



Panduan Praktikum

Penginderaan Jauh Lanjutan

SUB TEMA : Pengantar Citra Digital Penginderaan Jauh

Dr. Eko Budiyanto, M.Si.

Jurusan Pendidikan Geografi
Fakultas Ilmu Sosial dan Hukum
Universitas Negeri Surabaya
2015

Daftar Isi

Pengertian Citra Digital	2
A. Metode Scanning Sensor	5
B. Angka Digital Citra	8
C. Visualisasi Citra	9
D. Model Penyimpanan Data Citra	10
E. Resolusi	13
1. Resolusi Radiometrik	13
2. Resolusi Spasial	14
3. Resolusi Spektral	17
4. Resolusi Temporal	19
F. Latihan	25
G. Lembar Jawaban	26
H. Referensi	27

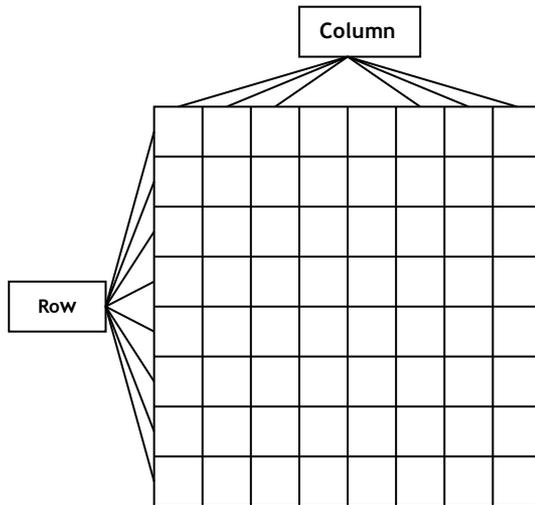
Pengertian Citra Digital

Citra satelit dalam penginderaan jauh adalah satu bentuk dari data citra digital. Namun demikian data ini memiliki beberapa perbedaan mendasar dibandingkan dengan data digital lain seperti foto digital atau hasil penyiaman data analog. Data ini berupa serangkaian data digital yang dikemas dalam sekumpulan piksel. Nilai digital tersebut merupakan suatu larik dua dimensional hasil representasi dari penyiaman permukaan bumi yang dikuantifikasikan dari kekuatan pantulan spektral (Liu and Mason, 2009).

Piksel adalah unsur pokok dari sebuah data citra digital. Sebuah piksel memuat satu nilai digital spesifik. Pada data penginderaan jauh, satu piksel mewakili satu luasan tertentu di lapangan. Sebagai contoh, data citra penginderaan jauh seri Landsat, sebuah piksel mewakili area dipermukaan bumi seluas 30 meter x 30 meter. Struktur array piksel ini selanjutnya disusun menjadi susunan baris dan kolom. Secara teknis susunan piksel horisontal disebut dengan *lines*, sedangkan kolom vertikal disebut dengan *samples*. Pada pengolahan citra digital lebih lanjut, data digital ini disebut sebagai data raster.

Data citra penginderaan jauh memiliki karakteristik yang sama dengan data raster digital pada umumnya. Proses matematis dapat dilakukan terhadap data citra penginderaan jauh ini. Setiap nilai pada piksel data tersebut dapat dikenai proses yang memungkinkan manipulasi terhadap nilai digital pada setiap pikselnya. Operasi ini ditujukan untuk meningkatkan akurasi interpretasi terhadap data tersebut. Hal ini menjadi sangat penting dalam analisis data penginderaan jauh.

Gambaran larik data dua dimensional citra digital dapat diilustrasikan seperti pada gambar berikut.

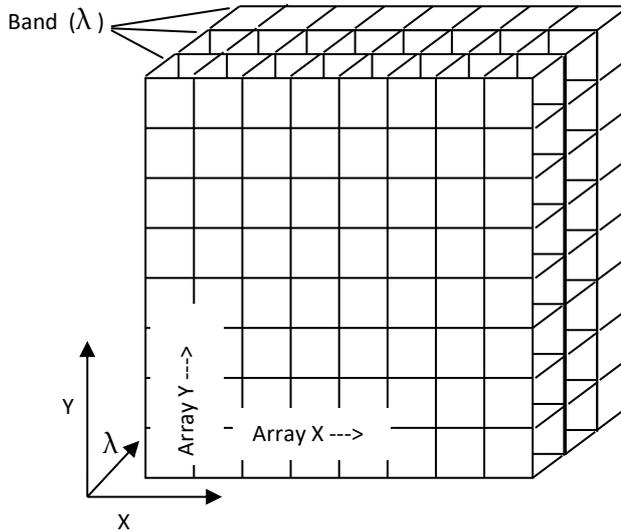


Gambar 1.1. Kolom dan baris membentuk piksel data raster

Perekaman permukaan bumi oleh sensor pengideraan jauh dilakukan dengan banyak sensor. Masing-masing sensor ini merekam pantulan spektral dengan kekuatan yang berbeda-beda tergantung pada panjang gelombang yang digunakan pada sensor tersebut dan obyek yang terrekam. Setiap sensor ini kemudian menghasilkan nilai yang berbeda-beda atas rekaman pada satu tempat yang sama.

Nilai dari masing-masing sensor ini kemudian berperan sebagai dimensi ketiga dalam data digital penginderaan jauh ini. Dengan demikian sebuah data penginderaan jauh terdiri dari parameter x, y dan data parameter nilai spektral (λ). Informasi lebih jauh dapat dibaca pada Schowendgerdt (2007).

Ilustrasi dari hal ini kurang lebih adalah seperti pada gambar berikut ini.



