

Model Survey Lahan Potensial Pertanian dengan Teknologi Hyperspectral dan Spasial Statistik

oleh

Nani Hendiarti, Muhammad Sadly, Rony Bishri, Mubekti, Agus Wibowo
Pusat Teknologi Inventarisasi Sumberdaya Alam (PTISDA) –
Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT)
Jl. MH Thamtin No. 8, Gedung BPPT I Lt. 19

Abstrak

Model survey lahan potensial pertanian dikembangkan secara modern untuk mendapatkan estimasi produksi padi dalam periode waktu tertentu dengan akurasi yang lebih baik, yaitu wilayah kerangka sampel area (KSA) dengan mengadopsi sistem ubinan yang dikembangkan oleh BPS dan Departemen Pertanian. Teknik survey tersebut dibangun berdasarkan stratifikasi daerah, dimana untuk Kabupaten Indramayu dengan jumlah sampel sebanyak 52 segmen dan dapat digunakan untuk menghitung luasan persawahan dengan lebih tepat. Hasil analisis citra satelit NOAA-18 AVHRR resolusi tinggi tanggal 24 Juli 2008 dengan metode *triangle* diketahui pertanian tanaman padi di Pulau Jawa bulan mulai terjadi kekeringan di beberapa wilayah yang luasnya mencapai 13,38% dari luas persawahan di Pulau Jawa. Pengembangan model prediksi produktifitas padi dilakukan melalui perhitungan parameter biofisik yang merupakan faktor penentu untuk mengetahui kondisi pertumbuhan tanaman padi. Hasil analisis *Multiple Linear Regression* dan regresi *Partial Least Square* menunjukkan nilai korelasi R^2 di atas 70% dan 80%; sehingga kedua model tersebut dapat digunakan untuk memprediksi indeks luas daun sebagai input utama dalam memprediksi produksi padi. Produktivitas lahan sawah di Kabupaten Indramayu tertinggi adalah 13,23 ton/ha dan terendah 2,27 ton/ha dengan angka rata-rata 6,87 ton/ha dan median 6,73. Hasil analisis valuasi ekonomi pertanian menunjukkan produktivitas sangat bervariasi karena perbedaan kesuburan tanah, sistim irigasi dan pemberian pupuk. Hasil survei memperlihatkan 6 klasifikasi *Return Cost (R/C)*. Perbedaan keadaan lahan pada setiap desa akan mempengaruhi tingkat R/C. R/C rata-rata adalah 3,98 dan median R/C adalah 3,85. R/C ini sangat tinggi yang berarti lahan sawah di Indramayu sangat menguntungkan. Meskipun pada kenyataannya kehidupan petani tidak begitu sejahtera disebabkan oleh sebagian besar petani merupakan buruh tani yang hanya menyewa lahan.

Kata kunci: kerangka sample area, metoda triangle, model prediksi panen, produktifitas padi

Abstract

Survey model for potential areas of paddy fields is developed to estimate rice productivity in the period with higher accuracy, called as area sampling framework (KSA) by adopting "ubinan" system used by BPS and the Department of Agriculture. This technique was build using land stratification, which is included in the KSA design of Indramayu district with 52 segmen. This KSA can be used for calculating rice productivity with more precise. The results of satellite image of the NOAA-18 AVHRR dated the 24th of July 2008 to apply *triangle methods*, showed that in rice farming in Java island on July 2008 there was dryness in several areas up to 13,38% of the total rice farming area in Java Island. Development of rice productivity prediction model has been done through the calculation of biophysical parameters as the main important factors to understand the rice field conditions. The results from *Multiple Linear Regression (MLR)* *Partial Least Square (PLS)* regression are shown high correlation coefficiency (R^2) with above 70% and 80%. Therefore the two

