

BAB 1

Pengenalan

1.1 Latar belakang

1.1.1 Pengenalan teknologi remote sensing.

Matlamat utama sistem Remote sensing adalah pencerapan informasi muka bumi dan atmosfera. Demi mencapai matlamat ini, pendekatan yang sering diperlakukan adalah dengan kajian data elektromagnetik yang direkodkan oleh penderia Sistem Remote Sensing dari pantulan objek kajian.

Tren perkembangan Remote sensing pada dekad ini berteraskan kepada pembangunan sistem yang lebih tinggi resolusi spectral, spatial, radiomatrik dan temporalnya. Secara umumnya, resolusi spektral merujuk pada bilangan band gelombang yang diambil-kira semasa penderiaan dilakukan; resolusi spatial merujuk pada saiz fitur paling halus yang mampu dikesan oleh penderia; resolusi radiomatrik merujuk pada kapasiti data yang dicerap sama-ada 8bit (mampu beza-nilaikan 2^8 data iaitu 256 nilai), 16bit (2^{16} data iaitu 65,536 nilai) atau 32bit (4,294,967,296 nilai); manakala resolusi temporal pula merujuk pada kekerapan penderiaan boleh dilakukan ke atas satu muka bumi yang sama (penting dalam tugas pemantauan dan pengesanan). Namun, perkembangan teknologi penderiaan ini hanya menyumbangkan kapasiti yang terhad sekiranya tiada perkembangan sejajar dalam bidang sains pemahaman dan interpretasi data berkenaan.

1.1.2 Cabaran perkembangan sistem remote sensing.

Antaranya cabaran perkembangan sistem remote sensing adalah seperti:

- isu teknikal (perkembangan sains dan teknologi),
- isu kalibrasi dan pembetulan imej (geometrik, radiometrik dan atmosferik),
- isu pencerapan informasi bertema dari imej satelit (pemprosesan data),
- isu storan data (kaedah pemampatan data) serta
- isu aplikasi dan integrasi dengan data dan sistem lain.

Penderiaan data muka bumi merupakan satu proses yang amat kompleks. Ia banyak bergantung kepada faktor-faktor seperti: keadaan fizikal fitur bumi yang diberi (kesihatan, kesuburan, warna, umur tumbuhan serta fitur latar belakang seperti tanah), keadaan topografi, interaksi tenaga elektromagnetik suria dengan fitur muka bumi, interaksi tenaga elektromagnetik dengan elemen atmosfera, kedudukan penderia di angkasa dan sebagainya. Jelas, masalah pencungkilan informasi merupakan satu isu vital yang mempengaruhi kualiti dan kuantiti informasi yang diterbitkan dari imej satelit; oleh yang demikian, kajian ini berkisar pada paksi fokus ini.

1.1.3 Isu yang menjadi fokus kajian:

Pencerapan informasi dari data remote sensing.

Informasi yang boleh dicerap dari data Remote sensing secara langsung adalah terhad, contohnya untuk fitur darat, ukuran yang boleh dicerap langsung hanyalah variabel seperti albedo (pantulan tenaga), suhu permukaan bumi dan keadaan topografi. *Allan T.D. (1992)* pula mengemukakan bahawa hanya 4 variabel lautan yang mampu dicerap secara langsung dari data Remote sensing iaitu: *warna lautan, suhu permukaan lautan ("Sea surface temperature"), kegeloraan permukaan lautan dan maklumat topografinya.*

Disebabkan informasi yang mampu dicerap secara langsung dari data remote sensing adalah terhad, satu lagi kaedah yang sering digunakan iaitu kaedah "*inference*". Ia merupakan suatu proses induksi untuk "mencapai sesuatu kesimpulan logik dari pengumpulan dan pemahaman fakta". Dari perspektif teori, ia mencari perhubungan antara sesuatu parameter dengan radiosinya dalam data remote sensing; kemudian perhubungan ini diaplikasikan untuk pencerapan informasi parameter tersebut dari data remote sensing yang lain. Contohnya dalam kajian fitur tumbuhan; parameter seperti kandungan klorofil, kandungan air dihubungkaitkan dengan

radiasinya dalam imej remote sensing. Perhubungan yang berjaya diformulasikan ini akan digunakan untuk memahami taburan kandungan klorofil dan air dalam data remote sensing yang lain melalui kajian taburan Dn (digital number yang mewakili intensiti pantulan cahaya atau radiasi) nya.

1.1.4 Pengenalan kajian & kepentingannya.

Secara umumnya, kajian ini akan memeriksa keberkesanan integrasi Remote Sensing dan GIS dalam memperbaiki kaedah pencungkilan informasi bertema bagi fitur muka bumi (khususnya litupan bumi). Pengimbasan tentang teori dan konsep remote sensing, teknik GIS dalam pemprosesan data remote sensing, penilaian ke atas pelbagai kaedah pengelasan, modifikasi teknik pengelasan serta prosedur pengelasan, penerbitan panduan pengelasan (piawaian) serta automasi dalam Pencerapan informasi bertema juga akan dibincangkan.

Kenapa kajian ini mengambil berat tentang aspek litupan bumi? Ekonomi merupakan nadi pembangunan negara. *Ikhtisas Ekonomi boleh didefinisikan sebagai: satu pengetahuan dalam alokasi dan pengurusan sumber modal, tanah, sumber manusia dan pasaran, demi mencapai keuntungan maksimum dari penggunaan kombinasi sumber ekonomi berkenaan (Katz M. L. dan Rosen H. S., 1991).* Jelas, tanah adalah satu aset atau sumber terhad, ia bersangkut-paut dengan ekonomi negara dan juga aspek alam sekitar. Selalunya perhubungan antara keuntungan kegiatan ekonomi (guna tanah) dengan alam sekitar adalah kontradiksi. Sekiranya kerajaan ingin mewariskan satu negara makmur dan kaya alam untuk generasi masa depan, ia perlulah memoptimalkan aktiviti ekonomi negara (menerusi pengurusan guna-tanah), tetapi pada masa yang sama, mencapai keseimbangan alam sekitar; inilah yang disebut sebagai pembangunan mampan ("sustainable development"). Remote sensing boleh

menjadi satu peralatan penting dalam perancangan guna-tanah serta pemantauan alam sekitar.

Peranan remote sensing dalam tugas pemantauan alam sekitar telah terbukti dalam banyak contoh seperti pengesanan pembalakan haram, pembakaran untuk tujuan pertanian, pembukaan tanah di kawasan simpanan atau kawasan tадahan dan sebagainya. Contohnya pada 28 Oktober 1999, ada satu laporan New Straits Times yang bertajuk "*Satellite pictures show Selangor catchment areas cleared for development*".

Malaysia telah lama menyedari keperluan pengurusan guna-tanah dan alam sekitar dengan teknologi terkini. *Polisi Pertanian Nasional ke3 (NAP3, 1998-2010)* yang dirancang rapi oleh Kementerian Pertanian Malaysia telah mengemukakan satu saranan yang jelas iaitu *pembangunan sektor pertanian adalah satu keperluan masa depan negara*. Dalam laporan tersebut yang diterbitkan pada laman web Kementerian Pertanian¹, diumumkan bahawa tahap import bahan makanan telah mencecah bil *RM10.0 bilion (ribu juta) pada 1997 berbanding dengan tahun 1995 (RM7.7 bilion) dan 1985 (RM3.5 bilion)*. Bil import yang tinggi ini juga dikatakan mungkin telah mengakibatkan peningkatan harga makanan di pasaran. Firma tempatan yang berasaskan hasil agro juga diusahakan di bawah kapasiti sebab terlalu bergantung kepada sumber pertanian luar negara. Dilaporkan bahawa buat masa ini, 70% daripada jumlah material mentah yang diperlukan dalam industri pemprosesan makanan tempatan perlu diimport.

Kenapa keperluan tempatan pada bahan pertanian tidak mampu disediakan dengan sumber yang ada di Malaysia? Kenapa bil import semakin meningkat? *Menurut laporan tersebut, sektor pertanian Malaysia menghadapi masalah sumber tidak digunakan secara optimum yang membawakan pembaziran sumber*. Terdapat

¹ <http://agrolink.mao.my/dpn3>

400,000 hektar tanah pertanian dianggarkan terbiar. Contohnya dalam sektor pertanian getah dan kelapa sawit, dianggarkan 300,000 hektar kawasan getah tidak ditoreh dan 30,000 hektar kawasan kelapa sawit tidak lagi memaksimumkan hasilnya.

