomic-floristic*, sistem *functional*.

**Tabel 4.2. A land cover/ land use classification for Indonesia
(Malingreau and Christiani, 1981)**

*P: physiognomic N: fungsional F: floristik G: geographic
W: water V: vegetation S: Soil*

SYM BOL	No.	UNIT	INDONESIA NAME	Ident Criteria P, N, F, G	Land Cover W, V, S
1	2	3	4	5	6
W		WATER	AIR		
	1	Water bodies			
WI	11 111	Sea Open sea	Laut laut terbuka	P/G P	W W
WI	112	Water inlet	muara	P	W
	113	Estuary	corong	P	W
	114	Bay	teluk	P	W
	115	Atoll	atol	P	W
	116	Straight	selat	P	W/S/V
Wd	12 121	Lake Volcanic lake - crater lake - caldera lake - vol tectonic	Danau danau kawah danau caldera	 P P P	
	122	Tectonic lake	danau tektonik	P	
	123	Closed coral atoll	atol	P	
	124	Oxbow lake	Danau tapal kuda	P	
	125	Laguna	Laguna	P	
Wk	13	Ponds			
	131	Fish pond (fres water)	kolam ikan	P/N	W
	132	Coastal fish pond	tambak	P/N/G	W
	133	Salt pond	tambak garam	P/N	W/salt
Ww	14	Reservoir	Waduk	P	W
	141	Single purpose		N	W
	142	Multi purpose		N	W
Wb	15	nundated area	daerah banjir	P	W
	16	Marsh, swamp (see 242 vegetated area)			W/V
Wa	2	Water Courses	aliran air	P	W
	21	Stream, river, rivulet	sungai, kali	P	W
	22	Irrigation canal	saluran irigasi	N	W
	23	Drainage	saluran drainase	N	W
	24	Irrigation and drainage		N	W
V		VEGETATED AREA			
Vp	1	Cultivated areas	daerah pertanian		
	11	permanently cultivated	daerah pertanian menetap		
r	111	Field crop	tanaman semusim	P	W/S/V
S	1111	Wetland rice	sawah	P/N	W/S/V

Si 2-5 Sip Sil Sic	11111	irrigated sawah - continuous rice - rice-secondary crop - rice fallow - rice-sugar cane	sawah irigasi padi 2-3x/th (5x 2th) padi-palawija padi 1 x padi-tebu	P/N P/N P/N P/N P/N	W/S/N
r rl rp	11112	rainfed sawah - rice-fallow - rice-secondary crop	sawah tadah hujan padi 1x padi-palawija	P/N P/N/F P/N	- - -
p pl pp	11113	tidal rice - rice-fallow - rice-secondary crop	pasang surut padi 1x padi-palawija	P/N P/N/F P/N	W/S/N - -
SI	11114	deep water rice	Lebak	P/N	W/S/N
	11115	sawah + intercropping	sawah surjan	N	-
	11116	sawah + fish rearing	mina padi	P	W/N
U	1112	Upland crops-dry field	tegalan	P	
U	11121	Open field crops			
Us	11122	Horticultural crops -Lowland vegetables -Upland vegetables	kebun sayur		W/N/S V/S W/S
A	112	Agroforestry system		P/F	V/S
At	1121	Intercropping in upland crops (row, fences, shelter, belts)	Tegalan	P	V/S
Ac	1122	Mixed garden open Mixed garden dense	kebun campuran	P	V
Ap	1123	Homestead garden	Pekarangan	P/N	V
Ak	1124	Orchard	kebun	P/F	V
Af	1125	Forest Garden	talun	P	V
E	113	Estate	Perkebunan		
Ec Et Ek Ec Eke Ep Eco Ece Ete Etb	1131	Commercial estates - bush or tree crops - tea - rubber - coconut - coffe - oil palm - cocoa - clove - tobacco - suger cane - vanilla and other crops	Perkebunan/ - tanaman keras - teh - karet - kelapa - kopi - kelapa sawit - coklat - cengkeh - tembakau - tebu - panili dll	F F	V V
Pr	1132	Small holdings (some as above)	Perkebunan rakyat	P/F	V
	12	Non-permanently cultivated			
L	121	Shifting cultivation	ladang, huma	P/N	S/N
Lh	1211	in forest cover	hutan belukar	P/N/F	S/N

INTERPRETASI CITRA PENGINDERAAN JAUH

La	1212	in grass cover	alang-alang	P/N/F	S/V
Lts	122	Agroforestry system	tumpang sari		
	1221	in production forest	tumpang sari	P/F	S/V
Ttt	1222	in swamp forest	tambak	P/F/N	V/W
Vn	2.	Non-Cultivated Area			
H	21	Forest (primary)	hutan primer	F/P	V
Hi	211	Climatic forest			
	2111	High alt rain forest - submount rain forest (1-2 km) - mountain rain forest	Hutan daerah peg hutan peg tropis 2000 m	G/F F F/G	V V
	2112	classified according to dominant species - agathis - araucaria - dip - terocarp - mixed - pinus	tusam	F/G F F F F	
	2113	Low altitude rain forest (mainly dip terocrap 1.000 m)		F/G	
Hd	2114	Dry deciduous forest - eucaliptus forest - teak forest - Bamboo forest	hutan musim eucalyptus jati hutan bambu	F/G F F F	
Hb	212	Edaphic forest			
Hpa	2121	- Tidal forest mangrove - Tidal forest nipah - Tidal forest palm	Hutan payau	G/F	
H	2122	Coastal forest	hutan pantai	G/F	V
	2123	Swamp forest	hutan rawa	G/F	V
	2124	Peat swamp forest	hutan gambut	G/F	V
H ₂	2125	Riparian forest (forest gallery)		G/F	V
Hg	2126	Heath forest		G/F	V
H _{ii}	22	Secondary forest (various stages of growth)	hutan sekunder	F/P	V
	221	Climatic formation			
	222	Edaphic-formation			
B	23	Bush / shrubs			
	231	Dry sites a. continous thicket b. scattered shrubs - trees and shrubs - shrubs savana		P P P/F	V V
	232	Wet site	Belukar, semak	P/F	

R	24	Grass	Rumput	P/F	V
	241	Dry condition		F	
Ra	2411	alang-alang	alang-alang	F	V
Rs	2412	savanna (other grass)	savana	F	V
Rp	2413	grazing area	padang rumput	F	V
Rr	242	Wet condition		G	
	2421	coastal marshes	rumput rawa	G/F	V
	2422	inland / upland marsh		P/F	V/W
	2423	reservoirs + hydrophytic vegetation		P/F	S/V
Hp	25	Forest		P/F/N	S/V
	251	Plantation			
	2511	Production forest	hutan produksi	F	
	2512	Teak	jati	F	
	2513	Mahony	mahoni	F	
	2514	Pinus and Others	Pinus dan lain-lain	F	
	252	Reforestration	reboisasi	P/F/N	S/V
		NON VEGETATED, NON CULTIVATED AREA			
Dk	1	Critical lands	Daerah kritis tandus	P	S
C	2	Coastal sand	Pantai	P/G	S
	21	Beaches	bukit pasir	P	
	22	Dunes	igir	P	S
	23	Ridges		P	
Ln	3	Rock outcrop		P	rock
	4	Lava and Lahars	lahar	P/G	rock/S
	5	Sand bars in river		P/G	S
	6	Open pit		P	S/rock
		SETTLEMENT - BUILT- UP AREA			
K	1	Town	Kota	P/N	V/S
	2	Kampong/ rural	kampung	P/N	V/S
	3	Industrial complex	industri	P/N	
	4	Airport	lapangan terbang	P/N	
	5	Communication network		P/N	
	6	Recreation area	tempat rekreasi	P/N	V/S/W

4.2.2. Prosedur Klasifikasi Penutup/Penggunaan Lahan

Prosedur klasifikasi penutup/penggunaan lahan menggunakan citra penginderaan jauh dilaksanakan sesudah pengolahan data Tahapan klasifikasi penutup/ penggunaan lahan dari citra diuraikan sebagai berikut:

1. Pra-pengolahan data merupakan restorasi citra, yaitu koreksi distorsi radiometri
2. Pemotongan citra batas dari daerah penelitian.
3. Proses registrasi dan penajaman citra. Registrasi untuk koreksi geometrik dengan proses resampling berdasarkan sistem koordinat spasial atau titik kontrol tanah atau *GCP (Ground Control Point)*.
4. Penajaman citra (*enhancement*) dengan proses interpolasi untuk menentukan harga suatu fungsi pada titik posisi antar sampel.
5. Membuat citra komposit RGB dari citra multispektral agar setiap jenis penutup lahan mudah untuk dibedakan dan pengelompokan setiap penggunaan lahan dapat dilakukan dengan mudah.
6. Klasifikasi citra manual (*delineasi on screen*) sesuai dengan teknik interpretasi atau kunci interpretasi yang telah dibuat, yaitu identifikasi penutup lahan sesuai pentahapan unsur interpretasi, berdasar karakteristik ukuran, bentuk, pola tekstur, dan asosiasi, yang merupakan karakteristik spasial. Kunci interpretasi untuk mengenali penutup lahan didasarkan pada pengenalan unsur dasar pantulan obyek (tanah, air, vegetasi). Klasifikasi penutup/penggunaan lahan dengan memilih salah satu sistem klasifikasi yang telah diuraikan di atas.

Cara pelaksanaan interpretasi diperlukan

1. Data acuan,
2. Kunci interpretasi (pengenalan penutup lahan pada data penginderaan jauh)
3. Penanganan data, setiap citra penginderaan jauh satelit mempunyai sifat khas datanya, yang dipengaruhi oleh (1) sifat orbit satelit, (2) sifat dan kepekaan sensor terhadap panjang gelombang elektromagnetik, (3) jalur transmisinya, (4) sifat sasaran (obyek), dan (5) sifat sumber tenaga radiasinya.
4. Pengamatan stereoskopis (data tiga dimensi),
5. Metode pengkajian,
6. Penerapan konsep multi (multi spektral, multi tingkat, multi penajaman, multi polarisasi bagi citra radar, dan multi temporal).

4.3. PEMBUATAN PETA PENUTUP/PENGGUNAAN LAHAN

Peta merupakan media penyaji informasi kenampakan bumi, namun peta juga dapat menggambarkan tema dan obyek permukaan bumi seperti

distribusi sosial ekonomi suatu masyarakat, peta kependudukan, peta desa tertinggal, peta kepariwisataan, peta peninggalan sejarah dan sebagainya. Peta dapat dikatakan memuat atau mengandung data yang mengacu bumi (*geo-referenced data*), baik posisi (sistem koordinat lintang dan bujur) maupun informasi yang terkandung di dalamnya. Dua jenis peta, yaitu peta umum dan peta tematik. Peta umum (*general purpose*) menggambarkan topografi suatu daerah dan batas-batas administratif suatu wilayah atau negara. Peta tematik (*thematic maps*) secara khusus menampilkan distribusi keruangan (*spatial distribution*) kenampakan seperti vegetasi, tanah, geomorfologi, geologi, dan sumberdaya alam.

4.3.1. Sistem Informasi Geografis

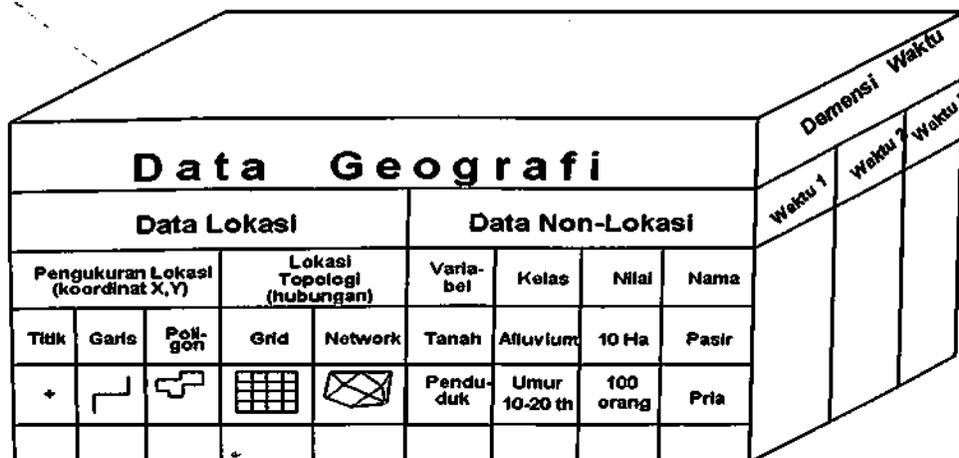
Teknologi komputer berkembang dengan pesat dan mampu menangani basis data (*data base*) dan menampilkan gambar maupun grafik, merupakan salah satu alternatif untuk menyajikan suatu peta. Sistem yang dapat dikembangkan berupa perangkat keras (*hardware*) maupun perangkat lunak (*software*) untuk kepentingan pemetaan, agar fakta wilayah dapat disajikan dalam satu sistem berbasis komputer. Sistem tersebut kita kenal dengan istilah Sistem Informasi Geografis (SIG). Meskipun demikian SIG tidak boleh hanya dipandang sebagai pemindahan peta konvensional ke bentuk peta digital, sebab sistem informasi geografis mampu mengumpulkan, menyimpan, mentransformasikan, menampilkan, memanipulasi, memadukan informasi dari berbagai sektor, sehingga dapat menghasilkan informasi berharga, yang diperoleh dari mengkorelasikan dan menganalisis data spasial dan non spasial dari fenomena geografis.

Konsep dasar sistem informasi geografis (SIG) merupakan suatu sistem yang mengorganisir perangkat keras (*hardware*), perangkat lunak (*software*), dan data, serta dapat mendayagunakan sistem penyimpanan, pengolahan, maupun analisis data secara simultan, sehingga dapat diperoleh informasi yang berkaitan dengan aspek keruangan. SIG juga merupakan manajemen data spasial dan non-spasial yang berbasis komputer, dengan tiga karakteristik dasar (Purwadhi, 1994), yaitu:

1. Mempunyai fenomena aktual berhubungan dengan topik permasalahan atau tujuannya;
2. Merupakan suatu kejadian di suatu lokasi;
3. Mempunyai dimensi waktu.

Ketiga karakteristik tersebut saling berkaitan satu dengan yang lain. Fenomena aktual sebagai variabel data non-lokasi, sangat erat hubungannya dengan lokasi terjadinya. Data lokasi dan non-lokasi saling berkaitan satu sam lain. Fenomena aktual dapat berupa sumberdaya alam maupun sumberdaya manusia, yang berhubungan dengan letak, dan kapan peristiwa terjadi. Gambar 4.12. merupakan keterkaitan tiga karakteristik dasar dalam sistem informasi geografis.

1. Data lokasi mempunyai koordinat posisi lintang dan bujur, unsur yang terlihat seperti jalan, sungai, menunjukkan topologi (letak, bentuk, luas, batas) obyek.
2. Non-lokasi mempunyai variabel tema (tanah, penduduk), masing-masing dapat diuraikan lebih rinci dalam penjelasan kelas, nilai dan nama. Tanah, dari jenis/ kelas alluvial, seluas 10 ha, berbentuk pasir. Penduduk, yang berumur (10 – 20) tahun, sebanyak 100 orang, jenis kelamin pria.
3. Dimensi waktu untuk menjawab pertanyaan kapan data atau peristiwa tersebut diambil. Kurun waktu dapat digunakan untuk analisis perubahan atau perkembangan yang terjadi. Misalnya kapan terjadinya bencana (gempa, tanah longsor, tsunami, banjir)



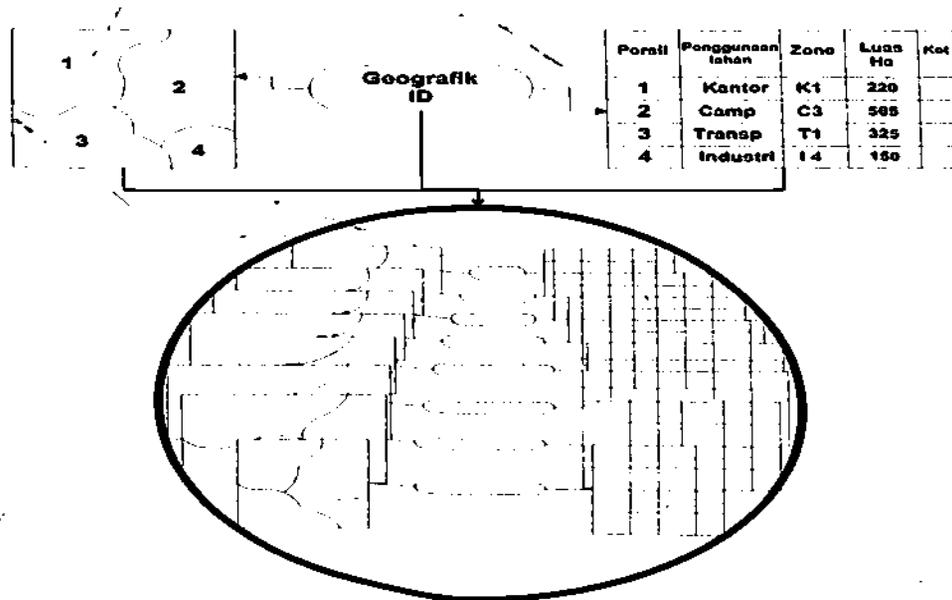
Gambar 4.12. Tiga Komponen Dasar Sistem Informasi Geografis (Marble, 1984 dengan perubahan)

Sistem Informasi Geografis mempunyai karakteristik sebagai perangkat pengelolaan basis data (*Data Base Management System = DBMS*), perangkat analisis keruangan (*spatial analysis*), sekaligus proses komunikasi dalam

pengambilan keputusan. Keunikan SIG dibanding dengan sistem pengelolaan basis data lainnya adalah kemampuannya untuk menyajikan informasi spasial dan non-spasial secara bersama-sama. Basis data SIG merupakan data geografis permukaan bumi, yang strukturnya meliputi posisi dan hubungan topologis, baik berupa data spasial maupun non-spasial. Data menggambarkan obyek dan fenomena geografis, yang merupakan konsep fenomologis, seperti kota, sungai, dataran rendah/ tinggi, struktur tanah, lautan, kondisi lingkungan termasuk limbah. Obyek mengacu pada lokasinya di permukaan bumi, dengan menggunakan koordinat lokal, nasional, dan internasional. Semua data tersebut dikumpulkan dalam basis data geografis. Sumber data SIG berasal dari peta, citra, data statistik, dan sumber data lapangan harus berupa data digital. Semua data digital untuk masukan SIG harus sudah berreferensi dalam format geografis.

Proses penyesuaian format atau konversi data dapat dilakukan seperti metode tersebut di atas. Informasi geografis disimpan dalam basis data SIG berbentuk lapis (*layers*) informasi sesuai dengan temanya (dapat berupa kenyataan, abstrak, struktur model), contoh terdapat lapis informasi topografi, penggunaan lahan, jenis tanah, jalur jalan, dan juga berupa struktur seperti penyebaran penduduk, jaringan pasar, dan sebagainya. Informasi komponen data dasar geografis dalam basis data SIG seperti Gambar 4.13, yang memuat informasi dasar, untuk landasan pengumpulan data lainnya. Informasi "dasar" mempunyai ciri khas :

1. Pengumpulan data dilakukan secara berkala, yaitu satu kali atau terus-menerus dalam waktu panjang.
2. Pengumpulan data dasar biasanya tidak memberikan keuntungan secara langsung. Oleh karena itu sering sikap umum seakan-akan acuh tak acuh, karena yang dibutuhkan adalah "data lain". Kadang tidak menyadari, bahwa untuk memperoleh "data lain" diperlukan dahulu "data dasar"
3. Pengumpulannya sangat mahal, dan hanya dilakukan dengan modal pemerintah, sebagai pelayanan terhadap masyarakat, tanpa menghitung untung-rugi.
4. Data dasar biasanya berupa informasi "mentah" yang menjadi bahan untuk diolah lebih lanjut, sesuai dengan kebutuhan masing-masing pihak. Data mentah tersebut disebut data primer, sedangkan data mentah yang sudah diolah disebut data sekunder.
5. Informasi dasar selamanya bersifat geografis (spasial), dan dapat diproses dalam Sistem Informasi Geografis (SIG).



Gambar 4.14. Pengelompokan konsep coverage ke layers obyek pada basis data SIG.

4.3.2. Esensi Kartografi dan Kaidah Pemetaan

Sistem informasi geografis (SIG) sebenarnya komputerisasi dari kartografi, oleh karena itu hasil SIG harus dapat memenuhi persyaratan kartografi baik menyangkut kaidah dan esensinya, sehingga hasilnya merupakan peta yang baik dan benar.

4.3.2.1. Esensi Kartografi

Esensi kartografi merupakan usaha memenuhi kaidah pemetaan, yaitu persyaratan dalam penyusunan atau pembuatan peta yang baik.

4.3.2.2. Data geografi

Informasi geografi merupakan pewujudan fakta-fakta yang ada di permukaan bumi, baik kondisi fisik maupun kondisi sosial ekonominya. Oleh karena itu informasi geografis pada dasarnya bertumpu pada informasi hasil penelitian pengamatan (*observational research*). (Purwadhi, 1990). Berdasarkan hal tersebut maka informasi geografis dapat diperoleh dengan lima cara, yaitu survei lapangan, sensus, statistik, tracking, dan penginderaan jauh.

1. Survei lapangan merupakan pengambilan data dengan cara pengukuran fisik untuk pembuatan pemetaan topografi/ peta dasar dan peta tematik. Pengambilan sampel fisik untuk pembuatan.

peta tematik atau keperluan pembangunan fisik, dan data non-fisik (penduduk, ekonomi, sosial) untuk peninjauan, penjelasan, prediksi dan pengembangan indikator sosial ekonomi suatu wilayah. Pengumpulan data harus mewakili populasi seluruh wilayah penelitian. Teknik pengambilan sampel dapat dilakukan secara sengaja, misalnya (1) Data sosial ekonomi mencakup kependudukan, industri, perdagangan, pertanian, kehutanan, perkebunan, transportasi, kepemilikan tanah (lahan), harga tanah, pasar, peraturan perundangan. (2) Data geografi fisik seperti jalan, sungai, batas wilayah, jenis tanah, debit air, temperatur. (3) Data kelautan seperti kecerahan air, kekeruhan air, suhu air, ph, salinitas, do (dissolved oxygen), hdl (conductivity), plankton (fitoplankton dan zooplankton), material apung (floating material). (4) Data sosial mencakup tradisi adat, kelompok masyarakat, dan lembaga sosial; (5) Data budaya mencakup pendidikan, agama, bahasa, dan kesenian; (6) Data politik mencakup pemerintahan dan kepartaian.

2. Sensus biasanya digunakan untuk atribut data non-spasial. pengumpulan data secara sensus biasanya dilakukan secara nasional untuk kurun waktu tertentu, seperti sensus penduduk, sensus ekonomi, sensus pemilikan tanah, sensus hasil pertanian dan industri. Pengumpulan data dapat menggunakan daftar pertanyaan (kuesioner), wawancara, dan pengamatan.
3. Statistik merupakan metode pengumpulan dan analisis data geografis. Pengumpulan data dapat dilakukan dengan cara pencatatan dan pengamatan pada stasiun-stasiun (curah hujan, temperatur, kelembaban). Pengambilan data dilakukan secara menetap pada lokasi yang sama dalam interval atau kurun waktu tertentu.
4. *Tracking* merupakan cara perolehan data dalam periode waktu tertentu, dengan maksud untuk pemantauan atau melihat perubahan. Misalnya pemantauan perubahan ekosistem wilayah pantai, perubahan penggunaan lahan, perubahan debit air sungai.
5. Penginderaan jauh merupakan ilmu dan seni untuk memperoleh informasi tentang suatu obyek, daerah, atau fenomena melalui analisis data yang diperoleh dengan suatu sensor atau alat tanpa kontak langsung dengan obyek, daerah, atau fenomena yang dikaji (Lillesand and Kiefer, 1994).

