

MODEL SPASIAL INDEKS LUAS DAUN (ILD) PADI MENGGUNAKAN DATA TM-LANDSAT UNTUK PREDIKSI PRODUKSI PADI

Gokmaria Sitanggang, Dede Dirgahayu Domiri, Ita Carolita, Heru Noviar
Penceliti Pusat Pengembangan Pemanfaatan dan Teknologi Penginderaan Jauh, LAPAN

ABSTRACT

The spatial model for irrigated paddy yield acreage and yield prediction use the Landsat-TM of remote sensing data which has been produced by LAPAN using the Vegetation Index (VI) as a single parameter.

Verification of the model mentioned above has also been done for Java Island showing that the accuracy result is acceptable for the operational although there are some limitations of the model.

The objective of this research is to develop a spatial model for the paddy yield acreage and the yield prediction using Landsat-TM data, based on another parameter i.e the single parameter of Leaf Area Index (LAI), or using both parameters of LAI and VI to improve the accuracy prediction, compared to the accuracy using the single parameter of VI.

The spatial model based on the Leaf Area Index (LAI) reduces dynamic factor of the parameters which control the growth stage of the paddy in the field such as the soil moisture (level of water) and the weather condition such as the temperature and the solar radiation, pests and diseases.

In this research phase, the profile of LAI against the paddy age based on the field measurement shows that the LAI value increases a long with the vegetative growth and reaches the peak value of 4,567 at the maximum vegetative index (8-9 weeks after the planting time). Furthermore, the LAI value decreases a long with the generative growth. The LAI value at the maximum vegetative phase can be used to predict the paddy production. The relation between the LAI and the spectral bands combination of Landsat-TM can be obtained by using the Power Regression Model as follows :

$$LAI = 0,2219 * (TM4/TM3)^{21005} (R^2 = 0,95)$$

where LAI means the value Leaf of Area Index on the paddy object at the paddy field area, which represents the pixel in the image spatial distribution. While TM3 means the digital number (gray level value) of the pixel in the spectral band 3 of Landsat-TM image data which represents the paddy object at the paddy field area, and TM4 means the digital number of the pixel in the spectral band 4 of Landsat-TM image data, which represents the paddy object at the paddy field area.

The research also shows the application example of the model or the algorithm which is obtained in this research by using Landsat-TM. The LAI spatial of the paddy field area in Kabupaten Subang/Sukamandi West Java can be produced.

ABSTRAK

Model spasial untuk prediksi umur dan luas areal panen atau produksi panen tanaman padi sawah irigasi menggunakan data inderaja TM-Landsat yang telah dihasilkan oleh LAPAN menggunakan parameter Indeks Vegetasi.

Verifikasi model untuk wilayah Pulau Jawa menghasilkan keakuratan yang diperoleh masih dalam batas-batas yang dapat diterima meskipun masih ada batasan-batasan model untuk dapat dioperasionalkan.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengembangkan suatu model spasial untuk prediksi umur dan luas panen tanaman padi atau produksi padi menggunakan data

TM-Landsat berdasarkan parameter lain yaitu parameter tunggal Indeks Luas Daun (ILD) atau menggunakan kedua parameter secara serentak (berganda) yaitu parameter ILD dan NDVI, untuk memperbaiki keakuratan prediksi dibandingkan dengan keakuratan menggunakan parameter tunggal NDVI.

Model spasial berdasarkan Indeks Luas Daun (ILD) ini dimaksudkan untuk mengurangi pengaruh dinamika faktor-faktor pengendali dari perkembangan tanaman di lapangan, yaitu antara lain faktor-faktor ketersediaan unsur hara dan air, kondisi cuaca seperti suhu dan radiasi surya, hama dan penyakit.

Pada tahap penelitian ini dapat diperoleh hasil profil ILD terhadap umur tanaman padi berdasarkan pengukuran di lapangan, di mana nilai ILD meningkat dengan bertambahnya umur selama pertumbuhan vegetatif dan mencapai puncak dengan nilai sebesar 4,567 pada vegetatif maksimum (umur 8 - 9 minggu setelah tanam). Selanjutnya menurun sejalan dengan pertumbuhan generatif. Nilai ILD pada fase vegetatif maksimum dapat digunakan menduga produktivitas tanaman padi. Hubungan antara ILD dengan kombinasi kanal-kanal spektral dapat diperoleh dengan model persamaan Power Regression, sebagai berikut:

$$ILD = 0,2219 * (TM4/TM3) 2.1005 (R2 = 0,95)$$

dengan ILD adalah nilai Indeks Luas Daun pada suatu obyek padi di daerah tanaman padi, yang menggambarkan titik citra pada sebaran spasial data TM-Landsat, sedangkan TM3 adalah nilai tingkat keabuan titik citra pada sebaran spasial kanal 3 TM-Landsat, yang mewakili objek padi di daerah tanaman padi, dan TM4 adalah nilai tingkat keabuan titik citra pada sebaran spasial kanal 4 TM-Landsat, yang mewakili objek padi di daerah tanaman padi.

Penelitian ini menunjukkan pula suatu contoh aplikasi dari model atau algoritma yang dihasilkan dengan menggunakan data TM-Landsat. Dapat dihasilkan sebaran spasial ILD pada lahan padi sawah daerah Kabupaten Subang/Sukamandi Jawa Barat.

Kata kunci: *Model spasial, Indeks Luas Daun, Prediksi produksi padi*

1 PENDAHULUAN

Penelitian-penelitian pemanfaatan data indera satelit baik optik (seperti TM-Landsat, HRV-SPOT, OPS-JERS-1, AVHRR-NOAA) maupun radar (seperti SAR^{JERS-1}, SAR-ERS1/2) untuk asesmen tanaman padi, seperti estimasi luas dan produksi tanaman padi, pemantauan/prakiraan umur dan luas panen serta prediksi produksi padi telah dikembangkan oleh LAPAN secara bertahap dan berkesinambungan, terutama sejak dioperasikannya Stasiun Bumi Satelit Sumber Alam Pare-pare oleh LAPAN pada bulan September 1993 yang lalu. Stasiun Bumi tersebut mampu menerima data optik TM-Landsat, HRV-SPOT, OPS-JERS-1 dan data radar SAR-JERS-1, SAR-ERS1/2. Data resolusi temporal tinggi AVHRR-NOAA dan GMS dapat

pula diterima pada Stasiun Bumi Satelit Lingkungan dan Cuaca Pekayon, Pasar Rebo, Jakarta Timur.