Idea-idea tentang kepentingan kajian ini diperkuatkan lagi dengan percambahan pemikiran Perdana Menteri Datuk Seri Dr. Mahathir Mohamad seperti mana yang dilaporkan dalam Akhbar New Straits Times, 23 September 1999. Dalam artikel bertajuk "*PM's next vision is to develop the agri sector*", beliau telah menyuarakan bahawa *wawasan yang menyusur selepas "Multimedia Super Corridor"* adalah pembangunan sektor pertanian. Menurut laporan tersebut, Malaysia mempunyai banyak sumber alam yang bertaburan di seluruh negara tetapi masih tidak dioptimumkan peranan ekonomi mereka. New Straits Times pada 28 September 1999 bertajuk "*Commercialise agro research findings*" juga melaporkan saranan DPM Datuk Seri Abdullah Ahmad Badawi supaya teknologi baru dan keputusan penyelidikan diaplikasikan ke atas sektor pertanian demi memaksimumkan produktiviti.

Dalam proses pengaturan strategi untuk pembangunan sektor pertanian, informasi guna tanah adalah sesuatu elemen yang amat penting. Dengan menguasai segala informasi guna tanah yang tepat, berskala wilayah mahupun nasional, formula pembangunan optimal untuk masa depan dapat diusahakan. Untuk tujuan pemantauan dan perancangan, dijangkakan remote sensing dan GIS akan menjadi sesuatu teknologi dan sumber data yang penting dalam proses pengumpulan data guna tanah, pengurusan data, pemrosesan data dan pencerapan informasi bertema.

1.2 Terminologi dan definisi

1.2.1 Remote Sensing

Pernah tertera dalam sesuatu artikel berunsur sendiwara (komidi) di internet yang mendefinisikan remote sensing sebagai "*sesuatu kajian Astronomi, tetapi ia adalah Astronomi yang dilaksanakan pada arah yang silap*", nampak lucu tetapi benar.

Tidak ada satu catatan sejarah yang tepat tentang sejarah permulaan sistem Remote sensing di dunia. Menurut maklumat laman web NASA², peralatan artifak pertama dalam konteks penderiaan jauh mungkin adalah teropong angkasa (spyglass) yang dicipta oleh Galileo pada 1609 (Rajah 1.1). **Teropong Galileo** direka khas untuk tujuan kajian astronomi dan merupakan penerokaan angkasa lepas yang pertama dalam sejarah manusia. **Gaspard Felix Tournachon** atau lebih dikenali sebagai **Nadar** telah menjalankan eksperimen penangkapan foto udara dari platform belon pada 1859 tetapi tidak berjaya. Kesukaran dan kebahayaan teknik penggunaan belon untuk foto udara telah melahirkan idea penggunaan burung merpati. Pada 1903, "**The Bavarian Pigeon Corps**" (Rajah 1.2) telah dilatih oleh kerajaan Amerika. Burung merpati terlatih ini membawa kamera kecil yang menangkap foto udara setiap 30 saat secara automatik. Kaedah ini sangat digunakan semasa Perang Dunia I (1914 - 1918) di mana burung-burung merpati ini dihantar ke medan perang untuk mengintip kuasa tentera pihak lawan.

Perang telah menyedarkan dunia tentang kekuatan informasi spatial dan teknik Remote sensing yang mencerap informasi penting ini. Selain daripada kematian, kebencian dan penderitaan jiwa yang berpanjangan, perang juga dengan tidak sengaja melahirkan pelbagai percubaan teknik dan teknologi penderiaan jauh, ini mungkin merupakan satu dan hanya satu output perang yang positif, yang membina. Penderiaan

² <http://observe.ivv.nasa.gov/nasa/exhibits/history>

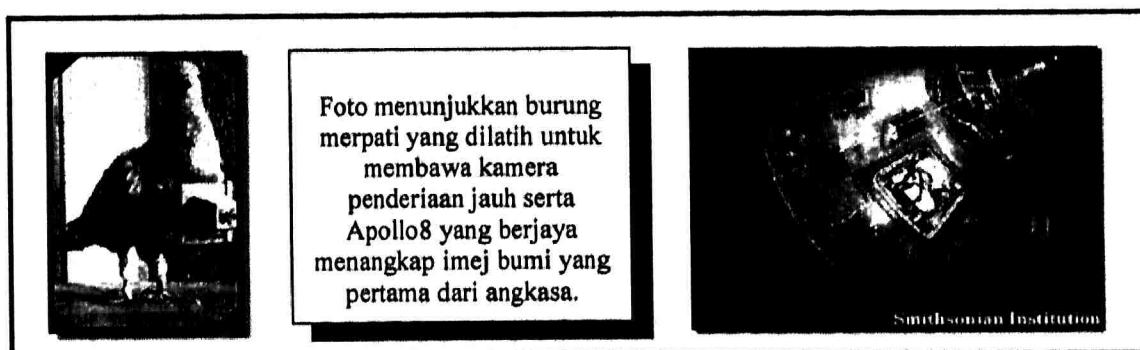
Infrared adalah kaedah pemantauan medan perang yang paling berkesan pada Perang Dunia Ke2. Tempat persembunyian tentara musah biasanya ditutupi dengan semak dan pokok mati untuk mengaburi mata kasar tentera lawan, tetapi penderiaan Infrared dapat membongkarkan helah ini di mana spektral tumbuhan mati dengan tumbuhan hidup mampu dibezakan.

Program Apollo (Rajah 1.2) oleh Amerika telah dilahirkan dalam 1960an dan gambar bumi yang pertama telah berjaya dicerap dari angkasa oleh Apollo8 pada 1968. Sistem remote sensing terus berkembang sehingga hari ini dan dirasai belum mencapai takat ketepuannya, ia dijangkakan masih mempunyai ruang dan potensi pembangunan yang tinggi.

Rajah 1.1: Gambar-gambar sejarah remote sensing.



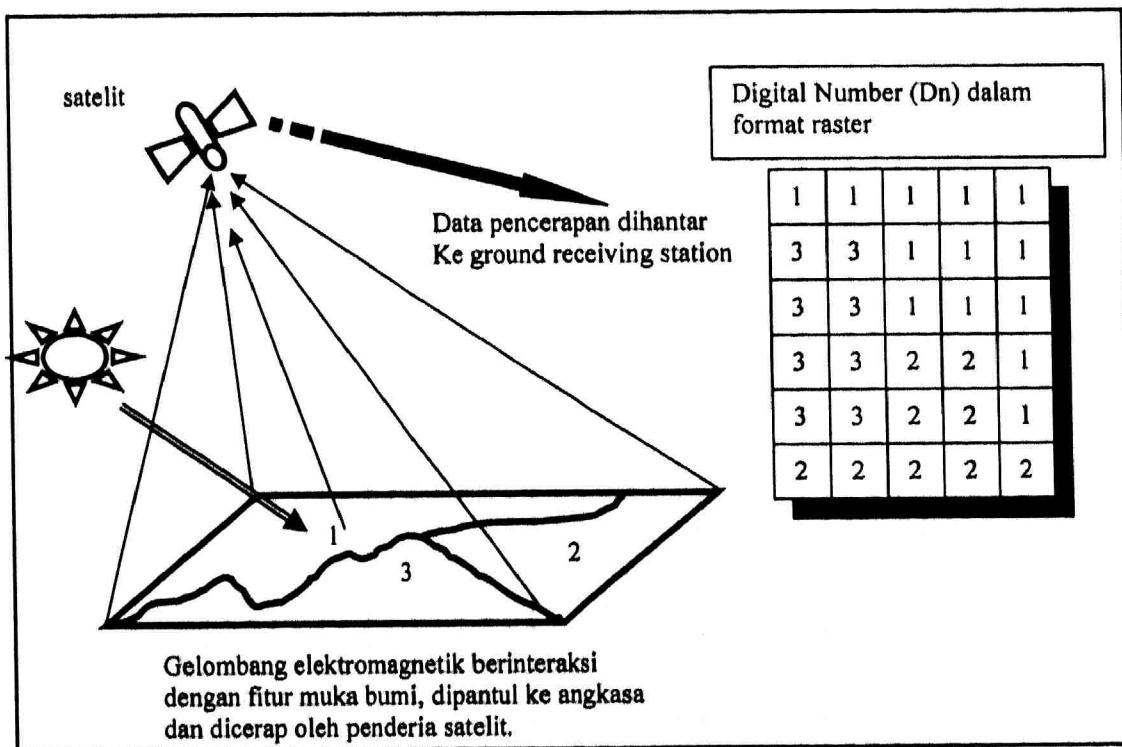
Rajah 1.2: Perkembangan teknik remote sensing dari burung merpati ke era platform satelit.