4.3.2.3. Proyeksi peta

Proyeksi peta atau rangka peta, merupakan usaha bentuk bola (bidang lengkung) ke bidang datar, dengan persyaratan. Bentuk, luas permukaan, jarak antara satu titik dengan titik yang lain di atas permukaan bumi yang diubah harus tetap. Sebenarnya untuk memenuhi satu syarat dari tiga syarat tersebut merupakan hal yang tidak mungkin. Hal yang mungkin dilakukan hanya memenuhi satu syarat untuk sebagian kecil permukaan bumi. Oleh karena itu dibuat kerangka peta meliputi daerah yang lebih besar dengan melakukan kompromi dari ketiga persyaratan. Akibat kompromi tersebut, maka lahirlah berbagai jenis proyeksi peta. Proyeksi dikelompokkan menjadi dua bagian, yaitu proyeksi murni dan proyeksi gubahan (hasil perhitungan)

1. Proyeksi murni, berdasarkan bidang asal/ datar (*zenithal*), kerucut (*conical*), silinder/ tabung (*cylindrical*) dan garis singgung. Proyeksinya berupa *tangent* dan *secant*. Proyeksi peta yang jumpai sehari-hari tidak ada yang menggunakan proyeksi murni.
2. Proyeksi gubahan merupakan proyeksi peta diperoleh melalui perhitungan. Gubahan dilakukan berdasarkan bidang maupun distorsinya, yaitu
 - a. Proyeksi bidang datar (*planar*) menghasilkan proyeksi polar, equatorial, oblique.
 - b. Proyeksi pada silinder menghasilkan proyeksi normal, transverse, oblique silindrik.
 - c. Proyeksi pada bidang kerucut mendasarkan pusat proyeksi, menghasilkan proyeksi gnomonic, stereographic, dan orthographic.
3. Proyeksi berdasarkan distorsi dapat menghasilkan empat proyeksi, yaitu
 - (1) Proyeksi sama bentuk (*orthomorphic* atau *conformal*) di mana garis lintang dan bujur saling tegak lurus. Proyeksi ini digunakan untuk bentuk region lokal, tidak ada proyeksi jenis ini yang digunakan pada region luas.
 - (2) Proyeksi sama luas (*equivalent*), di mana sudut antara garis lintang dan bujur tidak tepat. Proyeksi ini mempunyai bentuk, sudut, skala dan kombinasi ketiganya dapat terdistorsi.
 - (3) Proyeksi sama jarak (*equidistant*). Proyeksi ini digunakan untuk menghitung jarak antar titik-titik tertentu. Jenis proyeksi ini yang

sangat penting diketahui bahwa tidak ada jarak yang sama dengan jarak sebenarnya pada semua titik dalam peta.

- (4) Proyeksi arah sebenarnya (*azimuthal atau zenithal*). Proyeksi ini merupakan rute terdekat antara dua titik di permukaan bumi sama dengan garis lurus yang digambarkan pada permukaan datar.

Setiap proyeksi mempunyai kelebihan dan keterbatasan, maka pemakaiannya dengan mempertimbangkan hal-hal berikut. Di dalam dua belahan bumi dipakai proyeksi Zenithal Kutub; peta Statistik (sebaran penduduk, hasil pertanian) memakai Mollweide; peta Arus Laut dan Iklim memakai proyeksi Mollweide atau Gall; peta Navigasi dengan arah kompas tetap memakai Merkator; Proyeksi Lambert dan Zenithal Equidistan (sama jarak) digunakan untuk peta Daerah Kutub. Peta di Belahan Bumi Selatan biasanya menggunakan proyeksi Sinusoidal, Lambert dan Bonne. Penggunaan proyeksi untuk pemetaan daerah yang mempunyai lebar ke arah timur-barat dan tidak jauh dari katulistiwa dapat dipilih salah satu proyeksi kerucut. Penggunaan proyeksi untuk pemetaan daerah yang membujur ke arah utara-selatan dan tidak jauh dari katulistiwa dapat dipilih salah satu *Proyeksi Lambert* atau *Bonne*. Sebenarnya penggambaran peta daerah dekat katulistiwa itu dapat menggunakan proyeksi apapun.

4.3.2.4. Sistem koordinat

Sistem Koordinat berdasarkan perhitungan dari datum geodetik, satuan panjang, proyeksi, dan referensi. Dasar sistem koordinat dibedakan dua macam, yaitu

1. Sistem Cartesian mengekspresikan ruang dua dimensi dan tiga dimensi,
2. Sistem Polar merupakan sistem yang hampir sama dengan Cartesian, tetapi berdasarkan atas sudut dari *base line*.
3. Sistem koordinat dibagi dalam dua macam, yaitu (1) Sistem Global antara lain seperti Koordinat Geografis, *Universal Transverse Mercator (UTM)*, *Military Grid Reference System (MGRS)*. (2) Sistem Lokal antara lain *Universal Polar Stereographic (UPS)* untuk Wilayah Kutub, *State Plane Coordinates (SPC)* untuk Amerika Serikat, *Southern Zone Grid (Netherland East Indies)* untuk Indonesia bagian selatan.

Kita ketahui umumnya di Indonesia menggunakan dua sistem koordinat yang berbeda, yaitu sistem koordinat *Netherland Easet Indies (NEI)* dan *Universal Transverse Mercator (UTM)*. Masing-masing dengan datum geodetik, proyeksi, dan sistem referensi yang berbeda tapi satuan panjangnya sama adalah meter.

4.3.2.5. Kaidah pemetaan

Kaidah pemetaan merupakan persyaratan yang harus dipenuhi dalam pembuatan peta baik pembuatan secara manual maupun digital menggunakan algoritma sistem informasi geografis (SIG). Walaupun pengolahan menggunakan computer, namun kaidah pemetaan yang tidak boleh diabaikan adalah

1. Tidak membingungkan artinya, yaitu mempunyai kelengkapan anotasi peta, seperti judul peta, legenda, dan indeks peta.
2. Harus mudah dimengerti, yaitu mempunyai simbol yang benar, memiliki proyeksi dan sistem koordinat yang tepat
3. Harus memberikan gambaran yang sebenarnya, dengan skala benar.
4. Harus teliti sesuai tujuan, untuk menentukan jenis peta (tematik) dan besarnya skala, berhubungan dengan generalisasi dan eksagerasi dalam penggambaran.

4.3.3. Generalisasi dan Eksagerasi Peta

Generalisasi merupakan kegiatan pengecilan skala yang mempunyai sifat subyektif, dan bertujuan untuk mempermudah membaca peta, dengan memperhatikan skala dan topik peta. Aturan dalam kartografis bahwa skala besar dapat diperkecil skalanya, dengan melakukan generalisasi, namun tidak berlaku sebaliknya. Peta skala kecil untuk menjadi skala lebih besar perlu tambahan informasi sesuai dengan tuntutan skala. Generalisasi pada peta tematik penutup lahan dapat dilakukan penggambaran jalur seperti sungai dan jalan, penggambaran petak rumah sesuai skala. Generalisasi dilakukan dengan menggunakan dua operasi, yaitu

1. Operasi seleksi, yaitu seleksi terhadap jalan, nama jalan, jalan kereta api (kalau ada), dan kompleks perumahan/ permukiman.
2. Operasi penghilangan unsur-unsur yang dipandang tidak diperlukan pada penyusunan peta jaringan jalan.

Eksagerasi merupakan kegiatan pembesaran obyek-obyek penting misalnya tempat-tempat strategis, atau tempat yang perlu diperhatikan. Obyek-

obyek penting misalnya dalam hubungannya dengan jaringan jalan, adalah simpul-simpul seperti terminal, stasiun kereta api. Eksagerasi dapat dilakukan sesuai dengan aturan, namun dapat juga dilakukan berdasarkan keperluan tertentu, misalnya untuk jalur transportasi angkutan umum dapat dilakuklan berdasarkan kepadatan moda angkutan. Walaupun demikian proses eksagerasi harus konsisten dengan tujuan pembuatan peta dan mempertahankan karakteristik obyeknya, sehingga tidak menyimpang dari kaidah kartografis.

4.3.4. Toponimi dan Simbolisasi Peta

Pengertian Toponim (*toponym*) dari 2 kata : topos dan nym (nim). Topos, artinya permukaan dan nym = nama. Apakah hubungan antara toponim dan topografi? Topografi adalah gambaran permukaan (rupabumi), yang dapat dibedakan antara topografi daratan, topografi dasar lautan, topografi Bumi, topografi Bulan atau topografi planet. Toponim (*toponym*) adalah nama unsur topografi atau nama unsur geografi, atau nama geografis. Toponimi (*toponymy*) adalah ilmu tentang penamaan unsur geografi atau totalitas dari toponim dalam suatu region.

4.3.2.1. Toponimi peta dan citra

Ruang lingkup toponimi adalah penamaan geografi atau pemberian "nama geografis", yang dapat berupa nama unsur alam, unsur buatan, unsur administratif dan kawasan.

1. **Unsur alam** berada di darat dan di laut/air antara lain gunung, pegunungan, bukit, lembah, pulau, laut, selat, hutan, muara, teluk, dan unsur alam lainnya
2. **Unsur buatan** antara lain nama dari kawasan pemukiman, jalan raya, jalan tol, bendungan, bandar udara, pelabuhan, dan unsur buatan lainnya
3. **Unsur Administratif** dan kawasan antara lain nama Provinsi, Kabupaten, Kecamatan, Desa, Kawasan Taman Nasional, Kawasan Konservasi, Kawasan Lindung, dan kawasan lainnya baik di darat maupun di laut.

Pembakuan Nama Geografis diperlukan sebagai pengakuan baik secara local, nasional, maupun internasional. Pemberian nama geografis bertujuan untuk tertib administrasi kewilayahan dan komunikasi antar bangsa. Oleh karena

itu Persatuan Bangsa Bangsa (PBB) perlu berperan dalam pembakuan nama baik secara nasional maupun internasional. Peran PBB dalam kegiatan yang berkaitan dengan pembakuan nama-nama geografis nasional dan internasional, melalui *United Nation Conference on Standardization of Geographical Names (UNCSGN)* dan *United Nation Group of Experts on Geographical Names (UNGEGN)*. Setiap unsur geografi, termasuk pulau, harus punya nama yang baku dalam nomenklatur dan ortografi (sistem ejaan dan ucapan) nasional. Nama-nama geografis dibakukan dalam UNCSGN, yang dilakukan setiap 5 (lima) tahun sekali, dan dalam UNGEGN setiap 2 (dua) tahun sekali. Tujuan dasar UNGEGN adalah

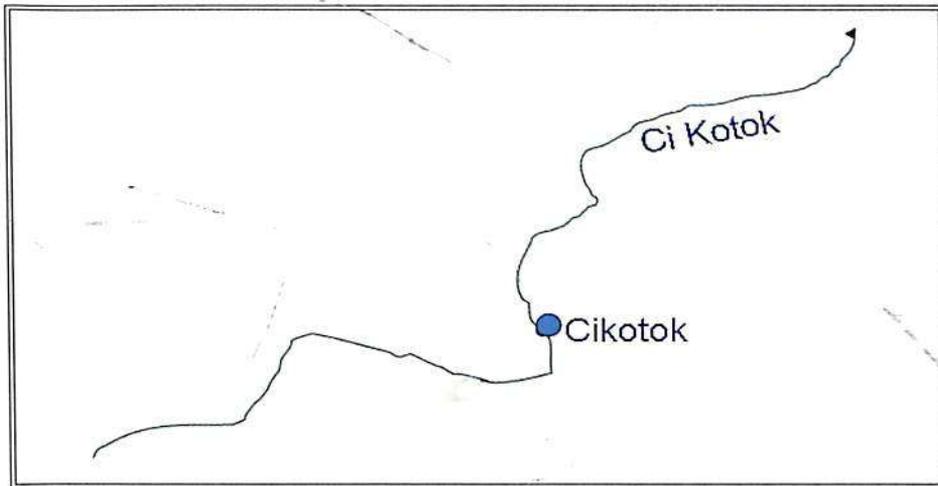
1. Menekankan pentingnya pembakuan pada tingkat nasional dan internasional;
2. Menyebarkan hasil kerja badan-badan nasional dan internasional;
3. Mempelajari dan mengusulkan, "*principles, policies and procedures*" untuk memecahkan masalah pembakuan nasional dan internasional;
4. Memainkan peranan melalui fasilitasi bantuan ilmiah dan teknis, khususnya bagi negara berkembang, dalam menciptakan mekanisme pembakuan nama-nama geografis nasional dan internasional;
5. Menyediakan sarana penghubung antara negara-negara anggota PBB mengenai pekerjaan pembakuan "Nama-nama Geografis";
6. Menerapkan Resolusi dari UNCSGN.

Penerapan resolusi UNCSGN untuk toponimi, bahwa

1. Pulau-pulau adalah unsur geografi perlu memiliki nama, seperti unsur geografi lainnya, dan bukan jumlahnya.
2. Perolehan nama dihimpun dari penduduk local, minimal 2 orang lokal yang independen, menyebut nama geografis yang sama dan dicatat fonetiknya (Resolusi UNCSGN No.4 Th 1967, Rekomendasi B: Pengumpulan Nama-Nama Geografi)
3. Nama-nama tersebut harus disyahkan oleh "Otoritas Nama Geografis Nasional" dan di publikasi dalam "Gasetir Nasional Nama-Nama Geografis" (Resolusi UNCSGN No.4 Th 1967 Rekomendasi G: Gasetir Nasional)
4. Setiap perubahan nama resmi yang tidak dilakukan oleh "Otoritas", akan tidak diakui oleh PBB (Resolusi No.16 Th 1977 jo. Resolusi No.9 Th 1992)

Kaedah penulisan baku nama geografis dalam Bahasa Indonesia. Nama geografis dari unsur muka bumi terdiri atas "**nama generik**" (unsur) dan "**nama spesifik**" (nama diri).

1. Nama generik : pulau, gunung, bukit, tanjung dan lain-lain
2. Setiap nama generik harus diikuti dengan nama spesifiknya dan ditulis terpisah antara nama generik dan nama spesifik: Gunung Merapi, Bukit Menoreh, Pulau Bawean, Tanjung Harapan, Sungai Barito, dan sebagainya.
3. Apabila nama generik dipakai dalam nama spesifik, sedangkan generiknya adalah "kota" (permukiman), maka nama spesifik ditulis dengan satu kata.
 - a. Gunungsitoli, Bukittinggi, Tanjungpinang adalah nama spesifik yang memakai istilah generik, maka nama spesifik harus ditulis dalam satu kata, karena nama ini bukan nama gunung, bukit atau tanjung.
 - b. Apabila nama generiknya "kota" umumnya tidak ditulis karena masyarakat sudah tahu, misalnya Kota Semarang atau Semarang, Kota Jakarta atau Jakarta, begitu juga harus ditulis "Tanjungpriok" bukan "Tanjung Priok", "Pulogadung" bukan "Pulo Gadung", dan sebagainya.
4. Nama geografis di Indonesia banyak yang memakai unsur generik dalam nama spesifiknya, baik di awal maupun di belakang, contoh Pulau Pulaulaut; Desa Pagargunung, Kota Kotamubago, Sungailiat, Bukittinggi, Pangkalpinang, Muarateweh, Tanjungjabung, dan sebagainya
5. Nama generik dalam bahasa lokal. Indonesia sangat kaya akan nama generik dalam bahasa lokal, daerah, etnis. Sungai dalam bahasa Indonesia, menjadi Ci (Jawa Barat), Wai (Lampung), Batang, Air, Aek (Sumatera), Krueung (Aceh), Nanga (Sumbawa), Tukad (Lombok), Yeh (Bali), Jeneh atau Jenne (Sulawesi Selatan), Bengawan (Jateng), Kali (bahasa Melayu), dan seterusnya. Contoh penulisan yang benar Gambar 4.14. Ci Kotok (sungai); Cikotok (desa); Ci Tarum (sungai); Cimahi (kota); Wai Seputih (sungai); Waikambas (wilayah); Waingapu (kota); Waigeo (pulau); Gunung Merapi; Gunungsitoli (kota); Batang Hari (sungai); Batangtarang (desa); Tukad Blingkang (sungai di Bali).



Gambar 4.14. Penulisan nama sungai dan desa yang benar.

Pemberian nama geografis pulau-pulau di Indonesia ada yang telah dibakukan secara Internasional oleh PBB berdasar *United Nation Group of Experts on Geographical Names (UNGEGN)* , 1968. Nama geografis baku internasional terkait Indonesia, yaitu

1. *Indian Ocean* (Samudera Hindia)
2. *Malacca Strait* (Selat Malaka) (Indon.- Malaysia)
3. *The island of Borneo* (pulau Borneo) – Kalimantan adalah bagian Indonesia dari pulau Borneo (tidak ada pulau Kalimantan)
4. *The island of New Guinea* (pulau New Gunea)
5. *Sulawesi Sea* (Laut Sulawesi antara Sulawesi, Sabah, Filipina)
6. *Arafura Sea* (Laut Arafura antara Maluku, Papua, Australia)
7. *Timor Sea* (Laut Timor antara Indonesia - Timor Leste)

Prinsip-Prinsip dalam pemberian nama geografis adalah:

1. Memakai abjad Romawi
2. Mengutamakan nama dalam kebiasaan lokal terutama yg mempunyai nilai warisan budaya (*cultural heritage*)
3. Satu nama untuk satu unsur geografis dalam satu wilayah administrasi
4. Tidak memakai nama yang bersifat menghina Suku, Agama, Ras dan Antar Golongan (SARA)
5. Tidak memakai nama orang atau tokoh yang masih hidup
6. Tidak memakai nama perusahaan

7. Tidak menggunakan nama asing atau bahasa asing
8. Penulisan nama menggunakan bahasa Indonesia yang baik dan benar
9. Tidak memakai nama yang panjang
10. Nama yang ditetapkan berdasarkan peraturan perundang-undangan yang berlaku secara nasional dan internasional

Toponimi dalam interpretasi citra menurut Purwadhi (1990) merupakan kegiatan untuk memberi nama tempat/ obyek di permukaan bumi dari hasil identifikasi citra penginderaan jauh. Seorang interpreter dalam kegiatan toponimi dalam interpretasi citra, di samping harus memperhatikan kaidah kartografi dalam pemberian nama obyek, juga harus memperhatikan

1. Ketentuan nama yang sudah berlaku secara lokal, nasional, maupun internasional.
2. Pemberian nama kota, jalan, sungai, gunung, pegunungan, danau, laut, dan lainnya, dalam interpretasi citra penginderaan jauh di samping ketentuan di atas, semuanya tergantung kepada tingkat kerincian (detail) skala peta yang dibuat dan sumber citra penginderaan jauh yang digunakan. Citra Landsat skala 1: 1.000.000 atau lebih, merupakan citra yang menggambarkan obyek secara umum (global) atau tidak rinci (detail). Namun demikian posisi letak obyek dapat diketahui dengan tepat, apabila kita telah mempunyai *mental map* daerah setempat.

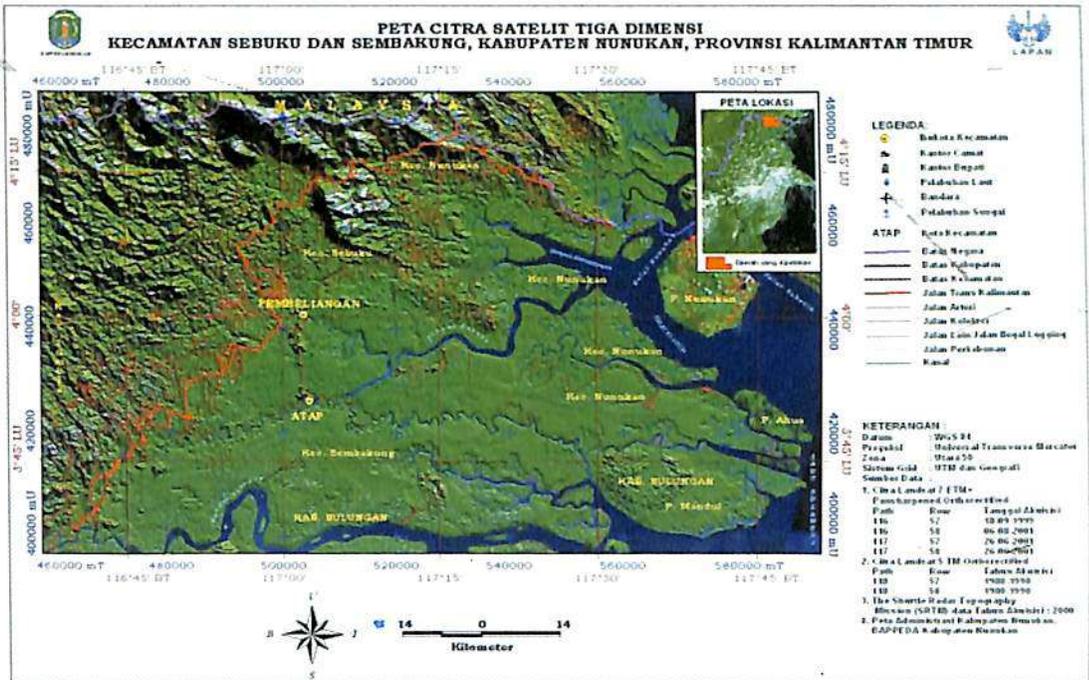
Tujuan toponimi dalam interpretasi citra penginderaan jauh, disamping memperbaiki penamaan obyek disesuaikan dengan kondisi sekarang, juga sekaligus memberi nama obyek secara benar. Penamaan (toponimi) pada peta hasil interpretasi citra resolusi tinggi seperti Gambar 4.15. Kecamatan Porong dan Kecamatan Tanggulangin, Kabupaten Sidoarjo, Provinsi Jawa Timur. Kita mengenal dimana letak ibukota, dan tempat penting yang ada pada citra. Pemberian nama tempat/ toponimi pada citra untuk keperluan tertentu,



Gambar 4.15. Toponimi pada peta hasil kajian (Purwadhi, 2006)

dan Kecamatan Tanggulangin, Kabupaten Sidoarjo, Provinsi Jawa Timur. Kita mengenal dimana letak ibukota, dan tempat penting yang ada pada citra. Pemberian nama tempat/ toponimi pada citra untuk keperluan tertentu,

misalnya survei lapangan. Gambar 4.16. Citra Landsat 3D Kecamatan Sebuku dan Kecamatan Sembakung, Kabupaten Nunukan, Provinsi Kalimantan Timur.



Gambar 4.16. Toponimi pada Citra 3D (Purwadhi dkk, 2005)

4.3.2.2. Simbolisasi peta

Simbolisasi berupa pemberian simbol dan tata warna untuk menggambarkan obyek-obyek tertentu pada peta, yang bertujuan untuk

1. Membedakan, menunjukkan tingkat kualitas dan kuantitas (gradasi), dan untuk keindahan. Pembedaan pola dilakukan dengan perbedaan warna dasar. Penggunaan warna pada peta baik titik, garis dan poligon bertujuan untuk pembedaan kualitas dengan gradasi satu warna dasar.
2. Menyajikan gambar pengganti, misalnya simbol titik merupakan gambar pengganti kota. Konsep penyajian fenomena geografis yang telah lama menjadi dasar dari teknik pemetaan permukaan bumi. Setiap lembar peta, sesuai "tema"-nya pada dasarnya adalah penyajian dalam bentuk gambar yang menunjukkan posisi dan hubungan keruangan dari tiga kategori obyek, yaitu titik, garis, dan poligon area.

Tujuh fenomena geografis yang dapat digambarkan dalam tiga bentuk simbol (titik, garis, poligon), Bentuk simbol Gambar 4.17. menunjukkan tujuh

fenomena geografis, yaitu (1) Data kenampakan (*feature data*); (2) Unit area (*aerial unit*); (3) Jaringan topologi (*network topology*); (4) Catatan sampel (*sampling record*); (5) Data permukaan bumi (*surface data*); (6) Label/ teks pada data (*lable / text data*); dan (7) Simbol data. Simbol (titik, garis, area poligon) dan tata warna biasanya bersifat kualitatif, yang dalam kaidah kartografis dapat dibedakan dalam lima kriteria, yaitu:

SIMBOL	TITIK	GARIS	POLIGON (AREA)
KENAMPAKAN (FEATURE DATA)			
	Kenampakan titik Situs Arkeologi	Kenampakan garis (jalur jalan)	Poligon Batas lahan
UNIT AREA (AERIAL UNIT)			
	Poligon Centroid	Batas Administratif	Unit Area
JARINGAN TOPOLOGI (NETWORK TOPOLOGI)			
	Hubungan Titik	Jaringan (jalan)	Poligon (Blok)
SAMPEL (SAMPLING)			
	Stasiun Cuaca	Jalur terbang	Test Plot Area
DATA PERMUKAAN BUMI (SURFACE DATA)			
	Titik elevasi	Garis kontur	Area Poligon
LABEL/ TEKS DATA (LABLE / TEXT DATA)			
	Nama titik/ tempat	Nama garis	Nama poligon
SIMBOL DATA			
	Simbol titik	Simbol garis	Simbol poligon

Gambar 4.17. Bentuk simbol (titik, garis, poligon) dari tujuh fenomena geografis (Marble, 1984 dengan perubahan)

1. Ekspresif merupakan penggambaran obyek yang diekspresikan,
2. Serasi dalam tata warna dengan kontras yang benar, sehingga menarik secara estetika,
3. Mudah dibaca, karena kontras warna benar, ukuran minimum sesuai kaidah kartografi
4. Asosiatif pemilihan warna, simbol mengacu standar yang ada dan

mudah dimengerti,

5. Tegas dalam perbedaan setiap simbol didesain secara jelas, agar setiap perbedaan memiliki arti yang berbeda.

4.3.5. Desain dan Tata Letak Peta

Desain dan tata letak peta merupakan pengaturan dan penentuan letak setiap unsur peta, sehingga mudah dipahami, seimbang dalam usuran dan warna, serta informasi yang ingin disajikan benar-benar sesuai dengan tema peta. Tata letak harus disesuaikan dengan ukuran dan bentuk lebar peta, dan yang perlu diperhatikan adalah

1. Tata letak informasi tepi peta mengenai posisi peta,
2. Tata letak informasi pada muka peta sesuai ketentuan butir 1 hingga butir 4 mengenai simbol, jenis huruf, dan warna.
3. Tata letak informasi dan simbol mengenai bentuk inset peta, skala peta, arah utara, sumber, legenda.