Verifikasi dan validasi dari model ataupun teknik dan metoda yang dihasilkan dari penelitian-penelitian, dilakukan pula secara berkesinambungan dalam menguji keakuratan, dan memodifikasi atau mengembangkan model atau metoda sampai ditemukan model atau teknik dan metoda atau prosedur dengan keakuratan yang dapat diterima oleh pengguna untuk dapat dioperasionalkan. Sejalan dengan ini LAPAN telah menghasilkan dan mengembangkan model dan teknik prakiraan umur dan luas areal panen padi secara spasial berdasarkan parameter Indeks Vegetasi (NDVI) dengan menggunakan data TM-Landsat (Dirgahayu dkk., 1998). Model spasial yang diperoleh adalah model untuk

areal sawah irigasi Pulau Jawa, yaitu model Sigmoid untuk tanaman padi berumur 0 - 1 minggu hingga 12 minggu (Indeks Vegetasi Maksimum), dan model kuadratik untuk umur 12 sampai 17 minggu. Hasil regresi menunjukkan nilai koefisien determinan yang sangat tinggi, yaitu $R=0,98$ untuk model Sigmoid dan $R=0,99$ untuk model kuadratik.

Demikian pula halnya dengan menggunakan data AVHRR-NOAA, telah diperoleh model prediksi produksi padi dengan menggunakan parameter Indeks Vegetasi yang diekstrak dari data inderaja tersebut (Parwati dkk, 1998). Model spasial menggunakan data AVHRR-NOAA, dengan parameter Indeks Vegetasi untuk prakiraan masa panen (umur padi), telah pula dikembangkan oleh BIOTROP bersama-sama dengan LAPAN, PUSLiT-TANAK dalam rangka mendukung SARI PROJECT oleh BPPT (Siregar dkk, 1999). Diperoleh model regresi Sigmoid untuk tanaman padi 0 minggu sampai dengan 11 - 12 minggu, dan model regresi kuadratik untuk umur padi lebih besar dari 12 minggu. Hasil regresi menunjukkan nilai koefisien (R^2) bervariasi antara 47% hingga 63,1%.

Verifikasi dari model prakiraan umur dan luas areal panen padi secara spasial berdasarkan parameter Indeks Vegetasi (NDVI) dengan menggunakan data TM-Landsat yang dihasilkan LAPAN yang disebutkan di atas telah dilakukan pula (Sitanggang dkk, 1999 dan 2000) dengan menggunakan areal Pulau Jawa sebagai daerah uji. Penerapan model dilakukan untuk wilayah Pulau Jawa berdasarkan data TM-Landsat akuisisi Januari 1998 dan Desember 1997. Keakuratan prakiraan diverifikasi dengan cara membandingkannya terhadap hasil pengumpulan data lapangan Angka Sementara Luas Panen (BPS). Diperoleh perbedaan sebesar (- 4.1%) untuk wilayah Jawa Barat, Jawa Tengah sebesar (18,7%) di Yogyakarta sebesar (19,9%) serta di Jawa Timur sebesar (-5,5%).

Hasil verifikasi menunjukkan bahwa keakuratan yang diperoleh masih

dalam batas-batas yang dapat diterima untuk dioperasionalkan, meskipun masih ada kendala yang harus diperhatikan, yaitu model ini belum teruji untuk sawah non irigasi. Keterbatasan lainnya adalah penerapan model menggunakan data monotemporal.

Untuk penyempurnaan model tersebut di atas perlu dilakukan pengembangan model spasial ini dengan menggunakan beberapa parameter lain secara serentak (berganda) seperti misalnya Indeks Luas Daun, Suhu dan Kadar Air Tanah (KelengasanTanah/Lahan).

Tujuan penelitian ini adalah untuk memperoleh model spasial Indeks Luas Daun berdasarkan data TM-Landsat untuk prediksi umur dan luas panen tanaman padi atau produksi panen padi. Selanjutnya melakukan verifikasi dengan data yang terbaru dan hasilnya dibandingkan dengan pengecekan/pengumpulan data lapangan pada lokasi-lokasi yang diteliti sebagai daerah uji. Lebih lanjut dibandingkan dengan model terdahulu (parameter tunggal NDVI) untuk dapat mengevaluasi perbaikan keakuratan.

Penelitian berdasarkan hipotesa adanya korelasi yang tinggi antara Indeks Luas Daun (ILD) dengan perkembangan dan pertumbuhan tanaman padi, yang dipengaruhi oleh dinamika faktor-faktor pengendali dari perkembangan tanaman di lapangan yaitu antara lain unsur hara dan air, kondisi cuaca seperti suhu dan radiasi surya, hama dan penyakit. Karenanya ILD merupakan indikator utama untuk mengatasi kelemahan penggunaan indikator NDVI (dapat terjadi NDVI yang sama pada umur tanaman yang berbeda). Selanjutnya model spasial untuk pemantauan/prakiraan umur dan luas areal panen, serta produksi dengan menggunakan pasangan parameter NDVI dan ILD, dapat memperbaiki keakuratan dan model tidak terbatas untuk sawah irigasi.

2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Indeks Luas Daun (ILD)

Salah satu cara untuk menyederhanakan hubungan antara perkembangan tanaman dengan ciri reflektansi adalah dengan mentransformasikan data reflektansi masing-masing kanal spektral menjadi satu atau lebih peubah baru, kemudian melihat hubungan antara fase pertumbuhan dengan satu atau lebih peubah baru ini. Hubungan ini digambarkan sebagai trayektori spektral-temporal perkembangan tanaman. Kekhasan hubungan untuk setiap jenis tanaman memungkinkan untuk mengidentifikasi tanaman dengan lebih teliti (Malila *et al*, 1980, dalam Rambe, 1989).

Nilai baru dalam citra yang dihasilkan, merupakan transformasi nilai-nilai reflektansi dari satu atau beberapa kanal citra menjadi suatu bilangan. Sebagai contoh dapat berupa Indeks Vegetasi (NDVI), Indeks Luas Daun (ILD).

Pukuhara *et al* (1970) menyebutkan variasi dari karakteristik spektral yang disebabkan oleh perubahan pertumbuhan penutupan vegetasi, serta perubahan kondisi tanah bisa diidentifikasi berdasarkan hubungan antara panjang gelombang merah dan infra merah. Selanjutnya dikatakan bahwa perbandingan antara panjang gelombang infra merah dan merah, sangat peka terhadap pertumbuhan vegetasi, biomasa, dan penutupan tanaman. Di samping itu perbandingan tersebut cenderung menormalkan efek berbagai tipe tanah, kandungan bahan organik dan kelembaban tanah.

Indeks Luas Daun (ILD) adalah perbandingan antara luas daun terhadap luas permukaan lahan yang menjadi tempat tumbuh suatu tanaman. Indeks Luas Daun tidak mempunyai satuan, karena merupakan perbandingan antara dua luasan permukaan, atau dapat disebutkan dalam satuan hektar per hektar.

ILD juga dapat digunakan untuk menduga berbagai informasi penting berkaitan dengan vegetasi seperti laju

fotosintetis, laju transformasi dan laju respirasi, alokasi karbon di atas dan di bawah permukaan tanah, serta laju dekomposisi nitrogen dan mineral. Selain itu ILD adalah variabel penting dalam perhitungan proses biogeokimia hutan seperti: evaporasi dan intersepsi tajuk, transpirasi, dan kandungan nitrogen tajuk (Running and Neman, 1991, dalam Siregar *et al*, 1999). ILD merupakan peubah struktur tunggal yang banyak digunakan untuk menghitung karakteristik pertukaran energi dan masa dari sebuah ekosistem teresterial.

