



KERTAS SUMBER

Perspektif asas Penderiaan Jauh

Ang Kean Hua¹

¹Faculty of Environmental Studies, Universiti Putra Malaysia, 43400 UPM Serdang, Selangor Darul Ehsan

Correspondence: Ang Kean Hua (email: angkeanhua@yahoo.com)

Abstrak

Remote Sensing merupakan satu perkakas yang mempunyai kebolehan cerapan maklumat mengenai permukaan bumi dan permukaan air dengan menggunakan teknologi satelit dan mentafsirkannya ke dalam imej atau gambar dengan menggunakan spektrum elektromagnet melalui sinaran elektromagnet. Sejarah remote sensing memaparkan beberapa kegagalan seperti pengambilan imej permukaan bumi dengan menggunakan belon udara, layang-layang, dan kapal terbang sebelum wujudnya teknologi satelit yang dilancarkan ke angkasa lepas. Terdapat beberapa proses cerapan maklumat seperti gambaran objek fizikal 'ditangkap' oleh sensor, sensor menghasilkan maklumat ke dalam bentuk data, dan pengekstrakkan maklumat dilakukan sebelum imej tersebut boleh diaplikasikan kedalam bidang-bidang tertentu. Objek-objek fizikal ini boleh wujud dalam pelbagai bentuk dan jenis, dimana ianya bergantung kepada pantulan semula cahaya ke satelit daripada sinaran matahari. Contohnya, tiga jenis warna utama yang selalu diaplikasikan dalam kehidupan seharian seperti biru, merah dan hijau. Namun, pelbagai objek yang wujud di atas permukaan bumi ini terdiri daripada berbagai-bagai jenis warna yang bercampur-aduk, seperti kuning, *cyan*, *magenta*, dan sebagainya. Pantulan cahaya yang berbagai ini sangat penting dalam menentukan sesuatu objek yang wujud secara statik atau sebaliknya, sangat diperlukan oleh pakar-pakar dalam bidang tertentu. Antara aplikasi yang digunakan dalam seharian adalah Sistem Identifikasi Tapak Penangkapan Ikan, Sistem Pangkalan Data Geospasial Bersepadu dan Perancangan (IGDP), Sistem Pengawasan dan Ramalan Hasil Beras, Pengawasan Kawasan Sensitif Alam Sekitar, Pengurusan Bencana, Kesihatan Persekitaran, dan Inventori Biodiversiti. Oleh itu, aplikasi remote sensing telah menyumbangkan pelbagai faedah kepada manusia sejagat bukan sahaja untuk masa dahulu, tetapi juga untuk pada hari ini serta membantu dalam peramalan untuk masa depan.

Katakunci: cerapan maklumat, ekstraksi maklumat, maklumat deria, 'tangkapan' imej, peramalan, Remote Sensing, teknologi satelit

RESOURCE PAPER

The basic perspective of Remote Sensing

Abstract

Remote Sensing is a tool that has the ability to observe information about the earth's land and water surfaces by using satellite technology and interpreting them into images by means of electromagnetic spectrum through electromagnetic radiation. Before the advent of satellite technology the accuracy of remote sensing suffered from such defects as could be expected when images were taken by using air balloon, kite-flying, and aircraft technology. There are several processes involved in remote sensing : (i) the description of physical object 'captured' by sensors; (ii) the production of the sensed information into data; and (iii) the extraction of information prior to its specific

application. These physical objects can exist in many forms and types depending on the reflection of light back to the satellite from the sun. Although three types of primary colours typically applied are blue, red and green various objects that exist on the earth's surface may be represented by mixed colors, such as yellow, cyan, magenta, and so on. A variety of light reflection is very important in determining the shape of a static or non-static object. Among the applications that are of everyday use are Identification Fishing Site System, Integrated Geospatial Database System and Planning (IGDP), Control System and Rice Yield Prediction, Monitoring Environmentally Sensitive Areas, Disaster Management Environment Health and Biodiversity Inventory. These rich applications of remote sensing have contributed immensely to the serving of human interests, and may be even more indispensable in forecasting for the future.

Keywords: forecasting, image capture, information extraction, Remote Sensing, satellite technology, sensed information