Remote Sensing adalah teknik pencerapan data (fenomena) permukaan bumi di mana penderiaan dilakukan dari pelbagai platform termasuklah belon, kapal terbang dan satelit di angkasa; penderiaan dilaksanakan dari jauh tanpa sentuhan langsung dengan objek yang dikaji. Penyelidikan ini akan tertumpu pada penggunaan data remote sensing dari platform satelit.

Imej yang ditangkap oleh sensor dari angkasa mencerminkan orientasi gelombang elektromagnetik yang dipantulkan dari permukaan bumi. Secara teori, setiap ciri permukaan yang berbeza akan digambarkan dengan satu set corak spektral yang berlainan (Rajah 1.3). Oleh yang demikian, kajian fenomena di permukaan bumi boleh dilaksanakan dengan meneliti dan menganalisis corak taburan nilai spektral atas imej.

Rajah 1.3: Ringkasan konsep remote sensing.

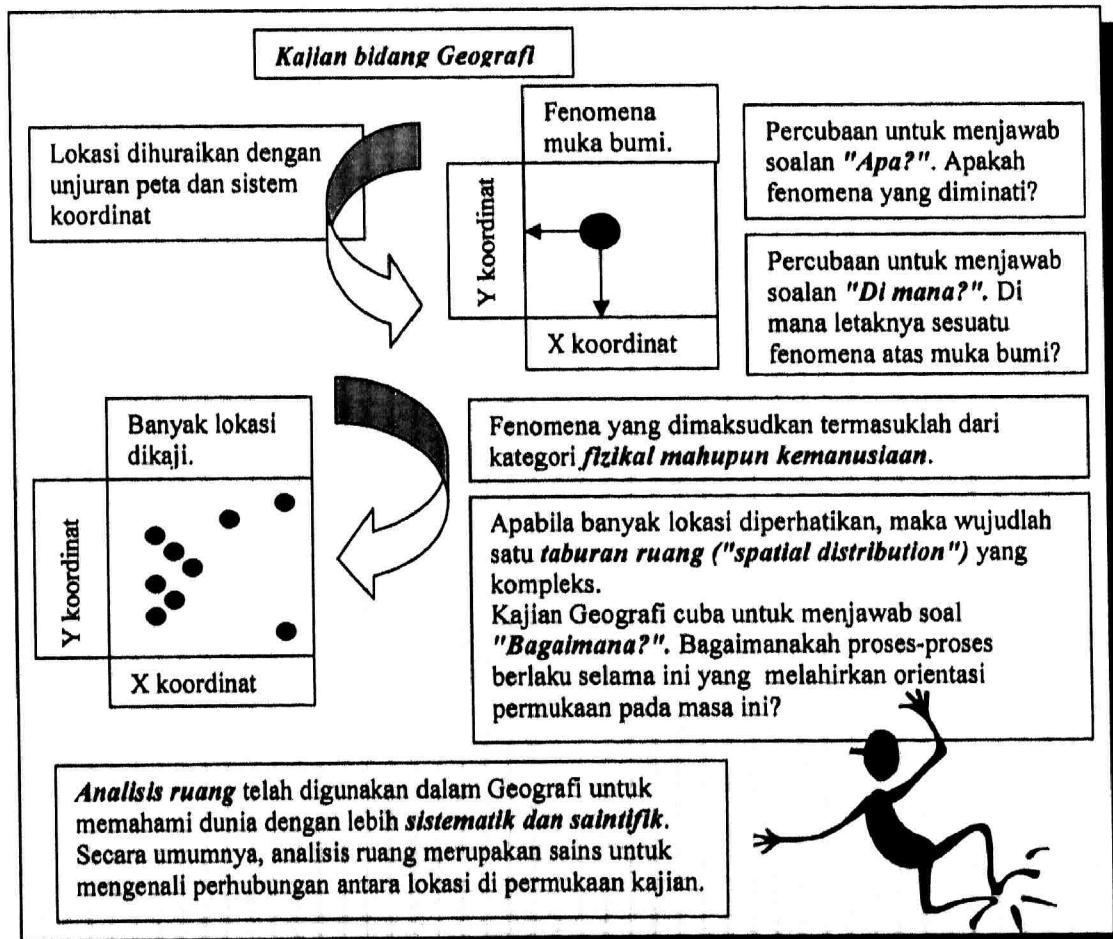


1.2.2 Geografi.

Geografi adalah pengetahuan saintifik untuk memahami taburan fenomena atas muka bumi. Secara umumnya, 3 persoalan penting yang ingin dijawab oleh Geografi

iaitu: "apa?, di mana? dan bagaimana?". Apakah fenomena (jenis guna tanah, taburan pasaran, pusat ekonomi..) yang dikaji? Di manakah letaknya fenomena tersebut? (Rajah 1.4) Dalam Geografi, lokasi cuba dipiawaikan dengan adanya unjuran pemetaan. Kedudukan sesuatu fenomena atas bumi boleh diuraikan dengan x, y koordinatnya. Bila pemerhatian dilakukan ke atas banyak lokasi fenomena, ia digambarkan sebagai satu **peta taburan** yang menyerupai pemantauan dunia dari platform "bird's eye view". Ia amat mirip dengan imej Remote sensing, tidak hairanlah ahli Geografi mempunyai kelebihan dalam memahami data remote sensing. Soal "bagaimana?" ingin mencari penjelasan kepada keadaan muka bumi yang diperhatikan. Apakah proses yang membina taburan sebegini rupa? Persoalan ini juga melibatkan faktor temporal (masa), bagaimana orientasi spatial sesuatu fenomena atas bumi berubah melalui masa.

Rajah 1.4: Ringkasan tentang Geografi.

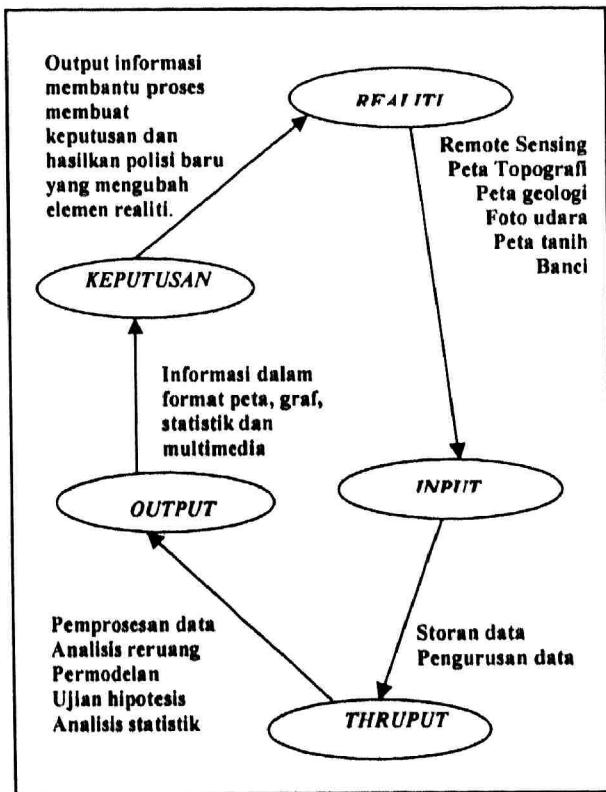


1.2.3 "*Geographical Information System*".

GIS adalah singkatan istilah "Geographical Information System". GIS adalah sistem yang menggembangkan pelbagai disiplin dan kepakaran untuk menyediakan kapasiti dalam tahap-tahap berikut: input data spatial; storan dan pengurusan data, analisis dan pemprosesan data (thruput); serta menghasilkan output informasi dalam format peta cetak (hard copy), peta digital, peta bertema (thematic map), statistiks, graf, laporan, multimedia... (Rajah 1.5)

Profesor Madya Richard F. Dorall (pensyarah senior Universiti Malaya) sering mengingatkan pelajar bahawa peranan GIS sentiasa bermula dari dunia realiti dan berakhir di dunia realiti juga. Sesuatu GIS bermula dengan pencerapan data mentah di lapangan, data tersebut disimpan, diuruskan, dianalisis untuk menghasilkan informasi. Output dari sistem tersebut akan digunakan untuk membantu atau menyokong keputusan dalam sesuatu organisasi; keputusan ini kemudiannya akan diusahakan sebagai polisi ke atas alam realiti.