Nilai ILD padi akan meningkat dengan berkembangnya tanaman padi dan mencapai nilai maksimum pada saat awal masa generatif. Nilai ILD bervariasi tergantung pada cara bertanam, misalnya menanam dengan jarak yang rapat dan dengan pemberian Nitrogen tinggi, maka nilai ILD dapat mencapai 10 atau lebih besar. Berdasarkan telah kembali hubungan antara ILD, tingkat respirasi pertumbuhan tanaman (*Crop Growth Rate/CGR*), disimpulkan bahwa tidak ada nilai optimum ILD untuk CGR. Sebagai contoh untuk padi jenis IR 8, CGR mencapai maksimumnya sekitar nilai 6 dan padi jenis Peta maksimumnya mencapai 4 (Yoshida, 1983, dalam Siregar *etal*, 1999).

2.2 Penentuan Nilai ILD Tanaman Padi

Nilai ILD tanaman padi dapat ditentukan melalui pengukuran, dengan dua cara, yaitu secara langsung dan tidak langsung. Pengukuran secara langsung dilakukan dengan mengukur di lapangan luas setiap helai daun padi pada setiap rumpun kemudian dibagi dengan luas areal pertanaman padi yang digunakan sebagai media tumbuh. Pengukuran langsung memberikan nilai ILD yang lebih akurat, namun memerlukan waktu, tenaga dan biaya yang cukup besar (Fassnech *et al*, 1994, dalam Siregar *et AL*, 1999). Pengukuran secara tidak langsung menggunakan data satelit penginderaan jauh. Dengan cara ini dapat diduga besarnya nilai ILD.

2.2.1 Pengukuran ILD secara langsung di lapangan

Pengukuran nilai ILD secara langsung di lapangan dapat dilakukan dengan dua pendekatan yaitu pendekatan alometris dan pendekatan radiasi (Siregar *etal*, 1999).

- Pendekatan alometris, adalah pendekatan yang menggunakan parameter tumbuhan seperti luas daun dan berat untuk mendapatkan nilai luas daun spesifik, kemudian melalui prosedur penimbangan dan pengukuran jarak tanaman maka diperoleh hasil perhitungan nilai Indeks Luas Daun.
- Pendekatan Optis, adalah dengan cara mengukur perbedaan nilai intensitas radiasi pada dua ketinggian yang berbeda, sekaligus menunjukkan kemampuan penetrasi radiasi atau sifat-sifat tipe vegetasi. Penetrasi radiasi didalam tajuk tumbuhan merupakan sebuah fangsi ketinggian tajuk yang dinyatakan dalam akumulasi indeks luas daun (ILD). Hal ini dapat dijelaskan dengan mengikuti Hukum Beer-Lambert, yaitu:

$$I_z = I_0 e^{-k(iLD)} \dots \dots \dots (2-1)$$

dengan

- Iz adalah intensitas cahaya pada suatu ketinggian (z) dalam tajuk,
- I0 adalah intensitas cahaya di atas tajuk atau komunitas tanaman,
- k adalah koefisien penyinaran radiasi. Hukum itu mengasumsikan bahwa tajuk tumbuhan adalah homogen dan semua cahaya yang datang diserap oleh daun.

2.2.2 Pengukuran ILD melalui data inderaja satelit

Nilai ILD diestimasi berdasarkan pantulan energi yang mengenai canopi vegetasi. Besarnya intensitasnya sangat tergantung pada panjang gelombang (λ) dan komponen vegetasi, seperti daun, substrat dan bayangan. Daun memantulkan energi pada A, biru dan merah, namun memantulkan luas pada "k infra merah dekat. Pantulan substrat dari vegetasi bervariasi menurut sifat sub-

stratnya, seperti misalnya tanah mineral memantulkan energi tinggi atau warna cerah pada citra, sedangkan tanah organik memantulkan energi rendah, atau tampak gelap pada citra (Plo, 1986, dalam Siregar *et. ah*, 1999). Bayangan canopi dari tanaman terlihat sangat gelap pada panjang gelombang sinar tampak. Hal ini terjadi karena daun menyerap radiasi sangat besar. Pada infra merah dekat, bayangan canopi tanaman cukup gelap oleh karena absorsi oleh daun lebih ringan. Luas relatif ketiga komponen tersebut menentukan pantulan dari total kanopi. Nilai ILD Vegetasi berkorelasi negatif dengan pantulan merah.

Penelitian-penelitian terdahulu menggunakan data inderaja satelit menunjukkan adanya korelasi nyata antara ILD untuk vegetasi alam dengan kombinasi NIR/RED. (Running and Nemani, 1991, dalam Siregar *et. ah*, 1999). Parameter NDVI yang diturunkan dari data inderaja satelit dapat digunakan untuk menduga ILD (Rambe, 1989).

Fukuhara *et. at* (1970) dan Miller (1981) menginventarisasi 12 macam metoda transformasi Indeks Vegetasi menggunakan data satelit Landsat, yang biasa digunakan untuk identifikasi dan pemantauan tanaman pertanian, seperti padi, jagung, singkong, kacang kedelai dan lain sebagainya. Salah satu dari metoda tersebut untuk menentukan Indeks Luas Daun dengan menggunakan data TM-Landsat diformulasikan sebagai berikut:

$$ILD = 2,677 - 3,694 (TM1/TM2) - 2,309 (TM1/TM3) + 5,751 TM1/2 * TM4 + 0,043 (TM2/TM3) - 2,692 (TM2/2 * Tm4) + 3,071 ((TM1/ TM2) - (TM1/2 * TM4)) * (TM1/TM2) \dots (2-2)$$

Keterangan:

TM1, TM2, TM3, TM4 adalah nilai digital (tingkat keabuan) dari tanaman pada citra Landsat ber-turut-turut padakanal 1,2,3, dan 4.

Menurut Zhangshi et al (1997, dakun Siregar et al, 1999) Hubungan antara nilai NDVI dan ILD dapat diturunkan dengan asumsi sebagai berikut:

- Bahwa hubungan antara ILD dan NDVI adalah linier
- Bahwa nilai NDVI maksimum yang ditransformasikan dari citra sesuai dengan nilai maksimum ILD dari tanaman yang diamati.

Berdasarkan kedua asumsi tersebut, Zhangshi et al. (1997, dalam Siregar et al, 1999), membangun model empiris NDVI-ILD untuk mendapatkan nilai ILD dari nilai NDVI, seperti persamaan di bawah ini:

$$ILD = ILD_{maks} * \frac{(NDVI - NDVI_{min})}{(NDVI_{maks} - NDVI_{min})} \dots \dots (2-3)$$

3 METODOLOGI

3.1 Lokasi Penelitian

Daerah penelitian yang dipilih adalah daerah penghasil padi di wilayah Jawa Barat, yaitu Kabupaten Subang/ Sukamandi, Indramayu dan Kuningan, dengan mempertimbangkan ketersediaan data lapangan (peta tanam/luas padi, masa tanam/umur padi, varietas padi) pada Perum Sang Hyang Seri Sukamandi dan Dinas Tanaman Padi pada tingkat Kecamatan.