Desain dan tata letak peta tematik harus memperhatikan komponen peta, yang dibagi dalam tiga kelompok, yaitu komponen dasar utama, komponen dasar tujuan, dan komponen penjelasan.

1. Komponen Dasar Utama ada lima macam, yaitu (1) Isi Peta, yang menunjukkan makna ide (tema) penyusunan peta yang akan disampaikan pada pengguna, misalnya peta curah hujan, peta sebaran suhu permukaan laut, peta hasil pertanian, dan tema-tema lainnya. (2) Skala peta digunakan untuk melihat tingkat ketelitian dan kerincian (detail) obyek yang dipetakan. (3) Simbol arah digunakan untuk orientasi peta. Lazimnya penunjuk arah utara, sehingga peta nyaman dibaca. (4) Legenda atau Keterangan agar pembaca peta mudah untuk memahami isi peta. Seluruh bagian peta harus dijelaskan dalam legenda atau keterangan. (5) Sumber atau keterangan riwayat menerangkan sumber data yang digunakan. pembaca peta agar tahu sumber data guna melacak keakuratan dan interpretasi dari pembuat peta. Sumber peta berupa jenis dan waktu pengumpulan data, nomor, skala, instansi pembuat, tahun pembuatan peta.

2. Komponen Dasar Tujuan ada empat macam, yaitu (1) Judul Peta harus mencerminkan isi peta. (2) Proyeksi biasanya digunakan oleh pengguna yang membutuhkan kerincian informasi. (3) Kartografer atau pembuat peta biasanya pengguna yang ingin mengembangkan peta ingin mengetahui identitas kartografer untuk mencari informasi cara pengolahan data hingga menjadi sebuah peta. (4) Waktu Pembuatan Peta merupakan hal yang penting karena pengguna ingin mengetahui realibilitas peta tersebut dalam kurun waktu tertentu.
3. Komponen Penjelasan Peta dibagi empat macam, yaitu
 - 1) Sistem Grid dan Koordinat, yang merupakan kerangka referensi untuk memudahkan petunjuk letak sebuah titik pada peta. Sistem grid mempunyai nilai koordinat tertentu. Jenis grid yang digunakan di Indonesia pada peta dasar (topografi) adalah *Kilometerruitering* (kilometer fiktif), yaitu kotak-kotak dibubui satuan kilometer. Sistem grid yang dibuat oleh tentera Inggris dan Amerika disebut *Army Map Service (AMS)*. Amerika serikat membuat sistem grid untuk yang seragam adalah sistem *UTM* dan *UPS*.
 - 2) Inset dan Indeks, dan petunjuk letak peta berupa (1) Inset merupakan peta bagian belahan bumi yang memuat daerah yang dipetakan, misalnya peta Jakarta bagian dari Pulau Jawa. (2) Indeks peta merupakan sistem tata letak peta terhadap sekitarnya pada inset peta. Petunjuk letak pada inset biasanya ditonjolkan pada warna lain.
 - 3) Nomor Peta penting untuk setiap lembar peta dibuat dalam jumlah besar, dan seluruh lembar peta terangkai dalam satu bagian muka bumi.
 - 4) Garis Referensi Geografis Peta digunakan untuk menentukan arah utara peta terdapat pada tiga macam (a) Arah Utara Sebenarnya (*True North*) adalah arah yang berpatokan pada kutub utara bumi; (b) Arah Utara Magnetik (*Magnetic North*) yang merupakan arah utara kutub magnetik, biasanya digunakan petunjuk jarum. (c) Arah Utara Grid (*Grid North*) menunjukkan arah utara. Pembacaan arah utara grid dengan arah utara sebenarnya sebagai contoh berikut 10° Timur berarti utara grid berada 10° dari utara sebenarnya (berada 10° sebelah timur utara sebenarnya).

4.3.6. Persyaratan Peta yang Baik

Berdasarkan pemaparan di atas, maka sesuatu yang ingin dilakukan adalah membuat peta yang baik. Bagaimana pembuatan peta yang baik? Pertanyaan tersebut tidak sekaligus dapat dijawab, namun harus dijabarkan dalam beberapa pertanyaan rinci, masing-masing jawaban merupakan pesan yang akan disampaikan pada pembuat dan pengguna peta. Pertanyaan yang dapat diturunkan adalah

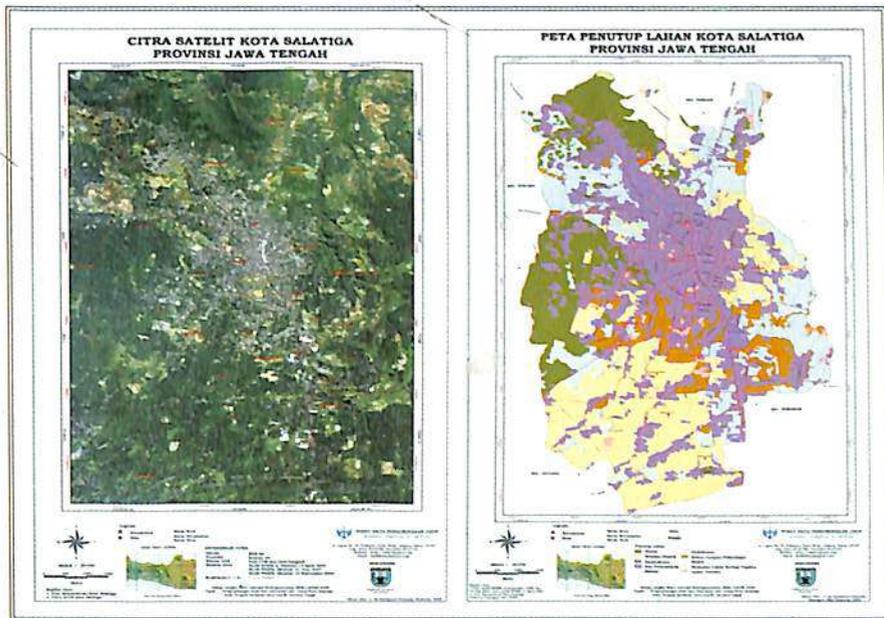
1. Apakah motif, maksud atau tujuan peta? Pertanyaan ini mengajak untuk memperhatikan pesan peta yang akan disampaikan, serta respon pengguna terhadap peta tersebut. Misalnya peta untuk menunjukkan akurasi informasi hubungan spasial.
2. Siapa yang akan menggunakan peta? Pertanyaan ini mengarah pada ketertarikan dan pengetahuan atau latar belakang pengguna peta. Seorang kartografer harus mampu menyajikan tema peta, sehingga pengguna paham dan tertarik pada informasi yang disampaikan melalui peta.
3. Di mana peta dipublikasikan? Hal ini mengandung ukuran, kerincian peta, serta waktu penggunaannya. Media publikasi sangat banyak, misalnya koran, majalah, jurnal, buku, atlas. Peta dapat disajikan dalam lampiran paper, skripsi, thesis, disertasi, atau hanya untuk keperluan presentasi atau pidato. Peta terkadang hanya digunakan sekali saja, atau digunakan sebagai referensi terus menerus.
4. Data apa saja yang tersedia untuk komposisi peta? Keputusan sebagai desain peta tergantung sumber data. Data dapat menentukan kelayakan dan kerincian peta, sedangkan tampilan desain timbul hanya karena masalah teknis. Data perlu dijadikan sebagai acuan kerangka desain kualitas peta.
5. Apakah sumberdaya tersedia dalam konteks waktu? Pertanyaan ini menyangkut sumberdaya manusia, sarana dan prasarana yang tersedia dalam waktu tertentu. Sumberdaya manusia terampil dan menguasai permasalahan sangat diperlukan dalam penyajian peta yang baik dan menarik. Pembuatan peta ada unsur seni (*art*), walaupun semua kaidah dan esensi sudah ada patokannya.

Klasifikasi adalah proses penetapan obyek, kenampakan, satuan, dalam suatu sistem pengelompokan dibedakan berdasarkan sifat-sifat khusus, atau

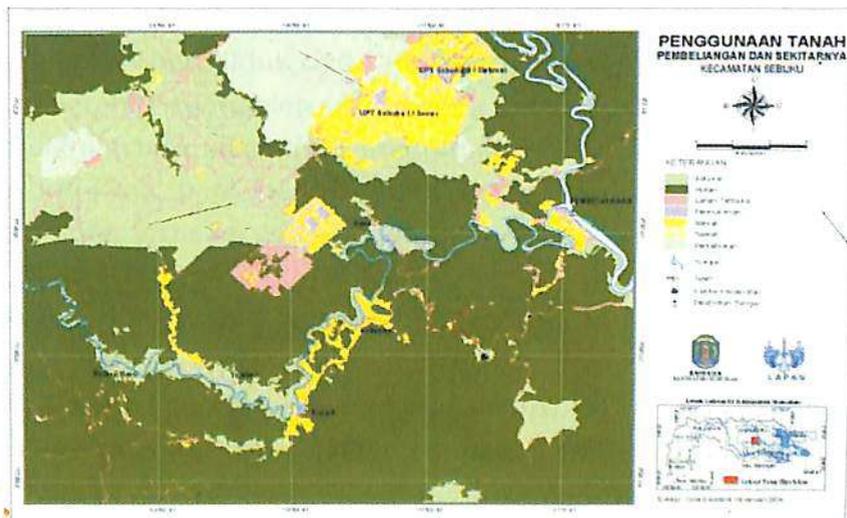
berdasarkan kandungan isinya. Syarat klasifikasi penggunaan lahan dalam suatu peta antara lain sebagai berikut:

1. Sesuai dengan keadaan nyata
2. Sebutan dengan klasifikasi yang harus bermakna jelas
3. Mempunyai tafsir tunggal
4. Sederhana, mudah dimengerti untuk dikelompokkan
5. Harus mempertimbangkan klasifikasi yang sudah ada dan diterima secara umum
6. Harus dapat dicantumkan dalam peta (simbol)
7. Simbol harus dipertimbangkan betul-betul agar mudah dibuat, dimengerti, diterima oleh umum baik hitam-putih atau berwarna
8. Simbol harus bermakna tunggal, duplikasi harus dihindarkan

Saat ini persyaratan pembuatan peta di Indonesia mengenai simbol, warna garis (seperti sungai, jalan, kontur, batas wilayah, dan lainnya), sudah ada ketentuannya, diatur dalam "PP Nomor 10 Tahun 2000 tentang tingkat ketelitian peta untuk penataan ruang wilayah". Penyeragaman simbol dan persyaratan lainnya untuk pembuatan peta, bertujuan agar peta hasil setiap instansi dapat digabung dalam Basis Data Nasional atau *IDSG (Infrastruktur Data Spasial Global)* berbasis citra penginderaan jauh, yang telah berhasil dikembangkan di Indonesia. Gambar 4.12. Peta penutup lahan Kota Salatiga, Jawa tengah dari hasil interpretasi citra ALOS AVNIR (Purwadhi dkk, 2008). Gambar 4.13. Peta penggunaan lahan Pembeliangan, Kecamatan Sebuku, Kabupaten Nunukan, Provinsi Kalimantan Timur dari hasil interpretasi citra Quickbird (Purwadhi dkk, 2005).



Gambar 4.12. Citra ALOS AVNIR dan Peta Penutup Lahan Kota Salatiga, Jawa Tengah. (Purwadhi, dkk, 2008)



Gambar 4.13. Peta Penggunaan lahan Pembeliangan, Sebuku, Nunukan, Kalimantan Timur (Purwadhi dkk, 2005, Dok. LAPAN dan Bappeda Nunukan)

INTERPRETASI CITRA UNTUK PERMUKIMAN DAN KEPENDUDUKAN

5.1. BATASAN DAN PENGERTIAN

Studi permukiman dalam analisis geografi menitik beratkan pada bentukan budaya (*artifisial*) maupun natural dengan segala kelengkapan yang dipergunakan oleh manusia, baik secara individu maupun kelompok, untuk bertempat tinggal maupun menetap dalam rangka penyelenggaraan kehidupannya, seperti permukiman kota dan permukiman desa. Sedangkan studi permukiman dalam memusatkan analisisnya pada upaya memukimkan atau memindahkan penduduk dari satu tempat ke tempat lain, serta proses menempati daerah tertentu oleh sekelompok orang. Evaluasi kesesuaian lahan untuk permukiman bertujuan untuk mengidentifikasi daya dukung lingkungan yang diperuntukkan bagi permukiman, baik permukiman desa maupun permukiman kota, serta kecenderungan penyebaran permukiman penduduk (Purwadhi, 1990)

Lingkup perhatian studi permukiman yang berkembang saat ini adalah permukiman budaya, yang secara eksistensi digolongkan menjadi tiga jenis, yaitu (1) Permukiman perkotaan (*urban settlements*), (2) Permukiman desa-kota (*rural-urban settlements*), dan (3) Permukiman pedesaan (*rural settlements*). Pendekatan permasalahan dalam studi permukiman dilandasi oleh tiga ciri/karakteristik studi geografi umum, yaitu pendekatan spasial (*spatial approach*), pendekatan ekologi (*ecological approach*) dan pendekatan regional/ kompleks wilayah (*regional approach*). Kenyataan memang menunjukkan bahwa tempat tinggal manusia di permukaan bumi dibentuk oleh pola-pola sebaran dan lingkungan yang berbeda-beda, yang akan menjadi ciri khas permukimannya.

Studi permukiman mempunyai skala didasarkan ruang lingkungannya, yaitu skala makro, skala meso, dan skala mikro. Pengertian skala ruang makro, meso, dan mikro sangat sulit ditentukan batasnya secara tegas. (Purwadhi, 1990).

Secara konseptual/ teoretis ketiganya menunjukkan urutan pembahasan dari besar, sedang, dan kecil sebagai berikut.

- (1) Ruang lingkup pembahasan skala makro secara spasial eksistensi kota-kota maupun desa-desa dianggap sebagai titik-titik (*center-center*) dalam suatu kawasan menjadi area pembahasan. Beberapa istilah yang biasa dipergunakan di dalam studi skala makro ini adalah studi permukiman antar kota (*inter urban settlements studies*) atau permukiman antar desa (*inter rural settlements studies*).
- (2) Ruang lingkup pembahasan skala meso menyoroti setiap titik-titik (*center-center*) secara individual, sorotan setiap perkotaan atau pedesaan mencakup lima unsur, yaitu kesempatan kerja (*working opportunities*), jaringan transportasi dan komunikasi (*circulation*), perumahan atau tempat tinggal (*housing area*), rekreasi (*recreation*), dan utiliti atau fasilitas lainnya (*other living facilities*).
- (3) Ruang lingkup pembahasan yang lebih kecil atau skala mikro, sorotan utama ditujukan pada salah satu komponen dari skala meso, misalnya lingkungan tempat tinggal saja, jaringan transportasi dan komunikasi atau kesempatan kerja. Yang dibahas secara mendalam.

5.2. DETEKSI PERMUKIMAN DARI CITRA

Sutanto (1982), bahwa ada beberapa alasan mengapa citra yang berskala rinci (detail) dibutuhkan dalam studi tataguna lahan terperinci seperti tingkat perdesaan, antara lain:

1. Tataguna lahan merupakan perujudan dinamis sehingga perlu pemutakhiran data,
2. Pengukuran tersetrial sering terhambat oleh kepadatan bangunan, ketinggian bangunan serta keramaian lalu lintas,
3. Citra menggambarkan pelbagai perujudan dalam letaknya masing-masing sehingga merupakan model sinoptik, dan dapat dibuat cepat
4. Citra dapat digunakan untuk control terhadap kesalahan atau subyektivitas petugas lapangan.

Oleh karena itu dengan melihat kemampuan yang dimiliki citra resolusi tinggi sangat tepat digunakan untuk identifikasi, pemantauan daerah

perkotaan saat ini berkembang pesat, sehingga pada kurun waktu tertentu dapat dipetakan kembali. Hal senada juga telah diungkapkan oleh Purwadhi dkk, 2001 bahwa data penginderaan jauh resolusi tinggi atau citra yang berskala besar (rinci) diperlukan untuk penentuan kategori penggunaan lahan kota, permukiman kota, pemantauan perkembangan kota, dengan penentuan kategori penggunaan lahan kota didasarkan atas beberapa dimensi, yaitu

1. Pengembangan situs umum penyesuaian fasilitas umum (lahan tanpa bangunan, lahan dengan bangunan tanpa struktur, lahan dengan bangunan permanen).
2. Adaptasi situs penyesuaian bentuk bangunan dan fasilitas terhadap fungsinya (gedung sekolah, lapangan olah raga, pelabuhan).
3. Penggunaan sebenarnya sering tidak sesuai dengan bentuk bangunan (rumah untuk gudang, rumah untuk tempat ibadat, rumah untuk kantor).
4. Fungsi ekonomi atas lahan atau bangunan (industri, perdagangan).
5. Karakteristik kegiatan dapat berupa volume dan irama kegiatan yang dilakukan pada suatu lahan atau bangunan (misalnya sekolah pagi, siang, dan sore).

5.2.1. Klasifikasi Permukiman Kota

Klasifikasi permukiman didasarkan pada tujuh kriteria klasifikasi dengan parameter pembatas, yaitu kepadatan penduduk, bentuk penggunaan lahan, kerapatan bangunan, jaringan jalan/ aksesibilitas, tempat penting dekat atau mudah dicapai, fasilitas saluran pembuangan air, fasilitas listrik bersifat penyebaran jaringan/ utiliti. Kriteria pembatas evaluasi sumberdaya untuk klasifikasi permukiman seperti Tabel 5.1.

Tabel 5.1. Evaluasi sumberdaya lahan untuk permukiman

Parameter Pembatas	Kelas					
	I	II	III	IV	V	VI
Kepadatan Penduduk	14.450 - 17.100	11.825 - 14.450	9.200 - 11.825	6.575 - 9.200	3.950 - 6.575	1.350 - 3.950
Jaringan Jalan	4 jalur/ lebih	3 jalur	2 jalur	1 jalur	Jalan tanah	jalan setapak
Tempat penting dekat/ mudah dicapai	Sekolah, Pasar, Ibadah, Kesehatan, Stasiun, Hiburan	Kurang dari kelas I	Kurang dari kelas II	Kurang dari kelas III	Kurang dari kelas IV	Hampir tidak ada/ sulit dicapai

INTERPRETASI CITRA UNTUK PERMUKIMAN DAN KEPENDUDUKAN

Fasilitas Air minum	Ada dan kualitas baik jaringan luas	kurang dari kelas I	Kurang dari kelas II	kurang dari kelas III	kurang dari kelas IV	Hampir tidak ada/ sulit didapat
Saluran Pembuangan Air	kualitas air baik saluran permanen aliran lancar	Kualitas air jelek saluran permanen air lancar	Kualitas air jelek saluran permanen tidak lancar	Kualitas air jelek saluran tanah air lancar	Kualitas air jelek saluran tanah air tidak lancar	tidak ada saluran buangan air
Fasilitas listrik sebaran jaringan	geografis luas kualitas kuantitas	kurang dari kelas I	kurang dari kelas II	kurang dari kelas III	kurang dari kelas IV	Hampir tidak ada, sulit didapat
Kelas fasilitas kota	4 macam fasilitas / lebih	3 macam fasilitas	2 macam fasilitas	1 macam fasilitas	jalan pendekat	tanpa fasilitas
Bentuk Penggunaan lahan	1. Malingreau & Chrystiani (1981): <i>Satlement - Built up area</i> : kriteria $N = functional$ 2. Bentuk Penggunaan Lahan pengelompokan Sandy disesuaikan kondisi daerah					
Kerapatan Bangunan	1. Bersifat kualitatif / penyebaran kerapatan bangunan pada posisi geografis 2. Bersifat kuantitatif/ hasil perbandingan luas bangunan dalam satuan luas					
Harga dasar tanah	1. Harga dasar tanah ditentukan oleh Pemerintah Daerah, Peraturan Menteri Dalam Negeri Nomor 1 tahun 1975. 2. Harga dasar tanah disesuaikan dengan penyebaran kondisi geografis, potensi lokasi terhadap fasilitas yang ada. 3. Harga dasar tanah setiap daerah bervariasi					

Beberapa deskripsi persyaratan kriteria klasifikasi :

1. Kepadatan penduduk digunakan kriteria bersifat kualitatif sesuai posisi geografis, dan kuantitatif dihitung.
2. Bentuk penggunaan lahan digunakan criteria dapat dipilih salah satu (1) Bentuk penggunaan lahan biasanya digunakan pengelompokan I Made Sandy, yang secara resmi digunakan pada peta penggunaan lahan Badan Pertanahan Nasional (BPN) ; (2) Penggunaan lahan pada sistem klasifikasi Malingreau & Chrystiani (1981) : *Satlement-Built up area* dengan kriteria $N = functional$, karena kajian saat ini menggunakan citra penginderaan jauh

5.2.2. Evaluasi Permukiman Kota dari Citra Penginderaan Jauh

Evaluasi lahan kota biasanya untuk mengidentifikasi profil kecenderungan penyebaran permukiman penduduk di suatu daerah, dan menilai kemampuan sumberdaya lahan bagi keperluan perkotaan. Gambar 5. 1



Gambar 5.1. Sebaran permukiman pada citra IKONOS. (Sri Hardiyanti, 2001)

Pola sebaran permukiman teratur dan permukiman tidak teratur di Wilayah Kabupaten Bekasi dan Karawang.

Data penginderaan jauh (inderaja) untuk keperluan ini diperlukan data/ citra penginderaan jauh dengan resolusi tinggi. Hal itu diperlukan untuk melihat jumlah sebaran rumah secara rinci (detail), data penginderaan jauh mempunyai cakupan luas diperlukan untuk melihat hubungan kondisi lingkungan secara menyeluruh. Penilaian lahan untuk permukiman didasarkan pada kriteria pembatas lingkungan yang sangat jelas tampak pada citra, yaitu jalan, jalur sungai, daerah tangkapan air dan kriteria lain yang diperlukan untuk permukiman penduduk yang sehat dan aman dari bencana.

5.2.3. Prosedur Pelaksanaan Evaluasi Permukiman Kota

Parameter untuk mengetahui kemampuan sumberdaya lahan bagi keperluan perkotaan antara lain : tanah (jenis tanah), iklim, kemiringan, ketinggian, hidrologi, termasuk data laboratorium dan data lapangan.

1. Hidrologi dengan analisis pola aliran sungai dan identifikasi citra.
2. Penutup lahan dan bentuk lahan diklasifikasi dari citra
3. Parameter yang berasal dari sumber lainnya adalah data tanah, iklim, kemiringan lereng mikro, ketinggian, dan faktor pembatas berupa rencana tata ruang yang ada, berupa RUTR dan RTRW (Rencana Tata Ruang Wilayah).