Gambar 1.2. Gambaran visual kubus citra

Data digital penginderaan jauh seperti diuraikan dimuka memiliki dimensi spasial (x,y). Oleh karena itu, data digital penginderaan jauh dapat ditumpangsusunkan dengan data lain yang juga telah dilakukan proses georeferensi. Proses tumpang susun ini selanjutnya sangat bermanfaat untuk analisis-analisis yang bersifat spasial ataupun temporal.

Data spektral tersimpan sebagai satu file data digital. Proses pengolahan data digital citra penginderaan jauh ini selanjutnya dapat memvisualisasikannya sebagai layer. Kombinasi data spektral dari beberapa layer menghasilkan visualisasi multispektral. Visualisasi ini memungkinkan interpretasi obyek yang lebih akurat dengan bantuan tabel warna sebagai dasar pemberaan obyeknya.

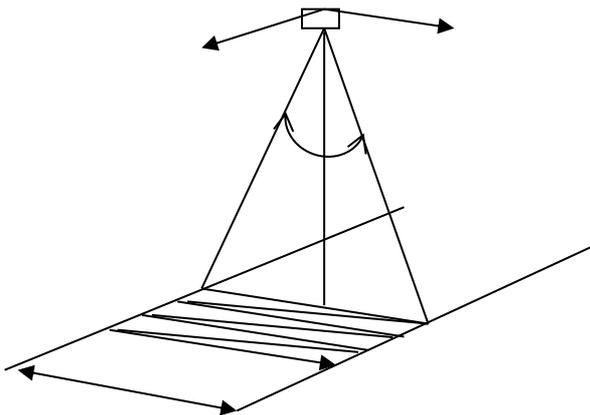
A. Metode Scanning Sensor

Grid-grid piksel yang menyusun data citra digital diperoleh dari penyiaman (scanning) sensor dengan arah melintang jalur orbit (cross-track) dan searah jalur orbit (in-track). Terdapat tiga metode scanning yang digunakan dalam penyiaman data. Metode tersebut adalah :

- Paddlebroom scanner
- Whiskbroom scanner
- Pushbroom scanner

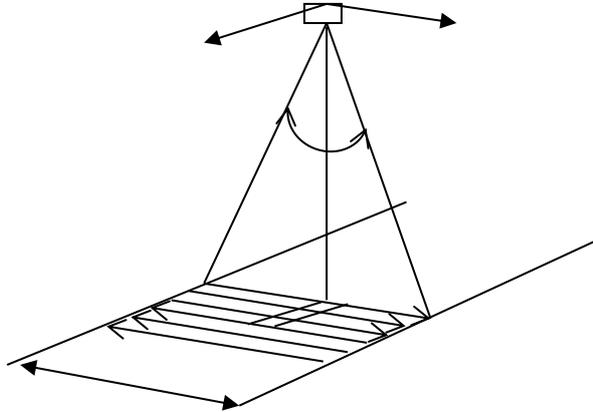
Metode Paddlebroom scanner melakukan proses penyiaman secara zigzag pada satu jalur penyiaman. Sensor berputar kiri-kanan. Sejalan dengan gerak maju dari wahana, maka menghasilkan larik data yang zig-zag pada jalur perekaman tersebut. Ilustrasi dari perekaman metode Paddlebroom ini seperti pada gambar berikut.

Paddlebroom scanner



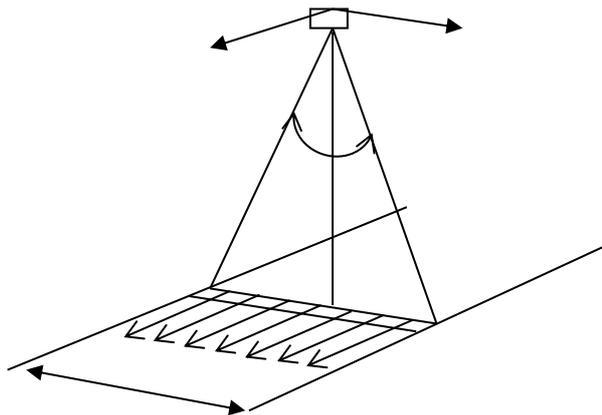
Gambar 1.3. Metode perekaman Paddlebroom

Metode Whiskbroom scanner merekam permukaan dengan arah yang bergantian. Metode ini menghasilkan rekaman yang memotong arah gerak wahana. Berikut ilustrasi gambaran gerak



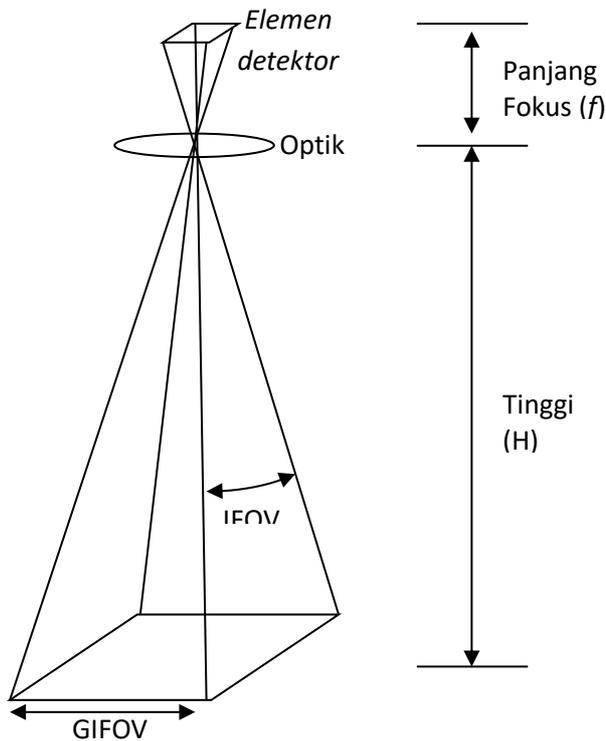
Gambar 1.4. Metode perekaman Whiskbroom

Metode Pushbroom menghasilkan perekaman searah dengan gerak wahana. Berikut ilustrasi dari metode Pushbroom ini.