Pelaksanaan polisi ini berkemungkinan mengubah corak orientasi spatial ("spatial orientation" atau guna tanah) di muka bumi, taburan yang baru ini sekali lagi akan dicerap sebagai input ke dalam sesuatu sistem, kitaran proses yang sama akan diperhatikan. Begitulah lumrah alam, penamatan sesuatu "loop" sistem bermakna permulaan sesuatu "loop" yang baru. Huraian ringkas idea ini dipersembahkan dalam Rajah 1.5.

Rajah 1.5: Peranan GIS dalam dunia realiti

1.2.4 Pertalian antara Remote sensing, Geografi dan GIS.

Geografi telah bermula dengan ciri diskriptif dunia secara bahasa (aliran sastera). Melalui masa, bidang ini telah berkembang pesat ke arah bersifat lebih objektif, sistematik dan saintifik (aliran sains). Sehubungan dengan itu, analisis permukaan bumi yang dijalankan dalam Geografi semakin kompleks, data yang terlibat juga semakin banyak dan rumit. Kemunculan GIS telah diterima sebagai satu peralatan effisien dalam soal pengurusan dan manipulasi data spatial dalam Geografi.

Memandangkan GIS melibatkan elemen permukaan dunia realiti yang sentiasa berubah (Rajah 1.5), ia memerlukan informasi terkini tentang fenomena yang dikaji. Satu cara yang ekonomi untuk mengemas-kinikan informasi ini adalah melalui data remote sensing.

Remote sensing semakin mendapat perhatian dalam disiplin Geografi. Ini berlaku kerana interaksi antara dua bidang kepakaran ini telah menghasilkan satu pertalian saling-melengkapi (complementary).

Remote sensing merupakan teknik pengumpulan data spatial (fenomena permukaan bumi); Geografi pula menyediakan pengetahuan dan persepsi spatial untuk tujuan memahami fenomena dan proses yang dikaji dalam imej tersebut.

1.3 Teori dan asas remote sensing.

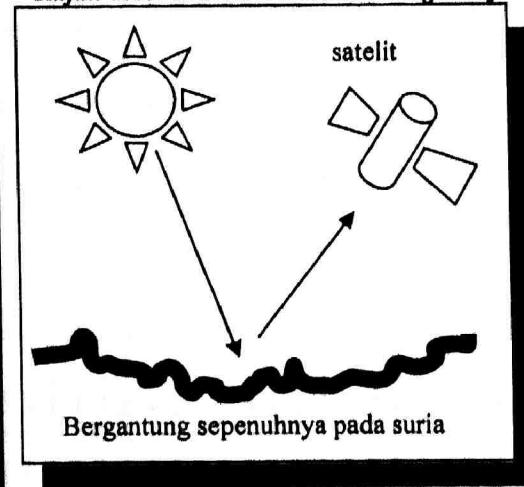
1.3.1 Dua sistem umum Remote Sensing

Dalam sejarah perkembangan Remote sensing, terdapat dua sistem penderiaan, satu dinamakan penderiaan aktif dan satu lagi adalah penderiaan pasif. Penderiaan aktif (Rajah 1.6a) melibatkan pemancaran gelombang elektromagnetik terpilih dari platform penderia (satelit atau kapal terbang), gelombang ini ditujukan ke arah muka bumi, pantulan selepas interaksi dicerap oleh penderia. Konsep ini adalah mirip kaedah sonik atau sonar yang digunakan dalam bidang geologi untuk kajian material di bawah kerak bumi ataupun sistem penderiaan yang digunakan oleh kelawar untuk mengenali halangan fizikal serta mencari lokasi makanannya sepanjang penerbangannya. Remote sensing pasif (Rajah 1.6b) pula hanya berfungsi menerima gelombang pantulan tanpa memancarkannya. Punca tenaga yang dicerap oleh sistem pasif dipancarkan oleh matahari.

Rajah 1.6a: sistem Remote Sensing Aktif



Rajah 1.6b: Sistem Remote Sensing Pasif



1.3.2 Matahari dan proses di muka bumi.

Matahari adalah satu jisim sfera bergaris pusat lebih kurang 100 kali garis pusat bumi. Dianggarkan kandungan jisim matahari terdiri daripada komposisi 27 % gas helium, 72 % gas hidrogen dan 1 % gas-gas lain. Ia merupakan punca tenaga keseluruhan sistem bumi. Punca tenaga terhasil semasa proses penukaran gas hidrogen kepada helium. Kadar proses penukaran gas ini dianggarkan mencecah kuantiti sebanyak 600 juta tan hidrogen ditukarkan kepada helium setiap saat. Proses ini telah mengakibatkan satu pembebasan tenaga haba yang kuat, dianggarkan lapisan bawah fotosfera mengalami suhu kira-kira 6000K (0K = -273°C). Proses tersebut telah menghasilkan reaksi tenaga sinaran dari permukaan matahari setinggi 9.00×10^{26} erg/saat menuju merata penjuru ke angkasa; antaranya $1.94 \text{ langley/min}^2$ tenaga ini berjaya sampai ke sistem bumi dan atmosfera.

Proses perjalanan tenaga elektromagnetik ini adalah serupa dengan kes api. Bila manusia duduk berdekatan dengan api, mereka terasa haba dari api walaupun mereka tidak bersentuhan dengan api secara fizikal. Tenaga haba telah beralih dari punca pembakaran (api) ke semua arah di sekitar puncanya, maka manusia yang berdekatan dapat merasai haba. Konsep ini telah lama digunakan dalam sejarah manusia untuk pemanasan tubuh semasa musim sejuk.

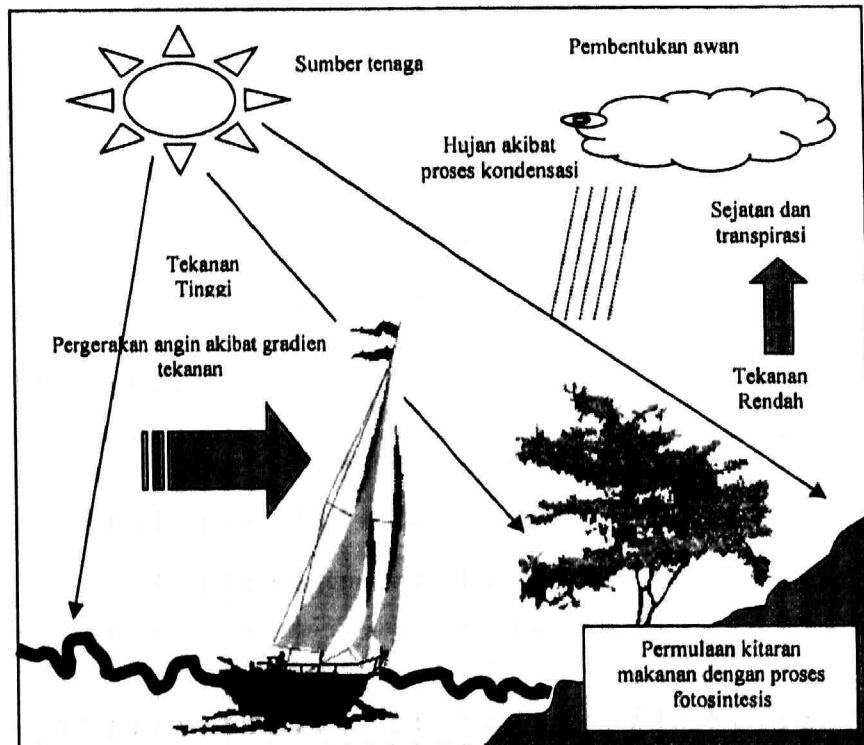
Segala proses di bumi telah bergantung kepada sumber tenaga matahari (Rajah 1.7). Tenaga ini telah menjanakan gerakan dan kitaran segala unsur cuaca dan iklim di bumi; angin, tekanan udara, hujan, sejatan dan semua proses pertukaran jisim seperti di sempadan pepejal, cecair dan gas.

Hukum termodinamik telah menggariskan fenomena bahawa "tenaga tidak boleh dicipta atau dimusnahkan". Tenaga elektromagnetik matahari (sinaran) yang sampai ke sistem bumi berinteraksi dengan fitur muka bumi serta berubah menjadi tenaga lain.

