
ANALISIS INDEKS VEGETASI MENGGUNAKAN CITRA ALOS/ AVNIR-2 DAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFI (SIG) UNTUK EVALUASI TATA RUANG KOTA DENPASAR

A. Rahman As-syakur¹⁾²⁾ dan I.W. Sandi Adnyana¹⁾²⁾

¹⁾ Center for Remote Sensing and Ocean Science (CRoSOS) Universitas Udayana

²⁾ Pusat Penelitian Lingkungan Hidup (PPLH) Universitas Udayana

Email: ar.assyakur@yahoo.com dan sandiadnyana@yahoo.com

Abstract

High population density is the main factor in environmental problems, where the high speed of human growth caused the vegetation area became deminishing. The aims of this research was to functionized the ALOS/AVNIR-2 image satellites and GIS to calculate the percentage of vegetation in Denpasar city with three index vegetation formulas: NDVI, SAVI dan MSAVI in order to get one formula to build the distribution map based on the percentage of vegetation. This map was used to evaluate the urban planning map 2003 in Denpasar city. Result showed that there was relationships between vegetation index of ALOS/AVNIR-2 images and percentage of vegetations, where the vegetation index of NDVI and SAVI had the highest coefficient determination. The formula of "Percentage Vegetation = 132.71 (NDVI)² + 3.461 (NDVI) + 5.6775" was used to generate the percentage distribution vegetation map. Based on that map, the dominant vegetation distribution found in settlement area (with percentage vegetation area) lower than 25%. The urban planning for green open area "KDB" 0% was dominated by the area which had a percentage of vegetation between 25-50% and 50-75%. In the other hand, the urban planning for "Tahura", was dominated by the area which had a percentage of vegetation of more than 75%.

Key word: *vegetation index, percentage vegetation, urban planning, ALOS/AVNIR-2*

1. Pendahuluan

Berdasarkan UU No. 26 tahun 2007 Tentang Penataan Ruang bahwa suatu wilayah kota diwajibkan memiliki ruang terbuka hijau minimal 30% dari luas kota dan minimal 20% adalah ruang terbuka hijau publik. Seiring dengan peningkatan jumlah urbanisasi dan peningkatan jumlah penduduk menyebabkan semakin tingginya perubahan penggunaan lahan yang mengakibatkan berkurangnya jumlah tutupan lahan oleh vegetasi khususnya di daerah perkotaan, keadaan ini menyebabkan menurunnya kualitas lingkungan di daerah perkotaan (Dardak, 2006).

Faktor yang sangat penting dalam permasalahan lingkungan adalah besarnya populasi manusia. Pertumbuhan penduduk merupakan faktor utama yang mempengaruhi perkembangan pemukiman dan kebutuhan prasarana dan sarana (Tinambunan, 2006). Jumlah penduduk di kota Denpasar pada tahun

2007 telah mencapai 608.595 jiwa dengan tingkat pertumbuhan rata-rata per tahun 3.34% (BPS, 2008). Tingginya laju pertumbuhan penduduk tersebut dapat menyebabkan semakin terdesaknya alokasi ruang untuk vegetasi yang mempunyai fungsi sangat penting di daerah perkotaan.

Vegetasi perkotaan dapat mempengaruhi udara disekitarnya secara langsung maupun tidak langsung dengan cara merubah kondisi atmosfer lingkungan udara (Nowak *et al.*, 1998). PP RI No.63/2002 menyebutkan bahwa fungsi vegetasi di perumahan ditekankan sebagai penyerap CO₂, penghasil oksigen, penyerap polutan (logam berat, debu, belerang), peredam kebisingan, penahan angin dan peningkatan keindahan. Kondisi dan keberadaan vegetasi di daerah perkotaan dapat diketahui dengan berbagai pendekatan, salah satunya adalah pemanfaatan penginderaan jauh dengan melihat nilai indeks vegetasi (Yunhao, *et al.*, 2005).

Nilai indeks vegetasi dapat memberikan informasi tentang persentase penutupan vegetasi, indeks tanaman hidup (*Leaf Area Index*), biomassa tanaman, fAPAR (*fraction of Absorbed Photosynthetically Active Radiation*), kapasitas fotosintesis dan estimasi penyerapan karbon dioksida (CO₂) (Horning, 2004; Ji and Peters, 2007). Nilai indeks vegetasi merupakan suatu nilai yang dihasilkan dari persamaan matematika dari beberapa band yang diperoleh dari data penginderaan jauh (citra). Band-band tersebut biasanya adalah band merah (*visible*) dan band infra merah dekat (*Near Infra Red*).

Pemanfaatan citra satelit dengan resolusi spasial yang tinggi sangat diperlukan di daerah perkotaan yang mempunyai tingkat keragaman tutupan lahan yang heterogen (Liang *et al.*, 2007). Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Yüksel, *et al.* (2008) menyimpulkan bahwa pemanfaatan citra Landsat dengan resolusi spasial 30m sangat efektif untuk mengklasifikasi daerah dengan tutupan lahan yang homogen, akan tetapi keakurasiannya untuk daerah yang heterogen berkurang. ALOS (*Advanced Land Observing Satellite*) merupakan satelit jenis baru yang dimiliki oleh Jepang setelah dua satelit pendahulunya yaitu JERS-1 dan ADEOS. ALOS yang diluncurkan pada tanggal 24 Januari 2006 mempunyai 5 misi utama yaitu untuk kepentingan kartografi, pengamatan regional, pemantauan bencana alam, penelitian sumberdaya alam dan pengembangan teknologi (JAXA, 2005). Satelit ALOS dengan sensor AVNIR-2 (*Advanced Visible and Near Infrared Radiometer type-2*) memiliki resolusi spasial 10 m diharapkan dapat menganalisa daerah-daerah yang mempunyai tutupan lahan yang heterogen.