Gambar 1.5. Metode perekaman Pushbroom

Bidang penyiaran dari sensor melintang jalur disebut dengan Field Of View (FOV). Selaras dengan FOV, bidang penyiaran di muka bumi disebut dengan Ground-projected Field Of View (GFOV). Jarak antar piksel di lapangan disebut dengan Ground-projected Sample Interval (GSI). Besar dari GSI dipengaruhi oleh kecepatan sampling sensor dalam merekam data serta kecepatan wahananya. Satu elemen sensor (w / width) memiliki proyeksi lapangan yang disebut dengan Ground-projected Instantaneous Field Of View (GIFOV). Besar nilai GSI secara faktual sama dengan besar GIFOV.

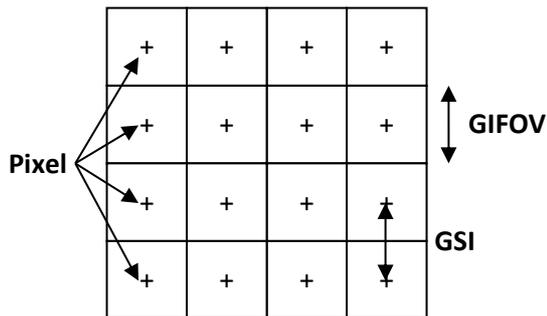


Gambar 1.6. Field of View

Nilai GSI tergantung pada tinggi wahana (H), panjang fokus sensor (f), dan tingkat kecepatan pengambilan sampel data. Formulasi dari nilai GSI dapat dituliskan sebagai berikut :

$$GSI = \text{inter detector spacing} \times \frac{H}{f}$$

Keterkaitan antara GSI dengan GIFOV dapat digambarkan sebagai berikut.



Gambar 1.7. keterkaitan GIFOV dan GSI

B. Angka Digital Citra

Sebuah larik piksel terbentuk ketika sensor melakukan penyiaman pada data kontinum dari permukaan bumi. Sensor merekam radiasi gelombang elektromagnetik (radiance). Energi yang datang dari permukaan bumi (irradiance) pada masing-masing piksel dikonversikan menjadi sinyal-sinyal elektrik dan dikuantifikasi sebagai nilai integer yang disebut angka digital (Digital Number / DN).

Rentang angka digital tergantung pada nilai bit yang digunakan. Jumlah nilai digital setara dengan dengan formula berikut.

$$N_{DNs} = 2^Q$$

Keterangan :

N_{DNs} : Jumlah angka digital

Q : bit

Rentang angka digital dapat dituliskan pada formula sebagai berikut.

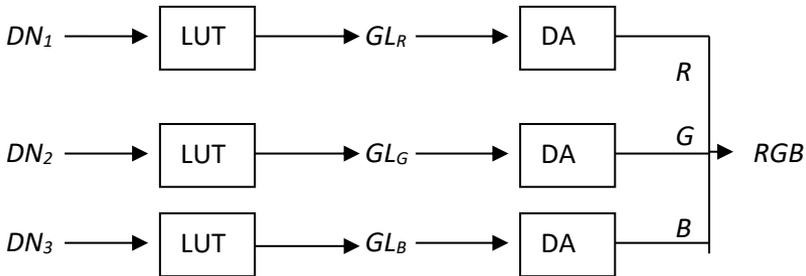
$$DN_{range} = [0, 2^Q - 1]$$

C. Visualisasi Citra

Dalam pemrosesan citra, suatu data citra satelit ditayangkan menjadi sebuah gambar pada layar monitor. Proses penayangan data tersebut dilakukan dengan mengubah angka digital (DNs) menjadi nilai tingkat keabu-abuan (Grey Level) pada masing-masing band melalui tabel konversi yang disebut dengan LUT (Look-Up Tables). Nilai tingkat keabu-abuan (Gls) merupakan nilai integer yang terdapat pada memori perangkat display. Citra dapat ditayangkan menjadi tampilan citra dengan warna adiktif dengan terlebih dahulu mengkonversi nilai digital dengan tabel konversi yang disebut. Nilai tingkat keabu-abuan (Gls) pada masing-masing band terentang dari 0 hingga 255. Secara formulatif dapat dituliskan sebagai berikut.

$$GL_{range} = [0, 255]$$

Citra komposit multi spektral dibentuk dengan menayangkan tiga saluran citra, yang masing-masing nilai digitalnya diubah menjadi nilai tingkat keabu-abuan melalui LUTs merah, hijau, dan biru (R,G,B). Hasil paduan tiga data tingkat keabu-abuan menghasilkan tampilan citra komposit multispektral pada layar display.