Metode penelitian seperti diagram alir Gambar 5.2 Prosedur pelaksanaannya dibagi menjadi dua kegiatan, yaitu (1) Kegiatan pengolahan data satelit; (2) Pengolahan data dengan sistem informasi geografis (SIG). Tahapan kegiatan

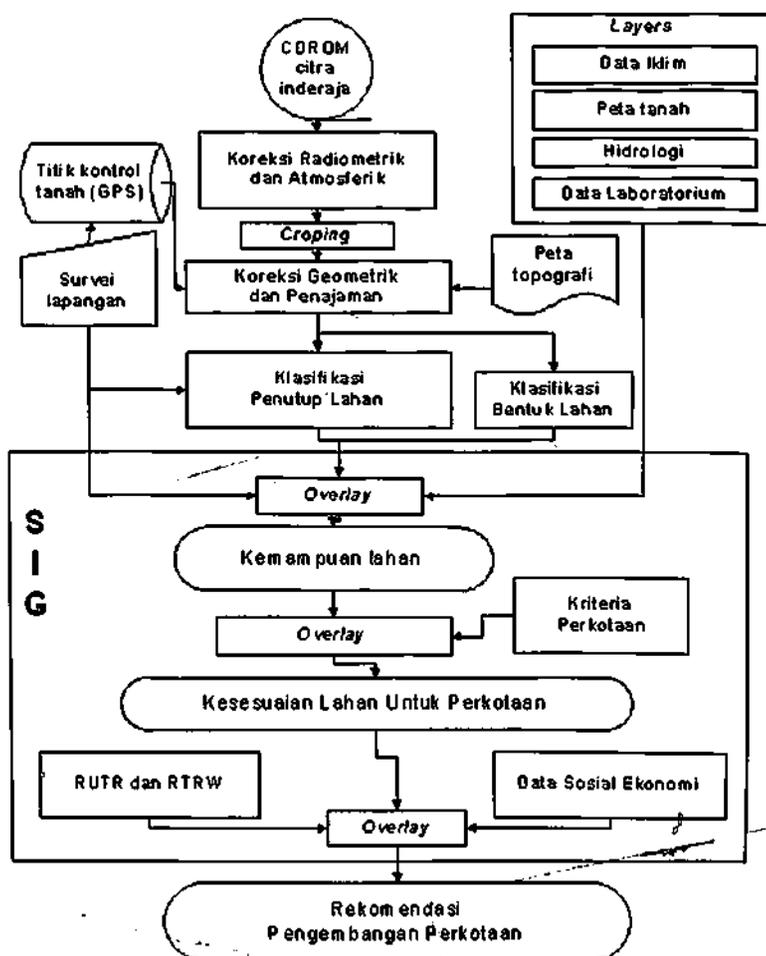
dari kedua prosedur dapat diterangkan sebagai berikut :

1. Kegiatan pertama pengolahan data inderaja satelit dengan prosedur pengolahan yang sudah standar/ baku : (1) *Cropping* data daerah penelitian, bertujuan untuk efisiensi penggunaan *space/ memory* komputer.(2) Prapengolahan, koreksi radiometrik, geometrik/ registrasi, penajaman untuk memperbaiki kualitas data. Koreksi geometri dengan registrasi citra ke citra menggunakan citra yang telah terkoreksi sebagai acuan. (3) Pengolahan, pembuatan komposit warna asli, klasifikasi tutupan lahan, bertujuan untuk memperoleh informasi tentang tutupan lahannya dan digitasi sungai. (4) Pengecekan lapangan, bertujuan untuk validasi dan koreksi hasil interpretasi/ hasil klasifikasi. (5) Perbaikan hasil klasifikasi menggunakan data hasil pengecekan lapangan sebagai referensi.
2. Kegiatan kedua adalah pengolahan data SIG dengan prosedur berikut :
 - a. Digitasi peta-peta (peta jenis tanah, iklim, ketinggian, dan penggunaan lahan)
 - b. Konversi data vektor hasil digitasi diatas menjadi data raster.
 - c. *Overlay* indeks terbobot, yaitu hasil perkalian antara nilai skor kategori kriteria perkotaan dengan bobot faktor yang sesuai. Bobot tiap faktor pendukung dikombinasikan dengan semua kriteria untuk menghasilkan multi-kriteria, dilakukan dengan teknik *overlay*, yaitu *Metode Indeks Terbobot*, yang akan menghasilkan lima kelas kesesuaian lahan yaitu : Sangat Sesuai (S1), Sesuai (S2), Cukup Sesuai (S3), Kurang sesuai (N1), Tidak Sesuai (N2).
 - d. Penentuan kesesuaian lahan perkotaan
 - e. Pemasukan data RUTR dan RTRW serta data sosial ekonomi untuk menentukan rekomendasi bagi perkembangan perkotaan
- 3) Kegiatan analisis menggunakan criteria kepadatan bangunan
 - a. Bersifat kuantitatif dengan metode perbandingan, yaitu hasil perbandingan luas bangunan dalam satuan luas meter persegi dari citra penginderaan jauh dengan luas per kelurahan atau per RK/RT/RW satuan km²
 - b. Luas bangunan hasil perhitungan citra penginderaan jauh dibandingkan dengan luas bangunan dari data pajak bumi dan bangunan, diklasifikasikan dalam bangunan pemerintah yang tidak dikenakan pajak

- c. Data luas daerah dari data penginderaan jauh atau data administrasi daerah, dari Dinas Pekerjaan Umum
- d. Data bersifat kualitatif dan kuantitatif berupa penyebaran kerapatan bangunan pada posisi geografis
- e. Perhitungan kepadatan bangunan juga dapat dihitung dengan cara *Arithmetic Progression*, sebaran frekuensi dari data lebih merata dibanding dengan sebaran frekuensi hasil rumus Sturges dengan deret ukur berikut :

$$A + X + 2X + 3X + 4X + \dots nX = B$$

Di mana : A = nilai terendah (batas bawah) ; B = nilai tertinggi (batas atas); n = jumlah keseluruhan kelas yang dicari; X = besarnya kelas pada kelas pertama.



Gambar 5.2. Prosedur pelaksanaan evaluasi permukiman kota (Purwadhi dkk, 2001)

5.2.4. Deteksi Permukiman Kumuh dari Citra

Permukiman kumuh adalah permukiman dengan unit-unit rumah yang mempunyai ukuran kecil-kecil, serta kondisi fisik lingkungan buruk. Keberadaan permukiman kumuh telah menyebabkan kualitas permukiman kota semakin menjadi buruk, sehingga diperlukan program perbaikan. Tipologi permukiman kumuh dibedakan dalam dua tipe, yaitu *squater area* dan *slum area* (Nanik Suryo, 1998). Kedua tipe permukiman kumuh tersebut dibedakan berdasarkan kondisi fisik geografis yang tidak memadai dan status kepemilikan yang tidak jelas.

5.2.4.1. *Squater area*

Squater Area adalah permukiman kumuh yang dibangun di suatu kawasan/ daerah permukiman/ tempat-tempat terlarang dan bersifat illegal atau liar. Permukiman kumuh tipe *Squater area* mempunyai kondisi fisik, geografis dan status sebagai berikut.

1. Kondisi fisik *squater area*, antara lain
 - a. Permukiman tidak layak menurut peruntukan ruang
 - b. Permukiman padat penduduknya
 - c. Permukiman dengan prasarana sanitasi tidak berfungsi baik
 - d. Permukiman yang belum tersentuh oleh program peremajaan kota maupun program perbaikan kampung
 - e. Permukiman dengan tata letak tidak teratur
 - f. Permukiman dengan fisik bangunan buruk
2. Kondisi geografis *squater area*, antara lain
 - a. *Squater* bantaran sungai adalah permukiman kumuh yang berlokasi di bantaran sungai atau area selebar 15 meter kiri dan kanan sungai. Kawasan bantaran sungai dilarang untuk didirikan bangunan/ lokasi permukiman karena daerah rawan banjir dan penyebab polusi. Penduduk bermukim di bantaran sungai membuang sampah rumah tangga ke sungai, yang menyebabkan polusi air
 - b. *Squater* lain adalah permukiman yang berlokasi di pinggiran rel kereta api, di bawah jaringan listrik tegangan tinggi, di daerah jalur hijau, di tempat fasilitas umum yang sudah terbangun maupun belum terbangun.
3. Status permukiman kumuh yang termasuk *squater area* biasanya menempati daerah yang dilarang atau ilegal, sehingga tidak ada status kepemilikan rumah. Contoh permukiman yang menempati tanah/

lahan milik negara atau badan-badan usaha lain baik pemerintah maupun swasta yang belum dibangun atau lahannya masih kosong.

5.2.4.2. Slum area

Slum Area adalah permukiman kumuh dalam kaitannya dengan masalah permukiman perkotaan. Apabila dilihat dari kondisi fisik lingkungan tidak memadai, sedangkan kondisi geografisnya layak untuk dihuni. *Slum Area* bersifat legal atau secara hukum diakui kepemilikannya. Ciri permukiman kumuh yang termasuk tipe *slum area* adalah

1. Daerah permukiman yang lingkungannya tidak sehat
2. Daerah permukiman dihuni oleh warga kota yang gagal dalam bidang ekonomi
3. Daerah permukiman yang masyarakatnya mempunyai kebiasaan negatif
4. Daerah permukiman yang masyarakatnya mempunyai emosi tidak stabil

5.2.4.3. Kriteria permukiman kumuh

Kriteria permukiman kumuh dapat dinilai menggunakan beberapa variabel fisik, sosial, dan ekonomi (Purwadhi dkk). Variabel sosial ekonomi lingkungan dapat digambarkan tentang penghasilan, pendidikan, kesehatan balita, air bersih, luas rumah, drainase, sampah, dan tinja. Setiap variabel sebagai berikut.

1. Penghasilan merupakan suatu kriteria keberhasilan atau kegagalan penduduk di bidang ekonomi
2. Pendidikan merupakan suatu tolok ukur penilaian terhadap kepala keluarga. Di permukiman kumuh biasanya > 80 % kepala keluarga hanya tamat sekolah dasar.
3. Kesehatan balita merupakan tolok ukur bagi ekonomi keluarga. Permukiman kumuh apabila jumlah keluarga yang mempunyai balita sehat di bawah 70 %.
4. Air bersih merupakan kriteria daerah dalam jangkauan peremajaan. Permukiman kumuh bila jumlah penduduk dapat menggunakan air bersih kurang dari 50 %
5. Luas rumah merupakan kriteria kekumuhan berupa ukuran kepadatan bangunan. Luas rumah permukiman kumuh bila dihitung dengan rata-2 jumlah penduduk, relatif besar 6 (enam) hingga 8 (delapan)

meter persegi per orang.

6. Drainase pada umumnya di daerah permukiman kumuh tidak berfungsi dengan baik, air di saluran menggenang, berbau, dan berwarna hitam.
7. Sampah perkampungan dikelola oleh Pemerintah Daerah dengan cara dikumpulkan di tempat tampungan sampah sementara. Penampungan sampah sementara sering hingga meluap, karena tidak langsung diangkut ke tempat penampungan akhir (TPA) sampah, akibatnya kondisi lingkungan sudah buruk, bertambah buruk.
8. Tinja/ kotoran manusia di daerah kumuh biasanya penduduk dengan cara membuang hajat/ tinja tidak memenuhi persyaratan kesehatan.

5.2.4.4. Prosedur pelaksanaan deteksi permukiman kumuh

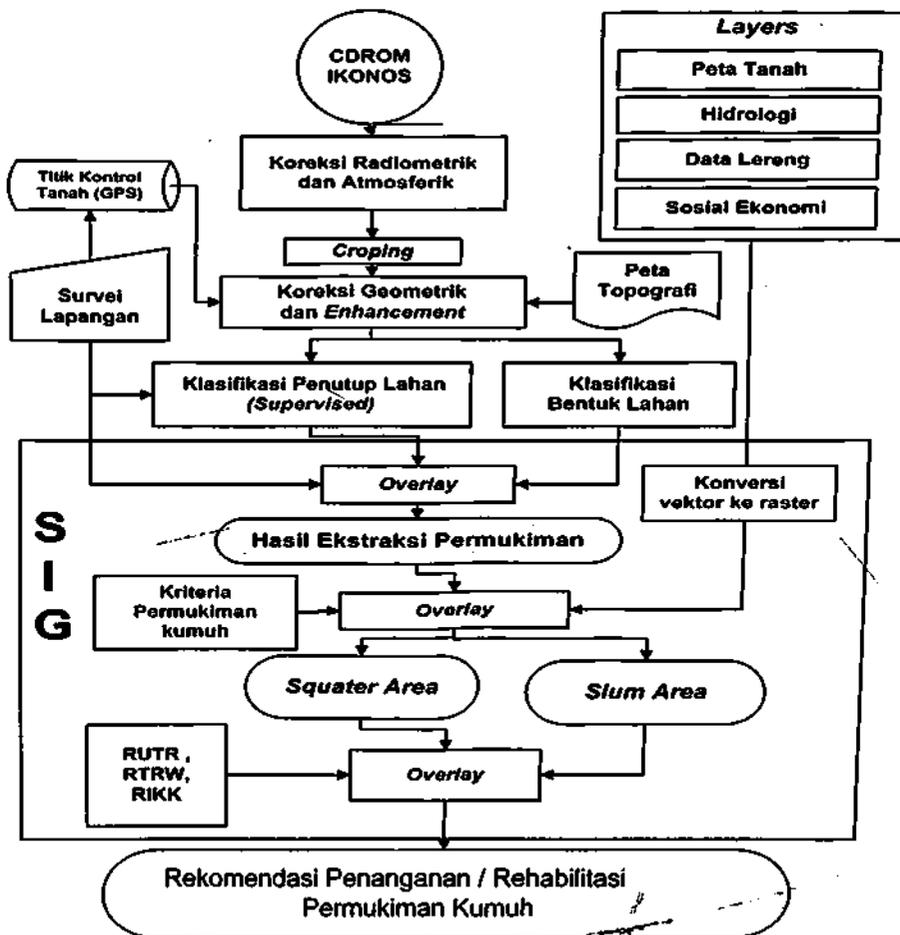
Analisis citra penginderaan jauh untuk deteksi permukiman kumuh ada dua macam, yaitu deteksi secara langsung dan tidak langsung.

1. Deteksi secara langsung adalah kenampakan yang dapat dilihat secara langsung dari citra berupa penutup lahan berupa rumah-rumah, jalur-jalur jalan, jalan/ rel kereta api, saluran air/ selokan, tempat tumpukan sampah, genangan air, vegetasi.
2. Deteksi secara tidak langsung atau yang tidak tampak pada citra adalah perkiraan jumlah penduduk (harus ada ubinan data lapangan, lihat prediksi penduduk yang diuraikan di atas). Data kesehatan balita dan kebiasaan penduduk membuang tinja digunakan data lapangan.

Kompilasi deteksi langsung dan tidak langsung menggunakan teknik SIG untuk menilai lingkungan dan kualitas permukiman kumuh. Prosedur deteksi seperti diagram alir Gambar 5.3. Prosedur kompilasi dibagi dalam dua bagian yaitu deteksi langsung dari citra, dan kompilasi dengan data lain menggunakan SIG, yaitu:

1. Kegiatan pengolahan data penginderaan jauh satelit dengan prosedur pengolahan yang sudah standar/ baku : (1) Koreksi radiometrik dan atmosferik seluruh scene; (2) *Cropping* data daerah penelitian yang sudah terkoreksi geometrik, bertujuan untuk efisiensi penggunaan *space/ memory* computer; (3) Prapengolahan, koreksi geometrik/ registrasi, *stretching*, dan penajaman untuk pembetulan posisi geometrik, dan memperbaiki kualitas data citra. Koreksi geometri dilakukan

dengan registrasi citra ke citra menggunakan peta topografi atau data lapangan (*Geo Positioning System / GPS*); (4) Klasifikasi tutupan lahan manual, bertujuan untuk memperoleh informasi tentang tutupan lahannya secara menyeluruh baik mengenai vegetasi, aliran dan genangan air, rumah, jalan dan kenampakan tutupan lahan yang secara fisik dapat terlihat dari citra.(5) Klasifikasi bentuk lahan untuk mengetahui kondisi bentuk lahan daerah penelitian, apakah daerah dataran, bergelombang, berbukit, atau bergunung.(6) Pengecekan lapangan, bertujuan untuk verifikasi hasil klasifikasi, serta pengukuran GPS.(7) Perbaikan hasil klasifikasi menggunakan data hasil pengecekan lapangan sebagai referensi.



Gambar 5.3. Prosedur deteksi permukiman kumuh dari inderaja. (Purwadi dkk, 2001)

2. Kegiatan pengolahan data GIS/ SIG dengan prosedur : (1) Digitasi peta-peta seperti peta tanah, ketinggian, dan hidrologi (2) Konversi data vektor hasil digitasi menjadi data raster.(3) *Overlay* hasil klasifikasi bentuk lahan dan penutup lahan untuk ekstraksi lokasi permukiman.(4) Penentuan kriteria permukiman kumuh; (5) *Overlay* ekstraksi lokasi permukiman dengan kriteria permukiman kumuh (layer data fisik, data sos-ek untuk menetapkan topologi permukiman kumuh); (6) Hasil pemilahan topologi menjadi dua bagian, yaitu squater area dan slum area.; (7) Pemasukan data RUTR, RTRW, RIKK untuk menentukan rekomendasi pengelolaan atau rehabilitasi permukiman kumuh.

5.2.4.5. Penilaian tingkat kekumuhan lingkungan permukiman

Penilaian tingkat kekumuhan lingkungan permukiman dari foto udara dan data lapangan/ secara teorestis kriteria/ variabel lingkungan kumuh sudah ditetapkan oleh DitJenCipta Karya Dep. PU, 1979. Kriteria penilaian diberikan perubahan berdasar variable citra penginderaan jauh (Tabel 5.2) dan Kriteria penilaian diberikan perubahan berdasar variable terrestrial atau kondisi lapangan (Tabel 5.3) dari hasil penelitian menggunakan citra IKONOS oleh Purwadhi dkk (2001)

Tabel 5. 2. Kriteria penilaian lingkungan permukiman kumuh untuk variabel dari citra penginderaan jauh.

No	Kriteria Penilaian	Bobot Penimbang	NILAI		
			I	II	III
1	Penutup bangunan rumah	3	Penutup rumah mukim rata/ blok <50 %	Penutup rumah mukim rata/blok 50-70 %	Penutup rumah mukim rata/blok >75 %
2	Luas atap/ rumah	3	Luas rumah rata/ blok >90 m ²	Luas rumah rata/ blok 60-90 m ²	Luas rumah rata/ blok <60 m ²
3	Kerapatan rumah	2	Agak padat	Padat	Sangat padat
4	Lebar jalan masuk	2	Lebar jalan ms rata/blok >2 m	Lebar jalan ms rata/blok 1-2 m	Lebar jalan rata/blok <1 m
5	Kondisi jalan per- mukiman	2	>40% jalan masuk diaspal/ disemen	20-40% jalan masuk diaspal/ disemen	<20% jalan masuk diaspal/ disemen
6	Luas hala- man/ lahan kosong	2	Luas hala-man per blok >6%	Luas ha-laman per blok 3-6%	Luas ha-laman per blok <3%

7	Vegetasi pelindung	2	Vegetasi pelindung per blok >15%	Vegetasi pelindung per blok 10-15%	Vegetasi pelindung per blok <10%
8	Tata letak	3	>40% per blok permukiman teratur	20-40% per blok permukiman teratur	<20% per blok permukiman teratur

Sumber : Dit. Cipta Karya Dep. PU, 1979 dengan perubahan

Kriteria penilaian lingkungan permukiman kumuh untuk variabel dari citra penginderaan jauh (Purwadhi dkk, 2001) adalah :

1. Kriteria penilaian lingkungan permukiman kumuh untuk variabel dari citra inderaja digunakan bobot penimbang antara penutup bangunan permukiman, kepadatan rumah, luas atap/ rumah, lebar jalan masuk, kondisi jalan di permukiman, luas halaman/ lahan kosong, vegetasi pelindung, dan tata letak.
2. Kriteria penilaian lingkungan permukiman kumuh untuk variabel dari data lapangan atau secara terestrial digunakan bobot penimbang antara genabngan banjir, sanitasi, pembuangan sampah, kepadatan rumah, lebar jalan masuk, kondisi jalan masuk, air minum/ air bersih, keadaan bangunan, tata letak, luas rumah, pendapatan keluarga per bulan, pendidikan, kesehatan.

Tabel 5. 3. Kriteria penilaian lingkungan permukiman kumuh untuk variabel secara terestrial (lapangan)

No	Kriteria Penilaian	Bobot Penimbang	NILAI		
			I	II	III
1	Genangan/ banjir	2	Tidak tergenang setelah hujan	Kadang tergenang setelah hujan	Tergenang setelah hujan
2	Sanitas	2	Memiliki sarana sanitasi sendiri	Menggunakan sarana sanitasi umum	Memanfaatkan tempat sanitasi lain
3	Pembuangan sampah	2	Memiliki buangan sampah sendiri	Menggunakan tempat sampah umum	Membuang sampah sembarangan
4	Kepadatan rumah	2	Agak padat	Padat	Sangat padat
5	Lebar jalan masuk	2	Lebar > 2 m	Lebar 1-2 m	Lebar < 1 m
6	Kondisi Jalan masuk	2	Jalan diperkeras semua	Jalan diperkeras sebagian	Jalan masuk tidak diperkeras

7	Air minum/ air bersih	1	Sumber air bersih PAM	Sumber air dari sumur	Sumber air minum dari penjaja air
8	Keadaan bangunan	2	Konstruksi bangunan permanen	Konstruksi bangunan semi permanen	Konstruksi bangunan tidak permanen
9	Tata letak	3	Permukiman agak teratur	Permukiman tidak teratur	Permukiman sangat tidak teratur
10	Luas rumah	3	Luas rumah >90 m ²	Luas rumah 60-90 m ²	Luas rumah <60 m ²
11	Pendapatan per bulan	3	Di atas Rp301.000	Antara 151-300 ribu rp	Maksimum Rp150.000
12	Pendidikan	2	SLTA ke atas	SLTP	Maksimum tamat SD
13	Kesehatan	2	Hampir tidak pernah sakit	Kadang-kadang sakit	Sakit-sakitan

Sumber : Dit. Cipta Karya Dep. PU, 1979 dengan perubahan

Penilaian lingkungan berdasarkan kriteria Tabel 5.2 dan Tabel 5.3, menggunakan teknik pengharkatan (*scoring*). Setiap variabel diberi harkat atau nilai scor dan bobot penimbang. Nilai harkat yang diberikan adalah nilai terendah 1 dan nilai tertinggi 3. Pemberian bobot penimbang antara 1 hingga 3 didasarkan pada besar kecil pengaruh setiap variabel terhadap kekumuhan permukiman.

1. Bobot penimbang 1 artinya pengaruh terhadap kekumuhan permukiman kecil
2. Bobot penimbang 2 artinya pengaruh terhadap kekumuhan permukiman sedang
3. Bobot penimbang 1 artinya pengaruh terhadap kekumuhan permukiman besar

Hasil penilaian lingkungan dibedakan menjadi tiga kelas :

1. Lingkungan permukiman kumuh ringan
2. Lingkungan permukiman kumuh sedang
3. Lingkungan permukiman kumuh berat

Cara untuk menentukan tingkat kekumuhan lingkungan permukiman individual menggunakan nilai Y berikut : $Int = (Jml Y max - Jml Y min) / 3$

Di mana : Int = Interval tingkat kekumuhan permukiman

Jml Y mak = tingkat permukiman kumuh terberat

7	Vegetasi pelindung	2	Vegetasi pelindung per blok >15%	Vegetasi pelindung per blok 10-15%	Vegetasi pelindung per blok <10%
8	Tata letak	3	>40% per blok permukiman teratur	20-40% per blok permukiman teratur	<20% per blok permukiman teratur

Sumber : Dit. Gipta Karya Dep. PU, 1979 dengan perubahan

Kriteria penilaian lingkungan permukiman kumuh untuk variabel dari citra penginderaan jauh (Purwadi dkk, 2001) adalah :

1. Kriteria penilaian lingkungan permukiman kumuh untuk variabel dari citra inderaja digunakan bobot penimbang antara penutup bangunan permukiman, kepadatan rumah, luas atap/ rumah, lebar jalan masuk, kondisi jalan di permukiman, luas halaman/ lahan kosong, vegetasi pelindung, dan tata letak.
2. Kriteria penilaian lingkungan permukiman kumuh untuk variabel dari data lapangan atau secara terestrial digunakan bobot penimbang antara genabngan banjir, sanitasi, pembuangan sampah, kepadatan rumah, lebar jalan masuk, kondisi jalan masuk, air minum/ air bersih, keadaan bangunan, tata letak, luas rumah, pendapatan keluarga per bulan, pendidikan, kesehatan.

Tabel 5. 3. Kriteria penilaian lingkungan permukiman kumuh untuk variabel secara terestrial (lapangan)

No	Kriteria Penilaian	Bobot Penimbang	NILAI		
			I	II	III
1	Genangan/ banjir	2	Tidak tergenang setelah hujan	Kadang tergenang setelah hujan	Tergenang setelah hujan
2	Sanitas	2	Memiliki sarana sanitasi sendiri	Menggunakan sarana sanitasi umum	Memanfaatkan tempat sanitasi lain
3	Pembuangan sampah	2	Memiliki buangan sampah sendiri	Menggunakan tempat sampah umum	Membuang sampah sembarangan
4	Kepadatan rumah	2	Agak padat	Padat	Sangat padat
5	Lebar jalan masuk	2	Lebar > 2 m	Lebar 1-2 m	Lebar < 1 m
6	Kondisi Jalan masuk	2	Jalan diperkeras semua	Jalan diperkeras sebagian	Jalan masuk tidak diperkeras

INTERPRETASI CITRA UNTUK PERMUKIMAN DAN KEPENDUDUKAN

7	Air minum/ air bersih	1	Sumber air bersih PAM	Sumber air dari sumur	Sumber air minum dari penjaja air
8	Keadaan bangunan	2	Konstruksi bangunan permanen	Konstruksi bangunan semi permanen	Konstruksi bangunan tidak permanen
9	Tata letak	3	Permukiman agak teratur	Permukiman tidak teratur	Permukiman sangat tidak teratur
10	Luas rumah	3	Luas rumah >90 m ²	Luas rumah 60-90 m ²	Luas rumah <60 m ²
11	Pendapatan per bulan	3	Di atas Rp301.000	Antara 151-300 ribu rp	Maksimum Rp150.000
12	Pendidikan	2	SLTA ke atas	SLTP	Maksimum tamat SD
13	Kesehatan	2	Hampir tidak pernah sakit	Kadang-kadang sakit	Sakit-sakitan

Sumber : Dit. Cipta Karya Dep. PU, 1979 dengan perubahan

Penilaian lingkungan berdasarkan kriteria Tabel 5.2 dan Tabel 5.3, menggunakan teknik pengharkatan (*scoring*). Setiap variabel diberi harkat atau nilai scor dan bobot penimbang. Nilai harkat yang diberikan adalah nilai terendah 1 dan nilai tertinggi 3. Pemberian bobot penimbang antara 1 hingga 3 didasarkan pada besar kecil pengaruh setiap variabel terhadap kekumuhan permukiman.