3.2 Data yang Digunakan

3.2.1 Data inderaja (raster)

Data inderaja yang digunakan adalah data TM-Landsat multitemporal terkoreksi sistematis sebanyak 3 scene, yaitu Path/ Row 122/64, akuisisi tanggal 18 Juli 1999, tanggal 03 Agustus 1999 dan tanggal 03 Juli 2000.

- Untuk ekstraksi NDVI, digunakan data kanal 3 dan 4 dari TM-Landsat, untuk ekstraksi ILD, digunakan data kanal 1, 2, 3, dan 4 TM-Landsat.
- Data yang digunakan adalah multitemporal yang dapat meliputi siklus musim tanam (Data Awal Tanam, Vegetatif, Generatif, sebelum masa panen).

3.2.2 Data lapangan

Data lapangan yang diperlukan pada lokasi-lokasi daerah sampel adalah peta areal tanaman padi, masa tanam, varietas padi, data produktivitas dan produksi tanaman padi serta Indeks Luas Daun.

Parameter-parameter yang diukur/diamati

- a) Fase pertumbuhan tanaman padi: fase air, vegetatif, generatif, siap panen serta bera.
- b) Umur Tanaman dalam MST (minggu setelah tanam) berdasarkan waktu/jadwal tanam.
- c) Pola Tanam : frekuensi tanam padi serta palawija.
- d) Jarak Tanam rata-rata : jarak tanam antara rumpun dalam arah yang berbeda.
- e) Kadar Air Tanah: kandungan air pada setiap fase/umur tanaman padi.
- f) Luas Daun contoh : luas daun pada 3 helai daun/rumpun untuk pendugaan ILD (Indeks Luas Daun).
- g) Kondisi Tanaman: Apakah terkena serangan hama, penyakit atau kekeringan.

3.3 Prosedur dan Metode Pengukuran/ Pengamatan Data Lapangan

- a) Umur atau fase tanaman dapat diketahui berdasarkan pengamatan langsung di lapangan terhadap ciri-ciri pertumbuhan tanaman padi, misalnya mulai keluar malai adalah pada saat 9 MST atau langsung bertanya pada petani kapan mulai tanamnya atau panennya.
- b) Pola tanam dapat diketahui berdasarkan informasi dari petani atau petugas di Dinas Pertanian Tanaman Pangan Kabupaten.
- c) Jarak Tanam (JT) antara 4 rumpun dalam arah yang berbeda diukur menggunakan penggaris atau meteran, sehingga dapat diketahui rata-ratanya.
- d) Kadar Air Tanah: secara langsung dapat diamati kondisi kebasahannya, yaitu basah, lembab, dan kering. Sedangkan secara kuantitatif dapat

diketahui melalui pengukuran di laboratorium fisika tanah. Untuk tujuan tersebut, maka perlu diambil contoh tanah secukupnya. Jika ingin diketahui berapa Kadar Air Tanah pada Kapasitas Lapang dan Titik Layu Permanen, maka pengambilan contoh tanah harus menggunakan *ring sample*.

- e) Pengukuran luas daun contoh dilakukan dengan cara pengambilan beberapa helai daun pada beberapa rumpun, misalnya 4 rumpun yang membentuk jarak tanam. Contoh daun tersebut lalu diplotkan ke kertas mm blok untuk diukur luasnya menggunakan Planimeter. Luas untuk 1 rumpun dihitung berdasarkan hasil kali luas daun rata-rata 1 helai daun contoh dengan jumlah helai setiap rumpun (LD). LDr merupakan nilai rata-rata LD dari 4 rumpun. Selanjutnya ILD dapat diduga dengan rumusan sebagai berikut: $ILD = LDr/JT$. Cara lain untuk mengukur ILD adalah dengan mengukur radiasi yang datang di atas tajuk dan ditransmisikan di bawah tajuk tanaman menggunakan sepasang alat Tube Solarimeter.

3.4 Prosedur dan Metode Pengolahan Data Inderaja (Raster)

Diagram Blok aliran data dan proses yang dibangun di dalam pembuatan dan verifikasi model spasial untuk pemantauan/umur dan luas area! serta prediksi produksi padi menggunakan parameter NDVI dan ILD dari TM-Landsat ditunjukkan dalam Gambar 3-1.

3.4.1 Koreksi radiometrik

Proses koreksi radiometrik yang perlu diperhatikan adalah standarisasi citra dari keseluruhan data multitemporal yang digunakan dalam menyusun model untuk memastikan bahwa perubahan yang ada pada tingkat keabuan dari titik citra (lokasi sampel) adalah karena perubahan informasi pertumbuhan dan perkembangan tanaman bukan karena kesalahan radiometrik atau kondisi atmosfer.

3.4.2 Koreksi geometrik

Perlu dilakukan koreksi geometrik presisi/geocoded untuk menyamakan sistem koordinat data citra dengan sistem koordinat peta yang digunakan sebagai referensi yaitu peta topografi, skala 1: 250.000. Prosedur koreksi geometrik yang dilaksanakan adalah menggunakan transformasi geometri polinomial orde linier menggunakan sejumlah *Ground Control Point* (GCP) dari peta topografi yang digunakan. Proses *resampling* dilakukan dengan metode *Nearest Neighbourhood*.

3.4.3 Masking area! sawah

Tujuan masking areal sawah adalah memberikan batasan wilayah sawah dan non sawah dengan cara membuat poligon. Dengan adanya pembatasan poligon sawah dan non sawah maka luas areal dan posisi sawah dapat diketahui.

3.4.4 Ekstraksi nilai NDVI dan ILD

Ekstraksi nilai NDVI dari data Land sat TM yang dilakukan adalah dengan cara transformasi Indeks Vegetasi (NDVI) yang dihitung menggunakan kombinasi kanal Infra Merah Dekat (TM4) dan kanal Merah (TM3) (Sitanggang dkk., 2000). Mengikuti formula :

$$NDVI = (TM3 - TM4) / (TM3 + TM4) \dots \dots (3-1a)$$

$$NDVI_t = 100 + 100 * NDVI \dots \dots (3-1b)$$

Nilai NDVI_t berkisar dari -1 s.d * 1, sedangkan nilai NDVI dari 0 s.d 200.