PERPUSTAKAAN IL 98 6

No. Induk : 020714/11

Klasifikasi : 333.76

Subjek : SC

Harga / Asal : agricultural land

Pemb. / Hal / T. : 02/11/11

Katalo : 02/11/11

PTISDA PTISA BPPT

Dr. Ir. Muhammad Sadly, M.Eng
NIP. 196312141989031002

models can be used to predict leaf area index as an important parameter for yield prediction model. Rice Field productivity, in the district of Indramayu the highest was 13.23 ton/ha and the lowest was 2,27 ton/ha. The average productivity was of 6,87 ton/ha and the median was of 6,73. The result is shown that productivity varied since there is different fertility of soil, irrigation system and fertilizer treatment. The survey findings categorized six classification of *Return to Cost (R/C)*. Soil condition in every village influenced the level of R/C. The average R/C was 3,98 and the median R/C was 3,85. The R/C was high which means that rice farming is profitable in Indramayu. However, most of the farmers are those who rented land and therefore the level of economic welfare is low.

Key words: sample area frameworks, *triangle methods*, yield prediction model, rice productivity

1. PENDAHULUAN

Beras masih merupakan bahan pangan pokok bagi sebagian besar rakyat Indonesia. Walaupun proyeksi pangan harapan menunjukkan penurunan terhadap konsumsi beras perkapita, namun angka konsumsi ini masih akan di atas 100 kg/kapita/tahun. Dari tahun ke tahun, kebijakan pembangunan pertanian selalu diarahkan pada pemantapan ketersediaan pangan, salah satunya adalah beras. Upaya peningkatan produksi beras dilakukan dengan berbagai cara, yakni melalui peningkatan luas panen maupun perbaikan usaha tani untuk meningkatkan produktivitasnya. Berbagai upaya ini telah banyak dilakukan melalui pelaksanaan program dan kegiatan pembangunan pertanian. Berkaitan dengan hal tersebut, pelaksanaan pembangunan akan sangat didukung oleh data yang akurat, sehingga perencanaannya dapat tepat sasaran.

Secara reguler, terutama pada saat-saat musim paceklik terjadi gejolak ketersediaan beras sebagai bahan pangan secara nasional. Ujung dari gejolak ketersediaan pangan tersebut selalu bermuara pada masalah membanjirnya beras impor dan terpuruknya harga beras dipasaran jauh dibawah harga dasar yang ditetapkan oleh pemerintah. Sudah dapat diduga, pihak petani yang selalu menjadi korban dari suatu pengambilan keputusan kurang benar. Masalah-masalah diatas merupakan suatu indikasi bahwa ada suatu kesalahan dalam pengambilan keputusan, dimana salah satu sumber kesalahan terletak pada informasi mengenai luasan baku lahan sawah. Menurut data resmi dari BPS luasan lahan sawah di seluruh Indonesia adalah 7,7 juta hektar (BPS, 2002), namun ada beberapa sumber data lain yang berbeda dari angka tersebut. Sampai saat ini belum ada keseragaman data luasan lahan sawah yang digunakan oleh berbagai pihak. Penyebab utama adalah adanya perbedaan metoda dan tahun pengumpulan data luasan. Dapat dikatakan bahwa laju perubahan (alih fungsi) lahan sawah jauh lebih cepat dari periode pengumpulan data statistiknya. Menurut tim peneliti Badan Litbang Pertanian (1998), diduga bahwa penyusutan luas lahan pertanian di Indonesia mencapai 50.000 ha/tahun, yang pada umumnya berupa lahan sawah dan lahan kering. Perubahan yang sedemikian besar sudah barang tentu sangat sulit diikuti oleh laju pengumpulan data statistiknya. Sedangkan data statistik pertanian (DEPTAN, 2002) menunjukkan pada tahun 1996 luas lahan sawah mencapai 8,5 juta hektar dan pada tahun 2000 luas lahan sawah menjadi 7,48 juta hektar. Berarti terjadi penyusutan lahan sawah yang sangat besar, yaitu lebih dari 1 juta hektar dalam kurun lima tahun. Pengumpulan data luas panen padi yang dilakukan pada saat ini adalah dengan menggunakan daftar isian SP-IA, namun data yang diperoleh belum memenuhi tingkat akurasi yang diinginkan. Oleh sebab itu diperlukan penyempurnaan metoda pengumpulan data luas panen padi guna memperoleh data yang lebih akurat dan obyektif.