1. Bobot penimbang 1 artinya pengaruh terhadap kekumuhan permukiman kecil
2. Bobot penimbang 2 artinya pengaruh terhadap kekumuhan permukiman sedang
3. Bobot penimbang 1 artinya pengaruh terhadap kekumuhan permukiman besar

Hasil penilaian lingkungan dibedakan menjadi tiga kelas :

1. Lingkungan permukiman kumuh ringan
2. Lingkungan permukiman kumuh sedang
3. Lingkungan permukiman kumuh berat

Cara untuk menentukan tingkat kekumuhan lingkungan permukiman individual menggunakan nilai Y berikut : $Int = (Jml Y \max - Jml Y \min) / 3$

Di mana : Int = Interval tingkat kekumuhan permukiman

Jml Y mak = tingkat permukiman kumuh terberat

Jml Y min = tingkat permukiman kumuh terringan

Contoh penggunaan bila diketahui Y maks 90 dan Y min 30 berdasarkan hal ini maka diperoleh interval kekumuhan: $\text{Int} = (90-30) / 3 = 60 / 3 = 20$

Jadi tingkat julat (*range*) kekumuhan sebagai berikut :

1. Lingkungan permukiman kumuh ringan, antara 30 hingga 50 Angka 50 diperoleh dari 30 (Y min) + 20 (int)
2. Lingkungan permukiman kumuh sedang, 51 hingga 70. Angka 70 dari 50 (batas kumuh ringan) + 20 (int)
3. Lingkungan permukiman kumuh berat, antara 71-90 (maks)

Julat (*range*) tersebut dapat digunakan untuk mengukur kekumuhan setiap individu pada satu lingkungan permukiman misalnya beberapa responden (Y) misalnya Y1 = 41 Y2 = 52 dan Y3 = 72 maka cara perhitungannya sebagai berikut

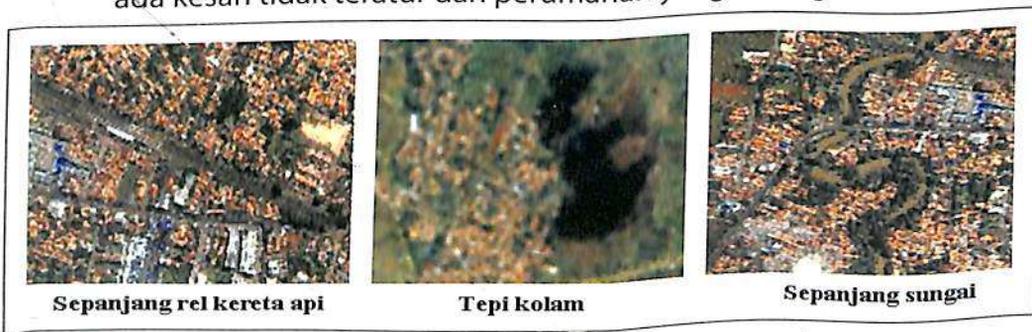
1. Y1 = 41 antara 30-50 sehingga responden mempunyai nilai kekumuhan ringan
2. Y2 = 52 antara 51-70 sehingga responden mempunyai nilai kekumuhan sedang
3. Y3 = 72 antara 71-90 sehingga responden mempunyai nilai kekumuhan berat

Perhitungan kekumuhan kelompok lingkungan

1. Apabila > 70% penduduk masuk dalam nilai Y antara 30-50, maka lingkungan dinilai kekumuhannya ringan.
2. Apabila > 70 % penduduk masuk dalam nilai Y antara 51-70, maka lingkungan dinilai kekumuhannya sedang
3. Apabila > 70 % penduduk masuk dalam nilai Y antara 71-90, maka lingkungan dinilai kekumuhannya berat

Hasil deteksi permukiman kumuh terlihat pada citra dapat dikelompokkan menjadi tiga kelompok sesuai analisis Bhide, 1987 dalam Purwadhi dkk, 2001), yaitu daerah kumuh bangunan, daerah kumuh tupunan, dan daerah kumuh proyrk perumahan. Deskripsi masing-masing kelompok sebagai berikut.

1. **Daerah kumuh bangunan** adalah permukiman kumuh yang dihuni oleh masyarakat berpenghasilan rendah, yang merupakan bangunan sementara dengan fasilitas umum dan pelayanan yang minim. Permukiman seperti ini tampak pada citra Gambar 5.4 adalah permukiman kumuh sekitar kolan, sepanjang rel KA dan sungai.
2. **Daerah kumuh turunan** adalah permukiman kumuh dari bekas rumah di daerah kota yang semula dibangun dengan izin bangunan atau daerah pedesaan lama yang dikelilingi oleh bangunan baru. Hal ini dapat terjadi karena adanya pemekaran kota yang berlangsung cepat, tetapi pemeliharaan sangat terbatas, sehingga prasarananya semakin merosot. Gambar 5.5. daerah kumuh turunan : permukiman kumuh (permukiman lama), permukiman kumuh industri, permukiman kumuh pertanian.
3. **Daerah kumuh proyek perumahan** adalah kelompok perumahan yang dibangun bagi masyarakat yang berpenghasilan rendah. Pengelolaan sangat terbatas dan terjadi kemerosotan prasarana. Gambar 5.6 Daerah kumuh proyek perumahan di lokasi-lokasi proyek, sehingga ada kesan tidak teratur dari perumahan yang dibangun.



Gambar 5.4. Daerah kumuh bangunan IKONOS September 2001.



Gambar 5.5. Daerah kumuh turunan.



Gambar 5.6. Daerah kumuh proyek perumahan.

5.3. DETEKSI KEPENDUDUKAN DARI CITRA

Parameter kependudukan mencakup sepuluh indikator, yaitu (1) jumlah penduduk, (2) kepadatan penduduk, (3) sebaran penduduk, (4) komposisi penduduk, (5) pengembangan penduduk, (6) dinamika/ mobilisasi penduduk, (7) proyeksi penduduk, (8) mata pencaharian penduduk, (9) kualitas penduduk, dan (10) kesejahteraan penduduk

5.3.1. Perkiraan Jumlah dan Kepadatan Penduduk

Perkiraan jumlah penduduk merupakan salah satu parameter dalam studi kependudukan. Parameter kependudukan mencakup sepuluh indikator, yaitu (1) jumlah penduduk, (2) kepadatan penduduk, (3) sebaran penduduk, (4) komposisi penduduk, (5) pengembangan penduduk, (6) dinamika/ mobilisasi penduduk, (7) proyeksi penduduk, (8) mata pencaharian penduduk, (9) kualitas penduduk, dan (10) kesejahteraan penduduk. Studi kependudukan tidak terlepas dari studi permukiman pedesaan dan perkotaan. Studi permukiman dalam analisis geografi menitik beratkan pada bentukan budidaya (artifisial) maupun natural dengan segala kelengkapan yang dipergunakan oleh manusia, baik secara individu maupun kelompok, untuk bertempat tinggal maupun menetap dalam rangka penyelenggaraan kehidupannya, seperti permukiman kota dan permukiman desa. Permukiman mempunyai pengertian tempat tinggal, secara luas atau segala sesuatu yang berhubungan dengan tempat tinggal, secara sempit berarti *daerah* tempat tinggal atau segala sesuatu yang berkaitan *bangunan* tempat tinggal (Purwadhi, 1990)

Jumlah penduduk suatu daerah (luasan) pada kurun waktu tertentu, dapat diprediksi/ diperkirakan dari data penginderaan jauh dan melalui sensus penduduk. Penafsiran/ perkiraan jumlah penduduk menggunakan data penginderaan jauh dapat dilakukan dengan tiga model (Sutanto, 1982), yaitu

1. Model I : $P = R.p$;
2. Model II : $P = L.k$;

3. Model III : $P = K.t$

Di mana

P = Jumlah Penduduk

L = Lahan Permukiman

R = Jumlah Rumah

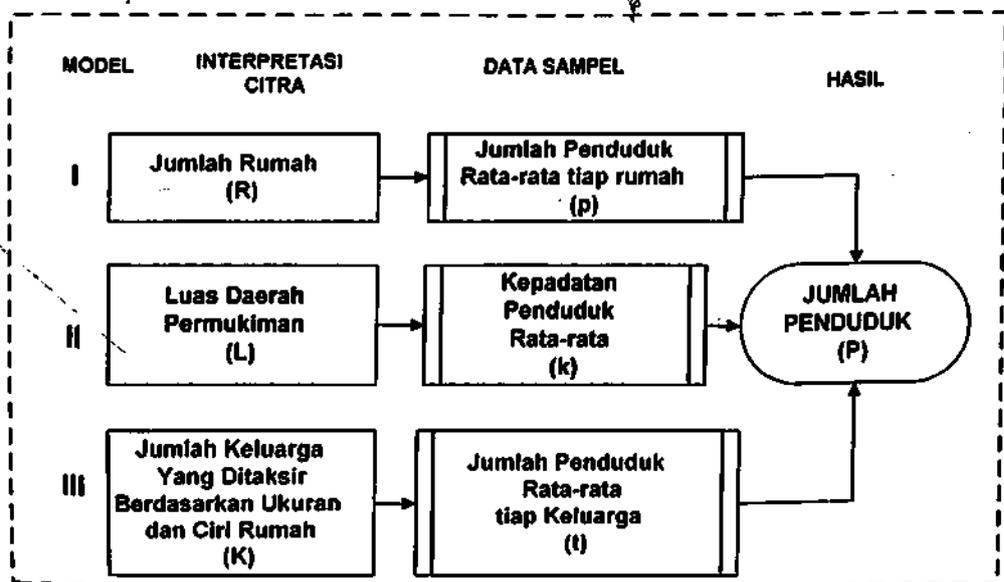
K = Jumlah keluarga yang ditaksir berdasar ukuran dan ciri rumah

p = Jumlah penduduk rata-rata per rumah

k = kepadatan penduduk rata-rata

t = Jumlah penduduk rata-rata tiap keluarga

Ketiga model penafsiran jumlah penduduk dengan menggunakan data penginderaan jauh tersebut dapat digambarkan seperti Gambar 5.7.



Gambar 5.7. Tiga model penafsiran jumlah penduduk dari citra penginderaan jauh (Sutanto, 1982 dengan perubahan)

Berdasarkan tiga model perkiraan jumlah penduduk tersebut, maka setiap model dapat digunakan citra penginderaan jauh yang berbeda resolusinya.

1. Model I dan Model III harus dapat menghitung jumlah rumah dan mengenali setiap individu rumah (batas, ukuran, bentuk), maka citra penginderaan jauh yang digunakan harus citra resolusi tinggi, yang dapat membedakan setiap individu rumah dengan baik.
2. Model I dan Model III cukup baik digunakan dengan menggunakan

citra satelit dengan resolusi spasial hingga 2,5 meter. Saat ini citra satelit yang kita kenal dapat memenuhi persyaratan tersebut adalah citra SPOT 5 HRG Pank (resolusi spasial 2,5 meter), citra Alos PRISM triplet mode dan nadir (resolusi spasial 2,5 meter), citra IKONOS Pank (resolusi spasial 0,8 – 1 meter), dan citra Quickbird Pank (resolusi spasial 0,6 meter) dan Quickbird Multispektral (resolusi spasial 2,4 meter). Citra resolusi tinggi dapat digunakan untuk pembuatan peta tematik skala 1 : 1500 hingga skala 1 : 5000.

3. Kerincian obyek pada setiap citra tersebut dapat memenuhi persyaratan untuk menghitung jumlah rumah (Model I) dan mengenali setiap individu rumah (bentuk dan ukuran) seperti yang dipersyaratkan dalam Model III.

Gambar 5.8. Citra IKONOS daerah Bekasi. Perhatikan bentuk dan bangunan rumah secara individu merupakan rumah-rumah tinggal, pada permukiman teratur mudah dikenali. Batas blok dapat digunakan untuk menghitung jumlah penduduk, namun batas administratif merupakan batas yang baik, terutama untuk menilai keakuratan perhitungan jumlah penduduk menggunakan data penginderaan jauh. Data jumlah penduduk suatu wilayah tercatat mulai dari sistem administratif terkecil (RT/RW) di wilayah permukiman. Prediksi jumlah penduduk dengan Model I, yaitu menghitung jumlah rumah dan dikalikan dengan hasil ubinan rata-rata jumlah penduduk setiap rumah. Prediksi jumlah penduduk dengan Model-III, yaitu menghitung jumlah keluarga yang ditafsir berdasarkan ciri dan ukuran rumah dan dikalikan dengan hasil ubinan rata-rata jumlah penduduk setiap keluarga.



Gambar 5.8. Prediksi Model I dari citra IKONOS (Purwadhi dkk, 2001)

Model II harus dapat menghitung luas daerah permukiman, maka dapat digunakan citra penginderaan jauh citra resolusi menengah dan resolusi tinggi, yang dapat menghitung luas daerah permukiman dengan baik. Model II cukup baik menggunakan citra satelit dengan resolusi spasial 5 meter hingga 30 meter. Citra satelit Landsat Pankr dan Multispektral (resolusi spasial 15 meter hingga 30 meter), SPOT 4 Pankr dan Multispektral (resolusi spasial 10 meter hingga 20 meter) dan citra SPOT 5 HRS Multispektral (resolusi spasial 10 meter), citra ALOS AVNIR-2 (resolusi spasial 10 meter), ALOS PALSAR (resolusi spasial 6,5 meter). Kerincian obyek pada setiap citra tersebut dapat memenuhi persyaratan untuk memperkirakan jumlah penduduk dengan menggunakan Model II, karena luas daerah permukiman dengan batas administratif dapat diidentifikasi dengan baik.

5.3.2. Perhitungan Kepadatan penduduk

Menurut Sutanto, 1984) kepadatan penduduk yang dapat diprediksi menggunakan data penginderaan jauh mencakup prediksi kepadatan dan klasifikasi laju sebaran penduduk. Prediksi kepadatan penduduk menggunakan data penginderaan jauh sesuai cara penaksiran jumlah penduduk. Prediksi dilakukan berdasarkan lima model, yaitu empat model prediksi kepadatan penduduk dan satu kepadatan bangunan, yaitu

1. Prediksi Kepadatan Secara Kasar (KPK) adalah $KPK = JP / LW$
2. Kepadatan Penduduk Agraris adalah $KPA = JRtP / LP$
3. Kepadatan Lingkungan Permukiman (KLP) adalah $KLP = JP / LP$
4. Kepadatan Permukiman (KP) adalah $KP = JR / LP$
5. Koefisien Dasar Bangunan adalah $KDB = (LB / LP) \times 100 \%$

Di mana

JP = Jumlah Penduduk;

LW = Lahan Permukiman;

JR = Jumlah Rumah;

LB = Luas lahan tertutup bangunan;

LP = Luas (petak) untuk setiap peruntukan

Klasifikasi kepadatan penduduk, yang bersifat kuantitatif berupa jumlah penduduk per kelurahan atau setiap RK/ RT/ RW. Sebaran kepadatan penduduk bersifat kualitatif sesuai posisi geografis, menggunakan rumus : $K = 1 + 3,3 \log N$ di mana K = jumlah kelas; N = jumlah frekuensi. Perhitungan luas sebaran permukiman dan kelas interval kepadatan penduduk dapat dihitung dengan

menggunakan rumus berikut.

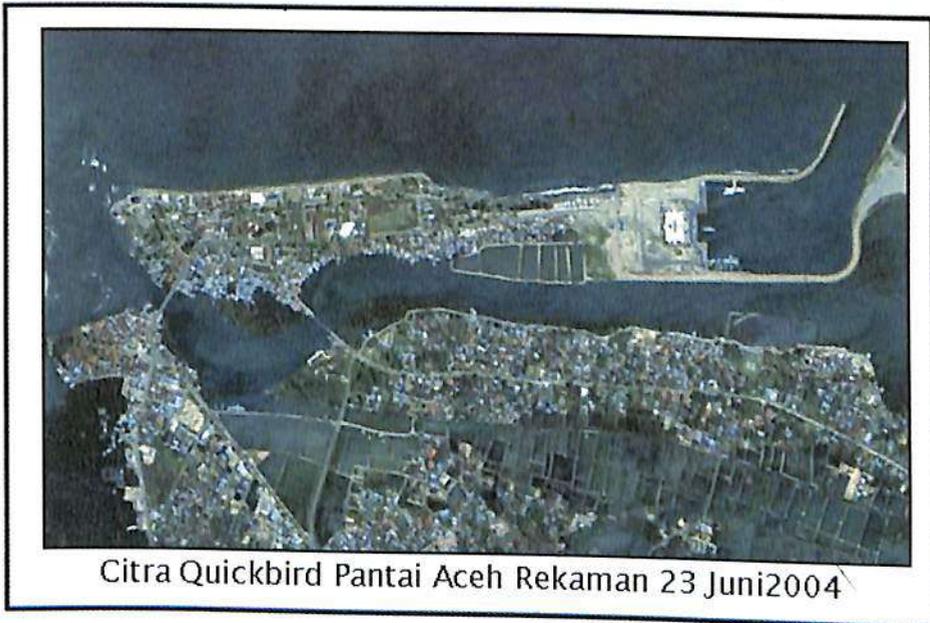
1. Luas penyebaran = nilai tertinggi (maks) - nilai terendah (min)
2. Kelas Interval = Range / Jumlah Kelas (K)

Contoh perhitungan Misalnya $N = 35$ maka $K = 1 + 3,3 \log 35 = 6$

Bila julat (*range*)-nya = 17.100 (maks) - 1.350 (min) = 15.750

Kelas interval = $15.750 / 6 = 2625$, maka

1. Kelas I = $14.450 - 17.100$;
2. Kelas II = $11.825 - 14.450$;
3. Kelas III = $9.200 - 11.825$;
4. Kelas IV = $6.575 - 9.200$;
5. Kelas V = $3.950 - 6.575$;
6. Kelas VI = $1.350 - 3.950$.



Gambar 5.9. Citra Quickbird Pelabuhan Aceh, NAD (Dok. LAPAN)

Gambar 5.9. perhatikan bentuk dan bangunan gedung, pantai, dermaga, jetty secara individu dan asosiasinya, sehingga dapat diidentifikasi suatu pelabuhan, salah satu sisinya tampak rumah-rumah tinggal yang padat, jalur jalan yang menghubungkan wilayah permukiman satu dengan yang lain, serta akses ke pelabuhan, yang secara individu dapat dikenali. Asosiasi dari wilayah permukiman atau perkotaan di tepi pantai dengan akses perdagangan. Kenampakan asosiasi dengan sawah menunjukkan daerah pertanian. Batas jalan dan rumah-rumah tampak jelas merupakan batas yang baik, terutama

untuk menilai keakuratan perhitungan jumlah penduduk menggunakan data penginderaan jauh. Jalan yang jelas biasanya menunjukkan batas administrasi terkecil yang jelas. Data jumlah penduduk suatu wilayah tercatat mulai dari sistem administratif terkecil (RT/ RW) di wilayah permukiman.

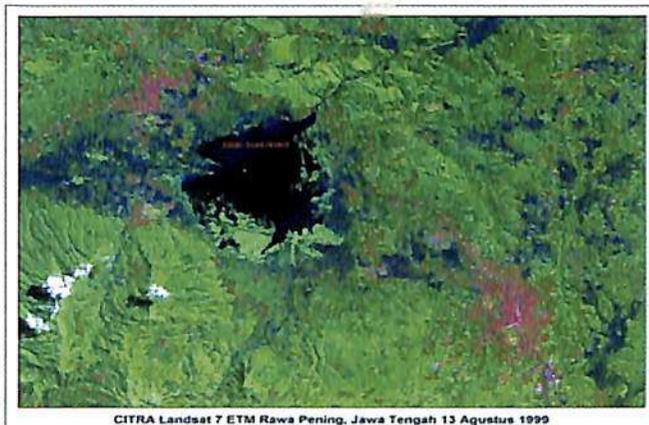
Gambar 5.10. Citra IKONOS Kelurahan Manggadua DKI Jakarta. Kelurahan Manggadua merupakan permukiman kota yang padat dengan bentuk dan ukuran rumah secara individu dapat diidentifikasi, maka perhitungan jumlah penduduk dapat dilakukan dengan menggunakan Model 1.



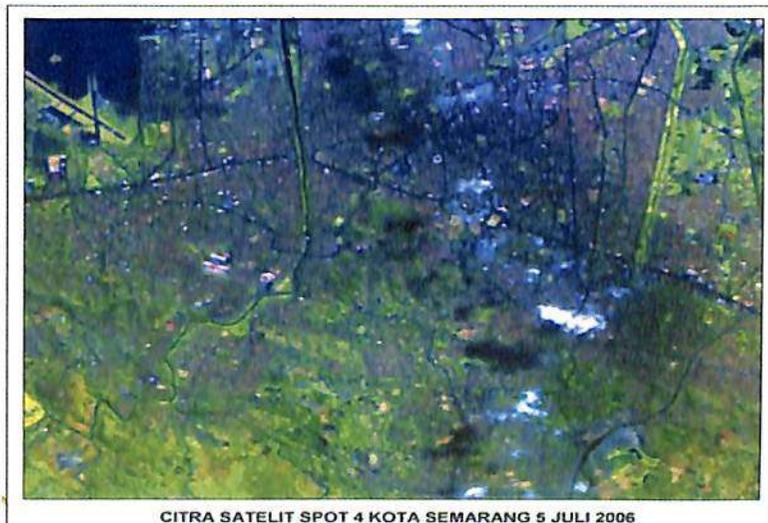
Gambar 5.10. Citra IKONOS Kelurahan Manggadua, DKI Jakarta (Dok. LAPAN)

Model II harus dapat menghitung luas daerah permukiman, maka dapat digunakan citra penginderaan jauh citra resolusi menengah dan resolusi tinggi, yang dapat menghitung luas daerah permukiman dengan baik. Model II cukup baik menggunakan citra satelit dengan resolusi spasial 5 meter hingga 30 meter. Citra satelit Landsat Pankromatik dan Multispektral (resolusi spasial 15 meter hingga 30 meter), SPOT 4 Pankromatik dan Multispektral (resolusi spasial 10 meter hingga 20 meter) dan citra SPOT 5 HRS Multispektral (resolusi spasial 10 meter), citra ALOS AVNIR-2 (resolusi spasial 10 meter), ALOS PALSAR (resolusi spasial 6,5 meter). Kerincian obyek pada setiap citra tersebut dapat memenuhi persyaratan untuk memperkirakan jumlah penduduk dengan menggunakan Model II, karena luas daerah permukiman dengan batas administratif dapat diidentifikasi dengan baik.

Gambar 5.11. Citra Landsat 7 ETM (resolusi spasial 30 meter) Rawa Pening, Jawa Tengah rekaman 13 Agustus 1999. Identifikasi batas permukiman (Ungaran dan Salatiga) dapat dilakukan dengan baik, sehingga luas permukiman dapat dihitung. Gambar 5.12 Citra satelit SPOT 4 (resolusi spasial 20 meter) Kota Semarang, Jawa Tengah rekaman tanggal 5 Juli 2006. Batas permukiman yang ada di Kota Semarang dapat diidentifikasi untuk menghitung luas permukiman. Perkiraan jumlah penduduk dihitung dengan Model II berdasar kepadatan penduduk per luas area.



Gambar 5.11. Citra Landsat 7 ETM Rawa Pening, Jawa Tengah (Dok LAPAN)



Gambar 5.12. Citra SPOT 4 Kota Semarang, Jawa Tengah (Dok LAPAN)

PENGEMBANGAN METODOLOGI PEMETAAN SENSUS PENDUDUK

Kegiatan pemetaan wilayah kerja statistik untuk mendukung kegiatan perstatitiskan sangat dibutuhkan. Hal ini didukung oleh informasi dari "*Prinsiple and Recommendation for Population and Censuses*" yang diterbitkan oleh *United Nation* tahun 2007. Peta yang dibutuhkan untuk pemetaan sensus adalah (1) Peta regional; (2) Peta topografis berskala besar yang dapat digunakan oleh petugas pencacah di lapangan; (3) peta wilayah administrasi digunakan oleh pimpinan untuk menunjukkan posisi permukiman penduduk, jalan, sungai, jembatan, dan informasi penting lainnya.

Oleh sebab itu Badan Pusat Statistik sebagai penyedia statistik berkualitas di Indonesia merasa wajib untuk membangun peta yang sesuai dengan kebutuhan kegiatan statistik di lapangan. Berhubung keterbatasan dalam bidang kartografi, maka peta yang dibuat adalah sketsa peta yang dijadikan pemandu petugas di lapangan. Hal ini menyebabkan garis pada peta sketsa yang terbentuk masih memiliki keterbatasan (tidak selalu tepat) di lapangan. Dengan berkembangnya teknologi, amaka kegiatan pemetaan sensus penduduk tahun 2010 akan dilakukan dengan mempertimbangkan keberadaan citra penginderaan jauh resolusi tinggi sangat dibutuhkan. Untuk itu lingkup materi mengenai pengembangan metodologi pemetaan sensus penduduk mencakup (1) metodologi yang sudah digunakan dan (2) pengembangan metodologi pemetaan sensus penduduk dengan teknologi penginderaan jauh (inderaja).