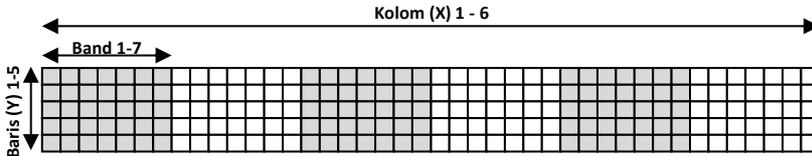
Gambar 1.8. Model pembentukan citra multispektral

D. Model Penyimpanan Data Citra

Citra penginderaan jauh disimpan dalam media penyimpanan dalam tiga format. Format penyimpanan citra penginderaan jauh disimpan dalam format Band Interleaved by Sample (BIS), Band SeQUential (BSQ) dan Band Interleaved by Line (BIL) (Schowengerdth, 2007). Perbedaan format penyimpanan ini ditentukan oleh urutan penyimpanan dari ketiga dimensi citra (x,y,λ) .

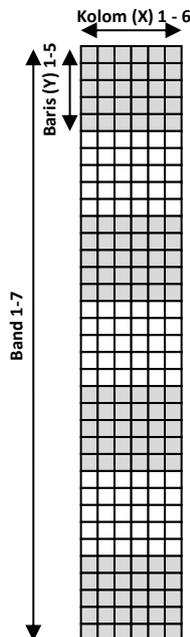
Masing-masing format penyimpanan data citra penginderaan jauh memiliki kelebihan. Format BSQ memiliki kelebihan dalam pemanfaatan citra dengan saluran tunggal. Format ini memiliki performansi yang baik dalam hal penampilan atau pengolahan data untuk satu saluran. Format BIS memiliki keunggulan dalam pemanfaatan citra dengan saluran multispektral dengan area cakupan yang tidak luas. Format BIL merupakan format yang menjembatani kekurangan dari kedua format sebelumnya. Format ini merupakan format yang sering digunakan dalam berbagai pengolahan citra.

Berikut adalah gambaran model format penyimpanan data citra penginderaan jauh. Dalam contoh ini dimensi citra terdiri dari 7 kolom (x) yaitu kolom 1 hingga 6, 6 baris (Y) yaitu baris 1 hingga 5 dan 7 saluran / band.



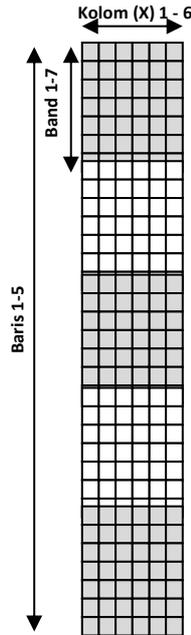
Gambar 1.9. Penyimpanan data format BIS atau BIP

Format BIS menyimpan data citra dengan urutan ke kanan yang terdiri dari kolom ke-1 hingga kolom ke-n, di mana pada masing-masing nomor kolom terdiri dari data band 1 - 7. Urutan kebawah adalah data baris yaitu piksel baris ke 1 hingga baris ke-n dengan band yang sama. Oleh karena itu pada baris paling atas terdiri dari data band 1 hingga 7 berjajar ke kanan milik kolom ke-1, dan diikuti oleh data band 1 hingga 7 milik kolom ke-2, dan seterusnya



Gambar 1.10. Penyimpanan data format BSQ

Format BSQ mengelompokkan data tiap band menjadi satu bagian yang terpisah dengan band lainnya. Ke arah kanan secara berurutan menyimpan data kolom ke-1 hingga data kolom ke-n. Ke arah bawah menyimpan data baris ke-1 hingga data baris ke-n untuk satu band yang sama. Setelah data baris ke-n pada satu band habis, baris selanjutnya adalah data baris ke-1 dari band kedua. Demikian seterusnya hingga seluruh band terrekam.



Gambar 1.11. Penyimpanan data format BIL

Penyimpanan data pada format BIL ke arah kanan sama dengan penyimpanan data pada format BSQ. Ke arah bawah, pada baris ke-1 hingga baris ke-7 adalah data citra baris ke-1 yang berupa data digital band 1 hingga band 7. Baris ke-8 adalah data baris ke-2 yang berupa nilai digital band 1 hingga band 7.

E. Resolusi

Seperti telah diuraikan secara singkat di bagian depan dari bab ini bahwa citra terdiri dari larik data x , y , dan λ . Domain spasial yang berupa koordinat x, y secara fisik berupa sebuah piksel, sedangkan λ terwujud dalam bentuk band atau saluran. Satuan-satuan ukuran dari sebuah citra seperti luas cakupan lapangan dari sebuah piksel, jumlah lebar spektral yang terrekam pada citra, dan waktu ulang perekaman untuk suatu tempat yang sama membentuk karakteristik dari citra tersebut. Karakteristik citra dicirikan oleh suatu resolusi yang berupa resolusi radiometrik, resolusi spasial, resolusi spektral dan resolusi temporal.

1. Resolusi Radiometrik

Resolusi radiometrik merupakan suatu jumlah tingkatan kuantifikasi digital yang digunakan untuk menyatakan data yang dikumpulkan oleh sensor. Semakin tinggi nilai resolusi radiometrik maka semakin detil informasi yang dapat dikumpulkan oleh sensor. Resolusi radiometrik tergambar pada jumlah angka digital yang dapat terrekam pada citra. Formulasi tentang resolusi radiometrik dapat dibaca pada sub bagian B. Angka Digital Citra.

Sebagian besar resolusi radiometrik pada penginderaan jauh menggunakan kuantisasi linear yang biasanya terentang antara 6 hingga 12 bit.