Data luasan tanaman padi di Indonesia dapat dilakukan melalui beberapa cara, misalnya berdasar banyaknya bibit yang digunakan, sistem blok pengairan, laporan petani, pandangan mata. Cara yang paling banyak digunakan adalah dengan pandangan mata berdasar luas baku, dimana para Mantri Tani memperkirakan luasan tanaman pada level kecamatan. Kemudian data tersebut diagregasikan secara vertikal, yaitu kabupaten, propinsi dan pusat. Sistem ini sangat dipengaruhi oleh

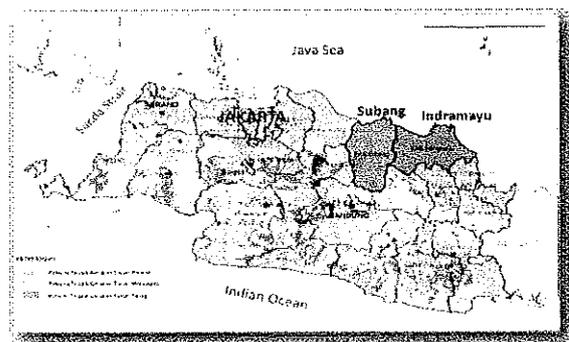
subyektivitas para petugas, dan di pihak lain luas baku sawah yang digunakan untuk mengestimasi sudah banyak yang berubah luasannya. Dengan segala kelebihan dan kekurangan sistem statistik pertanian yang ada saat ini, banyak pihak terkait yang mengharapkan adanya suatu pendekatan baru yang dapat dijadikan sebagai pembanding sehingga dapat menghasilkan informasi yang lebih baik dan independen. Dalam rangka pengembangan sistem monitoring dan prediksi produksi padi nasional tersebut, akhir-akhir ini berkembang pendekatan estimasi dan peramalan produksi dengan menggunakan statistik spasial. Kerangka sampel area adalah salah satu pendekatan statistik spasial yang dikembangkan oleh FAO (Food Agricultural Organisation, USDA (United State Department of Agriculture), dan EUROSTAT Uni Eropa. Pendekatan Kerangka Sampel Area berkembang dengan pesat seiring dengan kemajuan teknologi komputer, GIS dan Remote sensing.

Demikian halnya dengan prediksi produktifitas padi, pengembangan teknologi maju melalui penerapan data dari sensor *hyperspectral* yang dapat diperoleh dari beberapa teknik observasi, digunakan untuk mendapatkan nilai prediksi produktifitas padi dengan lebih tepat. Peningkatan teknologi sensor *hyperspectral*, baik yang *portable* maupun yang *onboard* pada pesawat terbang ataupun satelit dalam mengobservasi obyek di permukaan bumi, telah mendorong untuk melakukan multi-diagnosa terhadap obyek. Dengan adanya keunggulan sensor yang memuat ribuan panjang gelombang dan juga pengembangan metode analisis diagnosa obyek, akan memungkinkan dalam memprediksi suatu produksi tanaman secara cepat, efisien dan akurat. Sensor *hyperspectral* dapat mengobservasi tanaman padi wilayah Indramayu dengan dukungan pengembangan model hubungan antara respon target terhadap energi reflektansi. Model empiris regresi atau juga dikenal dengan model stokastik telah banyak dipakai dalam menganalisis hubungan antara respon target dengan nilai reflektansi panjang gelombang. Seperti halnya kemajuan dalam seleksi panjang gelombang baru dengan menggunakan teknik yang lebih maju telah dilakukan dalam beberapa kasus, khususnya yang fokus pada bagaimana meningkatkan sensitivitas panjang gelombang yang dihubungkan dengan faksot biofisik maupun biokimia (Ahlrirs and Bauer 1983). Dimana, tingkat akurasi model dan validasinya diupayakan untuk terus ditingkatkan dengan menerapkan metode-metode analisis yang lebih baik dan akurat dengan pendekatan proses, baik itu dari data insitu sampai data satelit.