6.1. METODOLOGI PEMETAAN SENSUS PENDUDUK YANG SUDAH DIGUNAKAN

Metodologi yang sudah digunakan mencakup batasan dan pengertian, landasan hukum pemetaan sensus penduduk, penyiapan peta blok sensus (BS SP 2010).

6.1.1. Batasan dan Pengertian

Kegiatan pemetaan dilakukan sebelum Sensus Penduduk dilaksanakan. Wilayah kerja statistik yang digunakan memiliki batasan dan pengertian yang berbeda untuk tahun penyelenggaraan sebelum tahun 2000. Bahkan pada tahun 2010 pun akan mengalami perbedaan dasar pembentukan wilayah kerja tersebut. Tahun 1990, kegiatan sensus menggunakan terminologi Wilayah pencacahan (Wilcah), dan mull 2000, terminologi wilayah kerja tersebut menjadi Blok Sensus.

Konsep dasar wilayah kerja statistik adalah daerah kerja pencacahan yang merupakan bagian dari suatu wilayah desa/ kelurahan akan selalu digunakan. Muatan untuk Wilayah Pencacahab adalah antara 200 – 300 rumah tangga dan atau bangunan sensus bukan tempat tinggal. Wilayah ini dimanfaatkan untuk krgiatan Sensus Penduduk, Sensus Pertanian dan Sensus Ekonomi. Kemudian pada tahun 2000, dengan konsep dasar yang sama, penyesuaian dilakukan. Penyesuaian batasan blok sensus adalah penambahan persyaratan untuk memudahkan kegiatan pencacahan di lapangan. Syarat tersebut adalah sebagai berikut :

1. Membagi habis desa/ kelurahan menjadi beberapa blok sensus;
2. Harus mempunyai batas-batas, yaitu batas alam/ buatan yang jelas. Bila batas stuan lingkungan setempat (SLS) adalah batas yang jelas (batas alam/ buatan), maka SLS diutamakan menjadi batas blok sensus.
3. Satu blok sensus harus terletak pada satu hamparan, tidak boleh terpisah oleh blok sensus lain

Blok sensus (BS) dibedakan menjadi 3 (tiga) jenis, yaitu

1. BS Biasa

BS biasa memiliki muatan berkisar antara 80 – 120 rumah tangga/ bangunan sensus bukan tempat tinggal (BSBTT) atau gabungan keduanya dan diperkirakan tidak akan berubah dalam jangka lebih dari 10 (sepuluh) tahun. Dalam pembentukan BS jumlah mustsn dapat didekati dengan jumlah **Kepala Keluarga (KK)**

2. BS Khusus

BS khusus merupakan BS yang tertutup untuk umum. Pembentukan sensus ini tetap mengacu pada syarat muatan blok sensus (80 – 120) KK/ BSBTT. Tempat-tempat yang dijadikan blok sensus khusus antara lain adalah asrama / barak militer, asrama perawat, lembaga pemasyarakatan, panti asuhan dengan 100 penghuni atau lebih.

3. BS Persiapan

BS Persiapan adalah blok sensus kosong seperti sawah, kebun, tegalan, hutan, rawa atau daerah yang dikosongkan (digusur), atau bekas permukiman yang terbakar.

6.1.2. Landasan Hukum Pemetaan Sensus Penduduk

Dalam pelaksanaan kegiatan perstatistikan Di Indonesia, BPS memiliki landasan hukum setingkat Undang-undang, Peraturan Pemerintah, Peraturan Presiden, dan peraturan-peraturan lain yang berkaitan dengan kegiatan sensus dan survai. Landasan hukum tersebut adalah sebagai berikut.

1. Undang-undang Nomor 16 Tahun 1997 tentang Statistik;
2. Peraturan Pemerintah Nomor 51 Tahun 1999 tentang Penyelenggaraan Statistik;
3. Peraturan Presiden Nomor 86 tahun 2007 tentang BPS;
4. Peraturan Presiden RI Nomor 85 tahun 2007 tentang jaringan data spasial nasional ;
5. Peraturan kerjasama dan instruksi lainnya yang berkaitan dengan penyelenggaraan sensus dan survei.

Dalam rangka pelaksanaan proses pemetaan wilayah kerja statistik BPS membutuhkan wilayah administratif setingkat provinsi, kabupaten/ kota, kecamatan sampai ke wilayah desa. Oleh karena itu BPS membuat sketsa wilayah administrasi untuk memudahkan proses pekerjaan di lapangan untuk membuat batas wilayah kerja statistik baik sebagai wilayah pencacahan maupun blok sensus. Dengan adanya Peraturan Presiden Nomor 85 Tahun 2007, BPS memiliki kewenangan dalam pembuatan batas wilayah Blok Sensus.

6.1.3. Penyiapan Sketsa Peta Blok Sensus (BS)

Peta dasar yang digunakan oleh BPS dalam melaksanakan kegiatan Pemetaan Blok Sensus pada tahun 2000 adalah peta-peta yang ada di wilayah

kerja BPS Provinsi, Kabupaten/ Kota. Berhubung ketersediaan peta wilayah administrasi bervariasi antar kabupaten/ kota, maka tujuan Kegiatan Penyiapan Peta Blok Sensus 2000 meliputi :

1. Mendapatkan sketsa peta wilayah administrasi (provinsi, kabupaten/ kota, kecamatan, dan desa/ kelurahan) menurut keadaan terakhir;
2. Mendapatkan sketsa peta blok sensus menurut keadaan terakhir;
3. Mendapatkan sketsa peta sub blok sensus pada blok sensus padat usaha;
4. Mendapatkan jumlah dan nama wilayah administrasi menurut keadaan terakhir;
5. Mendapatkan jumlah blok sensus dan sub blok sensus;
6. Mendapatkan perkiraan jumlah usaha/ kegiatan usaha dalam blok sensus dan sub blok sensus.

Untuk itu informasi yang dapat dikumpulkan dalam kegiatan ini adalah :

1. Batas provinsi, kabupaten/ kota, kecamatan, dan desa/ kelurahan yang terbaru sesuai dengan dasar hukum pembentukan wilayah administrasi yang berlaku;
2. Nama dan kode wilayah administrasi terbaru;
3. batas blok sensus dan sub blok sensus;
4. informasi perkiraan jumlah usaha per segmen atau per kelompok usaha.

Hasil akhir kegiatan pemetaan ini adalah seperti yang digambarkan pada Gambar 6.1. Contoh Sketsa Blok Sensus 2000 sebagai berikut.

Tempat kedudukan wilayah blok sensus ini diusahakan sesuai pada posisi yang diharapkan. Tetapi, karena keterbatasan tenaga ahli pada waktu tersebut, maka sketsa peta yang ada tidak mengikuti posisi yang sebenarnya di bumi. Pendekatan yang diikuti adalah bahwa letak kedudukan antar wilayah desa dan blok sensus yang ada mengikuti arah mata angin yang benar.

Proses selanjutnya, BPS melakukan pendigitasian batas wilayah kecamatan dan desa berdasarkan sketsa peta yang ada. Batas wilayah administrasi kabupaten/kota yang dijadikan patokan adalah batas yang diperoleh dari Bakosurtanal. Kemudian, wilayah kecamatan diusahakan harus terletak dalam batas kabupaten/kota, hal yang sama harus dilakukan ketika menempatkan wilayah desa dalam batas wilayah kecamatan yang telah tersedia. Akibat dari kegiatan ini, maka sketsa peta desa yang memiliki tempat kedudukan yang tidak sesuai dengan lokasi tepat di bumi akan terjadi. Hal ini digambarkan

2. BS Khusus

BS khusus merupakan BS yang tertutup untuk umum. Pembentukan sensus ini tetap mengacu pada syarat muatan blok sensus (80 – 120) KK/ BSBTT. Tempat-tempat yang dijadikan blok sensus khusus antara lain adalah asrama / barak militer, asrama perawat, lembaga pemasyarakatan, panti asuhan dengan 100 penghuni atau lebih.

3. BS Persiapan

BS Persiapan adalah blok sensus kosong seperti sawah, kebun, tegalan, hutan, rawa atau daerah yang dikosongkan (digusur), atau bekas permukiman yang terbakar.

6.1.2. Landasan Hukum Pemetaan Sensus Penduduk

Dalam pelaksanaan kegiatan perstatistikan Di Indonesia, BPS memiliki landasan hukum setingkat Undang-undang, Peraturan Pemerintah, Peraturan Presiden, dan peraturan-peraturan lain yang berkaitan dengan kegiatan sensus dan survai. Landasan hukum tersebut adalah sebagai berikut.

1. Undang-undang Nomor 16 Tahun 1997 tentang Statistik;
2. Peraturan Pemerintah Nomor 51 Tahun 1999 tentang Penyelenggaraan Statistik;
3. Peraturan Presiden Nomor 86 tahun 2007 tentang BPS;
4. Peraturan Presiden RI Nomor 85 tahun 2007 tentang jaringan data spasial nasional ;
5. Peraturan kerjasama dan instruksi lainnya yang berkaitan dengan penyelenggaraan sensus dan survei.

Dalam rangka pelaksanaan proses pemetaan wilayah kerja statistik BPS membutuhkan wilayah administratif setingkat provinsi, kabupaten/ kota, kecamatan sampai ke wilayah desa. Oleh karena itu BPS membuat sketsa wilayah administrasi untuk memudahkan proses pekerjaan di lapangan untuk membuat batas wilayah kerja statistik baik sebagai wilayah pencacahan maupun blok sensus. Dengan adanya Peraturan Presiden Nomor 85 Tahun 2007, BPS memiliki kewenangan dalam pembuatan batas wilayah Blok Sensus.

6.1.3. Penyiapan Sketsa Peta Blok Sensus (BS)

Peta dasar yang digunakan oleh BPS dalam melaksanakan kegiatan Pemetaan Blok Sensus pada tahun 2000 adalah peta-peta yang ada di wilayah

kerja BPS Provinsi, Kabupaten/ Kota. Berhubung ketersediaan peta wilayah administrasi bervariasi antar kabupaten/ kota, maka tujuan Kegiatan Penyiapan Peta Blok Sensus 2000 meliputi :

1. Mendapatkan sketsa peta wilayah administrasi (provinsi, kabupaten/ kota, kecamatan, dan desa/ kelurahan) menurut keadaan terakhir;
2. Mendapatkan sketsa peta blok sensus menurut keadaan terakhir;
3. Mendapatkan sketsa peta sub blok sensus pada blok sensus padat usaha;
4. Mendapatkan jumlah dan nama wilayah administrasi menurut keadaan terakhir;
5. Mendapatkan jumlah blok sensus dan sub blok sensus;
6. Mendapatkan perkiraan jumlah usaha/ kegiatan usaha dalam blok sensus dan sub blok sensus.

Untuk itu informasi yang dapat dikumpulkan dalam kegiatan ini adalah :

1. Batas provinsi, kabupaten/ kota, kecamatan, dan desa/ kelurahan yang terbaru sesuai dengan dasar hukum pembentukan wilayah administrasi yang berlaku;
2. Nama dan kode wilayah administrasi terbaru;
3. batas blok sensus dan sub blok sensus;
4. informasi perkiraan jumlah usaha per segmen atau per kelompok usaha.

Hasil akhir kegiatan pemetaan ini adalah seperti yang digambarkan pada Gambar 6.1. Contoh Sketsa Blok Sensus 2000 sebagai berikut.

Tempat kedudukan wilayah blok sensus ini diusahakan sesuai pada posisi yang diharapkan. Tetapi, karena keterbatasan tenaga ahli pada waktu tersebut, maka sketsa peta yang ada tidak mengikuti posisi yang sebenarnya di bumi. Pendekatan yang diikuti adalah bahwa letak kedudukan antar wilayah desa dan blok sensus yang ada mengikuti arah mata angin yang benar.

Proses selanjutnya, BPS melakukan pendigitasian batas wilayah kecamatan dan desa berdasarkan sketsa peta yang ada. Batas wilayah administrasi kabupaten/kota yang dijadikan patokan adalah batas yang diperoleh dari Bakosurtanal. Kemudian, wilayah kecamatan diusahakan harus terletak dalam batas kabupaten/kota, hal yang sama harus dilakukan ketika menempatkan wilayah desa dalam batas wilayah kecamatan yang telah tersedia. Akibat dari kegiatan ini, maka sketsa peta desa yang memiliki tempat kedudukan yang tidak sesuai dengan lokasi tepat di bumi akan terjadi. Hal ini digambarkan

6.2. PENGEMBANGAN METODOLOGI DENGAN DATA INDERAJA

Pengembangan metodologi pemetaan sensus penduduk dimaksud sebagai strategi pemetaan statistik kegiatan sensus penduduk 2010 dimulai

1. Penyiapan Peta Dasar, menggunakan berbagai sumber data spasial, seperti citra satelit, batas wilayah administrasi, dan sketsa peta yang sudah ada.
2. Peta *Blok Sensus (BS10)* dan *SLS* dibuat menggunakan batas Rukun Warga (RW) pada data spasial citra satelit resolusi tinggi (Quickbird, IKONOS, ALOS) atau citra kala besar yang tersedia. Para petugas pemetaan desa atau RW (di DKI) dapat menggunakan peta *Rukun Warga* yang tersedia.
3. Peta *Blok Sensus (BS)* dapat digunakan sebagai pemandu petugas pencacah pada Sensus 2010.

Pengembangan metodologi terutama pembuatan peta Satuan Lingkungan setempat (SLS) dan peta Blok Sensus (BS). Metodologi lama pembuatan sketsa peta Blok Sensus diperoleh dari sumber informasi peta dasar yang ada di daerah, seperti dari pemerintahan desa/ kelurahan, kecamatan, dan kabupaten/ kota. Pengembangan metode dengan menggunakan data penginderaan jauh resolusi tinggi, karena seringkali peta yang ada skalanya Belum sesuai dengan kebutuhan. Peta dasar di daerah Jawa skala 1 : 50.000 hampir seluruh kabupaten sudah ada. Namun di luar Jawa peta skala 1 : 50.000 belum semuanya mempunyai. Pembuatan peta Blok Sensus 2010 diperlukan peta skala 1 : 2000 hingga 1 : 5.000 agar tujuan dalam menyajikan data dasar tentang jumlah penduduk dan tempat tinggal sampai tingkat wilayah administrasi terendah. Tujuan Sensus penduduk 2010 juga untuk menyajikan data kependudukan yang rinci tentang karakteristik sosial, demografi dan ekonomi, serta menyiapkan informasi fasilitas potensi desa. Oleh karena itu dalam membangun "Master Kerangka Contoh" untuk survei yang dilakukan oleh BPS menggunakan teknologi penginderaan jauh satelit resolusi tinggi. Seluruh proses ini diharapkan dapat dilakukan BPS Kabupaten/ Kota. Citra satelit penginderaan jauh digunakan untuk penyiapan peta dasar mulai dari peta propinsi, kota, kecamatan, kelurahan, Rukun Warga (RW) sebagai satuan lingkungan setempat (SLS), dan Rukun Tetangga (RT) sebagai Blok Sensus (BS10). Pengembangan metodologi pemetaan sensus penduduk dengan teknologi penginderaan jauh (inderaja) untuk penyiapan peta dasar Propinsi

dan Kota untuk Blok Sensus dari citra satelit mencakup (1) pembuatan peta satuan lingkungan setempat (SLS) dari citra penginderaan jauh, (2) penentuan blok sensus (BS) dengan bantuan citra penginderaan jauh, (3) pembentukan unit statistik dari citra penginderaan jauh, (4) cara pengumpulan responden tercacah berdasarkan blok sensus yang dibuat dari citra penginderaan jauh, (5) cara menghitung perkiraan/ estimasi jumlah penduduk berdasarkan SLS dan BS yang diperoleh dari citra penginderaan jauh, dan (6) cara menghitung kerapatan penduduk dari hasil pencacahan penduduk dengan bantuan citra penginderaan jauh.

6.2.1. Peta Satuan Lingkungan Setempat (SLS) dari Citra Inderaja

Satuan lingkungan setempat (SLS) yang terletak di bawah desa/ kelurahan. SLS bisa berbeda antar daerah tergantung kepadatan penduduk/ rumah tinggal, misalnya rukun tetangga (RT), rukun warga (RW), dusun, jorong, lingkungan dan sebagainya. Batas SLS dapat berupa batas alam ataupun buatan, baik yang mudah dikenali maupun yang tidak mudah dikenali, misalnya jalan, jalan kereta api, sungai, saluran air, dinding rumah, lahan kosong, dan lain-lain.

Pembuatan dari citra penginderaan jauh dilakukan dengan interpretasi secara manual, karena batas administrasi merupakan batas abstrak, sehingga sangat sulit dilakukan secara otomatis (klasifikasi digital). Metode interpretasi manual sudah dijelaskan pada Bab IV, yang mendasarkan pada 8 (delapan) unsur interpretasi, yaitu rona atau warna, ukuran, bentuk, tekstur, pola, tinggi/ bayangan, letak/ situs, asosiasi. Cara pelaksanaan delineasi batas administrasi pada citra dilakukan dengan menggunakan referensi peta administrasi yang benar. Penggambaran batas administrasi dilakukan mulai dari

1. Pengenalan batas administrasi yang digunakan adalah batas alam (sungai, igir pegunungan, garis pantai) atau batas buatan (jalan, bangunan lainnya).
2. Gambarkan batas administrasi yang berbentuk jalur dan mudah dikenali seperti sungai, jalan, garis pantai, dan lainnya.
3. Pengenalan batas administrasi yang fisiknya tidak berbentuk jalur, namun mudah dikenali, misalnya batas bangunan/ pagar, dan gambar batas tersebut.
4. Batas administrasi yang agak kurang dikenali fisiknya dan identifikasi ragu-ragu, misalnya batas antara pepohonan yang rimbun, maka dicari jawaban pada data referensi atau dicari jawabnya di lapangan

Sering sekali batas administrasi dari peta tidak tepat bila ditampilkan (*overlay*) dengan citra .résolusi tinggi. Misalnya batas administrasi di atas genteng rumah atau memotong rumah. Hal itu disebabkan perbedaan skala atau proyeksi antara pera referensi (peta administrasi) dan citra penginderaan jauh yang digunakan. Jawaban yang paling tepat adalah pengukuran titik kontrol tanah (*ground control point = GCP*) di lapangan. Bagaimanan mengambil titik di lapngan yang baik?

1. Ambil titik-titik strategis yang mudah dikenali pada citra dan mudah di ambil di lapangan, misalnya perempatan jalan, sudut-sudut bangunan besar, jembatan dan kenampakan lainnya yang diperkirakan tidak berubah saat perekaman citra dan saat pengukuran di lapangan
2. Sebaiknya jangan mengambil titik pada kenampakan yang cepat berubah seperti tikungan sungai, batas hutan, dan lainnya, karena kemungkinan kenampakan tersebut sudah berubah saat perekaman citra dan saat pengukuran di lapangan.

Gambar 6.3. berikut adalah contoh pergeseran antara batas Desa Argomulyo, Salatiga pada citra Quickbird. Pergeseran batas desa (administratif) warna merah diatas citra Quickbird skala 1 : 7.500. Batas desa yang benar tergambar warna biru dengan garis patah-patah. Perhatikan batas desa (warna merah) di atas bangunan, padahal yang benar batasnya jalan. Beberapa kelokan jalan pada citra skala besar (1 : 7.500) warna biru garis patah-patah, namun pada skala 1: 50.000 garis merah, sudah digeneralisasi menjadi lurus. Gambar 6.4. Pembuatan SLS dengan batas RT/ RW kelurahan Sunter, Jakarta Utara yang langsung didelineasi dari citra Ikonos resolusi 1 meter.



Gambar 6.3. Pergeseran batas Desa Argomulyo, Salatiga pada citra Quickbird.



Gambar 6.4. Pembuatan SLS dengan batas RT/ RW langsung dari citra Ikonos

6.2.2. Penentuan Blok Sensus (BS) dari Citra Inderaja

Blok Sensus (BS) adalah wilayah kerja statistik yang merupakan bagian dari suatu wilayah desa/ kelurahan. Proses penyiapan peta Blok Sensus (BS) adalah

1. Wilayah desa/ kelurahan dibagi habis menjadi beberapa Blok Sensus (BS)
2. Satu Blok Sensus (BS) harus terletak pada satu hamparan, tidak boleh terpisah oleh Blok Sensus (BS) lain
3. Satu Blok Sensus (BS) biasa memuat antara 80 - 120 rumah tangga/ Bangunan Sensus Bukan Tempat Tinggal (BSBTT) atau gabungan keduanya.
4. Setiap Blok Sensus (BS) yang disurvei cukup 16 rumah secara random bila rumah relatif homogen, dan strata (*stratifiet random sampling*) bila ukuran dan bentuk rumah berbeda.
5. Batas-batas Blok Sensus (BS) harus merupakan batas Satuan Lingkungan Setempat (SLS). Batas Blok Sensus (BS) harus merupakan batas yang jelas, baik batas alam atau buatan. Satuan Lingkungan Setempat (SLS) yang besar dapat dibagi menjadi beberapa Blok Sensus (BS) dengan syarat wilayah Satuan Lingkungan Setempat (SLS) terbagi habis menjadi beberapa Blok Sensus (BS).

Gambar 6.5. Pembuatan Satuan Lingkungan Setempat (SLS) dan Blok Sensus (BS) dari citra IKONOS di sekitar Gelora Manahan, Surakarta, Jawa Tengah. Pembuatan Satuan Lingkungan Setempat (SLS) didasarkan pada batas administrasi terkecil (RT/RW) yang dibatasi oleh jalur-jalur jalan maupun sungai, sedangkan Blok Sensus (BS) dibuat dari delineasi bangunan, yang dibedakan untuk bangunan/ rumah tinggal (warna merah jambu/ jingga) dan Bangunan

Contoh pembuatan Blok Sensus (BS) dari citra IKONOS RW 01, Kelurahan Rawamangun, Kecamatan Pulogadung, Jakarta Timur. Satuan Lingkungan Setempat (SLS) yang digunakan adalah RW dan RT. Pekerjaan dimulai dengan

1. Digitasi jalan dan bangunan-bangunan bukan rumah tinggal yang penting seperti Gambar 6.7. Citra IKONOS dan degitasi jalan pada RW 01 dan RW 02 Kelurahan Rawamangun, Pulogadung, Jakarta Timur.
2. Digitasi Batas administrasi terkecil (RT/ RW) berdasarkan data kelurahan seperti Gambar 6.8. Batas RW 01, yang dibagi dalam RT (001 - 010)
3. Data jumlah KK (Kartu Keluarga) setiap RT sesuai data RT/ RW di Kelurahan Rawamangun seperti Tabel 6.1.
4. Peletakan data KK pada peta administrasi terkecil (Gambar 6.9.a)
5. Pembuatan Sketsa Blok Sensus (BS) sesuai kriteria yang berlaku yang digunakan (sudah diutarakan di atas memuat antara 80 - 120 KK) seperti (Gambar 6.9b.)
6. Peta Sketsa Blok Sensus perlu diberi penjelasan sesuai kaidah pemetaan statistik yang berlaku yaitu
 - a. Memuat Judul peta Sketsa dilengkapi Kode wilayah administrasi, kode Blok sensus, Kode Sub Blok Sensus,
 - b. Nomor Sub Blok Sensus/ Blok Sensus, Nama Kelurahan, Nama Kecamatan, Nama Kota, Nama Propinsi,
 - c. Legenda mengenai Batas administratif, Batas SLS, Batas Blok Sensus, Bentuk Jalan raya/ aspal, Kode bangunan rumah tinggal/ strategis dll
 - d. Kelengkapan Peta, yaitu arah mata angin (arah Utara), Inset peta
 - e. Keterangan mengenai Blok Sensunya, mencakup banyaknya bangunan fisik, banyaknya bangunan sensus, banyaknya segmen, banyaknya rumah tangga, dan banyaknya tempat usaha
 - f. Keterangan mengenai tanggal pembuatan peta sketsa, nama pembuat sketsa, tanggal pengawasan dan pemeriksaan, nama pengawas dan pemeriksa, dilengkapi dengan tandatangan
7. Hasil akhir pembuatan peta sketsa dari citra, yaitu
 - a. Peta sketsa SLS dan BS Peta Sketsa BS dan SLS diatas citra IKONOS tahun 2002, yang dilengkapi dengan legenda sesuai persyaratan sketsa statistik seperti Gambar 6.10.
 - b. Peta Sketsa SLS dan BS yang diperoleh dari degitasi batas Administrasi (SLS) dan pengelompokan BS berdasarkan citra IKONOS tahun 2002, seperti Gambar 6.11.