Fakta yang paling penting di sini ialah; fitur-fitur bumi yang berbeza berinteraksi secara unik dengan tenaga elektromagnetik. Badan air lebih lambat dipanaskan berbanding fitur darat. Ini disebabkan oleh (1) struktur penyusunan molekul-molekul air yang longgar; penyusunan ini mengakibatkan pemindahan tenaga antara molekul berlaku dengan perlahan, (2) perolakan tenaga boleh berlaku dengan lebih sempurna dalam jisim air. Fenomena yang sebaliknya berlaku ke atas fitur darat secara umumnya.

Dalam kes tertentu, fitur yang sama dalam kawasan yang sama juga boleh berinteraksi berlainan dengan elektromagnetik. Contohnya kesan topografi, tenaga yang diterima pada dua cerun yang bersebelahan adalah berbeza walaupun jarak spatial antaranya adalah dekat. Cerun yang menghadap arah tuju cahaya matahari berinteraksi dengan intensiti tenaga yang lebih, sebaliknya cerun yang terselindung mengalami tenaga yang sedikit ataupun sifar. Interaksi tenaga elektromagnetik dengan pelbagai fitur muka bumi akan diteliti dalam bahagian analisis kajian ini.

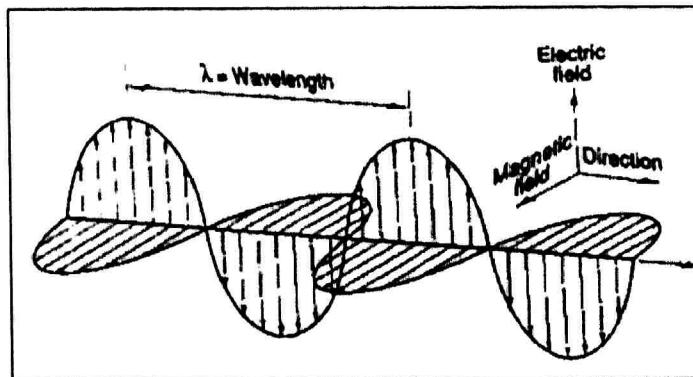
Rajah 1.7: Peranan tenaga matahari ke atas sistem bumi secara umum.



1.3.3 Tenaga elektromagnetik dan teori asas.

Apakah faktor-faktor yang mempengaruhi tenaga elektromagnetik? Untuk mendekati topik ini, konsep dan teori berkenaan dengan tenaga elektromagnetik harus diteliti. Cahaya ataupun tenaga elektromagnetik diuraikan sebagai tenaga yang bergerak dalam corak gelombang (Rajah 1.8).

Rajah 1.8: Gerakan tenaga elektromagnetik dalam bentuk gelombang



Dalam kajian Sains Fizik, pancaran gelombang diuraikan dengan formula berikut:

Formula 1: Pancaran gelombang

$$C = \lambda f \quad \text{di mana } C = \text{kelajuan cahaya iaitu } 3 \times 10^{10} \text{ cm/s}$$

λ = jarak gelombang dan f = frekuensi gelombang

Diandaikan bahawa kelajuan cahaya adalah konsten (300,000km/s), perhubungan antara jarak gelombang dan frekuensi mestilah bersifat songsang.

Hukum Plank (Formula 2) pula cuba menggambarkan pertalian antara tenaga elektromagnetik dengan faktor frekuensi. Frekuensi yang tinggi membawakan tenaga elektromagnetik yang kuat.

Formula 2: Hukum Plank

$$E = hf \quad \text{di mana } h \text{ (konsten Plank)} = 6.3 \times 10^{-34} \text{ Js}$$

E = tenaga elektromagnetik dan f = frekuensi

Maka tenaga elektromagnetik yang tinggi akan dijanakan oleh faktor jarak gelombang yang pendek serta frekuensi gelombang yang tinggi.

Formula 3:

$$E = hf \dots(1) \quad \text{dan} \quad C = \lambda f \dots(2)$$

$$C/\lambda = f \dots(3) \text{ Hasil penstrukturkan semula persamaan (2).}$$

Gantikan (3) $C/\lambda = f$ ke dalam formula (1) $E=hf$ dan didapati:

$$E = h(C/\lambda) \quad \text{di mana } E = \text{tenaga elektromagnetik}$$

$C = \text{konsten kelajuan cahaya}$, $h = \text{konsten Plank}$ dan

$\lambda = \text{jarak gelombang.}$

Formula $E=h(C/\lambda)$ (Formula 3) turut membuktikan bahawa tenaga elektromagnetik adalah bersifat songsang dengan jarak gelombang; jarak gelombang semakin pendek membawa tenaga yang semakin kuat. Persoalan seterusnya adalah: apakah pula faktor yang mempengaruhi jarak gelombang, frekuensi dan tenaga yang dipancarkan?

Kajian Fizik moden membuktikan bahawa sebarang jasad bersuhu lebih dari 0°K akan mengeluarkan tenaga sinaran. Jasad hitam ("black body") adalah satu objek hipotesis yang dicipta dan digunakan khas untuk kajian pancaran tenaga dalam makmal Fizik. Objek ini akan menyerap kesemua pancaran yang jatuh ke atasnya dan seterusnya akan menjana dan memancarkan semula pancaran (secara maksimum dalam semua jarak gelombang) keluar.

Hukum sesaran Wien (Formula 4: "Wein's displacement law") telah menyatakan bahawa *objek bersuhu mutlak tinggi akan menghasilkan jarak gelombang pendek dan sebaliknya*. Faktor suhu menentukan jarak gelombang, suhu semakin tinggi, jarak gelombang semakin pendek (formula 4: Hukum sesaran Wein) dan tenaga yang dipancarkan turut semakin meningkat (menurut Formula 3).

Formula 4: Hukum sesaran Wein

$$\frac{\lambda_{\max}}{T} = 2897 \times 10^{-6} \text{ m}$$

λ_{\max} = jarak gelombang maksimum; T = suhu mutlak dalam ${}^{\circ}\text{K}$

Formula 5: Hukum Stefan-Boltzmann

$M = \sigma T^4$ M = jumlah pancaran atau "radiant emmittance"
 T = suhu mutlak jasad hitam (dalam ukuran °K)
 σ = pemalar Stefan-Boltzmann iaitu $5.669 \times 10^{-8} \text{ Wm}^{-2} \text{ K}^{-4}$

Formula 5 juga menjelaskan pertalian antara variabel pancaran (M) dengan suhu. Formula ini menggambarkan perubahan suhu yang kecil boleh mengakibatkan perubahan jumlah pancaran (M) yang berganda empat. Tetapi ia hanya benar untuk kes jasad hitam.

Formula 6: Hukum Stefan-Boltzmann ke atas badan bukan jasad hitam

$M = E \sigma T^4$ M = jumlah pancaran atau "radiant emmittance"
 T = suhu mutlak jasad hitam (dalam ukuran °K)
 σ = pemalar Stefan-Boltzmann iaitu $5.669 \times 10^{-8} \text{ Wm}^{-2} \text{ K}^{-4}$
 E = kepancaran (emisiviti, julat antara 0 - 1)

Formula 6 menambahkan variabel "E" ke dalam formula Stefan-Boltzmann asal. Kepancaran "E" adalah nisbah "tenaga yang dipancarkan oleh sesuatu objek" dengan "tenaga yang dipancarkan oleh jasad hitam" pada suhu yang sama. Sebenarnya tiada objek dalam dunia realiti yang berupaya mencapai $E = 1$ kerana ini bermakna jumlah tenaga yang dipancarkan oleh objek ini adalah sama dengan jumlah tenaga yang dipancarkan oleh jasad hitam pada suhu yang sama.

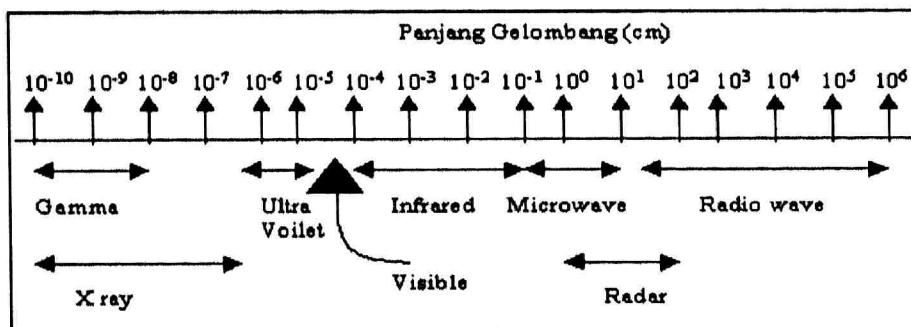
1.3.4 Spektrum elektromagnetik dan "atmospheric window".