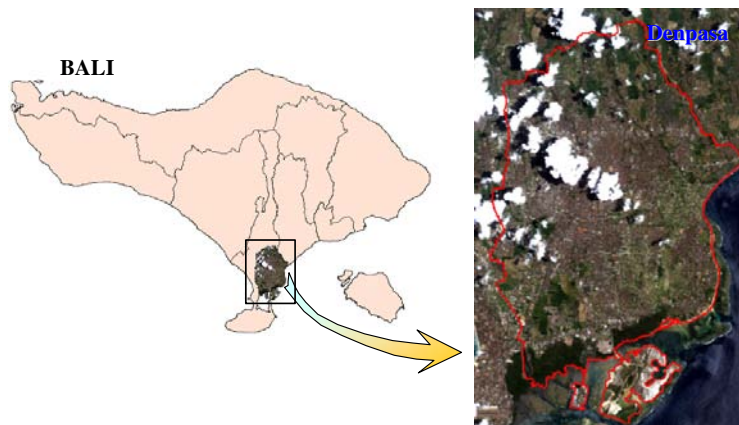
Penginderaan jauh tidak pernah lepas dari Sistem Informasi Geografi (SIG). Data-data spasial hasil penginderaan jauh merupakan salah satu data dasar yang dipergunakan dalam analisis SIG. Dalam perkembangannya data-data SIG juga berguna dalam pengolahan data penginderaan jauh (Barus dan Wiradisastra, 2000). Integrasi antara data spasial dan data atribut dalam suatu sistem terkomputerisasi yang bereferensi geografi merupakan keunggulan SIG. Pengolahan data penginderaan jauh dengan memanfaatkan SIG diharapkan mampu memberikan informasi secara cepat dan tepat sehingga segera dapat digunakan untuk keperluan analisis dan manipulasi.

Melihat permasalahan di atas, perlu dilakukan suatu pemantauan tutupan lahan secara cepat dengan memanfaatkan teknologi yang ada seperti teknologi penginderaan jauh dan Sistem Informasi Geografi (SIG). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kemampuan citra ALOS/AVNIR-2 dalam mendeteksi vegetasi yang dihubungkan dengan persentase vegetasi dengan menggunakan Sistem Informasi Geografi (SIG) dan juga untuk mengevaluasi peta tata ruang Kota Denpasar tahun 2003 berdasarkan peta sebaran persentase vegetasi yang diperoleh dari citra ALOS/AVNIR-2.

2. Metodologi

2.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Kota Denpasar yang terletak diantara 08°35'31" - 08°44'49" Lintang Selatan dan 115°10'23" - 115°16'27" Bujur Timur (Gambar 1), dengan luas wilayah 125,95 km² atau 12.595 ha. Penelitian ini dilakukan pada bulan Maret tahun 2008.



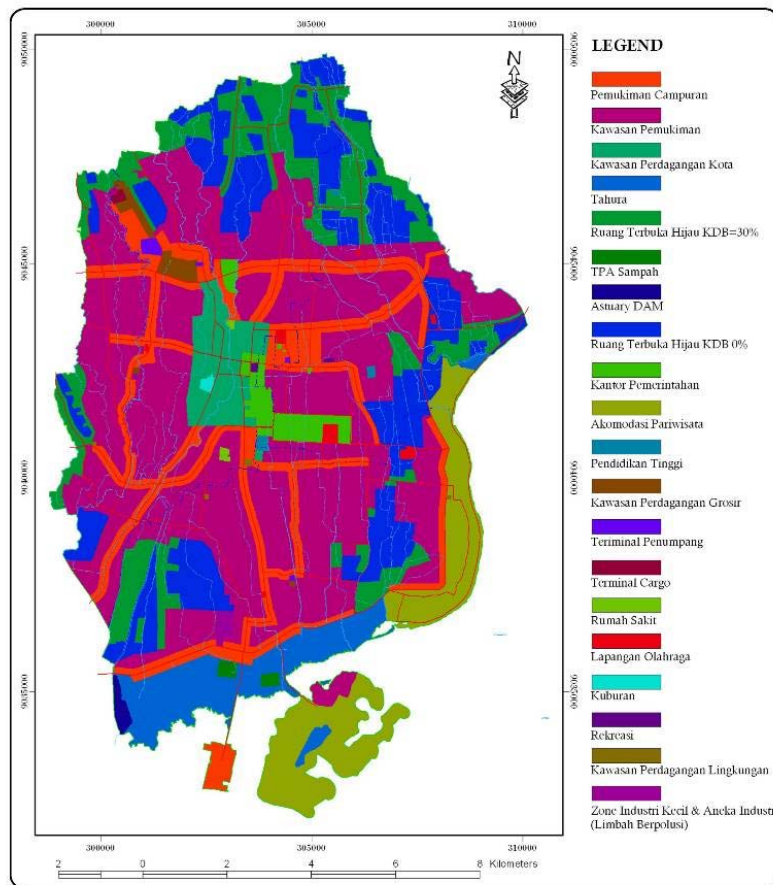
Gambar 1. Lokasi penelitian

2.2 Data dan Perangkat Lunak

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data hasil transek lapangan persentase vegetasi yang dilakukan pada bulan September 2006 (Diarniti, 2007), citra ALOS AVNIR-2 hasil perekaman tanggal 26 Oktober 2006 yang di peroleh dari CReSOS UNUD (*Center for Remote Sensing and Ocean Science Udayana University*). Peta tata ruang kota Denpasar tahun 2003 di peroleh dari Dinas Lingkungan Hidup Kota Denpasar (Gambar 2).

2.3 Deskripsi Citra ALOS/AVNIR-2

ALOS/AVNIR-2 (*Advanced Land Observing Satellite/Advanced Visible and Near Infrared Radiometer type 2*) merupakan citra yang digunakan untuk mengobservasi daratan dan pantai khususnya untuk menghasilkan peta tutupan lahan dan peta penggunaan lahan dalam memonitoring perubahan lingkungan (JAXA, 2007). Adapun karakteristik citra ALOS/AVNIR-2 dapat dilihat pada Tabel 1.



Gambar 2. Peta tata ruang Kota Denpasar tahun 2003

Perangkat lunak untuk analisis digital indeks vegetasi adalah ArcView 3.3 dengan bantuan extensions Spatial Analyst dan ArcGIS 9.2, sedangkan untuk analisis statistik digunakan perangkat lunak Microsoft Excel 2003. Struktur data SIG yang digunakan adalah struktur data raster dengan *pixel* 10m.