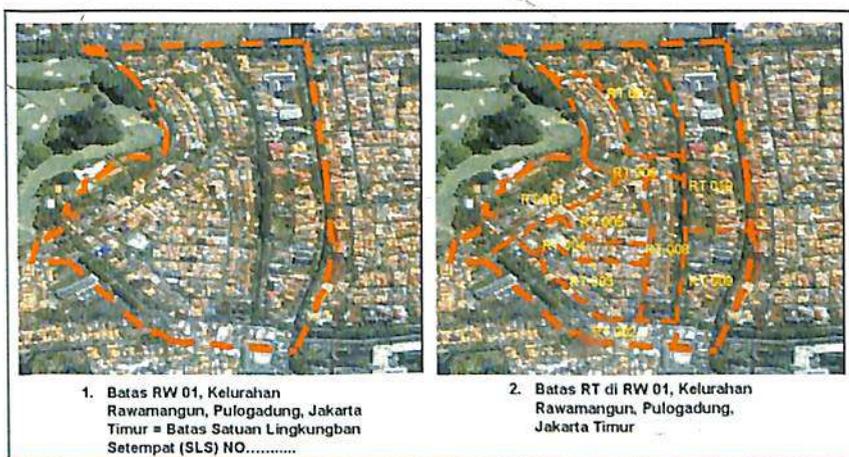
- Sesuai kaidah pemetaan peta yang dibuat harus ada posisi lintang dan bujur atau posisi proyeksi (disini menggunakan proyeksi *UTM = Universal Transfere Mercator*)

Tabel 6.1. Jumlah Rumah Tangga di RW 01. Kelurahan Rawamangun Jakarta Timur dan Pengelompokan Blok Sensus

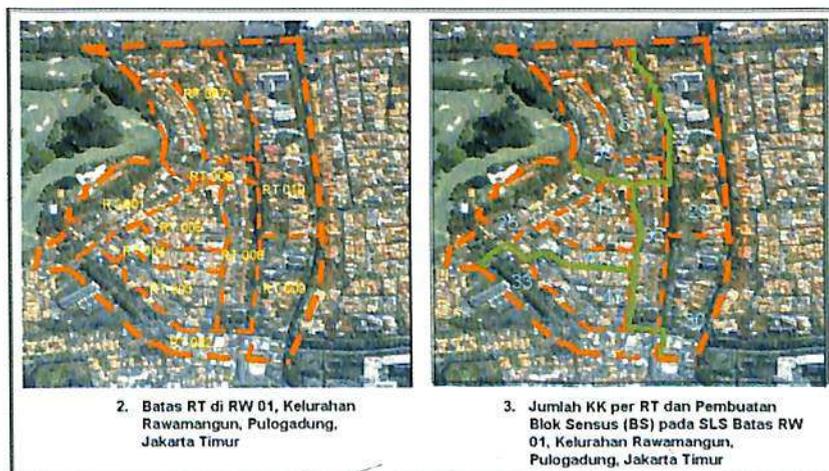
No	RT/RW	Jumlah KK	Pengelompokan untuk Blok Sensus	
1	RT 001/ RW 01	25	Jumlah KK = 109 KK	BS 01
2	RT 004/ RW 01	41		
3	RT 005/ RW 01	43		
4	RT 002/ RW 01	33 + 31 = 64	Jumlah 107 KK	BS 02
5	RT 003/ RW 01	43		
6	RT 006/ RW 01	39	Jumlah 90 KK	BS 03
7	RT 007/ RW 01	51		
8	RT 008/ RW 01	35	Jumlah 94 KK	BS 03
9	RT 009/ RW 01	30		
10	RT 010/ RW 01	29		



Gambar 6.7. Citra IKONOS dan Degitasi jalan RW 01/ RW 02 Kel. Rawamangun, Pulogadung, Jakarta Timur



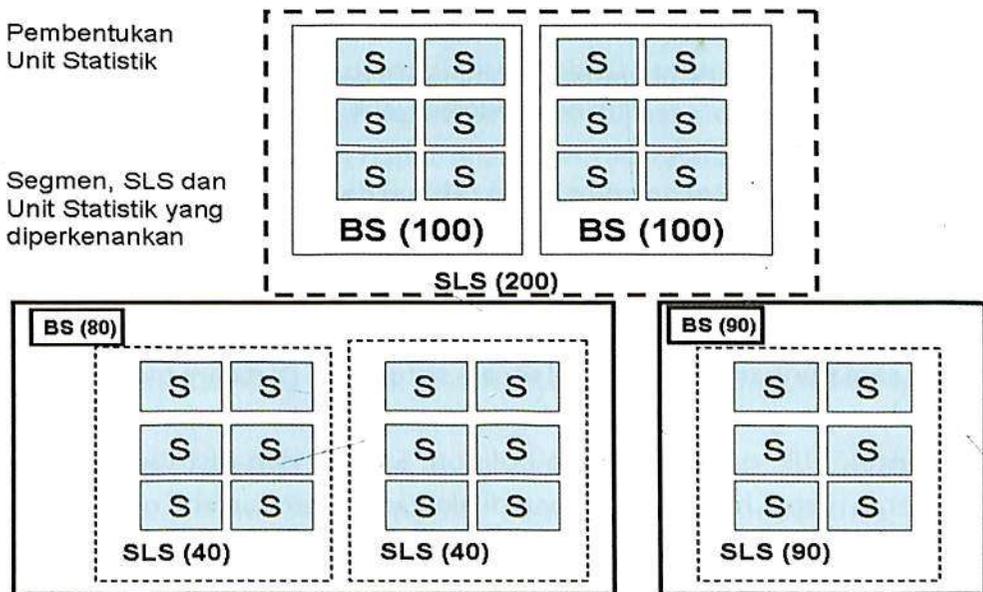
Gambar 6.8. Batas RW 01 RT (001 – 010) Kel. Rawamangun, Kec. Pulogadung Jakarta Timur



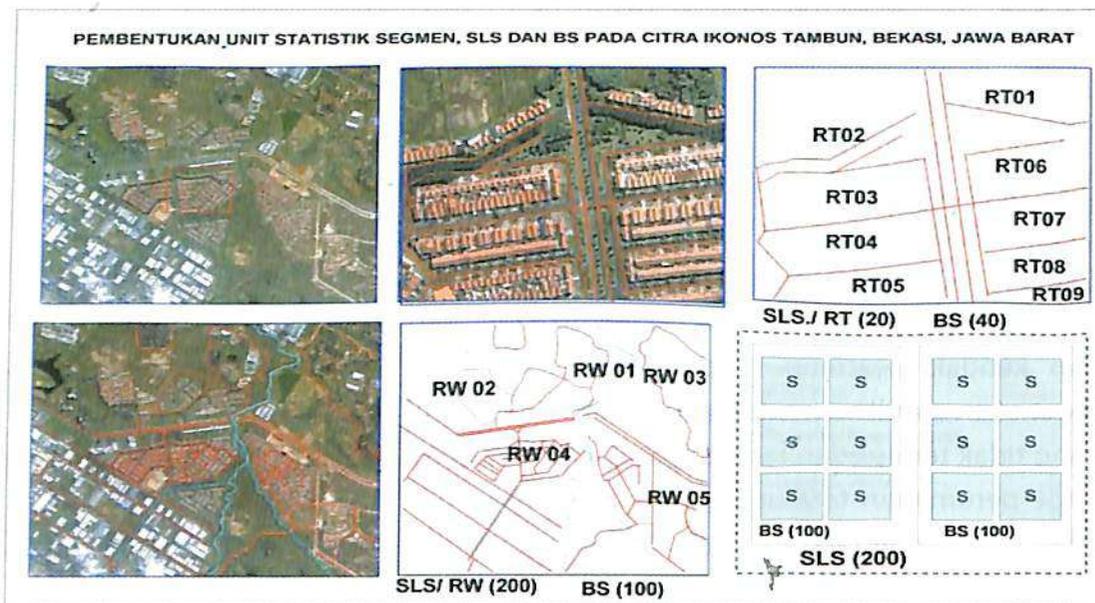
Gambar 6.9. Batas RW (SLS) batas RT, Sebaran Jumlah KK per RT, BS di RW 01 Kel. Rawamangun, Kec. Pulogadung, Jakarta Timur

6.2.3. Pembentukan Unit Statistik dari Citra Inderaja

Pembentukan Unit Statistik pada citra penginderaan jauh (inderaja) didasarkan pada kerumitan lokasi dan kerapatan rumah, yang terekam pada citra. Secara teoretik pembentukan segmen, SLS dan unit statistik yang sesuai (*kompatible*) dengan jumlah Blok Sensus (BS) yang diperbolehkan, seperti Gambar 6.12. Sedangkan pelaksanaan pembentukan segmen, SLS dan unit statistik menggunakan citra penginderaan jauh seperti Gambar 6.13. Kerapatan dan ketidak teraturan rumah dalam Satuan Lingkungan Setempat (SLS) digunakan untuk menentukan segmen SLS dan Unit Statistiknya. Satuan rumah yang tidak teratur dan rapat digunakan SLS (200) dengan BS (100), sedangkan pada perumahan teratur segmen SLS dan Unit Statistiknya dapat dilakukan lebih rinci dengan BS (80) dan SLS (40).



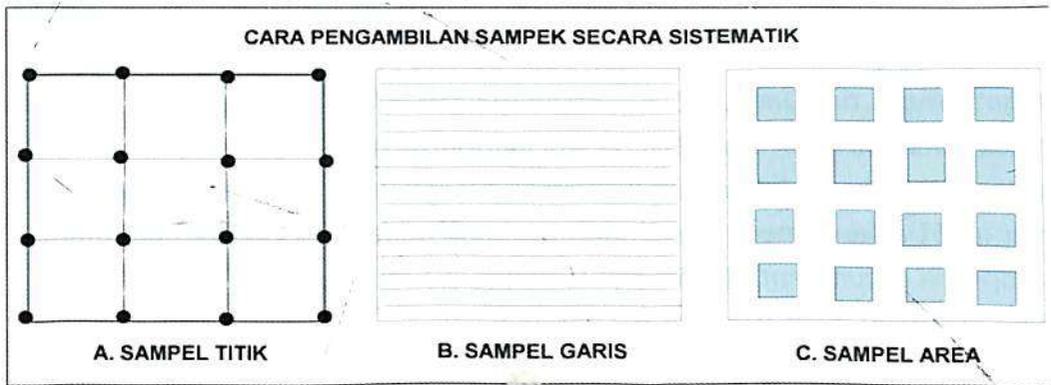
Gambar 6.12. Pembentukan segmen, SLS dan unit statistik



Gambar 6.13. Pembentukan segmen, SLS dan unit statistik pada citra penginderaan jauh.

6.2.4. Pengumpulan Responden Tercacah berdasar BS dari Citra Inderaja

Pengumpulan responden tercacah seperti telah diungkapkan di atas adalah setiap Blok Sensus (BS) yang disurvei cukup 16 rumah secara random tersebar secara adil dan merata apabila rumah relatif homogen. Gambar 6.14. Beberapa cara pengambilan sampel secara sistematis. Di dalam memilih sampel dari populasi yang mempunyai distribusi areal, maka sampel dapat dipilih dalam bentuk titik, garis, atau area poligon. Sampel dari distribusi penduduk suatu daerah yang homogen dapat dilakukan dalam sistem grid, sehingga dapat diperoleh sejumlah titik perpotongan tertentu (biasanya dibuat dengan grid sistem Kernel 3 x 3), sehingga diperoleh 16 titik perpotongan. Setiap titik dapat digunakan sebagai informasi dasar bagi suatu studi (Gambar 6.14A). Di samping dasar dari perpotongan grid dapat juga digunakan sistem garis, dalam hal ini dapat dibuat 16 jalur dengan interval yang sama (Gambar 6.14B). Sampel bentuk area, dalam hal ini dibuat dalam bentuk bujur sangkar dengan interval sama (Gambar 6.14C). Jalur-jalur sampel dapat dibuat datar, tegak, atau miring, asalkan dengan interval sama.



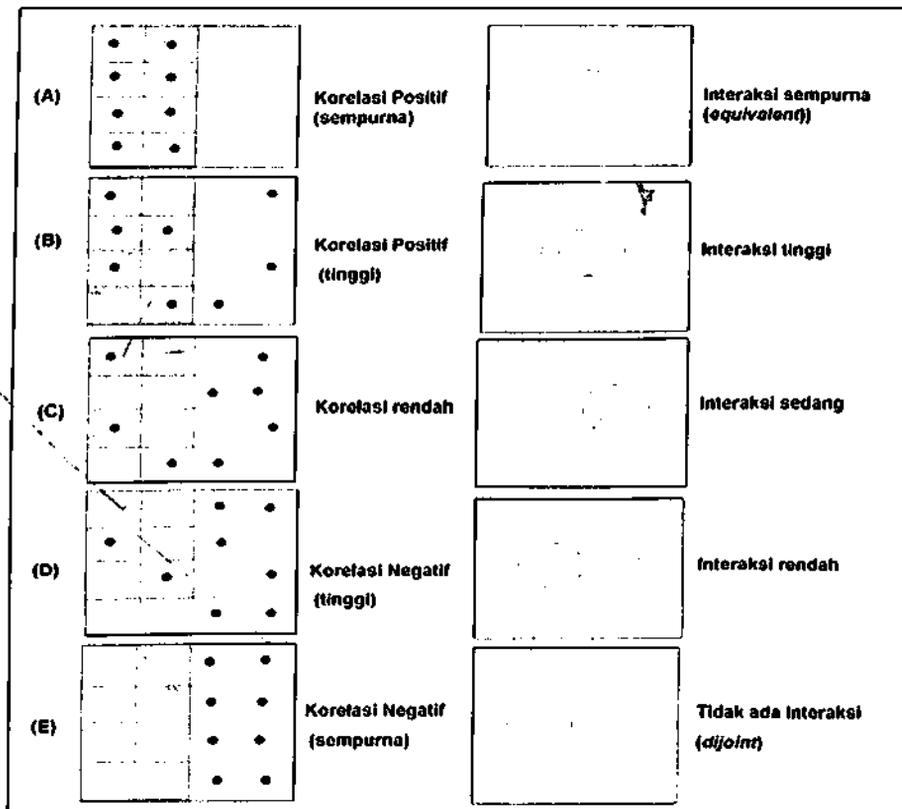
Gambar 6.14. Beberapa cara pengambilan sampel secara sistematis.

Namun bila populasi pada Blok Sensus (BS) terdiri dari bermacam-macam unsur (heterogen), misalnya ukuran dan bentuk rumah berbeda (Gambar 6.13 di atas) sebaiknya pencacahan dilakukan dengan sampel bertingkat (*stratified sampling*). Populasi dapat dibagi ke dalam beberapa sampel strata, sesuai ukuran dan bentuk rumah. Sampel bertingkat secara sistematis dapat dilakukan tidak harus pada garis lurus, namun dapat dilakukan secara acak pada setiap strata. Pembagian area untuk sampel bertingkat dengan membagi daerah penelitian secara sistematis dalam beberapa bujur sangkar. Setiap strata diambil sampel secara acak, sehingga dapat mewakili strata tersebut, metode ini biasa disebut sampel acak bertingkat (*stratified random sampling*). Proses dilakukan pada semua bujur sangkar yang dibuat, di mana setiap bujur sangkar terdapat titik-titik sampel.

Metode pencacahan di atas digunakan untuk analisis korelasi antara bentuk bangunan dan ukuran rumah dengan jumlah penduduk. Gambar 6.15. Konsep korelasi dengan penyebaran titik pada petak. (Bintarto dan Surastopo, 1979). Konsep tersebut dapat diterapkan untuk analisis korelasi hasil pencacahan jumlah penduduk berdasarkan bentuk bangunan dan ukuran rumah. Korelasi keruangan dapat ditunjukkan dalam diagram seperti konsep tersebut, yang dapat digunakan untuk menunjukkan kaitan antara fenomena jumlah penduduk dengan usuran dan bentuk rumah.

Gambar 6.15A. menunjukkan bahwa setiap petak hitam terisi satu titik hitam, ini berarti korelasi antara titik hitam dan petak hitam hadala sempurna. Gambar 6.15B. menunjukkan sebagian besar titik hitam ada pada petak hitam, hal ini menunjukkan korelasi positif tinggi. Gambar 6.15C. hanya tiga titik hitam

pada petak hitam, ini berarti korelasi rendah. Gambar 6.15D. menunjukkan bahwa sebagian besar titik terletak pada petak putih, ini menunjukkan korelasi negatif tinggi, dan Gambar 6.15E. menunjukkan semua titik hitam terletak pada petak putih, ini berarti korelasi negatif sempurna (tidak ada hubungan). Selain hal tersebut korelasi dapat digambarkan sebagai diagram Vein (Gambar 6.15 A hingga E bagian kanan). Secara berurutan menunjukkan keadaan (A) interaksi sempurna (*equivalent*); (B) interaksi tinggi; (C) interaksi sedang; (D) interaksi rendah dan (E) tidak ada interaksi (*disjoint*).

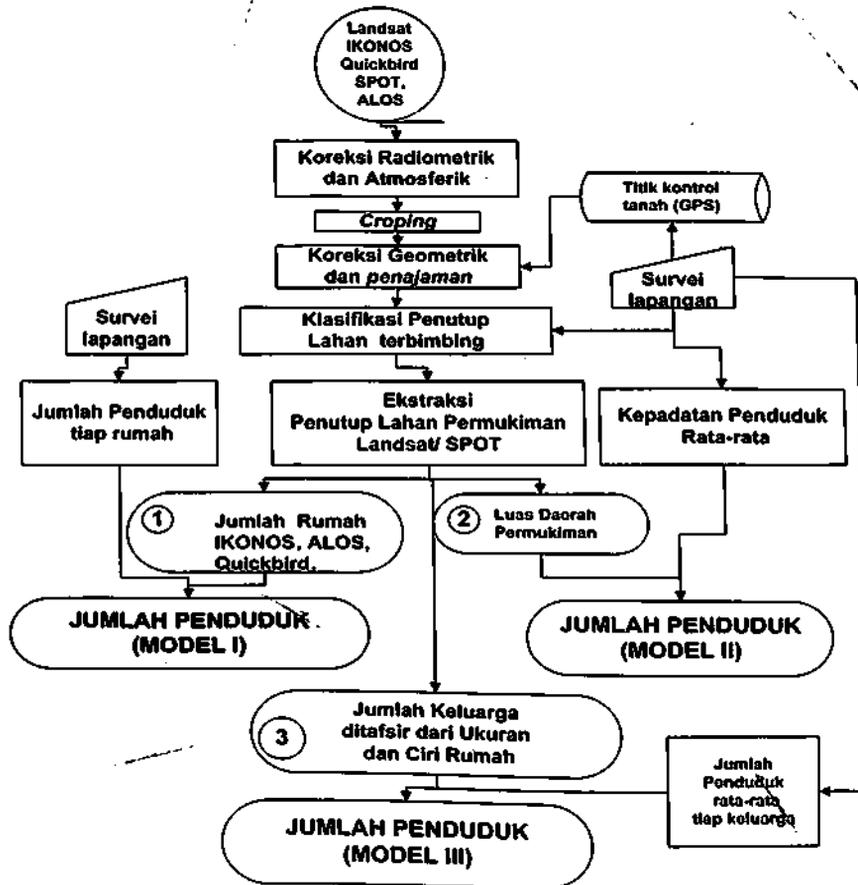


Gambar 6.15. Konsep korelasi dengan penyebaran titik pada petak (Bintarto dan Surastopo, 1979 dengan perubahan)

6.2.5. Perkiraan Jumlah Penduduk berdasar SLS dan BS dari Citra

Telah diungkapkan pada BAB V. tentang prediksi jumlah penduduk menggunakan data penginderaan jauh. Gambar 6.16. Diagram alir penafsiran jumlah penduduk dan dari interpretasi citra penginderaan jauh. Penafsiran dilakukan dengan beberapa pentahapan.

1. Pemilihan jenis citra sesuai dengan Model yang akan digunakan, yaitu citra Landsat dan SPOT (resolusi menengah) untuk Model II, Citra IKONOS, Quickbird, atau ALOS (resolusi tinggi) untuk Model I dan Model III.
2. Koreksi radiometrik dan atmosferik biasanya sudah dikoreksi oleh instansi yang mendistribusikan data penginderaan jauh (misalnya LAPAN)



Gambar 6.16. Diagram alir penafsiran jumlah penduduk dari citra inderaja (Purwadhi Sri, 1997)

3. Pemotongan citra sesuai wilayah yang akan distudi dilakukan sebelum koreksi geometrik, untuk menghemat waktu penggunaan komputer dalam melakukan koreksi geometrik.
4. Klasifikasi penutup lahan secara digital atau manual di atas yertas transparant, maupun delineasi *on-screen*. Hasil klasifikasi dapat berupa

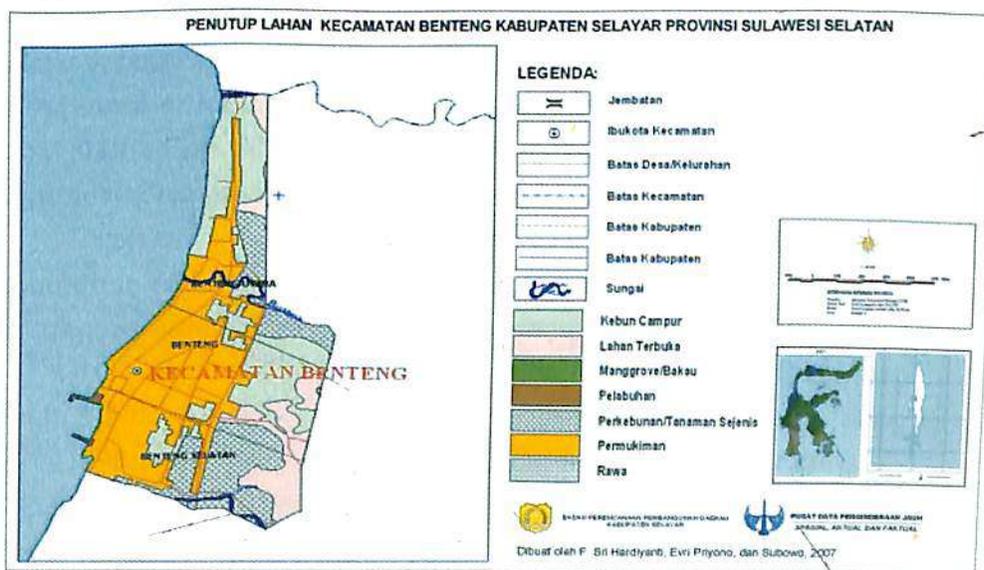
- daerah permukiman pada citra resolusi menengah, dan jumlah rumah pada citra resolusi tinggi.
5. Survei lapangan dengan pengambilan titik control tanah (GCP) digunakan untuk koreksi geometrik citra, dan pencacahan estela ditentukan SLS dan BS yang dibuat pada citra penginderaan jauh.
 6. Proses selanjutnya adalah perhitungan jumlah penduduk Model I : $P = R.p$ (di mana P = jumlah penduduk dalam satu SLS atau BS; R = jumlah rumah dalam satu SLS atau BS; p = jumlah penduduk rata-rata per rumah hasil pencacahan). Penghitungan jumlah rumah pada setiap SLS dan BS pada citra penginderaan jauh dengan mengenali setiap individu rumah (batas, ukuran, bentuk). Citra penginderaan jauh yang digunakan harus citra resolusi tinggi, yang dapat membedakan setiap individu rumah dengan baik.

Gambar 6.17. Citra Quickbird (resolusi 0,6 meter) yang dapat digunakan untuk mengenali setiap individu rumah, dan batas administrasi terkecil (RT) dengan batas jalan yang jelas. Delineasi satuan lingkungan setempat (SLS) dan Blok Sensus (BS) dapat dilakukan pada citra Quickbird (resolusi 0,6 meter) untuk membuat peta panduan pencacahan lapangan. Perbedaan bentuk dan ukuran rumah dapat digambarkan dengan jelas, sehingga dapat untuk menentukan model/ metode pencacahan yang tepat, sesuai dengan kondisi kerapatan dan ukuran bangunan/ rumah. Batas blok dapat digunakan untuk menghitung jumlah penduduk, namun batas administratif (SLS) merupakan batas yang baik, terutama untuk menilai keakuratan perhitungan jumlah penduduk menggunakan data penginderaan jauh. Data jumlah penduduk suatu wilayah tercatat mulai dari sistem administratif terkecil (RT/RW) di wilayah permukiman.