Tabel. Tingkat kuantisasi beberapa sensor satelit

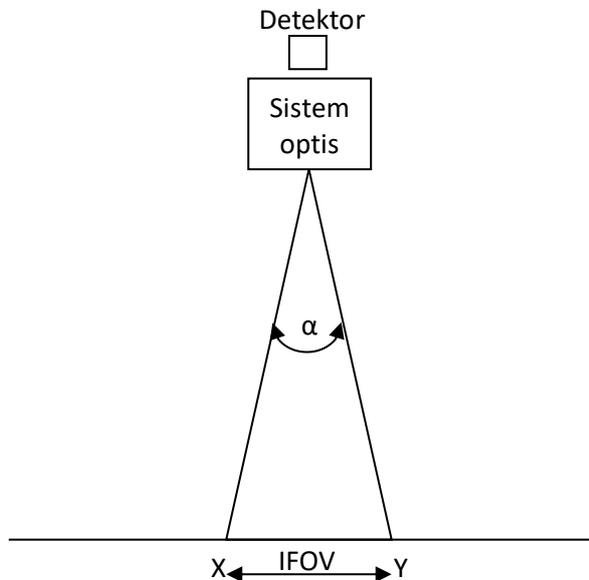
Sensor	Landsat TM	SPOT	AVHRR	IKONOS	MODIS
Q	8	8	10	11	12

Seperti telah diuraikan pada bagian B dimuka, bahwa tingkat presisi dari resolusi radiometrik ditentukan oleh nilai Q yang melambangkan nilai integer bit. Citra satelit Landsat TM memiliki

nilai $Q = 8$ (8 bit), berarti citra ini membedakan nilai digital sebanyak $2^Q = 2^8 = 256$ bagian. Nilai digital citra Landsat TM akan terrentang dari 0 hingga 255 (sebanyak 256 bagian)

2. Resolusi Spasial

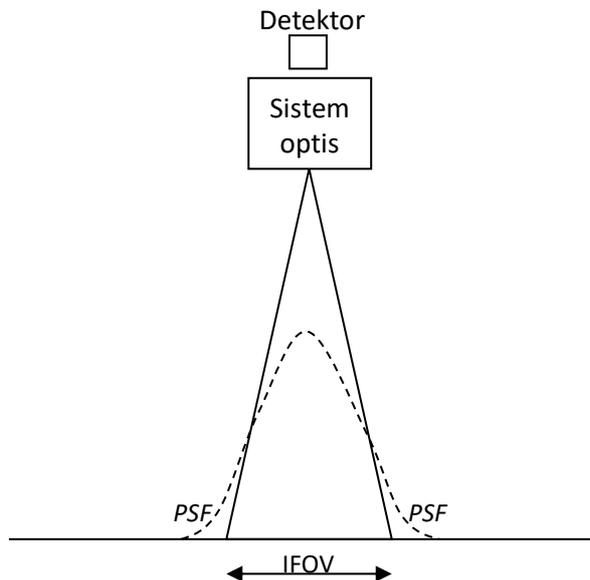
Resolusi spasial merupakan suatu ukuran citra dalam merepresentasikan sejumlah energi dari pantulan atau pancaran di muka bumi pada suatu luasan tertentu dalam sebuah piksel citra. Pemahaman tentang resolusi spasial yang mendasarkan pada satuan geometrik citra merupakan pemahaman yang sering digunakan.



Gambar 1.12. Luas cakupan perekaman

Luas area di permukaan bumi yang terrekam pada sebuah piksel citra didasarkan pada pengukuran luas IFOV (*Instantaneous Field Of View*) dari sensor. IFOV dapat diukur dari dua hal yaitu dari rentangan jarak X-Y dan dari besar sudut rotasi sensor (α) .

Sebuah piksel akan melambangkan besaran energi yang datang dari permukaan bumi dengan ukuran panjang dan lebar tertentu. Sebuah piksel citra mencirikan nilai energi gelombang elektromagnetik yang berasal dari suatu titik sumber yang berada pada jarak yang tidak tentu dari sensor (Elachi, 2006). Namun demikian, sebuah obyek tunggal di permukaan bumi tidak menghasilkan sebuah titik cerah tunggal pada citra (Mather, 2004). Nilai energi tersebut adalah campuran nilai energi yang dominan pada suatu ukuran luas tertentu. Energi dari sebuah sumber titik tidak terfokus menjadi sebuah titik tetapi tersebar ke sekitarnya yang sering disebut dengan istilah defraksi (Elachi, 2006). Sebuah piksel mengandung sekitar 50% informasi dari area perekaman di sekitarnya oleh karena itu informasi dari sebuah piksel tidak merepresentasikan batas segi empat yang sempurna (Horning, 2010). Distribusi energi ini jelaskan sebagai suatu konsep fungsi sebaran titik / *point spread function (psf)*.



Gambar 1.13. Luas IFOV berbanding dengan PSF

Pantulan atau pancaran energi permukaan yang kontras antara satu obyek dengan obyek lainnya akan memberikan pengaruh besar terhadap respon spasial sensor dan berakibat pada besar kecilnya nilai spektral piksel. Sebuah obyek yang memiliki nilai pantulan energi tinggi dan berada diantara berbagai obyek lain yang lebih luas namun memiliki nilai pantulan energi rendah akan nampak pada citra walaupun ukuran sebenarnya di lapangan lebih kecil dari 30 x 30 meter.