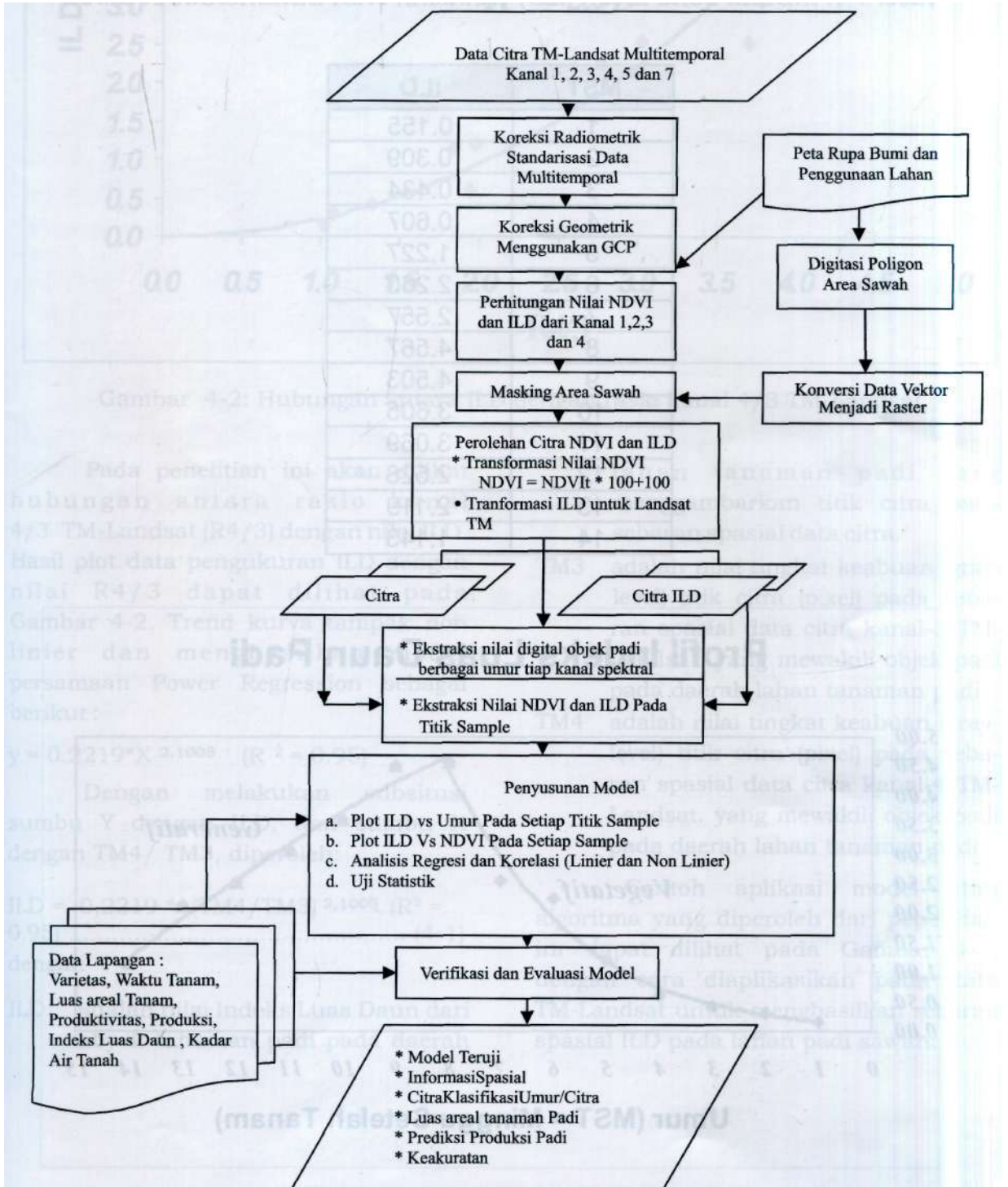
Pendugaan umur padi dilakukan dengan menggunakan parameter NDVI yang memiliki korelasi dengan umur.

Prosedur Ekstraksi Nilai NDVI dan ILD adalah sebagai berikut:

- Formulasi untuk perhitungan indeks Vegetasi menggunakan persamaan (3-1a) dan (3-1b), sedangkan untuk menghitung Indeks Luas Daun (ILD) menggunakan formula persamaan (2-2).
- Pada daerah kajian digunakan data monotemporal dan atau data multitemporal dari masing-masing lokasi

- sample tanaman padi yang dapat mewakili fase-fase pertumbuhan padi.
- c) Posisi lokasi dari titik-titik sample di lapangan, disesuaikan dengan posisi lokasi dan titik-titik sample pada citra.
- d) Ekstraksi nilai NDVI dari Citra NDVI berasal dari titik-titik sampel di lapangan, dilakukan dengan formula

- yang disebutkan di atas, sehingga diperoleh nilai indeks vegetasi (-1 s.d 1) atau nilai digital (0 s.d 200).
- e) Plot nilai Indeks Vegetasi dan nilai Indeks Luas Daun masing-masing vs umur padi di setiap titik sampel dapat diperoleh berdasarkan nilai NDVI dan nilai ILD yang diekstrak dari data citra NDVI, dan citra ILD.



Gambar 3-1: Diagram alir data dan proses dalam pembuatan dan verifikasi keakuratan model spasial pemantauan/ prediksi umur, luas areal panen/produksi padi berdasarkan data NDVI, ILD dari TM-Landsat

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

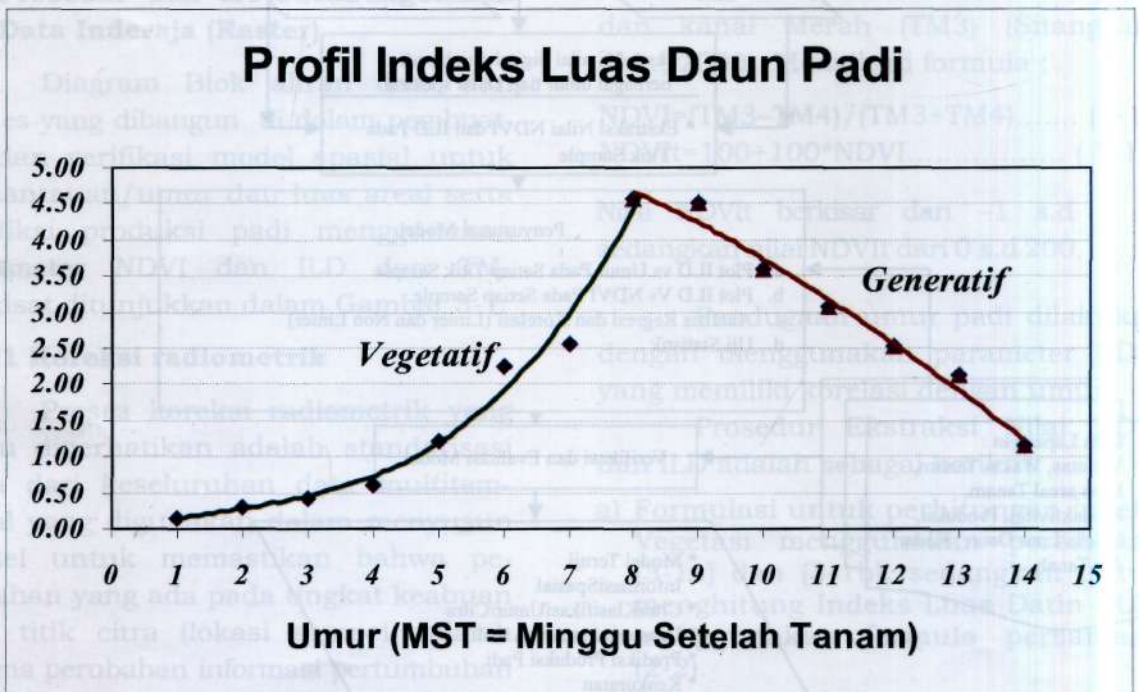
4.1 HASIL

Pengukuran ILD (Indeks Luas Daun) dilakukan pada lahan padi sawah di Sang Hyang Seri dan sekitarnya pada bulan Maret dan Agustus tahun 1999,