Pengenalan

'Remote Sensing (RS) atau penderiaan jauh merupakan suatu alat cerapan yang memberi maklumat mengenai permukaan bumi dan permukaan air menggunakan imej yang diperolehi daripada perspektif 'overhead', dengan menggunakan sinaran elektromagnet dalam bentuk spektrum electromagnet yang digambarkan atau dipancarkan dari permukaan bumi bagi sesuatu kawasan atau kawasan yang lain' (Campbell & Wynne, 2011). Kenyataan di atas adalah definisi bagi penderiaan jarak jauh secara umum yang digunakan dalam kehidupan seharian. Penderiaan jarak jauh mempunyai beberapa definisi yang dibentangkan oleh ahli sains dan pakar RS dalam bidang tersebut. Sebagai contoh, 'remote sensing boleh dimaksudkan sebagai peninjau dari jauh' (Colwell, 1966), 'remote sensing menunjukkan kesan secara keseluruhan dengan menggunakan sensor moden, peralatan memproses data, teori maklumat dan kaedah pemprosesan, teori dan alat-alat komunikasi, ruangan dan kenderaan udara, dan pengamalan sistem teori yang luas yang juga bermaksud menjalankan pengukuran udara atau ruang di permukaan bumi' (National Academy of Science, 1970), 'remote sensing adalah pemerhati sasaran seperti peranti yang dipisahkan melalui suatu jarak tertentu' (Barrett & Curtis, 1976), 'remote sensing adalah perolehan data fizikal sesuatu objek tanpa sentuhan atau berhubung dengannya' (Lintz & Simonett, 1976), 'remote sensing boleh ditakrifkan sebagai seni atau sains yang memberitahu sesuatu objek tanpa menyentuhnya' (Fischer et al, 1976), 'remote sensing adalah berkenaan dengan mengesan dan merekod sinaran elektromagnet dari kawasan sasaran dengan merujuk kepada instrumen sensor objek tersebut' (White, 1977), 'remote sensing ialah sains yang mendapat maklumat mengenai sesuatu objek daripada pengukuran yang dibuat pada jarak dari objek, iaitu tanpa benar-benar bersentuhan dengannya'(Swain dan Davis, 1978), dan 'imej yang diperolehi dengan sensor lain daripada (atau sebagai tambahan kepada) kamera konvensional di mana tempat kejadian yang direkodkan, seperti dengan mengimbas elektronik, menggunakan radiasi di luar julat normal visual filem dan kamera - gelombang mikro, radar, haba, inframerah, ultraungu, dan juga teknik multispectral khas adalah digunakan untuk memproses dan mentafsir imej remote sensing untuk tujuan penghasilan peta konvensional, peta tematik, kaji selidik sumber, dan lain-lain, dalam bidang pertanian, arkeologi, perhutanan, geografi, geologi, dan lain-lain '(American Society of Photogrammetry).

Menurut buku yang bertajuk 'Pengenalan kepada Remote Sensing, edisi ke-5', yang dikarya oleh Campbell dan Wynne, sejarah remote sensing dilahirkan selepas kewujudan fotografi dan imej udara. Fotografi dan imej udara yang bermula pada awal tahun 1800-an, dimana permulaan tersebut diaplikasikan dalam makmal melalui eksperimen yang diubahkan menjadi imej untuk melihat bahan-bahan kimia fotosensitif. Pada tahun 1839, Louis Daguerre telah membentangkan hasil kertas kerja eksperimennya dengan penggunaan dalam bahan kimia fotografi; dan laporannya menjadi bukti utama bagi kewujudan hari pertama untuk fotografi. Berikutnya dalam tahun 1858, Gaspard-Felix Tournachon, atau dikenali sebagai Nadar, menjadi orang pertama yang mengambil foto udara dari belon terikat di Perancis. Walaupun terdapat beberapa kegagalan dalam penilaian fungsi pada foto udara, namun terdapat penambahbaikan telah dibuat terhadap teknologi fotografi dan kaedah memperolehi gambar Bumi dari

belon dan layang-layang. Selepas itu, pada tahun 1909, Wilbur Wright menjadi orang pertama yang menangkap gambar landskap Itali berhampiran Centocelli dengan menggunakan kapal terbang. Keadaan ini adalah merupakan yang pertama daripada fotograf udara yang diambil dari kapal terbang. Perkembangan dalam imej fotografi udara sedang dilaksanakan sehingga kewujudan sistem yang dikenali sebagai remote sensing yang boleh ditafsirkan dalam Jadual 1; telah menjadi salah satu alat terpenting dalam komputer yang digunakan dalam kehidupan seharian sehingga masa kini.

Jadual 1. Peristiwa penting dalam sejarah Remote Sensing

Tahun	Kategori
1800	Penemuan inframerah oleh Sir William Herschel.
1839	Bermula dalam applikasi fotografi.
1847	spektrum inframerah dibuktikan oleh A. H. L. Fizeau dan J. B. L. Foucault dalam perkongsian sifat cahaya yang boleh dilihat.
1850 – 1860	Fotografi dari belon.
1873	Teori tenaga elektromagnetik yang dikembangkan oleh James Clerk Maxwell.
1909	Fotografi dari kapal terbang.
1914 – 1918	Perang Dunia I: Peninjauan udara.
1920 – 1930	Perkembangan dan applikasi awal dalam fotografi udara dan fotogrametri.
1929 – 1939	Kemelesetan ekonomi menjana krisis alam sekitar yang membawa kepada applikasi fotografi udara oleh kerajaan.
1930 – 1940	Perkembangan radar di Jerman, Amerika Syarikat, dan England.
1939 – 1945	Perang Dunia II: Applikasi dalam ‘nonvisible’ daripada spektrum electromagnet, latihan kepada pengguna dalam pengambilalihan dan interpretasi fotoudara.
1950 – 1960	Pembangunan dan penyelidikan dalam tentera.
1956	Penyelidikan oleh Colwell dalam mengesan penyakit tumbuhan dengan applikasi inframerah fotografi.
1960 – 1970	Pertama kali dalam penggunaan terma Remote Sensing. TIROS cuaca satelit. Pemerhatian dalam Skylab remote sensing dari ruang.
1972	Pelancaran Landsat 1.
1970 – 1980	Kepantasan kemajuan dalam pemprosesan imej digital.
1980 – 1990	Landsat 4: Generasi baru sensor Landsat.
1986	SPOT pemerhatian satelit Perancis.
1980s	Perkembangan sensor ‘Hyperspectral’.
1990s	Global sistem Remote Sensing, Lidars.