Respon spasial dari sebuah sensor sering dicirikan dengan sebuah parameter yang disebut dengan *modulation transfer function (MTF)* (Liang, 2004). MTF adalah suatu pengukuran presisi dari detail dan kontras yang dibentuk dalam domain frekuensi. Setiap sensor dari satelit memiliki karakteristik respon spasial ini. Fungsi dari respon spasial sensor dimodelkan sebagai berikut :

$$h(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left(-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}\right)$$

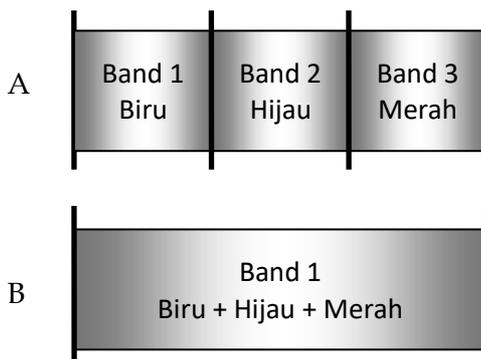
Besar dari nilai σ adalah sebesar satu setengah dari luas area yang tersiam untuk satu buah piksel citra (IFOV). Oleh karena itu nilai sebuah piksel dipengaruhi oleh energi yang berasal dari area cakupan sekitarnya.

Citra yang memiliki resolusi spasial tinggi mampu menampilkan detail obyek di muka bumi secara lebih rinci. Sebaliknya citra dengan resolusi spasial yang lebih rendah akan menampilkan berbagai obyek muka bumi secara lebih umum. Obyek individual pada citra berresolusi tinggi akan mampu diidentifikasi secara jelas. Contoh citra berresolusi tinggi adalah citra Ikonos atau Quickbird. Pada citra tersebut interpreter dapat mengenal obyek berupa rumah, mobil, pohon, dan lain-lain dengan jelas. Namun demikian tidak dapat dikatakan bahwa citra yang berresolusi tinggi adalah lebih baik dari pada citra yang berresolusi

rendah. (Adams, 2006). Tentu saja hal ini harus disesuaikan dengan skala pekerjaan yang akan dilakukan.

3. Resolusi Spektral

Resolusi spektral dideskripsikan sebagai kemampuan dari sensor satelit dalam menerima panjang gelombang. Lebar dari saluran spektral ini diukur dalam satuan mikrometer atau nanometer. Semakin halus resolusi spektral sebuah band / saluran, akan semakin sempit panjang gelombang yang dapat diterima oleh sensor pada band tersebut. Sebuah sensor pankromatik dapat menerima panjang gelombang antara $0.4 \mu\text{m}$ hingga $0.7 \mu\text{m}$ menjadi satu saluran pankromatik. Sensor tersebut menerima panjang gelombang selebar $0.3 \mu\text{m}$ yang terdiri dari spektrum biru, hijau, dan merah. Satelit multispektral memiliki sensor dengan lebar saluran yang lebih sempit untuk merekam masing-masing spektrum secara terpisah. Band 1 dari satelit Landsat TM memiliki kemampuan menangkap gelombang elektromagnetik pada rentang spektral $0.45 \mu\text{m}$ hingga $0.52 \mu\text{m}$ atau spektrum biru saja. Berikut gambaran dari saluran dengan resolusi spektral yang berbeda.

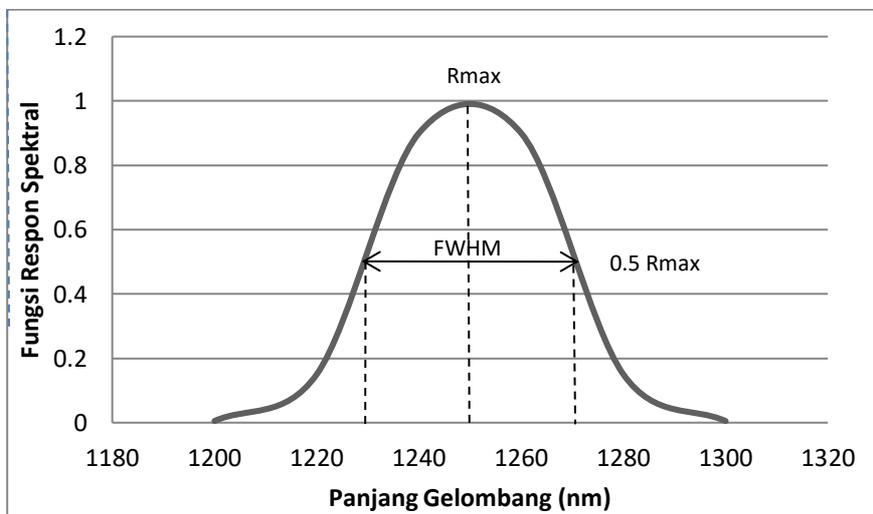


Gambar 1.14. Perbandingan luas rentang spektral sensor

Gambar A menunjukkan tiga saluran dengan kemampuan menerima panjang gelombang dari masing-masing spektrum secara terpisah. Gambar B menunjukkan saluran dengan kemampuan menerima panjang gelombang secara bersama-sama. Gambar B adalah sebuah saluran dengan resolusi spektral yang lebih halus dari saluran pada gambar A.

Lebar saluran diatur dengan disesuaikan dengan tujuan atau fungsi pokok yang diinginkan. Contoh dari fungsi pokok saluran citra dapat dilihat pada tabel dibawah.

Lebar saluran biasanya dinyatakan dengan istilah *full width at half maximum (FWHM)* (Liang, 2004). Penentuan dari lebar saluran dapat digambarkan sebagai berikut.