1. METODOLOGI

2.1. Lokasi Studi

Lokasi kegiatan adalah Kabupaten Indramayu, seperti dapat terlihat pada gambar berikut:



Gambar 1. Lokasi penelitian model survey lahan potensial pertanian

2.2. Metode Penelitian

Secara umum metodologi yang diterapkan dapat dikelompokkan pada tiga bagian:

- Pembuatan rancangan (design) kerangka sampel area untuk estimasi produksi padi dengan teknik statistik spasial, dan pembuatan peta kekeringan lahan padi berbasis spasial

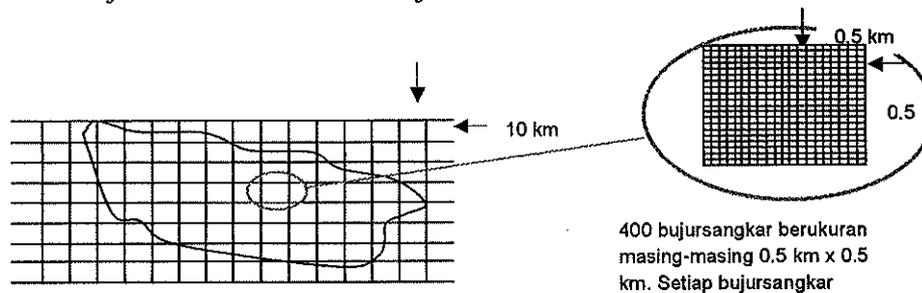
- Pengembangan software SRISoft dengan penambahan modul PCR dan PLS untuk memprediksi produktifitas padi berbasis teknologi hiperspektral
- Valuasi ekonomi hasil produksi pertanian

2.2.1. Pembuatan *Design Kerangka Sampel Area* dan peta lahan kekeringan persawahan

Dalam pembangunan rancangan kerangka sampel area di Kabupaten Indramayu dilakukan tahapan kegiatan stratifikasi, penentuan kerangka sampel dan ekstraksi sampel segmen. Stratifikasi bertujuan untuk membagi populasi (Ω) berukuran N kedalam H sub-populasi yang tidak overlap (Ω_h -strata) berukuran N_h . Secara klasik strata dibuat sehingga setiap segmen dari populasi masuk hanya dalam satu strata dari H strata. Tidak ada elemen yang mungkin dimiliki oleh dua atau lebih strata. Dalam kasus kerangka areal yang terdiri dari elemen-elemen yang disebut juga sebagai segmen, berarti tak satupun segmen yang melangkahi batas antara dua strata.

Stratifikasi yang dilakukan untuk Kabupaten Indramayu menggunakan peta digital Rupa Bumi Skala 1:25.000 yang diproduksi oleh Bakosurtanal. Dalam peta rupa bumi juga terdapat batas administrasi, sehingga untuk mendapatkan strata yang meliputi seluruh Kabupaten, masing-masing peta kelompok penggunaan lahan dioverlaikan dengan peta batas administrasi Kabupaten. Proses stratifikasi tersebut dilakukan dengan menggunakan software Arc-View, dengan sumber utama sebagai alat stratifikasi adalah Peta Baku Persawahan dan Peta Ekosistem Pertanian skala 1:100.000 dalam format digital.