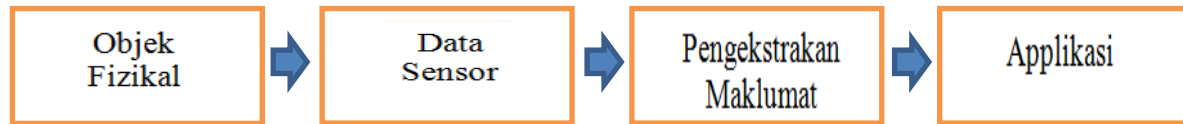
Jadual 1 menunjukkan peristiwa penting dalam sejarah Remote Sensing yang diambil daripada buku ‘Pengenalan kepada Remote Sensing, edisi ke-5’, yang ditulis oleh Campbell dan Wynne pada tahun 2011.

Kaedah

Proses Remote Sensing

Proses remote sensing atau penderiaan jarak jauh boleh diungkapkan daripada buku penulisan oleh Curran pada tahun 1985 melalui ‘Principle of Remote Sensing’ serta Avery dan Berlin pada tahun 1992 melalui ‘Fundamental of Remote Sensing and Airphoto Interpretation’; mengatakan bahawa perkakas remote sensing melibatkan beberapa kaedah yang boleh diterangkan secara umum atau ringkas seperti proses objek fizikal, data sensor, pengekstrakan maklumat dan applikasi. Ringkasan proses ini menunjukkan bagaimana sesuatu objek yang terdapat di atas permukaan bumi dapat dicerap dan

diterangkan dalam imej atau gambar melalui satelit dan proses tersebut boleh dimaksudkan melalui Rajah 1 seperti berikut:



Rajah 1. *Gambaran keseluruhan proses dalam penggunaan Remote Sensing*

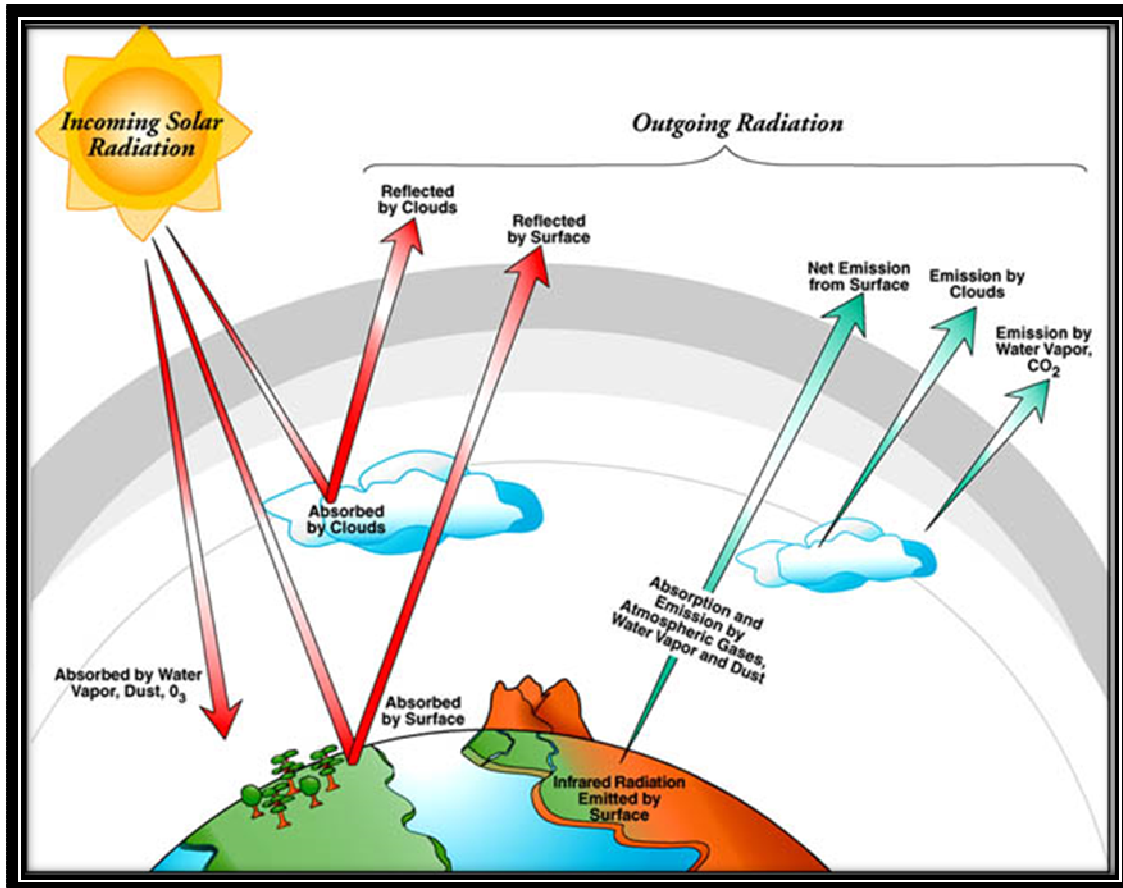
Objek fizikal boleh merujuk kepada bangunan, tumbuh-tumbuhan, tanah, air, dan sebagainya, yang merupakan atau melambangkan sesuatu objek yang terdapat di permukaan bumi. Objek adalah penting untuk saintis atau pakar-pakar yang tertentu untuk membuat kajian penyelidikan ataupun ramalan. Objek fizikal akan menjadi sesuatu yang penting dalam pengetahuan bagi bidang-bidang tertentu, seperti geologi, perhutanan, sains tanah, geografi, dan perancangan bandar (Weng, 2010). Seterusnya, data sensor adalah merujuk kepada instrumen (contoh kamera atau radar) yang boleh melihat benda-benda fizikal melalui penangkapan, rakaman mahupun recoding radiasi elektromagnet yang dipancarkan atau dipantulkan daripada landskap (Gao, 2009). Pada asasnya, data sensor boleh menjadi lebih berkesan dengan menggunakan analisis dan tafsiran untuk menukar data tersebut kepada maklumat yang boleh menjadi informasi atau keputusan dalam menyelesaikan sesuatu masalah, seperti mengenai penempatan tapak pelupusan atau mencari mineral di kawasan tertentu (Gao, 2009). Dalam erti kata lain, perspektif asal-usul data sensor boleh dianggap sebagai asing dan luar biasa kerana terutama kepada mereka yang tidak mengenali tentang overhead, resolusi luar biasa, dan penggunaan kawasan-kawasan di luar spektrum spektrum yang boleh dilihat. Proses tafsiran pula mempunyai kebolehan untuk mengubah data sensor kepada jenis maklumat yang lebih khusus, dan peringkat ini adalah penting kerana ianya boleh merujuk kepada maklumat yang diperlukan dan akan diambil untuk dijadikan bahan penyelidikan atau menyelesaikan sesuatu masalah. Setelah maklumat yang diekstrak dilakukan, maklumat asal atau tunggal yang terdapat di dalam imej boleh digunakan untuk memberikan maklumat tentang tanah atau hidrologi; dimana ianya bergantung kepada imej tertentu dan tujuan penggunaan dalam membuat analisis. Akhir sekali, aplikasi remote sensing juga akan memerlukan lebih daripada satu data dan data tersebut akan digabungkan dengan data lain untuk menyelesaikan sesuatu masalah tertentu, sebagai contohnya dalam perancangan guna tanah, penerokaan mineral, atau pemetaan kualiti air (Weng, 2010) (Gao, 2009). Satu lagi kelebihan bagi remote sensing adalah sistem ini boleh memberi, menunjuk dan membuktikan data tepat mengenai maklumat penggunaan tanah terutamanya dalam pembukaan tanah baru daripada gabungan sumber lain seperti tanah, geologi, pengangkutan, dan maklumat lain. Data digital remote sensing juga boleh digabungkan dengan data geospasial dan aplikasi ini dilaksanakan ke dalam konteks GIS.

Perbincangan

Konsep Remote Sensing

Konsep remote sensing melibatkan dengan cahaya yang dipancarkan dari matahari ke permukaan bumi dan menghasilkan pantulan semula yang akan diterima oleh satelit, dimana ianya wujud dalam bentuk sinaran elektromagnet. Tenaga elektromagnet boleh wujud dalam keadaan tenaga elektron, pecutan caj elektrik, pereputan bahan radioaktif, dan pergerakan haba atom dan molekul (Campbell & Wynne, 2011) (Weng, 2010) (Gao, 2009). Pada asasnya, sinaran elektromagnet adalah berasal daripada hasil dari reaksi atau tindak balas nuklear di matahari, dan spektrum sinaran elektromagnet akan dipancar melalui ruang tanpa sebarang gangguan sehingga ianya sampai ke permukaan Bumi. Sebelum radiasi elektromagnet yang akan dicerap oleh satelit, beberapa sinaran radiasi ini akan dipancar ke permukaan bumi sebelum ianya dipantul balik ke ruang udara sehingga ke angkasa lepas seperti di dalam rajah di

bawah. Pantulan balik oleh permukaan bumi mempunyai kebarangkalian untuk melalui awan sebelum sinaran radiasi ini sampai ke ruang angkasa lepas. Namun, terdapat juga sinaran radiasi yang dipancar dari matahari ke bumi dengan sinaran ini hanya mencapai di permukaan awan dan dipantul balik ke angkasa lepas (Rajah 2).