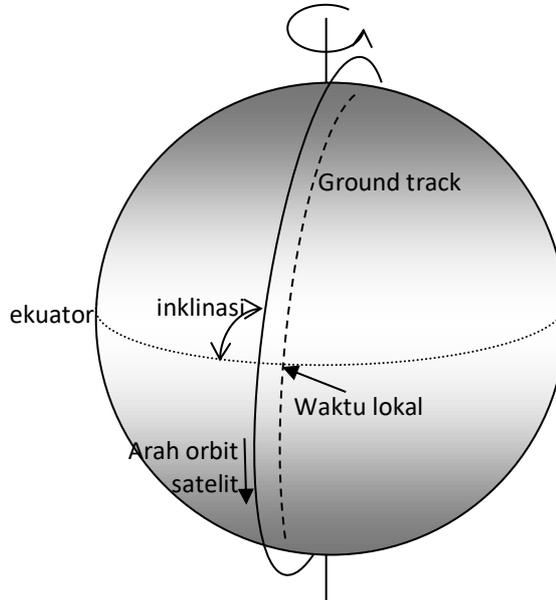


Gambar 1.15. Lebar Saluran menggunakan dasar FWHM. Sumber: Liang, 2004

4. Resolusi Temporal

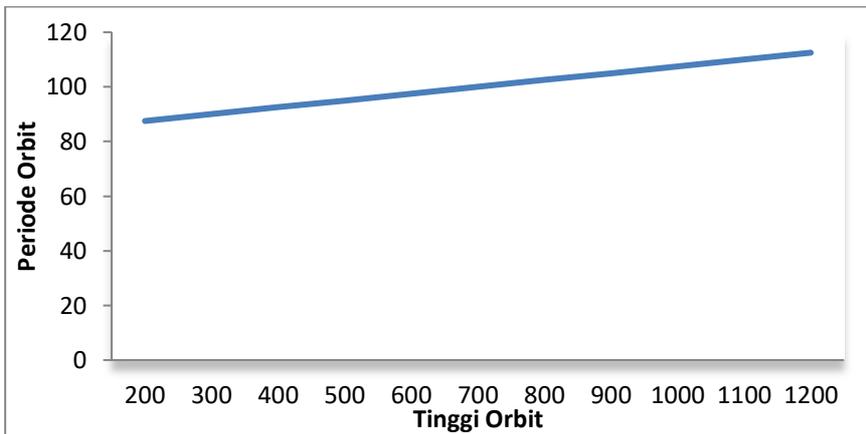
Resolusi temporal merupakan suatu periode ulang dari satelit dalam merekam data permukaan bumi pada lokasi yang sama. Resolusi temporal menggambarkan tingkat pengulangan perekaman data suatu tempat oleh satelit tersebut. Semakin tinggi resolusi temporal sebuah satelit berarti semakin dekat jeda waktu antara satu waktu pengambilan ke waktu pengambilan berikutnya untuk merekam tempat yang sama.

Resolusi temporal dari sebuah satelit yang memiliki orbit polar ditentukan oleh pemilihan parameter-parameter orbitnya seperti ketinggian, bentuk, dan inklinasi orbit satelit (Mather, 2004). Satelit-satelit pengamatan bumi biasanya memiliki orbit polar, sedangkan satelit-satelit meteorologi atau komunikasi memiliki orbit geostasioner.



Gambar 1.16. Model orbit satelit

Sudut antara jalur orbit dengan garis ekuator disebut dengan sudut inklinasi orbit. Penulisan sudut inklinasi orbit sering disimbolkan dengan i . Ketinggian satelit mempengaruhi lama waktu periode orbit. Semakin tinggi satelit akan semakin lama waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan satu periode orbit satelit.



Gambar 1.17. Keterkaitan periode orbit dengan tinggi orbit

Keterkaitan antara periode orbit dan jarak radius orbit satelit dapat dihitung melalui formula berikut (Elachi, 2006).

$$T = 2\pi r \sqrt{\frac{r}{g_s R^2}}$$

Keterangan

- T : Periode orbit
 - g_s : Kecepatan grafitasi = 9.81m/detik²
 - R : Radius bumi = 6380 km
 - r : R + h
 - h : ketinggian orbit
-

Berikut adalah tabel yang menggambarkan karakteristik sensor beberapa satelit.

Tabel. Karakteristik Sensor beberapa Satelit

Sensor	Spasial (m)	Spektral (#)	Radio Metrik (bit)	Temporal (hari)	Band Range (µm)	Band Width (µm)
Coarse-Resolution Sensors						
AVHRR	1000	4	11	1	0.58-0.68	0.1
					0.725-1.10	0.375
					3.55-3.93	0.380
					10.30-10.95	0.650
					10.95-11.65	0.700
MODIS	250 /	36/7	12	1	0.620-0.670	0.050
	500 /				0.840-0.876	0.036
	1000				0.459-0.479	0.020
					0.545-0.565	0.020
					1.230-1.250	0.020
					1.630-1.650	0.2
					2.110-2.160	0.05
Multi Spectral Sensor						
Landsat MSS	1,2,3, 56x79	4	6	16	0.5-0.6	0.1
					0.6-0.7	0.1
					0.7-0.8	0.1
					0.8-1.1	0.3
Landsat 4,5, TM	30	7	8	16	0.45-0.52	0.07
					0.52-0.60	0.80
					0.63-0.69	0.60
					0.76-0.90	0.14

Sensor	Spasial (m)	Spektral (#)	Radio Metrik (bit)	Temporal (hari)	Band Range (μm)	Band Width (μm)
					1.55-1.74	0.19
					10.4-12.5	2.10
					2.08-2.35	0.25
Landsat 7 ETM+	30	8	8	16	0.45-0.52	0.07
					0.52-0.60	0.80
					0.63-0.69	0.60
					0.50-0.75	0.15
					0.75-0.90	0.15
					10.0-12.50	2.5
					1.75-1.55	0.2
					0.52-0.90	0.2
					Pankromatik	
ASTER	15 /	15	8/12	16	0.52-0.63	0.11
	30 /				0.63-0.69	0.06
	90				0.76-0.86	0.1
					1.60-1.70	0.1
					2.145-2.185	0.04
					2.185-2.225	0.04
					2.235-2.285	0.05
					2.295-2.365	0.07
					2.360-2.430	0.07
					8.125-8.475	0.35
					8.475-8.825	0.35
					8.925-9.275	0.35
					10.25-10.95	0.7