Gambar 6.17. Delineasi SLS dan BS pada citra Quickbird

Proses selanjutnya menggunakan Model II dengan formuka $P = L.k$ (di mana P = jumlah penduduk dalam satu SLS atau BS; L = luas lahan permukiman; k = kepadatan penduduk rata-rata per satuan luas). Proses ini diambil dari hasil klasifikasi penutup lahan. Luas permukiman pada wilayah administrasi tertentu dapat diketahui dari hasil klasifikasi penutup lahan permukiman. Gambar 6.18. Peta penutup lahan Kecamatan Benteng, Kabupaten Selayar, Sulawesi Selatan yang luas setiap penutup lahan seperti Tabel 6.2. Kepadatan penduduk rata-rata di Kecamatan Benteng 60 orang per Ha. Prediksi jumlah penduduk (P) = $L \times k$. Luas permukiman hasil interpretasi penutup lahan 299,3 Ha maka prediksi jumlah penduduk di Kecamatan Benteng 17.958 orang. Perhitungan ketelitian dapat didasarkan pada catatan kependudukan pada kepala desa di Kecamatan Benteng 17.973 orang, maka ketelitian hasil prediksi jumlah penduduk menggunakan data penginderaan jauh mempunyai ketelitian 99 %



Gambar 6.18. Peta penutup lahan Kec. Benteng, Kab. Selayar, Sulawesi Selatan (Sri Hardiyanti dkk, 2007)

Tabel 6.2. Luas penutup lahan Kecamatan Banteng

No.	Jenis Penutup Lahan	Luas Penutup Lahan (Ha)
1	Kebun Campur	180,4
2	Lahan Terbuka	77,4
3	Pelabuhan	3,2
4	Perkebunan	143,7
5	Permukiman	299,3
6	Sungai	8,1
	Luas Kabupaten Benteng	712,0

Proses selanjutnya menggunakan Model III : $P = K.t$ (di mana P = jumlah penduduk dalam satu SLS atau BS; K = Jumlah keluarga yang ditaksir berdasar ukuran dan ciri rumah; t = Jumlah penduduk rata-rata tiap keluarga). Interpretasi bentuk dan ciri rumah seperti Gambar 6.6. di atas menunjukkan bahwa setiap RT terdapat dua deret rumah yang saling berpunggungan, Namun dengan bentuk dan ukuran rumah yang berbeda, maka sampel untuk melakukan pencacahan sebaiknya menggunakan sampel strata (*stratified sampling*). Perhitungan juga dilakukan secara bertahap sesuai kriteria bentuk dan ukuran rumahnya

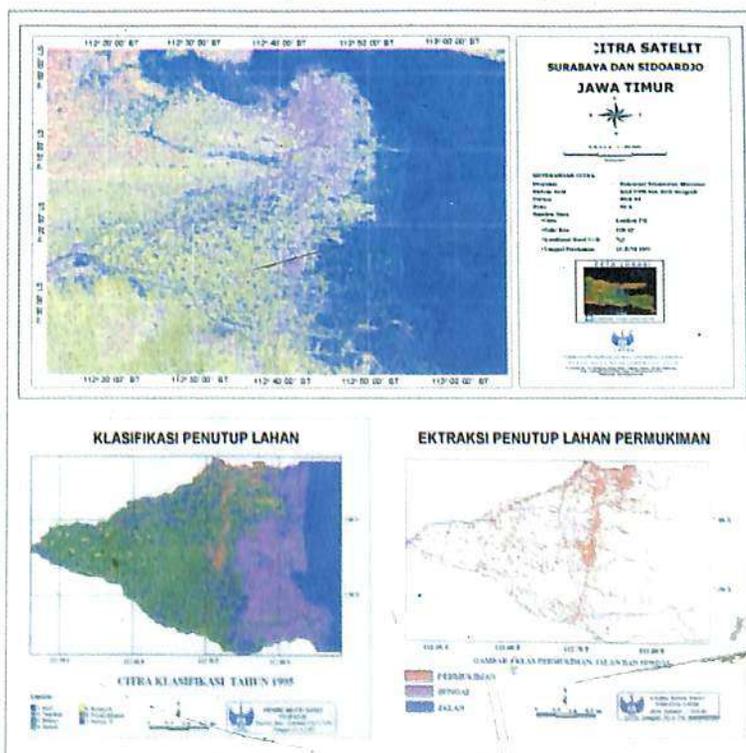
6.2.6. Perhitungan Kepadatan Penduduk, Pencacahan dari Citra Inderaja

Seperti telah dijelaskan pada BAB V bahwa prediksi kepadatan penduduk dapat dilakukan berdasarkan lima model, yaitu empat model prediksi kepadatan penduduk dan satu kepadatan bangunan, yaitu

1. Model I Prediksi Kepadatan Secara Kasar (KPK) dapat dihitung dengan rumus $KPK = JP / LW$ (JP = Jumlah penduduk dan LW = lahan permukiman). Lahan permukiman dapat dihitung dari hasil interpretasi penutup lahan permukiman seperti model prediksi penduduk Model II. Perhitungan kepadatan penduduk dilakukan setelah perhitungan jumlah penduduk
2. Model II Kepadatan Penduduk Agraris (KPA) merupakan perhitungan kepadatan penduduk di daerah pedesaan, dengan menggunakan rumus $KPA = JRtP / LP$ ($JRtP$ = Jumlah rumah penduduk dan LP = Luas (petak) untuk setiap peruntukan). Jumlah rumah penduduk dapat dihitung dari citra penginderaan jauh resolusi tinggi (IKONOS, Quickbird, ALOS) sedangkan luas petak dapat diambil dari luas hasil klasifikasi penggunaan lahan (sawah, kebun, regalan, permukiman, hutan dll), yang diperoleh dari interpretasi citra penginderaan jauh.
3. Model III menghitung Kepadatan Lingkungan Permukiman (KLP), dapat dilakukan dengan menggunakan rumus $KLP = JP / LP$ (JP = Jumlah Penduduk dan LP = Luas (petak) untuk setiap peruntukan). Perhitungan kepadatan lingkungan permukiman dilakukan sesudah prediksi jumlah penduduk, dan luas petak lahan diambil dari hasil klasifikasi penggunaan lahan dari citra penginderaan jauh.
4. Model IV menghitung Kepadatan Permukiman (KP) dapat dilakukan dengan menggunakan rumus $KP = JR / LP$ (JR = Jumlah rumah dan LP = Luas (petak) untuk setiap peruntukan). Perhitungan kepadatan

pemukiman dilakukan dengan interpretasi citra penginderaan jauh dengan menghitung jumlah rumah dari citra penginderaan jauh resolusi tinggi. Sedangkan luas petak lahan diambil dari hasil klasifikasi penggunaan lahan dari citra penginderaan jauh.

5. Model V menghitung kepadatan bangunan yaitu dengan Koefisien Dasar Bangunan (KDB) dengan menggunakan rumus $KDB = (LB / LP) \times 100 \%$ (LB = Luas lahan tertutup bangunan; dan LP = Luas (petak) untuk setiap peruntukan). Model ini dilakukan dengan membandingkan hasil klasifikasi penutup lahan (tutupan bangunan) dengan hasil klasifikasi penggunaan lahan, yang keduanya menggunakan data penginderaan jauh. Metode ini dapat dilakukan menggunakan data penginderaan jauh resolusi tinggi maupun resolusi menengah. Cara interpretasi dapat dilakukan secara digital maupun manual. Gambar 6.19. Citra Landsat TM 1995 daerah Surabaya dan Sidoarjo, Jawa Timur. Hasil interpretasi penutup lahan secara digital citra Landsat TM 1995 setelah dipotong Kabupaten Sidoarjo dan dilakukan ekstraksi untuk lahan permukiman secara digital. Luas lahan permukiman dihitung berdasarkan jumlah pixel permukiman dikalikan luas per pixel citra Landsat TM (30 m x 30 m) atau 0,09 Ha.



Gambar 6.19. Citra Landsat TM dan hasil klasifikasi secara digital untuk wilayah permukiman (Purwadhi dkk, 1997)

- Anderson J.R. et al, 1972. *A Land Use and Land Cover Classification System for Use with Remote Sensor Data*, Geological Survey Professional Paper 1964, US Government Printing Office, Washington D.C.
- EOSAT, 1999. *Landsat Data Handbook*. The Earth Observation Satellite Company (EOSAT), USGS-EROS Data Center Sioux Falls, SD 57198
- I Made Sandy. 1982. *Penggunaan Tanah*. Jakarta: Direktorat Agraria.
- Kadmon, N. 2000. *Toponymy, the Lore, Laws and Languages of Geographical Names*. Vintage Press
- Kartasasmitha Mahdi dan Dianovita, 2007. Penajaman Citra dengan memanfaatkan Kanal Pankromatik, Berita Inderaja, LAPAN. Vol VI, No. 11 Juli 2007.
- Lillesand, Thomas M dan Ralph W. Kiefer. 1979. *Remote Sensing and Image Interpretation*. New York: John Willey & Sons.
- Lindgren, D.T., 1985. *Landuse Planning and Remote Sensing*. Martinus Nijhoff Publisher, Doldrecht
- Litherink. GH. 1987. *Dasar-dasar Fotogrammetri* (terjemahan). Jakarta: UI Press
- Malingreau, JP and Rosalia Christiani. 1981. A land cover/Land use Classification for Indonesia. *The Indonesia Journal of Geography*. 11(41) : 13-50
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 10 Tahun 2000 tanggal 21 Februari 2000 tentang Tingkat Ketelitian Peta untuk Penataan Ruang Wilayah, (salah satu peraturan pelaksanaan dari Undang-undang Nomor 24 Tahun 1992 tentang Penataan Ruang)
- Peter Haggett, Richard J. Chorley, 1969. *Network Analisis in Geography*. Edward Arnold. London.
- Purwadhi Sri Hardiyanti, 1990. Penginderaan Jauh dan Aplikasinya, (Diktat Kuliah Penginderaan Jauh) Jurusan Geografi, FMIPA-Universitas Indonesia
- Purwadhi Sri Hardiyanti, F. 1998. *Konsep penginderaan jauh untuk deteksi perubahan penggunaan lahan dan sumber daya air*. Materi Pelatihan SIG bagi SubDit Pengiran PU. Kerjasama PPGT-Geografi FMIPA, Universitas Indonesia
- Purwadhi Sri Hardiyanti, 1999. Pembuatan Kunci Interpretasi Liputan Lahan Dari Citra Landsat TM. Bab III Buku : *Geografi Dan Penerapannya Dalam Pembangunan Wilayah*. Jurusan Geografi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA), Universitas Indonesia. ISBN 979-95229-2-7. Mei 1999

- Purwadhi Sri Hardiyanti, 2001. *Interpretasi Citra Digital*. Grasindo Penerbit PT Gramedia Widiasarana Indonesia Jakarta.
- Purwadhi Sri Hardiyanti, Nanik Suryo Haryani, dan Kustiyo, 2001. Deteksi Permukiman Kumuh dari data IKONOS. *Majalah Geografi* No 2 Vol III, Dept Geografi, FMIPA, UI
- Purwadhi Sri Hardiyanti, Hamdani, Realino, Sutikno, Darsono, Gandharum, Sapta Ananda, 2002. *Esensi Kartografi dalam Modul Pelatihan Sistem Informasi Geografis (SIG)*. Buana Katulistiwa, Pondok Cina, Depok.
- Purwadhi Sri Hardiyanti, Otto Ongkosongo, Indrabudi, Nanik Suryo Haryani, I Made Parsa, Iken, 2004. Analisis Potensi Sumberdaya Lahan Mendukung Perencanaan Tata Ruang Kecamatan Krayan Selatan, Krayan, dan Lumbis, Kab. Nunukan, Kalimantan Timur. LAPAN-Bappeda Nunukan, November 2004
- Purwadhi Sri Hardiyanti, Ongkosongo, Nanik Suryo Haryani, Tatik Cahyani, 2004. *Inventarisasi potensi sumberdaya alam untuk perencanaan wilayah perbatasan Kalimantan Barat*. Laporan RUKK LAPAN, Oktober 2004
- Purwadhi Sri Hardiyanti, Otto Ongkosongo, Indrabudi, Nanik Suryo Haryani, I Made Parsa, Iken, 2005. Analisis potensi sumberdaya lahan mendukung perencanaan tata ruang Kecamatan Sebuku dan Sembakung, Nunukan, Kaltim. Laporan Penelitian Kerjasama LAPAN-Bappeda Nunukan, November 2005
- Purwadhi Sri Hardiyanti, 2006. Deteksi dan kajian geografis semburan lumpur panas Sidoarjo, Jawa Timur. Panel Diskusi Forum Komunikasi Mahasiswa FMIPA-UI mengenai Luapan Lumpur Lapindo Sidoarjo.
- Purwadhi F. Sri Hardiyanti, Otto Ongkosongo, Nani Hendiarti, Yulianto, Dianovita, 2007. Kajian informasi spasial Pelabuhan Anggrek, Gorontalo dan kemungkinan pengembangannya. Laporan Riset Unggulan Kedirgantaraan (RUK) LAPAN, 2007
- Purwadhi Sri Hardiyanti, 2007. *Penginderaan jauh dan aplikasinya*. Bahan Bimtek Penginderaan Jauh. Pusat Data Penginderaan Jauh. Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN)
- Purwadhi Sri Hardiyanti, Ongkosongo, Yuliantini, Gunawan, Hidayat, Parmono, Yudiwanto, Dianovita, Danang, Wiji, 2008. Pengembangan data dan informasi tata ruang Kota Salatiga, Jawa Tengah berbasis citra satelit resolusi tinggi. Laporan Tahap I Riset Insentif Kedirgantaraan (RIK) LAPAN.
- Rais Jacob, Widodo Edy Santosa, Titik Suparwati, 2005. *Cartography and Geographical Names. Proceeding of the United national Group of Experts on Geographical Names. Training Course on Toponymy*. Batu, Malang, East Java, Indonesia, 11 – 23 September 2005. Published by. BAKOSURTANAL, 2006
- Rais Jacob and Budi Sulistya, 2005. Naming of Islands in Indonesia, Including Generic Term in Local Languages. *Proceeding of United National Groups of Expert on Geographical Names. Training Course on Toponymy*. East Java, Indonesia, 11 – 23 September 2005. Published by. National Coordination Agency for Survey and Mapping (Bakosurtanal) Cibinong Indonesia., 2006
- SPOT Image, 2002. *SPOT Data Handbook*, SPOT Images, Toulouse-Cedex, France

- Sutanto. 1982. *Pengetahuan Dasar Fotogrammetri*. Yogyakarta : PUSPICS-Fakultas Geografi UGM.
- Sutanto. 1982. *Penginderaan Jauh untuk Penggunaan Lahan Urban*. Yogyakarta: Fakultas Geografi UGM.
- Sutanto, 1982. *Penafsiran Foto Udara untuk Penafsiran Jumlah Penduduk dan Distribusinya*, Studi Kasus di Kecamatan Kalianda dan Kecamatan Palas, Kabupaten Lampung Selatan. Disertasi Untuk Memperoleh Derajat Doktor dalam Ilmu Geografi pada Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Wolf, Paul R. 1974. *Element of Photogrammetry with Airphoto Interpretation and Remote Sensing*. Tokyo: McGraw-Hill Kogakusha Ltd.
- Zuidam van RA and Van Zuidam, F.I. 1979. *Terrain Analysis and Classification Using Aerial Photographs*. ITC. Texbook VII-6.

BIODATA PENULIS



Prof. Dr. F. Sri Hardiyanti Purwadhi.

Lahir di Surabaya, 28 April 1945. Pendidikan Sarjana dalam Ilmu Geografi, Universitas Gadjah Mada diperoleh tahun 1973. Gelar Doktor dalam Ilmu Geografi dengan Studi Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis di Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta lulus tahun 1994. Berbagai studi dan training, penginderaan jauh, sistem informasi geografi dan aplikasinya di Indonesia, dan di negara lain a.l. di Perancis, Canada, Phillipine, Thailand, Moscoa (Rusia), dan beberapa negara lain.

Saat ini sebagai Pegawai Negeri Sipil (PNS) di Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) dengan Pangkat/ Golongan Pembina Utama IVE. Pengalaman kerja di LAPAN sejak tahun 1973. Jabatan Kepala Bidang Satelit Navigasi dan Geodesi di LAPAN 1987-1989. Ahli Peneliti Utama di LAPAN diperoleh tahun 1995. Pengukuhan Profesor Riset tanggal 5 Januari 2006. Pengalaman mengajar, sebagai Dosen Luar Biasa S1 di Jurusan (Dept) Geografi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam - Universitas Indonesia ((FMIPA-UI) 1976 - sekarang. Dosen Aplikasi Penginderaan Jauh di PUSPIC (Pusat Pendidikan Interpretasi Citra dan Survei Terpadu) Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada (UGM) 1980-1983. Dosen Magister Ilmu Geografi FMIPA - Universitas Indonesia sejak 1997- sekarang, Dosen Magister Ilmu Kelautan FMIPA-UI 2003 - sekarang. Sebagai Dosen Tamu di Fakultas Teknik ITS Surabaya, di Fakultas Perikanan, Universitas Lambung Mangkurat (UNLAM) Banjarmasin. Mengajar di berbagai training Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis yang diadakan oleh instansi LAPAN, BPPT, BPN, beberapa PEMDA/ BAPPEDA, dan beberapa LSM. Membimbing Mahasiswa S1, S2, dari Geografi FMIPA-UI; dari Fakultas Teknik Geodesi - UGM, dari Fakultas Perikanan UNLAM, *Faculty of fisheries, Sydney University*. Saat ini masih ada dua bimbingan disertai (S3) dari Pasca Sarjana Institut Teknologi Surabaya (ITS) dan Institut Pertanian Bogor (IPB). Sebagai Anggota Panitia Penilai Jabatan Peneliti Nasional (P2JP Nasional) utusan LAPAN 1997 - 2006, dan Anggota Tim Penilai Peneliti Pusat (TP3) LIPI 2006 - 2008.

Publikasi ilmiah lebih dari 170 artikel, yang ditulis sendiri atau bersama penulis lain dalam bentuk buku, artikel dalam jurnal/ majalah diterbitkan secara nasional maupun internasional. Kegiatan ilmiah lebih dari 100 kali pertemuan ilmiah nasional, regional, dan internasional.

Penghargaan sebagai karyawan teladan di LAPAN diperoleh tahun 1983. Penghargaan *Jacob Rais Award* dalam Pengembangan Teknologi Penginderaan Jauh pada Kongres MAPIN (Masyarakat Penginderaan Jauh Indonesia) 2005 di ITS Surabaya. Lencana Karya Satya 20 tahun dan 30 tahun dari Pemerintah Republik Indonesia.



Dr. Hamonangan Ritonga, MSc.

Lahir di Padang Sidempuan, Sumatera Utara, 11 Maret 1958.

Pendidikan yang diselesaikan: Sarjana Muda dalam Ilmu Statistik tahun 1980, Sekolah Tinggi Ilmu Statistik Jakarta; Diploma dalam Ilmu Ekonomi tahun 1987, Economics Institute,

University of Colorado at Boulder; Master Ekonomi dalam Kebijakan Ekonomi tahun 1989, University of Illinois at Urbana; Master Ekonomi Pertanian tahun 1992, Iowa State University; dan Doktor dalam bidang Studi Pembangunan Manusia dengan Minor Statistik tahun 1994, Iowa State University. Berbagai training dan studi telah diikuti dalam bidang statistik dan ekonomi, khususnya dalam bidang sampling dan survei-survei rumah tangga, sensus penduduk, dan analisis siklus usaha, analisis pembangunan manusia, kemiskinan, dan ketenagakerjaan.

Saat ini menjabat sebagai Direktur Pengembangan Metodologi Sensus dan Survei pada Badan Pusat Statistik (BPS) dengan Golongan: IVb. Pengalaman kerja di BPS sejak tahun 1980. Pengalaman dalam bidang pendidikan: sebagai Dosen Program MBA pada Demonfort University, Milton Keynes, UK di Indonesia, dari tahun 1996-1998; Direktur Pasca Sarjana dan Dosen pada STIE-Institut Bisnis Ekonomi dan Keuangan (IBEK) Jakarta sejak tahun 2001 - 2005; sebagai dosen luar biasa pada Perguruan Tinggi Ilmu Kepolisian, dari tahun 2001 - sekarang; dan sebagai dosen penguji tamu pasca sarjana di berbagai universitas. Sebagai peneliti, pada tahun 2002 menjadi visiting researcher pada Center for Agricultural and Rural Development at Iowa State University, pada tahun 2004 sebagai visiting researcher pada Center for Poverty Analysis di Colombo, Sri Lanka; dan pada tahun 2007 sebagai Visiting Professor pada Nagoya University di Nagoya, Jepang.

Telah mengikuti lebih dari 100 kali pertemuan ilmiah regional, nasional, dan internasional, dan telah menulis puluhan publikasi, yang ditulis sendiri dan bersama penulis lain, dalam bentuk buku, artikel, jurnal yang diterbitkan secara nasional maupun internasional. Penghargaan yang pernah diterima sebagai pegawai negeri adalah Lencana Karya Satya 20 tahun dari Pemerintah Republik Indonesia.



Ir. Mahdi Kartasasmita, MSc., Ph.D.

Lahir di Purwakarta, Jawa Barat, 4 April 1946. Pendidikan: Sarjana Teknik Telekomunikasi/Elektroteknik, ITB, 1975. Master of Science (MSc), University of California Davis, USA, 1981. Doctor of Philosophy (Ph.D), University of California Davis, USA, 1986. Pegawai Negeri Sipil (PNS) NIP : 300000208 di Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) Pangkat/ Golongan Pembina Utama IVE. Saat ini jabatan fungsional Peneliti Madya pada Pusat Data Penginderaan Jauh LAPAN.

Telah menjabat sebagai Kepala Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) 2000 – 2006, dimana sebelumnya mempunyai pengalaman kerja di LAPAN sebagai Calon Pegawai Negeri Sipil (Capeg) sejak tahun 1976. Jabatan Kepala Bidang Satelit Navigasi dan Geodesi LAPAN 1986-1987. Kepala Stasiun Bumi Satelit Sumber Alam LAPAN. 1987 - 1989. Pemimpin Proyek Pemanfaatan Teknologi Teledeteksi Satelit Sumber Alam LAPAN (termasuk Proyek Bantuan Luar Negeri Kanada untuk Upgrading Sistem Stasiun Bumi Satelit Penginderaan Jauh LAPAN Parepare/ Pekayon yang diresmikan Presiden pada tahun 1993 di Parepare Sulawesi Selatan) 1989 – 1993. Kepala Bidang Teknologi Pengolahan Data, Pusat Teknologi Penginderaan Jauh LAPAN 1989-1993. Kepala Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh LAPAN, 1994 - 1996. Pelaksana Harian Deputi Ketua Bidang Penginderaan Jauh LAPAN 1994 - 1996. Deputi Ketua Bidang Penginderaan Jauh LAPAN. 1996 - 2000 dan selanjutnya sebagaimana disampaikan di atas menjabat sebagai Kepala LAPAN pada 2000 – 2006.

Aktifitas dalam Organisasi Profesi sebagai Ketua Masyarakat Penginderaan Jauh (MAPIN), 1994 - 1998. Ketua ASEAN Sub Committee on Space Technology and Application (SCOSA) 2002 - 2005. Ketua Dewan Riset Nasional (DRN), 2005 – 2008. Anggota Dewan Riset Nasional (DRN) 1999 – 2008 berdasarkan Keppres No.265/M/1999 sebagai Anggota DRN Inti: Kep.Meneg.Ristek No.146/M/Kp/IX/1999 dan Anggota DRN 2005-2008: Kep. Meneg. Ristek No.89/M/Kp/V/2005. Selain telah banyak menyampaikan makalah baik di forum Nasional maupun Internasional, serta menulis makalah di Publikasi Ilmiah, yang bersangkutan telah menulis buku berjudul Prospek dan Peluang Industri Penginderaan Jauh di Indonesia di terbitkan oleh Lembaga Informasi dan Studi Pembangunan (LISPI) pada 2001.

Yang bersangkutan telah pula dianugerahi Satya Lencana Karya Satya 10, 20 dan 30 Tahun, Satya Lencana Pembangunan serta Bintang Jasa Utama dari Pemerintah R.I.



Mohammad Ari Nugraha, MSc.

Lahir di Singkawang, 4 November 1960. Pendidikan Sarjana Muda Statistik diperoleh dari Akademi Ilmu Statistik pada Tahun 1982. Pendidikan tingkat Strata 2 diperoleh dari Universitas of Guelph, Canada dalam bidang Statistik Terapan.

Beberapa pelatihan yang berhubungan dengan Statistik, Komputer dan Sistem Informasi Geografi telah diikuti antaran lain di Badan Pusat Statistik untuk materi Pengolahan Data dengan Komputer pada Tahun 1982 - 1983, di Statistical Institute for Asia and Pacific, Tokyo dalam bidang aplikasi validasi UNEDIT pada Tahun 1986, di University Of Adelaide, Adelaide, 1997 tentang Sistem Informasi Geografi.

Pengalaman mengajar sejak tahun 1993, di Akademi Ilmu Statistik/Sekolah Tinggi Ilmu Statistik dalam bidang Komputer dan Statistik dan sejak Tahun 2003 mengajar Sistem Informasi Geografi. Pengalaman Kerja di Badan Pusat Statistik dimulai sebagai programmer 1983 - 1992, Kepala Seksi Evaluasi dan Pengembangan Komputer di Unit Pelatihan Komputer pada Tahun 1992 - 2003, sebagai Kepala Sub Direktorat Rujukan Statistik pada Tahun 2003 - 2006, dan terakhir sebagai Kepala Sub Direktorat Pengembangan Pemetaan Statistik pada Tahun 2006 hingga sekarang.