Sumber: Jabatan Tenaga Amerika Syarikat (http://serc.carleton.edu/earthlabs/weather_climate/lab_2.html.)

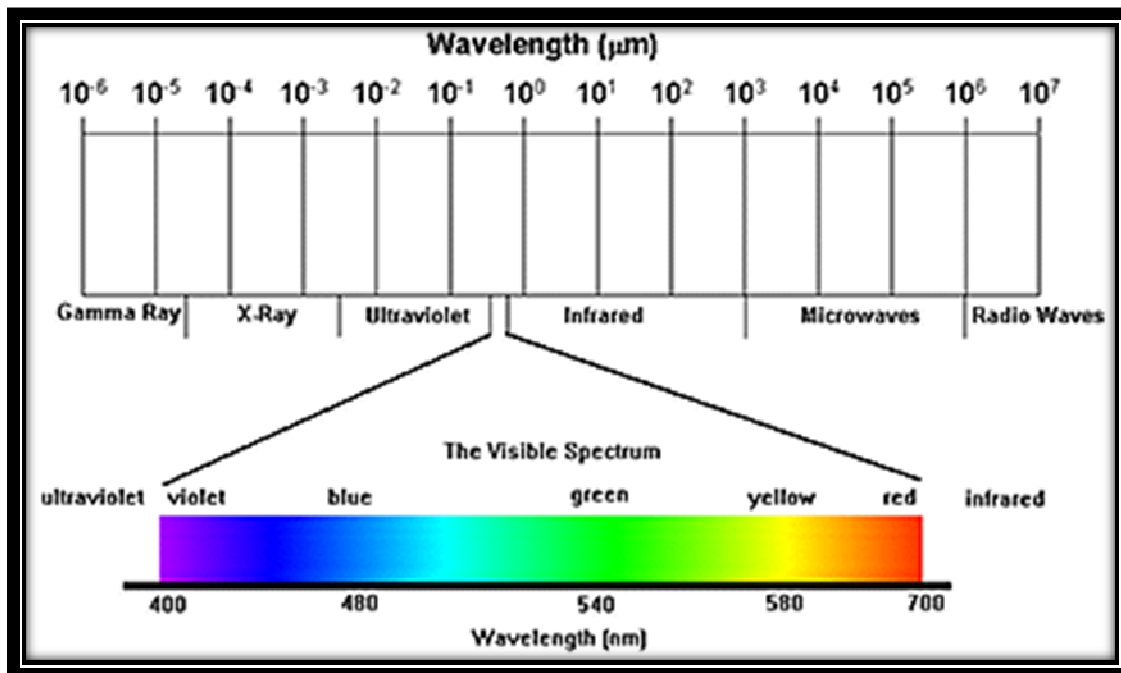
Rajah 2. Sinaran matahari dipancarkan ke permukaan bumi sebelum dipantul balik ke angkasa lepas, dan juga sinaran yang dipancar ke atas awan dan dipantul balik ke angkasa lepas

Refleksi pantulan balik oleh atmosfera adalah sinaran yang menjadi asas dalam gambar atau imej (Gao, 2009). Sinaran matahari yang lain akan diserap oleh permukaan bumi dan terdapat beberapa radiasi yang akan dipantul semula sebagai tenaga haba. Biasanya, tenaga haba ini juga boleh digunakan sebagai imej penderiaan jauh, walaupun maklumat yang diberikan adalah berbeza daripada gambar-gambar udara yang biasa digunakan seharian (Weng, 2010). Setiap radiasi yang dipantul semula akan ditangkap dan digambarkan oleh satelit dan imej yang dihasilkan akan diguna dalam penderiaan jauh dalam bentuk spektrum.

Terdapat beberapa bahagian utama dalam spektrum electromagnet, iaitu sinar gamma, x-ray, sinaran ultraungu, cahaya nampak, sinaran inframerah (berdekatan inframerah, pertengahan inframerah, inframerah jauh), radiasi gelombang mikro, dan radio, seperti yang ditunjukkan dalam rajah 2 dan jadual 2 (Campbell & Wynne, 2011) (Weng, 2010) (Gao, 2009). Terdapat dua spektrum yang tidak termasuk di dalam senarai, iaitu spektrum optik (0,30-15 μm) dan spektrum reflektif (0,38-3,0 μm), kerana spektrum optik hanya boleh diterangkan dan dibukti melalui penggunaan kanta dan cermin, sementara spektrum reflektif pula telah berada dalam aplikasi penderiaan jauh. Spektrum ultraungu merupakan radiasi