Tabel 1. Karakteristik Citra ALOS/AVNIR-2 (JAXA, 2007)

Jumlah Band	4
Panjang Gelombang	Band 1 : 0.42 – 0.50 i m Band 2 : 0.52 – 0.60 i m Band 3 : 0.61 – 0.69 i m Band 4 : 0.76 – 0.89 i m
Resolusi Spasial	10 meter

2.4 Prosedur Penelitian

Penelitian ini menggunakan 3 Indeks Vegetasi yaitu NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), SAVI (*Soil Adjusted Vegetation Index*) dan MSAVI (*Modified Soil Adjusted Vegetation Index*). Adapun persamaan dari ketiga indeks vegetasi tersebut adalah:

$$NDVI = \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_2 + \rho_1}$$

$$SAVI = \frac{(1 + L)(\rho_2 - \rho_1)}{\rho_2 + \rho_1 + L}$$

$$MSAVI = \frac{1}{2}(2\rho_2 + 1 - \sqrt{(2\rho_2 + 1)^2 - 8(\rho_2 - \rho_1)})$$

Dimana:

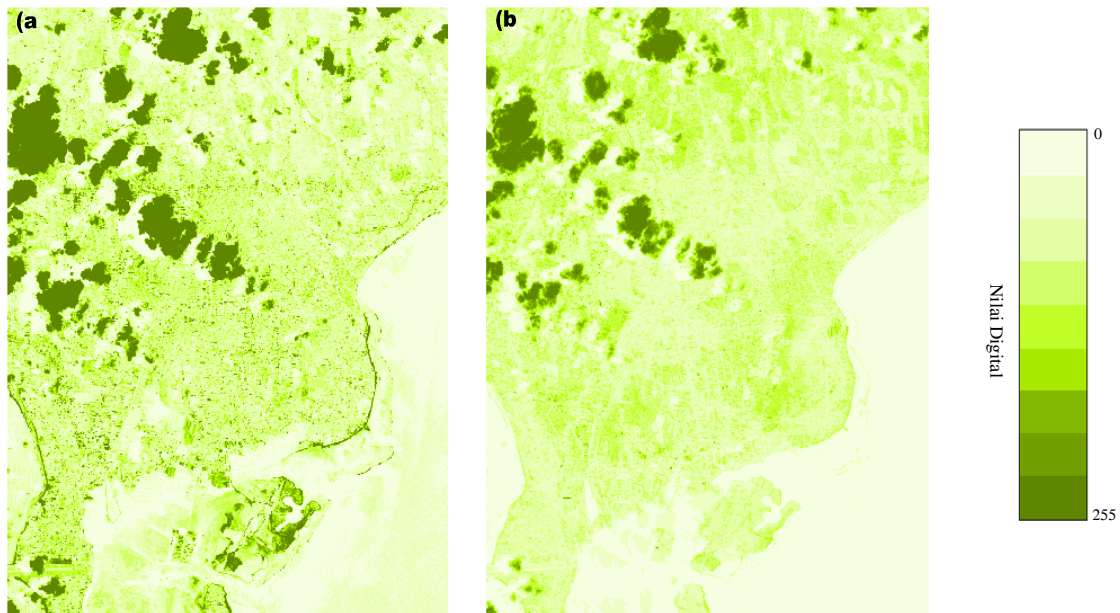
- \tilde{n}_1 = Band Merah
- \tilde{n}_2 = Band Infra Merah Dekat
- L = Faktor Kalibrasi Tanah adalah 0.5 (Huete and Liu, 1994 dalam Jensen, 2000)

Sebelum dilakukan proses overlay dengan ke tiga indeks vegetasi tersebut, terlebih dahulu dilakukan proses konversi data dari data berbentuk image menjadi data berbentuk grid pada program ArcGIS. Selanjutnya proses overlay (*spatial calculation*) dan pembuatan *layout* peta dilakukan pada program ArcView. Setelah dilakukan proses overlay, dilakukan proses regresi untuk mencari hubungan antara nilai indeks vegetasi dengan persentase vegetasi, persamaan regresi yang mempunyai nilai koefisien determinasi terbesar digunakan sebagai persamaan untuk menghasilkan peta sebaran persentase vegetasi di kota Denpasar.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Analisis Indeks Vegetasi

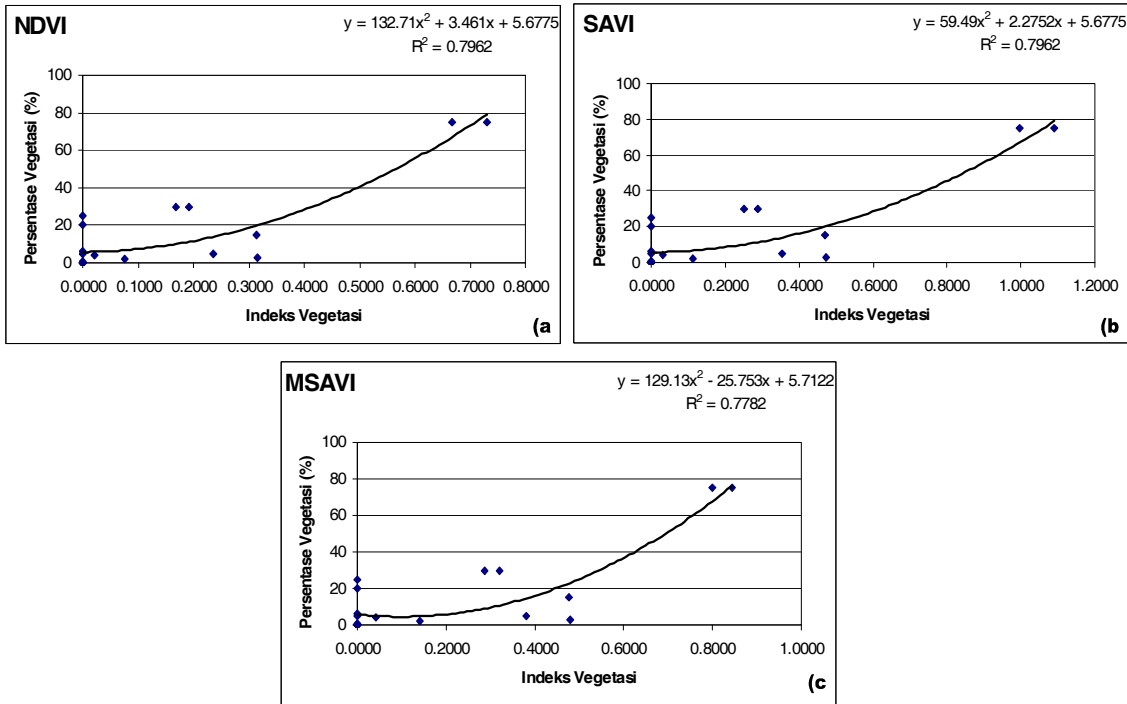
Korelasi positif yang ditunjukkan oleh hasil penelitian antara nilai indeks vegetasi dengan persentase vegetasi menunjukkan adanya hubungan antara nilai indeks vegetasi yang diperoleh dari citra ALOS/AVNIR-2 dengan persentase tanaman. Indeks vegetasi NDVI dan SAVI menghasilkan keakurasian hubungan yang lebih baik dibandingkan metode MSAVI dimana koefisien determinasi dari metode NDVI dan