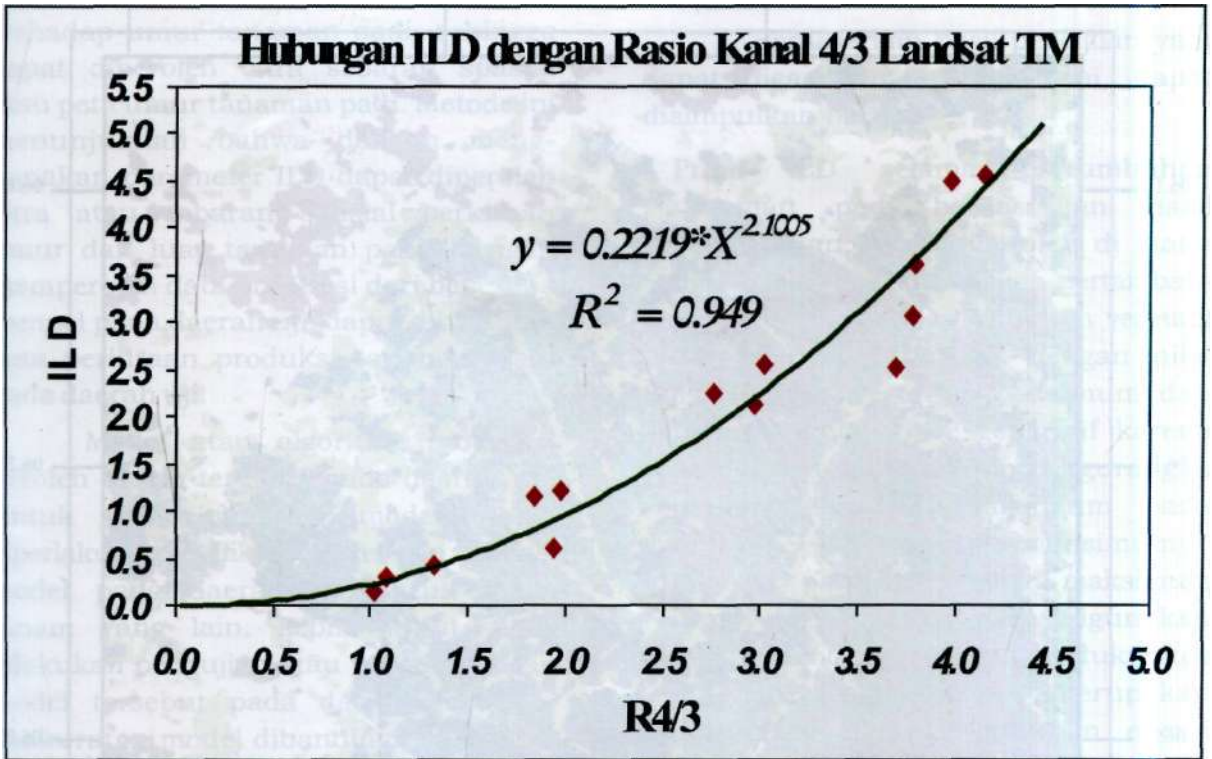
serta bulan Agustus tahun 2000. Nilai akhir yang digunakan adalah nilai Median dari beberapa seri pengukuran. Hasil rekapitulasi pengukuran disajikan pada Tabel 4-1. Profil ILD selama pertumbuhan tanaman padi disajikan pada Gambar 4-1.

Tabel 4-1: INDEKS LUAS DAUN (ILD) TANAMAN PADI BERDASARKAN UMUR

MST	ILD
1	0.155
2	0.309
3	0.434
4	0.607
5	1.227
6	2.260
7	2.557
8	4.567
9	4.503
10	3.605
11	3.069
12	2.528
13	2.119
14	1.143



Gambar 4-1: Hubungan ILD dengan umur tanaman padi



Gambar 4-2: Hubungan antara ILD dengan rasio kanal 4/3 TM-Landsat

Pada penelitian ini akan dilihat hubungan antara rasio kanal 4/3 TM-Landsat (R4/3) dengan nilai ILD. Hasil plot data pengukuran ILD dengan nilai R4/3 dapat dilihat pada Gambar 4-2. Trend kurva tampak non linier dan menghasilkan model persamaan Power Regression sebagai berikut:

$$y = 0.2219 * X^{2.1005} \quad (R^2 = 0.95)$$

Dengan melakukan substitusi sumbu Y dengan ILD, dan sumbu X dengan TM4/ TM3, diperoleh:

$$ILD = 0,2219 * (TM4/TM3)^{2,1005} \quad (R^2 = 0,95) \dots\dots\dots(4-1)$$

dengan

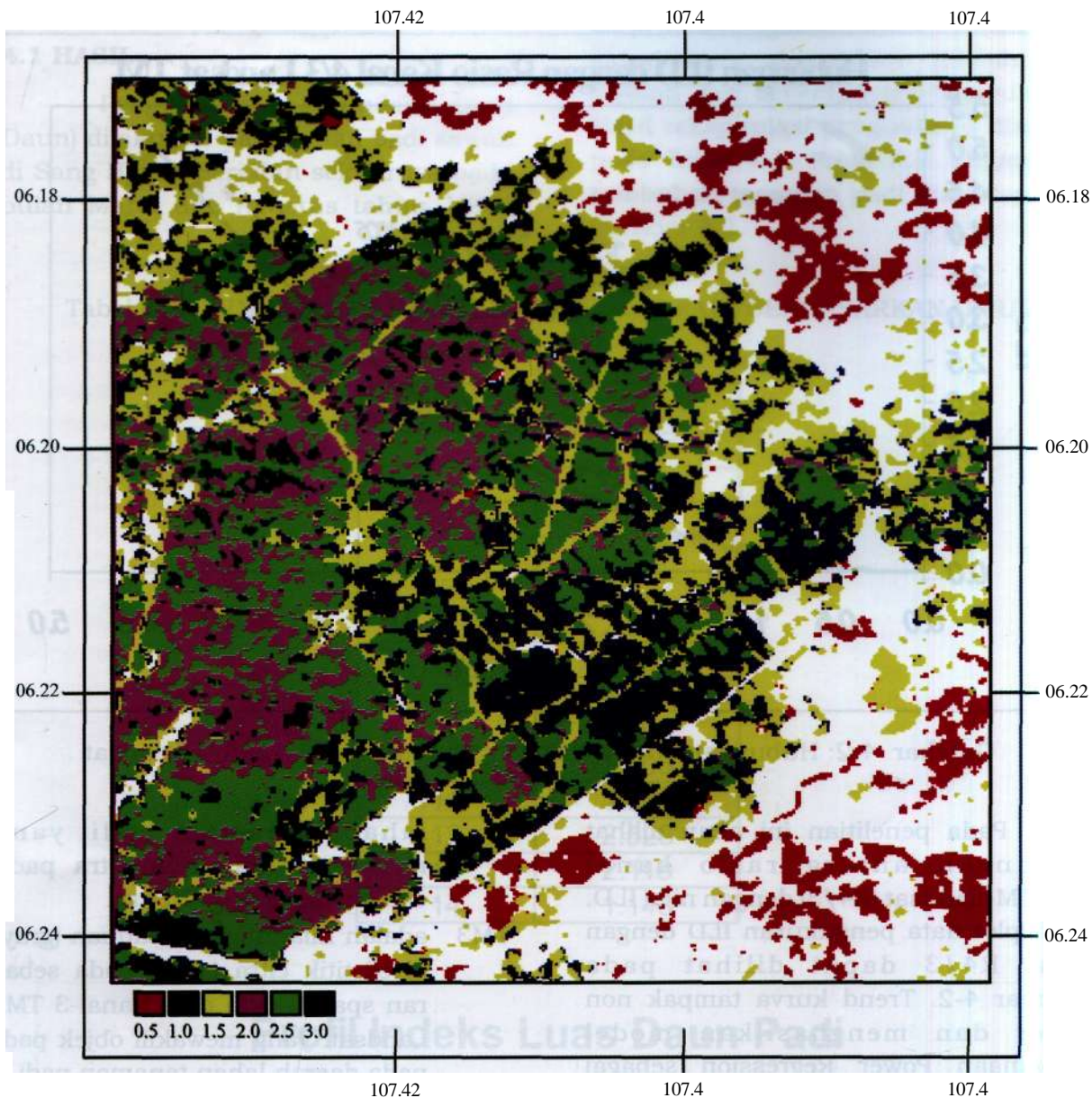
ILD adalah nilai Indeks Luas Daun dari obyek tanaman padi pada daerah

lahan tanaman padi yang menggambarkan titik citra pada sebaran spasial data citra.

TM3 adalah nilai tingkat keabuan (gray-level) titik citra (pixel) pada sebaran spasial data citra kanal-3 TM-Landsat, yang mewakili objek padi pada daerah lahan tanaman padi

TM4 adalah nilai tingkat keabuan (gray-level) titik citra (pixel) pada sebaran spasial data citra kanal-4 TM-Landsat, yang mewakili objek padi pada daerah lahan tanaman padi

Contoh aplikasi model atau algoritma yang diperoleh dari penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4-3, dengan cara diaplikasikan pada data TM-Landsat untuk menghasilkan sebaran spasial ILD pada lahan padi sawah.



Gambar 4-3:Sebaran spasial ILD lahan padi sawah di Sang Hyang Seri Subang dan sekitarnya (Citra Tanggal 18 Juli 1999)

4.2 Pembahasan

Berdasarkan kurva dalam Gambar 4-1 terlihat bahwa nilai ILD meningkat dengan bertambahnya umur selama pertumbuhan vegetatif dan mencapai puncak dengan nilai sebesar 4,567 pada vegetatif maksimum (umur 8-9 MST) dan selanjutnya menurun sejalan dengan perkembangan fase generatif karena terjadi penguningan dan pengurangan daun. Nilai ILD pada fase vegetatif maksimum atau pada umur 7-10 MST dapat digunakan unruk menduga kualitas produktivitas tanaman padi, karena merupakan akumulasi dari penimbunan

energi yang digunakan untuk pembentukan malai dan pengisian biji. Semakin tinggi nilai ILD pada vegetatif Maksimum, maka akan semakin tinggi pula produktivitas tanaman.

Dalam contoh aplikasi dari model atau algoritma yang diperoleh dari penelitian (Gambar 4-3), dapat diperoleh sebaran spasial ILD lahan padi sawah di Sang Hyang Seri Subang dan sekitarnya (citra tanggal 18 Juli 1999).

Berdasarkan profil ILD selama pertumbuhan tanaman padi yang disajikan pada Gambar 4-1, lebih lanjut

dapat dilakukan transformasi ILD terhadap umur tanaman padi, sehingga dapat diperoleh citra sebaran spasial atau peta umur tanaman padi. Metode ini menunjukkan bahwa dengan menggunakan parameter ILD dapat diperoleh citra atau sebaran spasial perkiraan umur dan luas tanaman padi. Dengan memperoleh data produksi dari beberapa sampel pada daerah uji, dapat dihasilkan peta perkiraan produksi tanaman padi pada daerah uji.

Model atau algoritma yang diperoleh masih terbatas pada daerah uji. Untuk operasionalisasi model masih diperlakukan verifikasi model dan validasi model pada daerah uji untuk masa tanam yang lain. Lebih lanjut perlu dilakukan pengujian atau pengembangan model tersebut pada daerah uji lain. Keakuratan model dibandingkan dengan model spasial menggunakan parameter tunggal NDVI, dan parameter ganda (secara serentak NDVI dan ILD) masih perlu pula dilanjutkan.

Pada daerah-daerah sawah yang sangat berpotensi untuk tertutup awan atau persentase liputan awannya sepanjang tahun selalu besar dapat diperimbangkan penggunaan model menggunakan data radar atau dengan teknik fusi data radar dan optik. Aplikasi data Radar JERS-1 SAR secara terpadu (fusi) dengan data optik resolusi tinggi Landsat-TM untuk memantau umur dan luas areal tanaman padi sawah irigasi juga telah dilakukan oleh LAPAN. Hasilnya menunjukkan bahwa dengan cara fusi tersebut diperoleh perbaikan identifikasi dan penambahan/pemisahan kelas-kelas umur padi yang cukup berarti terutama pada fase awal tanam fase vegetatif, dibandingkan dengan menggunakan data optik saja (Sitanggang *et al* , 1999, 2000). Dengan prosedur dan metoda fusi data yang dilaksanakan dapat diidentifikasi 9 kelas umur padi, dengan ketelitian klasifikasi 84,41 % sedangkan dengan hanya menggunakan data Landsat-TM. hanya dapat diidentifikasi 7 kelas umur padi dengan ketelitian 98,48 %.

5 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dapat dicapai pada tahap ini, dapat disimpulkan bahwa.