Sensor	Spasial (m)	Spektral (#)	Radio Metrik (bit)	Temporal (hari)	Band Range (µm)	Band Width (µm)
					10.95-11.65	0.7
ALI	30	10	12	16	0.48-0.69	0.64
					0.433-0.453	0.20
					0.450-0.515	0.65
					0.425-0.605	0.80
					0.633-0.690	0.57
					0.775-0.805	0.30
					0.845-0.890	0.45
					1.200-1.300	0.10
					1.550-1.750	0.20
					2.080-2.350	2.70
SPOT 1,2,3,4	2.5-20	15	16	3-5	0.50-0.59	0.09
					0.61-0.68	0.07
					0.79-0.89	0.10
					1.50-1.75	0.25
					0.51-0.73 (pan)	0.22
IRS-1C	23.5	15	8	16	0.52-0.59	0.07
					0.62-0.68	0.06
					0.77-0.86	0.09
					1.55-1.70	0.15
					0.50-0.75 (pan)	0.25
IRS-1	23.5	15	8	16	0.52-0.59	0.07
					0.62-0.68	0.06
					0.77-0.86	0.09

Sensor	Spasial (m)	Spektral (#)	Radio Metrik (bit)	Temporal (hari)	Band Range (µm)	Band Width (µm)
					1.55-1.70	0.15
					0.50-0.75 (pan)	0.25
IRS-P6-AWiFS	56	4	10	16	0.52-0.59	0.07
					0.62-0.68	0.06
					0.77-0.86	0.09
					1.55-1.70	0.15
CBERS 2, 3B, 3, 4						
Hyper Spectral Sensor						
Hyperion	30	196	16	16		10 nm pada semua band
Hyper Spatial Sensor						
IKONOS	1-4	4	11	5	0.445-0.516	0.71
					0.506-0.595	0.89
					0.632-0.698	0.66
					0.757-0.853	0.96
QUICKBIRD	0.61, 2.44	4	11	5	0.45-0.52	0.07
					0.52-0.60	0.08
					0.63-0.69	0.06
					0.76-0.89	0.13
RESOURCESAT	5.8	3	10	24	0.52-0.59	0.07
					0.62-0.68	0.06
					0.77-0.86	0.09
RAPID EYE A, E	6.5	5	12	1-2	0.44-0.51	0.07

Sensor	Spasial (m)	Spektral (#)	Radio Metrik (bit)	Temporal (hari)	Band Range (μm)	Band Width (μm)
					0.52-0.59	0.07
					0.63-0.68	0.05
					0.69-0.73	0.04
					0.77-0.89	0.12
WORLDVIEW	0.55	1	11	1.7-5.9	0.45-0.51	0.06
FORMOSAT 2	2-8	5	11	1	0.45-0.52	0.07
					0.52-0.60	0.08
					0.63-0.69	0.06
					0.76-0.90	0.14
					0.45-0.90 (Pan)	0.45
KOMPSAT-2	1-4	5	10	3-28	0.50-0.90	0.40
					0.45-0.52	0.07
					0.52-0.60	0.08
					0.63-0.59	0.04
					0.76-0.90	0.14

Sumber : Thenkabail et al, 2011

F. Latihan

1. Mengapa sebuah citra dapat menjadi dasar analisis sumber daya suatu wilayah ?
2. Bagaimana sebuah wahana penginderaan jauh dapat merekam seluruh data permukaan bumi ?
3. Mengapa data penginderaan jauh dapat memvisualisasikan obyek muka bumi dengan simbol warna yang spesifik ?
4. Jelaskan data citra yang dapat dimanfaatkan untuk analisis wilayah pada skala besar.

G. Lembar Jawaban

1.
.....
.....
.....
.....
.....

2.
.....
.....
.....
.....
.....

3.
.....
.....
.....
.....
.....

4.
.....
.....
.....
.....
.....

H. Referensi

- Adams, J.B., Gillespie, A.R., 2006. *Remote Sensing of Landscape with Spectral Images - A Physical Modeling Approach*. Cambridge University Press. New York.
- Elachi, C., Zyl, V.J. 2006. *Introduction to the Physics and Techniques of Remote Sensing*. John Wiley & Sons Inc.. New Jersey.
- Horning, N., Robinson, J.A., Sterling, E.J., Turner, W., Spector, S., 2010. *Remote Sensing for Ecology and Conservation*. Oxford University Press, New York.
- Liang, S. 2004. *Quantitative Remote Sensing of Land Surface*. John Wiley & Sons Inc.. New Jersey.
- Liu, J.G., Mason, P.J. 2009. *Essential Image Processing and GIS for Remote Sensing*, John Wiley and Sons, Chichester.
- Mather, P.M. 2004. *Computer Processing of Remotely-Sensed Images An Introduction*. John Wiley & Sons Inc. Chichester.
- Schowengerdt, R.A., 2007. *Remote Sensing Models and Methods for Image Processing*. Third Edition. Elsevier. London.
- Thenkabail, P.S., Hanjra, M.A., Dheeravath, V., Gumma, M., 2011. **Global Croplands and Their Water Use from Remote Sensing and Non Remote Sensing Perspective**, *Advances in Environmental Remote Sensing, Sensor, Algorithm, and Applications*, p. 387 - 391.
-