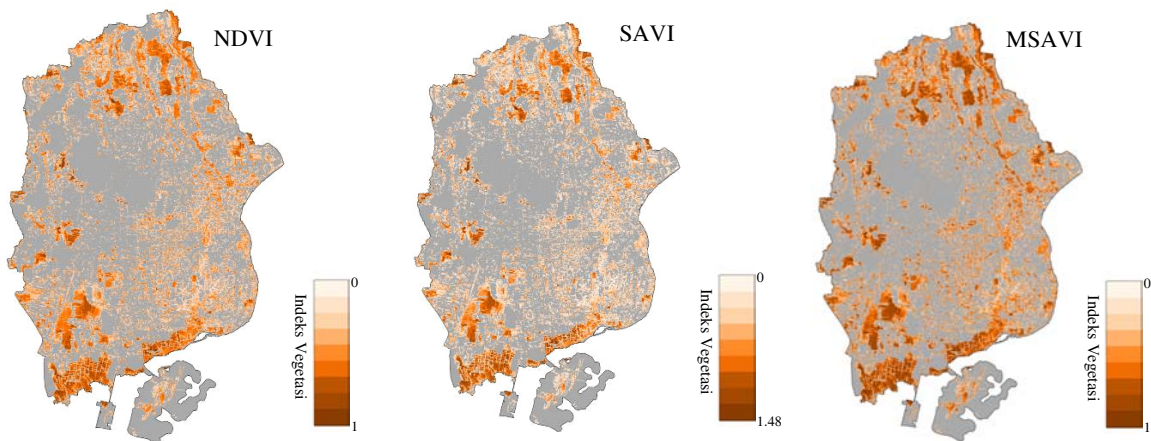
Gambar 3. Band merah (a) dan band infra merah dekat (b) dari citra ALOS/AVNIR-2

SAVI adalah 0.7962 sedangkan metode MSAVI adalah 0.7782 (Gambar 4). Semakin meningkatnya nilai indeks vegetasi yang diperoleh dari ketiga persamaan tersebut dengan semakin meningkatnya persentase

tutupan vegetasi menunjukkan semakin akuratnya hubungan antara indeks vegetasi dengan persentase vegetasi. Sebaran vegetasi dapat dilihat pada Gambar 5 untuk NDVI, SAVI, dan MSAVI



Gambar 4. Hubungan antara indeks vegetasi dengan persentase tutupan vegetasi dengan NDVI (a), SAVI (b), dan MSAVI (c)



Gambar 5. Hubungan antara Indeks vegetasi dengan persentasi vegetasi dengan NDVI (a), SAVI (b), dan MSAVI (c)

Penelitian-penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa nilai indeks vegetasi yang diperoleh dari persamaan NDVI berhubungan erat dengan fAPAR (*fraction of Absorbed Photosynthetically Active Radiation*) (Myneni and Williams, 1994), berkorelasi kuat dengan LAI dan biomassa pada monokultur (Aparicio *et al.*, 2002) dan sensitif terhadap kandungan klorofil (Zavaleta, *et al.*, 2003). Hasil penelitian Diarniti (2006) dengan menggunakan citra Landsat ETM+ menunjukkan bahwa hubungan antara indeks vegetasi dengan persentase tanaman di Kota Denpasar juga tinggi dimana koefisien determinasi 0.8773 dengan menggunakan persamaan NDVI, koefisien determinasi 0.8795 dengan menggunakan persamaan SAVI dan dengan koefisien determinasi 0.7846 saat menggunakan persamaan MSAVI. NDVI merupakan suatu persamaan yang paling umum digunakan untuk mencari nilai indeks vegetasi dimana NDVI memiliki sensitivitas yang tinggi terhadap perubahan kerapatan tajuk vegetasi dibandingkan indeks vegetasi lainnya (Ray, 1995) sedangkan SAVI dan MSAVI adalah persamaan yang memasukkan faktor kalibrasi tanah dalam proses perhitungannya, menurut Gong *et al.*, (2003) SAVI dan MSAVI adalah suatu persamaan yang dikembangkan untuk mendapatkan nilai indeks vegetasi dengan menghilangkan faktor tanah. Ray (1995) mengatakan bahwa persamaan NDVI sangat cocok digunakan pada daerah dengan vegetasi rapat sedangkan pada daerah dengan sebaran vegetasi jarang penggunaan persamaan SAVI sangat disarankan. Campbell (2002) mengungkapkan bahwa nilai-nilai dari indeks vegetasi selain dipengaruhi oleh kondisi tanaman itu sendiri juga dipengaruhi oleh sudut pantulan cahaya dari objek yang diterima sensor, pantulan tanah, dan perubahan atmosfer.