gelombang pendek, yang boleh dibahagikan kepada berdekatan ultraungu (UV-A, 0,32-0,40 μm), jauh ultraungu (UV-B, 0,32-0,28 μm), dan ultraungu melampau (UV-C, di bawah 0,28 μm) (Campbell dan Wynne, 2011) (Weng, 2010) (Gao, 2009). Pada asasnya, radiasi ultraungu tidak sesuai untuk digunakan dalam penderiaan jauh kerana tingkah lakunya yang semula jadi telah diserelakkan oleh atmosfera Bumi. Seterusnya, spektrum merupakan sinaran yang biasanya boleh dilihat dan dipakai guna dalam penderiaan jauh kerana spektrum mempunyai ciri-ciri bahagian kecil dan mudah ditakrifkan melalui sistem visual manusia. Menurut sejarah, Isaac Newton (1641 - 1727), merupakan orang pertama yang menjalani percubaan pada tahun 1665 dan 1666, dengan cahaya yang boleh dilihat dan mendedahkan bahawa ianya boleh dikategorikan kepada tiga jenis. Konsep cahaya yang boleh dilihat telah diaplikasikan dalam kehidupan manusia dan ianya diteruskan sehingga hari ini, di mana ianya terdiri daripada tiga segmen seperti biru (0,4-0,5 μm), hijau (0,5-0,6 μm), dan merah (0,6-0,7 μm).

Tiga jenis warna yang berasal daripada cahaya ini adalah ditakrif oleh pantulan objek (seperti biru, merah dan hijau), sebagai contohnya, objek 'biru' akan mencerminkan cahaya 'biru' dan imej akan menjadi berwarna biru. Memandangkan pelbagai objek yang terdapat pada permukaan Bumi terdiri daripada pelbagai jenis warna, cahaya yang dipantul balik akan mempunyai campur-adukkan oleh objek-objek tersebut. Sebagai contoh, objek kuning akan menyerap cahaya biru dan memantulkan cahaya merah dan cahaya hijau, objek cyan (warna kehijauan-biru) akan menyerap cahaya merah dan memantulkan cahaya biru dan juga warna hijau, dan magenta (a merah kebiruan) menyerap cahaya hijau dan memantulkan cahaya merah dan cahaya biru (Campbell dan Wynne, 2011) (Weng, 2010) (Gao, 2009). Di samping itu, spektrum inframerah adalah spektrum terbesar dalam cahaya yang boleh dilihat, dan ianya mempunyai kepanjangan sebanyak 0,72-15 μm . Spektrum inframerah ditemui oleh ahli astronomi British, iaitu William Herschel (1738 - 1822) pada tahun 1800 (Campbell dan Wynne, 2011) (Weng, 2010) (Gao, 2009).



Sumber: <http://www.crisp.nus.edu.sg/~research/tutorial/em.htm>

Rajah 3. Bahagian utama spektrum electromagnet

Jadual 2. Bahagian utama daripada spektrum

Division	Limits
Gamma rays	< 0.03 nm
X-rays	0.03 – 300 nm
Ultraviolet radiation	0.30 – 0.38 μ m
Visible light	0.38 – 0.72 μ m
Infrared radiation	
(1) Near infrared	0.72 – 1.30 μ m
(2) Mid infrared	1.30 – 3.00 μ m
(3) Far infrared	7.0 – 1,000 μ m
Microwave radiation	1 mm – 30 cm
Radio	\geq 30 cm

Jadual 2 menunjukkan bahagian utama daripada spektrum. Diambil dari buku 'Introduction to Remote Sensing, 5th Edition', ditulis oleh ampbell dan Wyne pada tahun 2011.

Oleh kerana spektrum inframerah mempunyai kepanjangan gelombang yang lebih panjang, ia boleh dibahagikan kepada dua kategori, iaitu kategori pertama adalah sinaran inframerah berdekatan dan radiasi pertengahan inframerah, dan kategori kedua adalah sinaran inframerah jauh. Memandangkan radiasi inframerah berdekatan adalah paling dekat dengan spektrum yang boleh dilihat dan memerlukan sistem optik untuk beroperasi, jadi ianya hanya boleh digunakan dalam filem, penapis, dan kamera dengan mempunyai keupayaan yang sama untuk digunakan dalam cahaya yang boleh dilihat. Sementara itu, sinaran inframerah jauh dinyatakan di luar cahaya yang boleh dilihat, dimana sinaran ini adalah berjiranan dengan kawasan gelombang mikro, maka ianya mempunyai tingkah laku yang berbeza dengan sinaran yang lain. Hal ini kerana sinaran inframerah jauh adalah hasil daripada radiasi solar yang dipancarkan terus dari permukaan bumi, di mana inframerah jauh wujud dalam bentuk 'panas' atau 'tenaga haba' (Campbell & Wynne, 2011) (Weng, 2010) (Gao, 2009). Kategori yang terakhir dalam bahagian spektrum elektromagnet adalah tenaga gelombang mikro. Tenaga gelombang mikro dianggap sebagai gelombang terpanjang dalam penderiaan jauh dengan nilai 1 mm hingga 1 μ m dalam kepanjangan gelombang. Tenaga gelombang mikro boleh wujud dalam dua bentuk, iaitu panjang gelombang terpendek dan panjang gelombang yang lebih panjang. Panjang gelombang terpendek akan mempunyai keupayaan yang sama dengan inframerah jauh, manakala panjang gelombang yang lebih panjang boleh digunakan untuk siaran komersial, sebagai contohnya radio. Kejayaan dalam mengenali tenaga gelombang mikro ini adalah ianya ditemui oleh ahli fizik Scotland James Clerk Maxwell (1831 - 1879) dan ahli fizik Jerman Heinrich Hertz (1857 - 1894) (Campbell & Wynne, 2011) (Weng, 2010) (Gao, 2009).