Secara teori, sistem Remote sensing dapat mengukur tenaga pantulan dari permukaan bumi dalam sebarang julat jarak gelombang. Bidang sains telah mengenalpasti julat spektrum elektromagnetik (Rajah 1.9) dari jarak gelombang pendek seperti Sinaran Gamma, Sinaran X dan Ultra-violet; gelombang panjang seperti Radar,

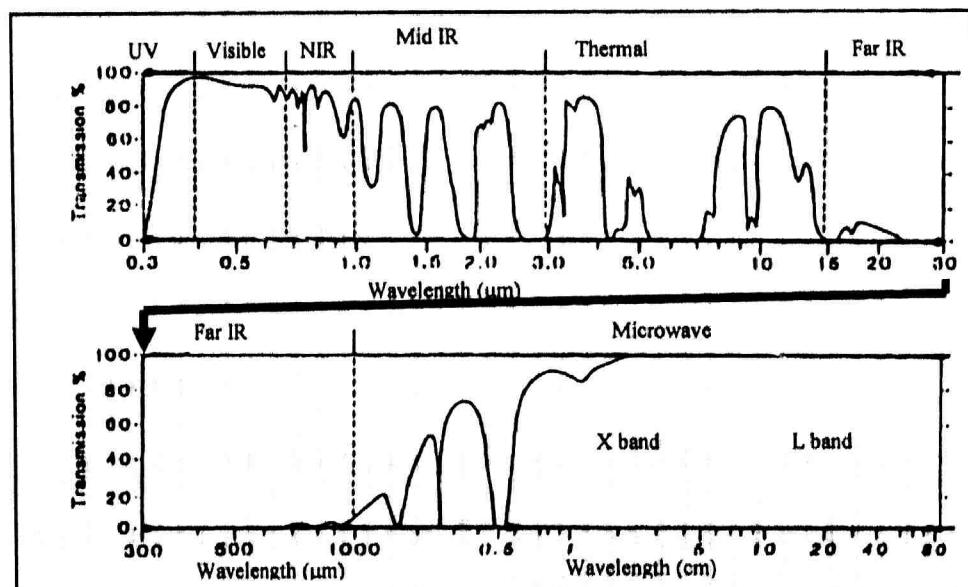
gelombang Radio dan komunikasi. Namun, julat spektrum gelombang yang ditekankan dalam kajian Remote Sensing adalah bahagian "visible", "infrared", "thermal infrared" dan "microwave".

Pencerapan data remote sensing terhad kepada julat-julat ini disebabkan limitasi teknologi serta fenomena "*atmospheric windows*". Tetingkap atmosfera sebenarnya menjelaskan keadaan di mana taburan partikal dan corak pelapisan atmosfera berfungsi sebagai penapis, menyekat gelombang pada julat-julat tertentu dan hanya mengizinkan jarak gelombang tertentu menempuh lapisan atmosfera (Rajah 1.10). Oleh yang demikian, reka-bentuk sistem remote sensing biasanya menumpulkan pencerapan data dalam jarak gelombang "visible", "infrared" dan "thermal infrared" (radar adalah salah satu sistem aktif Remote Sensing, ia tidak dipengaruhi limitasi tetingkap atmosfera).

Rajah 1.9: Jarak gelombang elektromagnetik.



Rajah 1.10 Tetingkap atmosfera.



1.3.5 Interaksi julat elektromagnetik terpilih dengan fitur muka bumi.

Jarak gelombang yang berbeza berinteraksi secara unik dengan material di permukaan bumi. Tenaga "visible" ke "infrared" yang diukur oleh penderia menggambarkan ciri material seperti luaran fizikal objek (warna, saiz, albedo, struktur dan tekstur), pigmentasi, kelembapan, struktur sel tumbuhan, mineral, kelembapan tanah dan sebagainya. "Thermal infrared" melihat keadaan kapasiti tenaga haba di permukaan bumi dan lapisan atas sub-permukaan bumi. Julat "microwave" pula sensitif terhadap kekasaran serta kelembapan permukaan yang diberikan, ia juga mampu menembusi satu jarak yang lebih jauh ke dalam badan air atau kenopi hutan.

Semasa tenaga elektromagnetik sampai ke permukaan bumi, secara umumnya empat mekanisme interaksi berlaku: Mekanisme pantulan spekular, serakan, penyerapan dan pantulan penjuru.

Pantulan spekular rujuk pada keadaan tenaga masuk dikembalikan tanpa diserak, ia biasanya berlaku di atas permukaan licin. Permukaan licin boleh bertindak seperti cermin yang mengalihkan arah tuju tenaga tanpa menyerakkannya.

Serakan rujuk pada keadaan tenaga masuk dikembalikan pada semua arah tuju, biasanya mekanisme ini terjadi atas permukaan yang kasar.

Penyerapan pula rujuk pada keadaan di mana tenaga masuk telah diserap oleh material di permukaan bumi dan diubah ke jenis tenaga lain seperti haba.

Pantulan penjuru adalah mekanisme di mana tenaga elektromagnetik yang sampai di permukaan bumi dipantulkan ke arah objek berjiran (contohnya bangunan) dan dipantulkan semula ke arah angkasa.

1.4 Pra-pemprosesan data

Pencerapan radiasi yang dipantulkan dari muka bumi adalah satu proses yang kompleks. Banyak elemen yang mempengaruhi kualiti data yang direkodkan. Antara

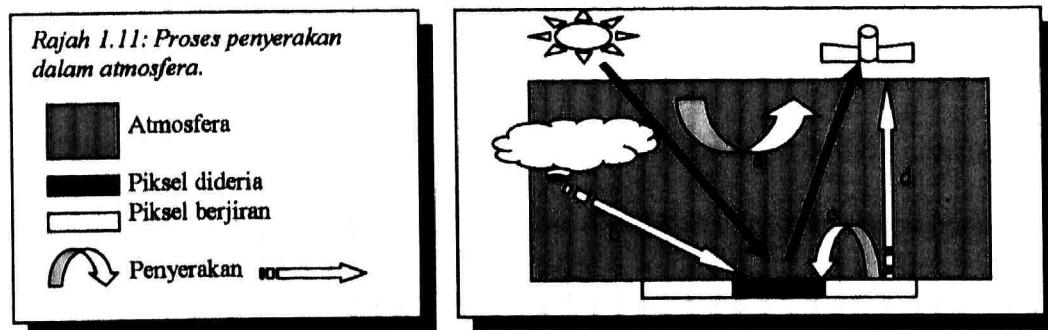
elemen-elemen yang terlibat termasuklah peralatan dan teknologi pengimbasan (reka bentuk pengimbas dan masalah panoramik), keadaan atmosfera, kesan putaran bumi, kesan lengkungan permukaan bumi dan sebagainya.

Dalam pemodelan data raster, setiap piksel mempunyai dimensi yang sama saiz dan bentuk contohnya segiempat-sama yang memodelkan 30m X 30m muka bumi. Tetapi dalam satu data remote sensing, adalah tidak dapat dinafikan bahawa saiz muka bumi yang digambarkan dalam satu piksel pada **kedudukan nadir** adalah lebih kecil berbanding dengan keluasan muka bumi yang diwakili pada sesuatu piksel di luar kedudukan nadir. Fenomena ini yang dikenali sebagai **masalah panoramik**.

Terdapat beberapa kelemahan utama dalam kualiti data remote sensing yang perlu diperbaiki sebelum pemprosesan selanjutnya; ini termasuklah **Pembetulan atmosferik, radiometrik dan geometri**. Data yang dibekalkan kepada pengguna telah diperbetulkan pada peringkat penerimaan data di "ground receiving stations" dan juga pada peringkat pembekalan data oleh MACRES (Pusat Remote Sensing Negara). Namun, pembetulan tertentu masih perlu dilaksanakan untuk menjamin kualiti data yang digunakan dalam sesuatu projek.