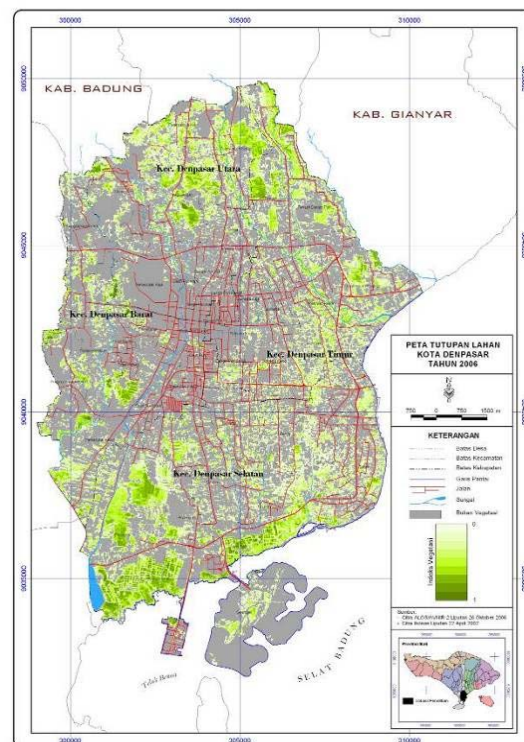
ALOS/AVNIR-2 merupakan citra yang mempunyai resolusi spasial 10 m sehingga mempunyai kemampuan untuk membedakan tutupan vegetasi pada kisaran area 10 m × 10 m. Menurut Li *et al.*, (2008), resolusi spasial yang tinggi dari data penginderaan jauh sangat penting untuk membedakan vegetasi pada daerah yang memiliki tingkat tutupan lahan heterogen sehingga dapat dihindari kesalahan-kesalahan interpretasi dan analisis akibat dari penggabungan objek dari sebuah *pixel*. Kesalahan koreksi geometrik merupakan salah satu kesalahan yang sering terjadi pada citra-citra yang beresolusi tinggi. Pergeseran pixel akibat dari kesalahan koreksi geometrik akan berdampak pada kesalahan analisis pixel yang akan mempengaruhi hasil analisa citra tersebut.

3.2 Analisis Persentase Vegetasi Berdasarkan Peta Tata Ruang Denpasar Tahun 2003

Untuk mendapatkan suatu peta sebaran persentase vegetasi maka digunakan persamaan yang diperoleh dari hubungan antara nilai indeks vegetasi dari NDVI dengan persentase vegetasi. Adapun persamaan yang digunakan adalah:

$$\text{Persentase Vegetasi} = 132.71 (\text{NDVI})^2 + 3.461 (\text{NDVI}) + 5.6775$$

Berdasarkan peta tata ruang Kota Denpasar dan hasil estimasi persentase vegetasi dari citra ALOS/AVNIR-2 serta analisis dengan menggunakan Sistem Informasi Geografi (SIG) menunjukkan bahwa luas tutupan vegetasi di Kota Denpasar pada tahun 2006 adalah 4789.55 ha atau 38.027 % dari luas Kota Denpasar dengan keberadaan tutupan awan pada citra tersebut seluas 763.63 ha atau 6.063 % dari luas Kota Denpasar. Tahura merupakan alokasi peruntukan tata ruang yang paling luas memiliki tutupan vegetasi yaitu 70.82 % dari luas area peruntukan tata ruangnya sedangkan peruntukan tata ruang rumah sakit merupakan daerah yang memiliki tutupan vegetasi terendah yaitu 5.338 % dari luas area peruntukan tata ruang (Gambar 6 dan Tabel 2).



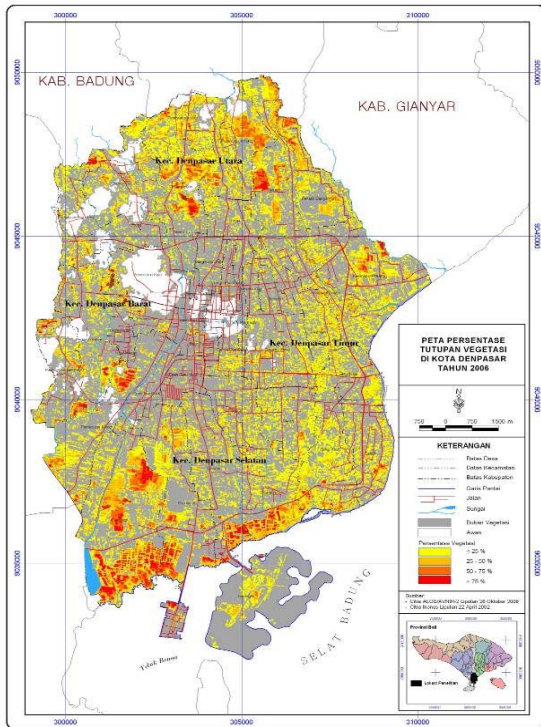
Gambar 6. Peta tutupan vegetasi Kota Denpasar tahun 2006

Tabel 2. Luas area, luas tutupan vegetasi, persentase tutupan vegetasi dan luas tutupan awan pada masing peruntukkan tata ruang.

Peruntukkan Tata Ruang	Luas Area (ha)	Luas Tutupan vegetasi (ha)	Pesentase Tutupan vegetasi (%)	Tutupan Awan	
				Luas (ha)	Persen (%)
Pemukiman Campuran	1546.83	299.75	19.38	111.58	7.21
Kawasan Pemukiman	5079.02	1621.92	31.93	357.16	7.03
Kawasan Perdagangan Kota	409.91	27.63	6.74	110.31	26.91
Tahura	694.45	491.81	70.82	-	-
Ruang Terbuka Hijau KDB=30%	1490.79	759.00	50.91	87.71	5.88
TPA Sampah	30.05	11.33	37.70	-	-
Ruang Terbuka Hijau KDB 0%	1865.28	1160.58	62.22	48.61	2.61
Kantor Pemerintahan	230.66	69.74	30.24	29.11	12.620
Akomodasi Pariwisata	1014.52	283.37	27.93	-	-
Pendidikan Tinggi	17.08	5.60	32.79	-	-
Kawasan Perdagangan Grosir	82.07	17.27	21.04	14.30	17.42
Teriminal Penumpang	22.73	6.85	30.14	1.55	6.82
Terminal Cargo	8.05	2.69	33.42	-	-
Rumah Sakit	10.49	0.56	5.34	3.30	31.46
Lapangan Olahraga	41.79	8.75	20.94	-	-
Kuburan	10.11	6.98	69.04	-	-
Rekreasi	5.80	1.74	30.00	-	-
Kawasan Perdagangan Lingkungan	7.09	0.50	7.05	-	-
Zone Industri Kecil & Aneka Industri (Limbah Berpolusi)	28.28	13.48	47.67	-	-
Total	12595.00	4789.55	38.03	763.63	6.06