Applikasi Remote Sensing di Malaysia

Kebanyakan negara akan mempunyai satelit sendiri dan menggunakannya untuk tujuan tertentu. Kerajaan Malaysia juga tidak kurang dalam usaha untuk membeli satelit yang canggih ini. Penggunaan teknologi tinggi seperti satelit ini adalah di bawah penguasaan kerajaan Malaysia sepenuhnya melalui Agensi Remote Sensing Malaysia atau ARSM. ARSM, yang mempunyai hubung kait dengan Kementerian Sains, Teknologi dan Inovasi (MOSTI), telah melancarkan beberapa satelit ke angkasa lepas seperti berikut:

Jadual 3. Kategori dan ciri-ciri satelit

Kategori	Tahun Pelancaran	Ciri-Ciri
Landsat-5 TM	1 March 1984	Pengendali Satelit: Amerika Syarikat Geological Survey (USGS) Bilangan Band Spektral: 6 Multispektral 1 Thermal Resolusi: 30 m (Multispektral) 120 m (Thermal) Petak: 185 km x 185 km Nota: Pada bulan March 2009, Landsat 5 menyambut ulang tahun ke-25 beroperasi, 22 tahun ke atas misi 3 tahun. (Hansen, 2009).
SPOT-1	22 Februari 1986	Pengendali Satelit: SPOT-Imej Bilangan Band Spektral: 3 Multispektral 1 Panchromatik Resolusi: 20 m (Multispektral) 10 m (Panchromatik) Petak: 60km x 60km Nota: Terjatuh dari orbit pada 31 Disember 1990
SPOT-2	22 Januari 1990	Pengendali Satelit: SPOT-Imej Bilangan Band Spektral: 3 Multispektral 1 Panchromatik Resolusi: 20 m (Multispektral) 10 m (Panchromatik) Petak: 60km x 60km Nota: Deorbit pada Julai 2009 mengikut IADC (Inter-Agency Space Debris Coordination Committee).
SPOT-3	26 September 1993	Pengendali Satelit: SPOT-Imej Bilangan Band Spektral: 3 Multispektral 1 Panchromatik Resolusi: 20 m (Multispektral) 10 m (Panchromatik) Petak: 60km x 60km Nota: Operasi dihentikan pada 14 November 1997 berikutan masalah sistem penstabilan.
SPOT-4	24 March 1998	Pengendali Satelit: SPOT-Imej Bilangan Band Spektral: 4 Multispektral 1 Panchromatik Resolusi: 20 m (Multispektral) 10 m (Panchromatik) Petak: 60km x 60km Nota: -
SPOT-5	4 Mei 2002	Pengendali Satelit: SPOT-Imej Bilangan Band Spektral: 4 Multispektral 1 Panchromatik Resolusi: 10 m (Multispektral) 5 m (Panchromatik) 2.5 m (Panchromatik Supermode) Petak: 60km x 60km Nota: -
IKONOS-2	1 Januari 2000	Pengendali Satelit: GeoEye (sebelum ini dikenali sebagai Space Imaging) Bilangan Band Spektral: 4 Multispektral 1 Panchromatik Resolusi: 4 m (Multispektral) 1 m (Panchromatik) Petak: 11 km x 11 km Nota: -
GeoEye-1	6 September 2008	Pengendali Satelit: GeoEye Bilangan Band Spektral: 4 Multispektral 1 Panchromatik Resolusi: 1.65 m (Multispektral) 0.5 m (Panchromatik) Petak: 15.2 km x 15.2 km Nota: -

Sumber: Maklumat daripada Portal Rasmi Agensi Remote Sensing Malaysia, diperolehi <http://rsdc.remotesensing.gov.my/rsdc/?cookieCheck=true>

Satelit-satelit yang dilancarkan ini banyak membantu pengguna seperti pakar saintis, pakar penyelidik, pakar pengurusan, pakar akademik, dan sebagainya, dalam aplikasi seharian seperti Sistem Identifikasi Tapak Penangkapan Ikan, Sistem Pangkalan Data Geospasial Bersepadu dan Perancangan (IGDP), Sistem Pengawasan dan Ramalan Hasil Beras, Pengawasan Kawasan Sensitif Alam Sekitar, Pengurusan Bencana, Kesihatan Persekitaran, dan Inventori Biodiversiti (Rortal Rasmi Agensi Remote Sensing Malaysia).