1.4.1 Pembetulan atmosferik.

Sekiranya elemen atmosfera tidak wujud, pencerapan oleh sesuatu penderia (sistem pasif) hanya semata-mata tahap pantulan tenaga elektromagnetik dari sesuatu lokasi (anak panah yang dilorekkan hitam dalam Rajah 1.11). Tetapi pada hakikatnya, terdapat beberapa penyerakan tenaga yang berlaku sepanjang perjalanan dalam atmosfera (dari matahari ke bumi dan dipantulkan ke penderia).



Secara ringkasnya, serakan berlaku dalam 4 aspek (Rajah 1.11).

- (a) Serakan dari atmosfera ke penderia.
- (b) Serakan dari atmosfera ke piksel yang dideria.
- (c) Serakan dari Piksel berjiran ke atas piksel yang dideria.
- (d) Serakan dari piksel berjiran terus ke penderia.

Proses penyerakan elektromagnetik semasa menemui dan menembusi atmosfera mengakibatkan kesamaran dalam perincian imej. Yakni, analisis yang memerlukan perincian yang baik harus menjalankan pembetulan atmosferik sebelum kajian dijalankan. Ini termasuklah kajian perbandaran yang berminat tentang ciri-ciri terperinci sesuatu bandar. Begitu juga dengan *kajian badan air*. Biasanya, jumlah data badan air untuk sesuatu kawasan kajian adalah terhad berbanding dengan fitur darat, ini bermakna secara relatif, kesan atmosfera ke atas kajian badan air adalah lebih besar.

Pembetulan Atmosferik adakala dianggap sebagai sebahagian dari Pembetulan radiometrik. Sebenarnya pembetulan atmosferik cuba memodelkan interaksi tenaga dengan atmosfera dengan adanya data-data seperti jenis penderia, band, tarikh dan masa pencerapan, suhu, kelembapan, tekanan udara, ketertampakan ("visibility") (Richards 1993). Kesemua faktor ini merumuskan satu nilai ko-efisien yang kemudiannya digunakan untuk menghapuskan kesan atmosfera ke atas nilai data mentah. Pemerhatian ke atas perkembangan terbaru mendapati agensi tertentu seperti JPL (Jet Propulsion Laboratory, NASA) telah menyediakan program "on-line" di mana pengguna hanya perlu membekalkan parameter-parameter cuaca tempatan untuk memproseskan nilai ko-efisien tersebut.

Sebagai satu contoh, formula untuk pembetulan atmosferik data Landsat untuk sesuatu masa adalah $R_b = (k_b) C_b + E\%$ di mana R_b adalah nilai pantulan sebenar dalam band b, C_b adalah nilai pantulan data mentah pada band yang sama, (k_b) adalah konsten untuk band b contohnya band 5 Landsat menggunakan nilai $k = 0.44$, manakala $E\%$

pula merupakan ko-effisien pengaruh atmosfera. Satu ciri yang dapat diperhatikan ialah, semakin tinggi turutan band (contohnya band7), semakin rendah kesan atmosferiknya.

1.4.2 Pembetulan radiometrik

Kesilapan radiometrik bergantung kepada teknologi dan proses pengimbasan. Ia mengakibatkan kesan "*line banding*" di mana terdapat piksel tertentu dalam imej yang tidak mempunyai nilai digital atau mempunyai nilai yang kurang jitu. Contohnya Landsat MSS menggunakan pengimbas "6 baris" di mana setiap baris mempunyai satu kepala pengimbas ("scanning head"). Oleh yang demikian kesan radiometriknya bersifat "6-line banding". Landsat TM pula menghadapi masalah "16-line banding" kerana reka bentuk pengimbasnya menggunakan 16 kepala pengimbas.

Pembetulan radiometrik dilakukan dengan *kaedah "filter"* atau *kaedah "masking"*. "Masking" adalah istilah di mana kawasan yang mengalami gangguan data boleh digantikan dengan satu topeng yang berperanan seperti bahan solek untuk menutupi permukaan kulit bermasalah.

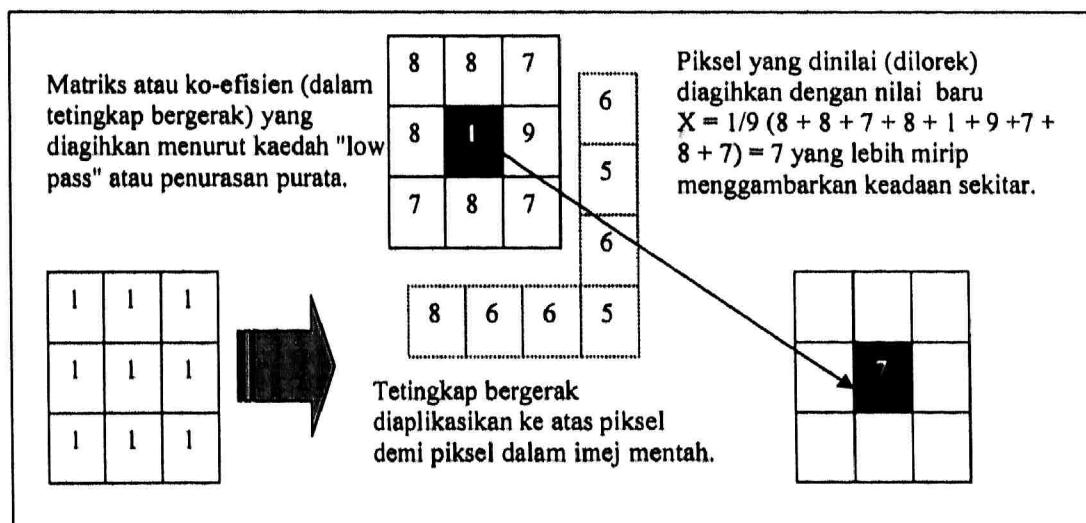
"Filter" pula bermakna data mentah tersebut dituraskan dengan *tetingkap bergerak ("moving window")* tertentu. Tetingkap bergerak boleh bersaiz 3 X 3 piksel (Rajah 5.2), 5 X 5 piksel, 9 X 9 piksel dan sebagainya, pemilihan saiz tetingkap bergantung kepada keperluan pemprosesan sama ada berskop mikro (saiz kecil) atau makro (saiz besar).

Tujuan "filter" adalah untuk memperbaiki nilai sesuatu piksel dengan mengambil kira nilai spektral piksel-piksel berjiran. Setiap piksel dalam imej mentah akan dinilaikan semula menurut sesuatu fungsi yang berdasarkan ko-efisien atau pemberat yang diagihkan ke atas setiap sel dalam tetingkap bergerak. Nilai ko-efisien

atau pemberat dalam tetingkap bergerak adalah bergantung kepada kaedah "filter" yang ingin dilaksanakan.

"Low pass filter" adalah antaranya kaedah filter yang sering digunakan untuk mengatasi masalah radiometrik atau data gangguan ("noise"). Contohnya piksel berlorek dalam Rajah 1.12 mempunyai DN ("digital number") yang jelas jauh berbeza dengan piksel persekitaran, ia mungkin adalah data gangguan. Selepas proses "filter" dilaksanakan, piksel berkenaan dinilaikan semula sebagai "7" menurut pengaruh nilai piksel-piksel berjiran (bernilai 7, 8 dan 9) dan menghasilkan satu permukaan yang kurang atau tiada data gangguan.

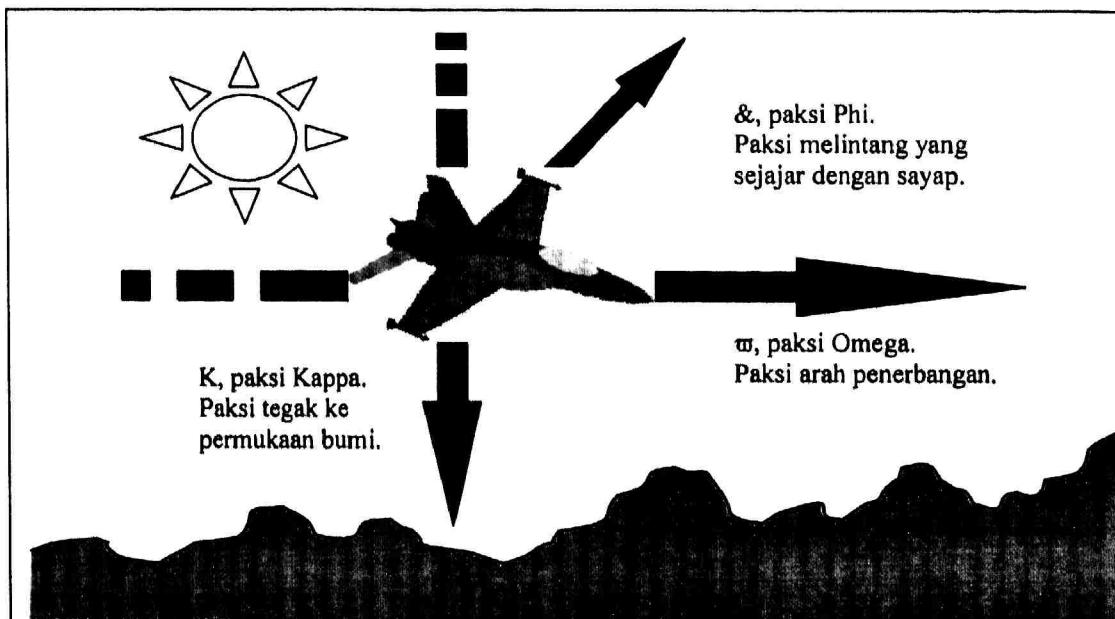
Rajah 1.12: Konsep pembetulan radiometrik dengan kaedah "mean filter".