Penelitian ini membagi 4 kategori persentase vegetasi berdasarkan persentase tutupannya yaitu persentase vegetasi yang kurang dari 25%, 25-50%, 50-75%, dan persentase vegetasi yang lebih dari 75%. Berdasarkan hasil analisis diperoleh bahwa persentase vegetasi yang kurang dari 25% merupakan yang paling dominan yaitu 24.786% dari luas Kota Denpasar atau 65.179% dari luas area yang bevegetasi atau seluas 3121.79 ha. Selanjutnya diikuti oleh daerah yang memiliki persentase vegetasi 25-50% seluas 994.98 ha atau 7.9% dari luas Kota Denpasar atau 20.774% dari luas area bevegetasi. Persentase vegetasi 50-75% mempunyai luas 470.81 ha atau 3.738% dari luas Kota Denpasar atau 9.830

dari luas area bevegetasi, sedangkan persentase vegetasi yang lebih besar dari 75% hanya seluas 201.99 ha atau 1.604% dari luas Kota Denpasar atau 4.207% dari luas areal bevegetasi. Peruntukkan tata ruang untuk Tahura memiliki daerah dengan persentase vegetasi lebih dari 75% terluas yaitu 93.63 ha, peruntukkan tata ruang untuk Ruang Terbuka Hijau KDB 0% memiliki daerah terluas untuk daerah yang memiliki persentase vegetasi 50-75% dan 25-50% yaitu masing-masing seluas 166.3 ha dan 284.47 ha, sedangkan peruntukkan tata ruang untuk pemukiman memiliki daerah dengan persentase vegetasi kurang dari 25% terluas yaitu 1206.22 ha (Gambar 7 dan Tabel 3).



Gambar 7. Peta sebaran vegetasi berdasarkan persentase tutupannya di Kota Denpasar tahun 2006

Tanaman sebagai komponen kehidupan biotik dan produsen primer dalam rantai makanan bermanfaat penting bagi manusia dan makhluk hidup lainnya. Proses fotosintesis yang dilakukan oleh tumbuhan akan merombak energi matahari menjadi energi kimia yang berbentuk karbohidrat. Proses ini merupakan proses alami yang menggunakan CO₂ dan H₂O sebagai bahan bakunya dengan hasil lain selain karbohidrat adalah O₂. CO₂ merupakan salah satu gas yang berbahaya bagi manusia sedangkan O₂ merupakan gas yang sangat penting bagi kehidupan manusia dan hewani lainnya. Vegetasi sebagai pengendali tingkat pencemar udara perkotaan selain berperan sebagai penyediaan oksigen dan penyerap karbon dioksida, juga berperan sebagai pelindung terhadap asap dan gas beracun, serta penyaring udara kotor dan debu. Soenaryo (1996) dalam Slamet (2003) menyebutkan bahwa setiap jam, 1 ha daun-daun tumbuhan hijau mampu menyerap 8 kg CO₂, jumlah ini sama dengan jumlah CO₂ yang dihembuskan oleh ± 200 orang manusia dalam waktu yang bersamaan, sedangkan menurut Wolf (1998), 2 pohon yang sehat cukup untuk mensuplai kebutuhan oksigen seorang manusia setiap tahunnya.

Tabel 3. Persentase vegetasi untuk tiap-tiap peruntukkan tata ruang

Peruntukan Tata Ruang	Persentase Vegetasi							
	<25%		25-50%		50-75%		>75%	
	Luas (ha)	Persen	Luas (ha)	Persen	Luas (ha)	Persen	Luas (ha)	Persen
Pemukiman Campuran	245.88	82.028	39.44	13.158	9.23	3.079	5.20	1.735
Kawasan Pemukiman	1206.22	74.370	284.01	17.511	101.33	6.248	30.36	1.872
Kawasan Perdagangan Kota	24.72	89.468	2.04	7.383	0.38	1.375	0.49	1.773
Tahura	153.63	31.238	137.60	27.978	106.95	21.746	93.63	19.038
Ruang Terbuka Hijau KDB=30%	491.03	64.694	182.78	24.082	66.22	8.725	18.97	2.499
TPA Sampah	5.00	44.131	2.81	24.801	2.19	19.329	1.33	11.739
Ruang Terbuka Hijau KDB 0%	663.88	57.202	284.47	24.511	166.30	14.329	45.93	3.958
Kantor Pemerintahan	55.43	79.481	10.68	15.314	2.94	4.216	0.69	0.989
Akomodasi Pariwisata	226.98	80.100	42.19	14.889	12.05	4.252	2.15	0.759
Pendidikan Tinggi	4.46	79.643	0.81	14.464	0.26	4.643	0.07	1.250
Kawasan Perdagangan Grosir	15.05	87.145	1.87	10.828	0.22	1.274	0.13	0.753
Terminal Penumpang	6.10	89.051	0.66	9.635	0.09	1.314	-	-
Terminal Cargo	2.04	75.836	0.34	12.639	0.14	5.204	0.17	6.320
Rumah Sakit	0.55	98.214	0.01	1.786	-	-	-	-
Lapangan Olahraga	7.20	82.286	0.67	7.657	0.01	0.114	0.87	9.943
Kuburan	4.55	65.186	1.39	19.914	0.66	9.456	0.38	5.444
Rekreasi	0.92	52.874	0.12	6.897	0.02	1.149	0.68	39.080
Kawasan Perdagangan Lingkungan	0.48	96.000	0.02	4.000	-	-	-	-
Zone Industri Kecil & Aneka Industri (Limbah Berpolusi)	7.67	56.899	3.05	22.626	1.82	13.501	0.94	6.973
Total Tutupan Lahan	3121.79	65.179	994.96	20.774	470.81	9.830	201.99	4.217
Rata-rata dari Luas Area		24.786		7.900		3.738		1.604

Perkembangan kota yang memiliki pusat pemanfaatan lahan yang berbeda-beda mengakibatkan perbedaan tingkatan dan karakteristik pencemaran udara yang terjadi pada masing-masing kawasan. Sarana transportasi merupakan sumber utama polusi udara di Kota Denpasar (PPLH UNUD, 2007), oleh karena itu kawasan-kawasan seperti terminal penumpang, terminal cargo, kawasan pemukiman campuran, TPA sampah dan zone industri kecil & aneka industri merupakan daerah-daerah yang berpotensi menghasilkan polutan yang tinggi sehingga keberadaan vegetasi di kawasan-kawasan tersebut sangat diperlukan.