- Profil ILD selama pertumbuhan tanaman padi berdasarkan hasil pengukuran dapat diperoleh di mana nilai ILD meningkat dengan pertambahan umur selama pertumbuhan vegetatif dan mencapai puncak dengan nilai 4,567 pada vegetatif maksimum dan menurun pada fase generatif karena terjadi penguningan dan pengurangan daun. Nilai ILD maksimum pada umur 8-9 MST (vegetatif maksimum).
- Nilai ILD pada fase vegetatif maksimum (umur 7-10 MST), data digunakan untuk menduga kualitas produktivitas tanaman padi, karena merupakan akumulasi dari penimbunan energi yang digunakan untuk pembentukan malai dan pengisian biji.
- Hubungan antara nilai ILD dengan kombinasi kanal TM-Landsat yang dihasilkan adalah $ILD = 0,2219 \cdot (TM4/TM3) + 2.1005$ ($R^2 = 0,93$) dapat diaplikasikan untuk menghasilkan sebaran spasial ILD pada padi lahan sawah.
- Dapat dihasilkan atau ditunjukkan satu contoh aplikasi model atau algoritma yang diperoleh dari penelitian ini yaitu Sebaran Spasial ILD Lahan Padi Sawah di Sang Hyang Sen Subang dan sekitarnya (Citra TM-Landsat, tanggal 18 Juli 1999) dengan cara diterapkan pada data TM-Landsat tersebut untuk menghasilkan sebaran spasial ILD pada lahan padi sawah.
- Berdasarkan profil ILD selama pertumbuhan tanaman padi yang diperoleh, lebih lanjut dapat dilakukan transformasi ILD terhadap umur tanaman padi, sehingga dapat diperoleh citra sebaran spasial atau peta umur tanaman padi. Metode ini menunjukkan dengan menggunakan parameter ILD dapat diperoleh citra atau peta perkiraan umur dan luas tanaman padi. Dengan memperoleh data produksi dari beberapa sampel pada daerah uji,

dapat dihasilkan peta perkiraan produksi tanaman padi pada daerah uji.

6 SARAN

Model yang diperoleh masih terbatas pada daerah uji. Untuk operasionalisasi model masih diperlakukan verifikasi model dan validasi model pada daerah uji untuk masa tanam yang lain. Lebih lanjut perlu dilakukan pengujian atau pengembangan model tersebut pada daerah uji lain. Keakuratan model dibandingkan dengan model spasial menggunakan parameter tunggal NDVI, dan parameter ganda (secara serentak NDVI dan ILD) masih perlu dilanjutkan.

Pada daerah-daerah yang sangat berpotensi untuk tertutup awan atau persentase liputan awannya sepanjang tahun selalu besar dapat dipertimbangkan penerapan/pengembangan model menggunakan data radar dengan teknik fusi data radar dan optik.

DAFTAR RUJUKAN

- Dirgahayu, D., H. Arief I Made Parsa, I. Carolita, Arifin, S., dan Kustiyo, 1998. *Asesmen Luas Parxen Sawah Irigasi di Pulau Jawa (Inventarisasi Periode Januari-April 1998)*, Laporan Akhir, Kegiatan Penelitian Proyek Pemanfaatan Data Penginderaan Jauh untuk Inventarisasi Sumber Daya Alam dan Lingkungan, LAPAN, Jakarta.
- Fukuhara, M., S. Hayashi, Y. Yasuda, I. Asamuna, Y. Emon, J. Litsaka, 1979. *Extraction of Soil Information from Vegetated Area*, Scientific Centre Report IBM G318-1506-0, Tokyo, Japan.
- Miller, G. E. (1981). *A Look At The Used Landsat Vegetation Indices*. AGRI-STARS Report No. EW-L1-04134, JTC-17413, NASA, Washington, D.C., USA.
- Parwati, E., H. Arif, I. Prasasti, I. Effendy, S.H. Pramono, W.H. Harsanugraha, T. Suhartini, dan Suhartono, 1998. *Penentuan Spesifikasi Standar Model Estimasi Produksi Tanaman Padi Berdasarkan Indeks Vegetasi*, Laporan Akhir, Kegiatan Proyek Penelitian dan Pengembangan Pemanfaatan Pengolahan Data Penginderaan Jauh Satelit, LAPAN, Jakarta.
- Rambe, A., 1989. *Analisis Digital Data Satelit Untuk Menduga Luas Areal Tanaman Padi* Jurusan Ilmu-Ilmu Pertanian, Fakultas Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor, Disertasi, Unpublished.
- Siregar, V. P., Wahyu, Sri Harini, Syukri M. Nur, Djokosoegito, M., Sitanggang, G., I. Setyawan, Saptajadi, D. P. Nugroho, I-Setiawan, Dirgahayu, D., Mujiyanto, Siregar, D. F., 1999b. *Konstruksi Prediksi Produksi Padi Berdasarkan Model Spasial*, Laporan Akhir, Kegiatan Proyek Teknologi Inventarisasi Sumber Daya Alam (TISDA)-BPPT, SEAMEO BIOTROP, Bogor.
- Sitanggang, G., Dirgahayu, D., Carolita I., Noviar H., 1999. *Verifikasi Keakuratan Pemantauan/Prakiraan Luas Panen Padi dan Data Inderaja*, Laporan Akhir, Kegiatan Proyek Penelitian dan Pengembangan Pemanfaatan Pengolahan Data Penginderaan Jauh Satelit-LAPAN, Jakarta.
- Sitanggang, G., Dirgahayu, D., Parwati, E., Carolita, I., Djaiz, E. D., 2000. *Verifikasi Keakuratan Monitoring Tanaman Padi*, Prosiding Seminar Internasional Penginderaan Jauh dalam Pengembangan dan Pelestarian Lingkungan, Vol U, ISBN: 979-95466-2-1, Hotel Kartika Candra, Jakarta, 11-12 April 2000, PUSFATJA-LAPAN, Jakarta.
- Sitanggang, G., Carolita, I., Noviar H., Surlan, dan Djaiz, E. D., 1999. *Verifikasi Model Aplikasi Data Inderaja Satelit Radar SAR JERS-1 Secara Terpadu (Fusi) dengan Optik Resolusi Tinggi TM Landsat untuk Pemantauan Umur dan Luas Areal Tanaman Padi*, Laporan Akhir, Kegiatan Proyek Penelitian dan Pengembangan Pemanfaatan Peng-

olahan Data Penginderaan Jauh Satelit- LAPAN, Jakarta.

Sitanggang, G, Carolita, I., Noviar, H., Surlan, dan Djaiz, E.D., 2000. *Pengembangan Aplikasi Fusi Data SAR JERS-1 dengan LANDSAT-TM*

Landsat untuk Pemantauan Umur dan Luas Areal Tanaman Padi Sawah Irigasi, Majalah LAPAN Edisi Penginderaan Jauh , Vol. 02 No. 01 Hal. 33-46. Bulan Maret, ISSN 0126-0480, Jakarta.