Jadual 4. Pembangunan dalam aplikasi remote sensing

Applikasi	Kelebihan
Sistem Identifikasi Tapak Penangkapan Ikan	Ketepatan lokasi memancing dikenalpasti berdasarkan potensi peta zon penangkapan ikan yang meningkatkan hasil tangkapan nelayan daripada sedia ada.
Sistem Pangkalan Data Geospasial Bersepadu dan Perancangan (IGDP)	Menjadi pangkalan data bersepadu dengan data yang standard (dari segi format, skala dan tahap ketepatan pemetaan) sedia ada untuk digunakan; analisis geospasial sepenuhnya; dan penyebaran data dan maklumat dengan cepat melalui web berpangkalan di antara agensi untuk pautan dalam talian.
Sistem Pengawasan dan Ramalan Hasil Beras	Pembangunan dalam pemantauan beras dan hasil sistem ramalan membolehkan anggaran hasil padi dilakukan awal satu bulan sebelum musim menuai. Kaedah ini menjimatkan masa dan kos serta keperluan sumber manusia dalam membuat anggaran hasil padi berbanding kaedah CCS.
Pengawasan Kawasan Sensitif Alam Sekitar	Pemantauan aktiviti pembangunan di kawasan sensitive alam sekitar dilakukan setiap masa dan laporan dikemukakan secara tetap untuk aktiviti yang melibatkan bidang-bidang seperti kawasan tadahan air, tanah tinggi, hutan simpan dan tanah lembap.
Pengurusan Bencana	Komponen Amaran awal adalah bertujuan untuk menghasilkan peta risiko yang menunjukkan kawasan-kawasan yang terdedah kepada bencana. Contohnya dalam kebakaran hutan, satelit remote sensing yang resolusi lebih rendah seperti NOAA dan MODIS digunakan untuk mengenal pasti titik panas kejadian manakala lokasi tepat ditentukan dengan menggunakan resolusi tinggi imej satelit SPOT, IKONOS atau Quickbird.
Kesihatan Persekitaran	-
Inventori Biodiversiti	-

Sumber:

http://www.remotesensing.gov.my/portalarasm/index.php?option=com_content&view=article&id=7%3Aapplication-development&catid=6%3Aapplication-development&Itemid=9&lang=bm.

Kesimpulan

Remote sensing merupakan perkakas yang sangat penting dalam sesebuah organisasi atau agensi untuk membantu dalam memproses data-data yang diperolehi daripada satelit. Data-data ini adalah wujud dalam bentuk gambar atau imej, dimana ianya boleh melihat sesuatu kawasan secara meluas dan menyeluruh. Kelebihan ini telah membantu manusia tanpa berhenti untuk melihat dan menilai peristiwa yang berlaku pada zaman lepas dan sekarang serta meramal peristiwa tersebut bagi masa depan tanpa mengira untuk kebaikan mahupun keburukan. Objek yang wujud seperti sumber air, hutan, tanah, mahupun bangunan boleh dikawal melalui remote sensing agar keadaan ini tidak akan menjejaskan sumber asli yang lain wujud di permukaan bumi ini. Selain itu, data-data remote sensing juga boleh digunakan di dalam perkakas lain seperti GIS. Oleh itu, remote sensing adalah amat penting bukan sahaja kepada pakar-pakar

dalam bidang yang tertentu, malah ianya juga membantu manusia dalam mengurangkan bencana dan meningkatkan kualiti kehidupan seharian.

Rujukan

- American Society of Photogrammetry (n.d). Available from: <http://www.asprs.org/>.
- Avery TE, Berlin GL (1992) *Fundamentals of Remote Sensing and Airphoto Interpretation*. Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ. 472 pp.
- Barrett EC, Curtis CF (1976) *Introduction to Environmental Remote Sensing*. Macmillan, New York. 472 pp.
- Campbell JB, Wynne RH (Jun 21, 2011) *Introduction to Remote Sensing*. 5th Edition. The Guilford Press, New York, London. 667p.
- Colwell RN (1966) Uses and limitation of multispectral Remote Sensing. In *Proceedings of the Fourth Symposium on Remote Sensing of Environment*, pp. 71-100. Ann Arbor: Institute of Science and Technology, University of Michigan.
- Curran P (1985) *Principles of Remote Sensing*. Longman, New York. 282 p.
- Fischer WA, Hemphill WR, Kover A (1976) Progress in Remote Sensing. *Photogrammetria* **32**, 33-72.
- Gao J (2009) *Digital analysis of Remote Sensing imagery*. McGraw-Hill, New York. 646p.
- Lintz J, Simonett DS (1976) *Remote Sensing of environment*. Addison Wesley, Reading, MA. 694pp.
- National Academy of Sciences (1970) *Remote Sensing with special reference to agriculture and forestry*. National Academy of Science, Washington, DC. 424 pp.
- Portal Rasmi Agensi Remote Sensing Malaysia, ARSM (n.d) Application development. Available from: http://www.remotesensing.gov.my/portalarasm/index.php?option=com_content&view=article&id=7%3AApplication-development&catid=6%3AApplication-development&Itemid=9&lang=bm.
- Swain PH, Davis SM (1978) *Remote Sensing: The quantitative approach*. McGraw-Hill, New York. 396pp.
- Weng QH (2010) *Remote Sensing and GIS integration*. McGraw-Hill, New York. 424p.
- White LP (1977) *Aerial Photography and Remote Sensing for soil survey*. Clarendon Press, Oxford. 104pp.