Vegetasi di perkotaan dapat mengubah kondisi lingkungan sekitarnya dengan mempengaruhi kualitas udara yaitu dengan cara menurunkan suhu udara, mengurangi kandungan gas-gas pencemar, mengurangi pengaruh energi yang dipantulkan oleh bangunan (Nowak, 2000), menahan laju angin (Nowak *et al.*, 1998) dan mengurangi tingkat kebisingan (Grey dan Deneke, 1978). Vegetasi dapat mengurangi amplitudo suhu harian yang dikarenakan keberadaan tajuk vegetasi mampu mengurangi radiasi sinar matahari bagi lingkungan di bawahnya, selain itu kelembaban yang disebabkan oleh transpirasi vegetasi dapat mempengaruhi kelembaban bagi lingkungan disekitarnya, hal ini senada seperti yang diungkapkan oleh Hirano *et al.* (2003) bahwa vegetasi dapat mengendalikan panas di daerah perkotaan yang diakibatkan oleh efek *urban heat island* pada siang hari sebesar 1.5 °C. Penurunan suhu yang disebabkan oleh keberadaan vegetasi/pohon juga akan menyebabkan penurunan kandungan ozon (O₃) di udara (Nowak *et al.*, 2000).

Pengendalian kebisingan oleh vegetasi dilakukan dengan cara meredam atau mengabsorpsi gelombang suara oleh dedaunan, cabang, serta ranting dari berbagai strata tanaman. Menurut Grey dan Deneke (1978), pohon yang paling efektif meredam suara ialah yang bertajuk tebal karena dedaunan tanaman dapat menyerap kebisingan sampai 95 persen. Hal ini perlu diketahui karena pada peruntukan lahan kawasan pemukiman, ruang terbuka hijau dan pendidikan tingkat kebisingan sudah melampaui baku mutu lingkungan (PPLH UNUD, 2007).

Vegetasi pada kawasan pemukiman juga berfungsi sebagai peresap air masuk kedalam tanah sehingga mampu mengendalikan laju aliran permukaan dan banjir serta berfungsi sebagai pemberi estetis yaitu meningkatkan kenyamanan dan

keindahan lingkungan yang diharapkan mampu menstimulasi kreativitas dan produktivitas warga.

Tahura merupakan hutan lindung yang berperan sebagai hutan kota di Denpasar yang fungsi utamanya adalah sebagai tempat konservasi tanaman mangrove dan satwa-satwa lainnya. Selain berfungsi sebagai tempat konservasi, hutan kota juga berperan penting dalam mengurangi jumlah pencemaran udara seperti yang diungkapkan oleh Nowak (2000) bahwa hutan kota yang lebat yang posisinya berdekatan/berdampingan dengan kota dapat mengurangi kandungan polutan ozon sebesar 15%, NO₂ sebesar 8%, CO sebesar 0.05% dan SO₂ sebesar 17% setiap harinya.

4. Simpulan

Nilai indeks vegetasi dari citra ALOS/AVNIR-2 mempunyai hubungan dengan persentase tutupan vegetasi dimana nilai indeks vegetasi dari NDVI dan SAVI mempunyai koefisien determinasi yang paling tinggi.

Untuk mendapatkan suatu peta sebaran persentase vegetasi maka digunakan persamaan yang diperoleh dari hubungan antara nilai indeks vegetasi dari NDVI dengan persentase vegetasi, dimana persamaan tersebut adalah: Persentase Vegetasi = $132.71(NDVI)^2 + 3.461(NDVI) + 5.6775$.

Luas tutupan vegetasi di Kota Denpasar pada tahun 2006 adalah 4789.55 ha atau 38.027 % dari luas Kota Denpasar dimana peruntukkan tata ruang pemukiman merupakan daerah terluas memiliki tutupan vegetasi, sedangkan peruntukkan tata ruang Tahura adalah daerah terluas yang masih terjaga tutupan vegetasinya yaitu 70.82 % dari luas area peruntukkan tata ruangnya

Peruntukkan tata ruang untuk kawasan pemukiman mendominasi daerah yang memiliki tutupan vegetasi dengan persentase vegetasi kurang dari 25%. Peruntukkan tata ruang untuk ruang terbuka hijau KDB 0% didominasi oleh vegetasi dengan persentase vegetasi 25-50% dan 50-75% sedangkan Peruntukkan tata ruang untuk Tahura didominasi oleh vegetasi yang memiliki persentase vegetasi lebih dari 75%.

Ucapan Terimakasih

Kami mengucapkan terimakasih kepada *sensei* (Alm.) Prof. Yasuhiro Sugimori atas ijinnya dalam memanfaatkan data ALOS/AVNIR-2. Semoga ilmu-ilmu yang telah *sensei* hasilkan dan berikan berguna untuk semua orang. Selamat jalan *sensei*.