1.4.3 Pembetulan geometrik.

Kesilapan geometrik berlaku dengan adanya punca-punca berikut: *sisihan peralatan* (contohnya *ketidak-stabilan platform pengimbasan dari segi omega, phi dan kappa* dalam Rajah 1.13), *sesaran panoramik* (dari perkataan panorama), *putaran bumi serta lengkungan permukaan bumi*.

Rajah 1.13: Tiga paksi dalam pengendalian atau kestabilan penerbangan.



Rajah ini telah disediakan berdasarkan huraian dalam "Elementary Air Survey" oleh Kilford, 1982.

Sesaran panoramik berkaitan dengan "field of view" di mana lokasi yang semakin jauh dari nadir (nadir adalah kedudukan bersudut tegak di bawah penderia), menghadapi herotan yang semakin tinggi (masalah ini ketara dalam data NOAA kerana mempunyai sudut pandangan yang luas, tetapi tidak untuk data Landsat).

Pembetulan geometrik boleh dilaksanakan dengan mengaplikasikan perhubungan matematik antara orientasi data mentah dengan orientasi unjuran peta. Ia juga dikenali sebagai proses **Transformasi**.

Perhubungan matematik yang digunakan adalah menurut **Kaedah polynomial**. Terdapat 3 tahap polynomial yang digunakan iaitu "1st degree, 2nd degree" dan "3rd degree" dan semua tahap polynomial ini mengambil satu format yang seragam iaitu

$$x' = f(x,y) \text{ dan} \quad \text{di mana } x,y = \text{koordinat asal pada data mentah},$$

$$y' = g(x,y) \quad f \text{ dan } g \text{ adalah fungsi manakala } x',y' \text{ adalah koordinat baru } x,y.$$

Ambil contoh pemprosesan "2nd degree polynomial", ia mengambil format berikut:

$$X' = a_0 + a_1x + a_2y + a_3xy + a_4x^2 + a_5y^2$$

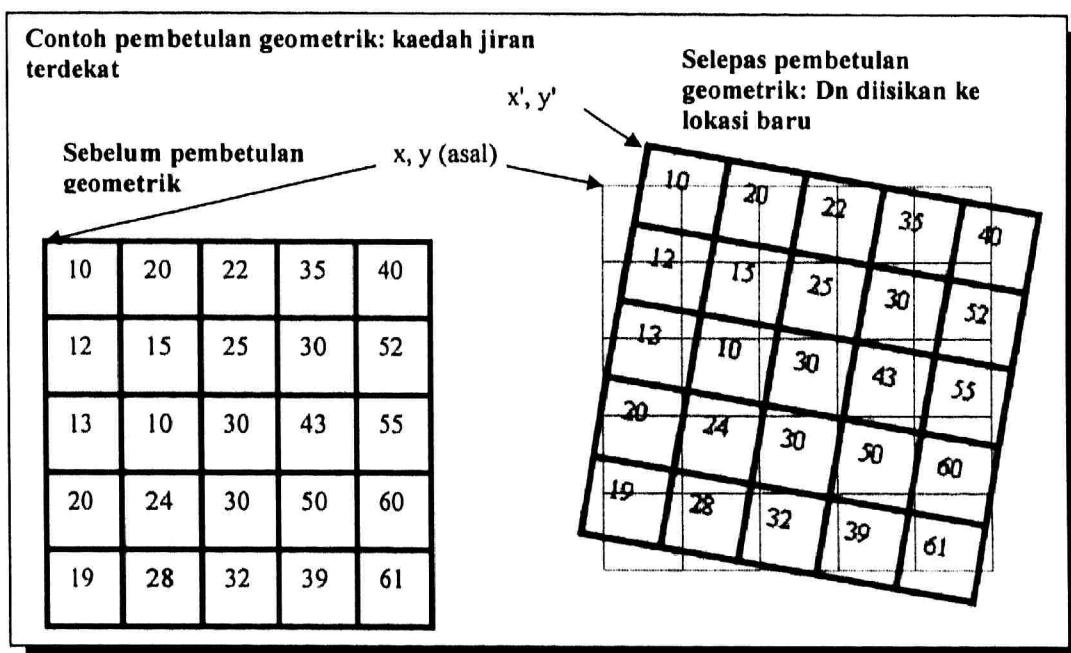
$$Y' = b_0 + b_1x + b_2y + b_3xy + b_4x^2 + b_5y^2$$

X dan Y adalah kedudukan atau koordinat data mentah yang diinputkan ke dalam formula polynomial ini, manakala X' dan Y' merupakan koordinat baru mengikut unjuran tertentu. Sekiranya nilai a (a_0 .. a_5 dalam formula) serta nilai b (b_0 .. b_5) diketahui, semua lokasi atas data mentah boleh diunjurkan mengikut sistem koordinat yang diperlukan.

Untuk pengiraan nilai-nilai ko-efisien ini, sekurang-kurangnya 6 titik kawalan bumi ("ground control point" atau GCP) perlu dicerap; di mana setiap GCP ini direkodkan koordinatnya dari data mentah dan juga koordinat barunya yang tepat (dari bacaan GPS lapangan, rujukan peta atau rujukan lain).

Semasa pembetulan geometrik, perlulah dikenalpasti kaedah mengisi nilai ("value assigning") DN dalam proses penyusunan semula data ke dalam sistem koordinat baru. **3 kaedah yang terlibat dalam tujuan ini, iaitu Jiran terdekat ("Nearest neighbour"), Interpolasi bilinear ("Bilinear interpolation") dan Konvolusi kubik ("Cubic Convolution").**

Dengan kaedah Jiran terdekat, nilai DN asal (dalam data mentah) yang terdekat dengan lokasi x',y' akan diisikan untuk piksel berunjuran baru pada koordinat x',y' (Rajah 1.14). Interpolasi bilinear mengambil-kira nilai 4 piksel berjiran manakala untuk Konvolusi kubik, ia ambil-kira 16 nilai piksel berjiran. Oleh sebab itu, kaedah Jiran Terdekat menghasilkan data DN yang tidak berubah (berbanding dengan data mentah, cuma kedudukan dialihkan ke sistem koordinat yang baru), kaedah bilinear dan kubik pula mengubah nilai DN (dengan mengambil kira pengaruh nilai piksel-piksel berjiran) dan pemprosesan konvolusi kubik yang rumit memakan masa yang panjang tapi ia menghasilkan imej hasilan yang baik.

Rajah 1.14: Kaedah Jiran terdekat dalam Pembetulan geometrik.

Bab pertama telah memberikan satu gambaran umum atau rangka kajian ini. Topik pengenalan telah membincangkan apakah perkembangan dan cabaran bidang remote sensing, fokus kajian serta kepentingan kajian juga diketengahkan. Bahagian terminologi telah mengupas elemen-elemen penting dalam kajian ini termasuklah remote sensing, GIS dan Geografi dan perhubungan antara bidang-bidang ini. Bahagian teori asas gelombang elektromagnetik cuba menjelaskan bagaimana bidang sains fizik memahami pergerakan tenaga elektromagnetik. Seterusnya bahagian pra-pemprosesan data membincangkan proses yang harus dilalui sebelum sesuatu data remote sensing boleh diinputkan ke dalam sesuatu analisis. Selepas ini, perbincangan diperincikan kepada persoalan kajian serta metodologi untuk mencari penyelesaian masalah berkenaan.