Daftar Pustaka

- Aparicio, N., D. Villegas, J.L. Araus, J. Casadesus. C. Royo, 2002. "Relationship between Growth Traits and Spectral Vegetation Indices in Durum Wheat". *Crop Science*, 42, 1547-1555.
- Barus, B., dan U.S. Wiradisastra. 2000. *Sistem Informasi Geografi; Sarana Manajemen Sumberdaya*. Laboratorium Pengindraan Jauh dan Kartografi Jurusan Tanah Fakultas Pertanian IPB. Bogor.
- BPS. 2008. *Denpasar dalam Angka 2008*. Badan Pusat Statistik. Denpasar
- Campbell, J.B. 2002. *Introduction to Remote Sensing; Third Edition*. The Guilford Press. New York
- Dardak, A.H. 2006. "Peran Penataan Ruang dalam Mewujudkan Kota Berkelanjutan di Indonesia". *Seminar Penataan Ruang Berbasis Aspek Ekologis untuk Mewujudkan Kota Berkelanjutan*. Jakarta.
- Diarniti, N.M. 2007. *Monitoring of the Vegetation Coverage Using Vegetation Index in Denpasar During 1994 – 2003* (Thesis). Master Program. Study Program of Environmental Science Post Graduate Program Udayana University. Denpasar.
- Gong, P., R. Pu, G.S. Biging and M.R. Larrieu, 2003. "Estimation of Forest Leaf Area Index Using Vegetation Indices Derived from Hyperion Hyperspectral Data". *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 41, No 6.
- Grey, G.W. and F.J. Deneke. 1986. *Urban Forestry; Second Edition*. Krieger Publishing Company. Florida-USA.
- Hirano, Y., Y. Yasuoka, and T. Ichinose. 2003. *Evaluation of Vegetation Effect on Urban Climate by Coupled Simulation of Satellite Remote Sensing and Local Meteorological Model*. National Institute for Environmental Studies. Tsukuba-Japan.
- Horning, N. 2004. *Global Land Vegetation; An Electronic Textbook*. NASA Goddard Space Flight Center Earth Sciences Directorate Scientific and Educational Endeavors (SEE). http://www.ccpo.odu.edu/SEES/veget/vg_class.htm. Dikunjungi pada tanggal 27 Desember 2007.
- JAXA. 2007. *ALOS; User Handbook*. Earth Observation Research Center. Japan Aerospace Exploration Agency. Japan
- Jensen, J.R. 2000. *Remote Sensing of the Environmental Earth Resource Perspective*. Prentice Hall. New Jersey-USA.
- Ji, L., A.J. Peters. 2007. "Performance Evaluation of Spectral Vegetation Indices Using a Statistical Sensitivity Function". *Remote Sensing of Environmental*, 106, 59 -65
- Kementerian Hukum dan HAM RI. 2007. *Undang-undang Republik Indonesia Nomor 26 Tahun 2007 Tentang Penataan Ruang*. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2007 Nomor 68. Kementerian Hukum dan Hak Asasi Manusia Republik Indonesia. <http://www.bpkp.go.id/unit/hukum/uu/2007/026-07.pdf>. Dikunjungi pada tanggal 28 Februari 2008
- Li, F., W.P. Kustas, M.C. Anderson, J.H. Prueger, & R.L. Scott. 2008. "Effect of Remote Sensing Spatial Resolution on Interpreting Tower-Based Flux Observations". *Remote Sensing of Environment*, 112, 337-349.
- Liang, S., T. Zheng, D. Wang, K. Wang, R. Liu, S. Tsay, S. Running, & J. Townshend. 2007. "Mapping High-Resolution Incident Photosynthetically Active Radiation over Land from Polar-Orbiting and Geostationary Satellite Data". *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*. 1085-1089.
- Nowak, D.J., K.L. Civerolo, S.T. Rao, G. Sistla, C.J. Luley, and D.E. Crane. 2000. "A Modeling Study of the Impact of Urban Trees on Ozone". *Atmospheric Environment*, 34. 1601-1613

- Nowak, D.J. 2000. *The Effects of Urban Trees on Air Quality*. USDA Forest Service. New York-USA
- Nowak, D.J., P.J. McHale, M. Ibarra, D. Crane, J.C. Stevans, and C.J. Luley. 1998. "Modeling the Effects of Urban Vegetation on Air Pollution". *Air Pollution Modeling and Its Application*, 12. 399-407
- Myneni, R.B., & D. L. Williams. 1994. "On the Relationship between FAPAR and NDVI". *Remote Sensing of Environment*, 49, 200-211.
- PPLH UNUD. 2007. *Status Lingkungan Hidup Kota Denpasar*. Pusat Penelitian Lingkungan Hidup Universitas Udayana. Denpasar
- Purwadhi, S.H. 2001. *Interpretasi Citra Digital*. Gramedia Widiasana Indonesia. Jakarta.
- Ray, T.W. 1995. *A FAQ on Vegetation in Remote Sensing*. Division of Geological and Planetary Sciences California Institute of Technology. California-USA
- Sesneg RI. 2002. *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 63 Tahun 2002 Tentang Hutan Kota*. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2002 Nomor 119. Sekretaris Negara Republik Indonesia. <http://www.bpkp.go.id/unit/hukum/pp/2002/063-02.pdf>. Dikunjungi pada tanggal 15 Juni 2008
- Slamet, L. 2003. *Ruang Terbuka Hijau di Jakarta*. Bidang Aplikasi Klimatologi dan Lingkungan LAPAN. Bandung.
- Tinambunan, R.S. 2006. *Analisis Kebutuhan Ruang Terbuka Hijau Di Kota Pekanbaru (Tesis)*. Pengelolaan Sumber Daya Alam Dan Lingkungan Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Wolf, K.L. 1998. *Urban Forest Values: Economic Benefits of Trees in Cities*. College of Forest Resources, Center for Urban Horticulture - University of Washington. Washington-USA
- Yüksel, A., A.E. Akay, & R. Gundogan. 2008. "Using ASTER Imagery in Land Use/covers Classification of Eastern Mediterranean Landscapes According to CORINE Land Cover Project". *Sensors*, 8, 1237-1251.
- Yunhao, C., S. Peijun, L. Xiaobing, C. Jin, and L. Jing. 2006. "A Combined Approach for Estimating Vegetation Cover in Urban/Suburban Environments From Remotely Sensed Data". *Computers & Geosciences*, 32, 1299-1309
- Zavaleta, E.S., B.D. Thomas., N.R. Chiariello, G.P. Asner, and M.R. Shaw. 2003. "Plants Reverse Warming Effect on Ecosystem Water Balance". *PNAS*, 100, 17. 1892-1893.