Desain sampel segmen yang digunakan dalam kegiatan ini didasarkan pada kerangka areal dengan segmen berbentuk bujur sangkar. Segmen ditentukan dengan mengoverlaykan grid bujur sangkar diatas areal yang akan diteliti (gridding). Dimana area operasional yang akan diteliti, disebut studi area, dibagi kedalam blok-blok besar berbentuk bujursangkar berukuran 10 km X 10 km persegi. Masing-masing bujursangkar besar ini kemudian dibagi lagi menjadi 400 bujursangkar yang lebih kecil (sub-blok) berukuran 500 m X 500 m. Masing-masing bujursangkar ini disebut segmen. Batas segmen ditentukan berdasarkan pada koordinat geografi dengan lokasi tetap. Pembagian studi area menjadi blok dan sub-blok ditunjukkan dalam Gambar 2.



Gambar 2. Ilustrasi pembagian wilayah menjadi blok dan sub-blok

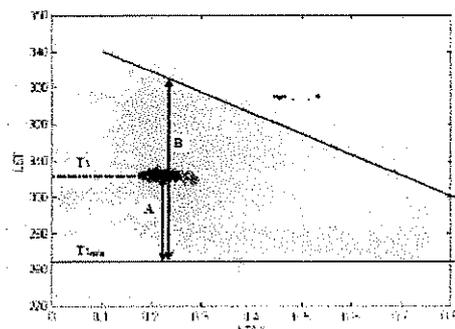
Metoda 'Systematic Aligned Radom Sampling' dengan menggunakan ambang jarak (threshold) akan diaplikasikan untuk mengekstraksi sample segmen. Daerah studi area yang sudah dibagi kedalam blok-blok berukuran 10 km x 10 km kemudian dibagi lagi menjadi 400 sub-blok berukuran 500 m x 500 m yang menjadi 'spatial unit' dalam penentuan sample segmen. Dimensi (jumlah) sample ditentukan dengan mengikuti sampel dimensi minimum yang masih dimungkinkan dalam hubungannya dengan keakuratan data yang dapat diterima dalam estimasi pada level Kabupaten. Pertimbangan dalam penentuan dimensi sample terutama merujuk pada kesulitan pelaksanaan survey serta berhubungan dengan kendala-kendala managemen kegiatan (koordinasi, jumlah Mantri Tani/PPL), biaya dan kesulitan dalam transfer 'know-how' teknik survey. Dalam design operasional ini, dimensi sample segmen dikurangi dari 2 % pada awal fase pengembangan

metodologi menjadi 1 % dari luasan kerangka. Dimensi sample ini juga mengalami penyesuaian dengan pertimbangan koefisien variasi yang akan dicapai, dimensi sample per-strata dan per Kabupaten, dan pengetahuan yang dikuasai tentang kondisi setempat.

Perandoman di Kabupaten Indramayu dilakukan 10 segmen (replikasi) dan dari setiap blok dipilih 4 sampel segmen yang posisinya memenuhi ambang jarak 1 km (2 grid) atau lebih yang diperhitungkan dan diberi nomor urut perandoman. Apabila sample segmen dalam suatu strata di Kabupaten tertentu jumlahnya sedikit, sebagai akibat dari luas strata yang sempit, maka kerangka areal dalam Kabupaten tersebut tidak dilakukan pembedaan antara strata-1 dan strata-2. Proses ini direncanakan berlaku untuk Kabupaten Indramayu, namun karena harus memenuhi kriteria jumlah minimum per strata, replikasi sampel segmen mengalami modifikasi.

Metode yang digunakan untuk mengestimasi kekeringan pertanian adalah metode *triangle* dikembangkan oleh Carlson, *et al* (1995). Teknik ini dapat digunakan dalam mendeteksi area basah pada sebuah *image* tunggal (Claps, 2004). Metode ini menjelaskan hubungan antara suhu permukaan (LST) dengan indeks vegetasi (NDVI). Segitiga yang dimaksud pada metode ini merupakan hasil bentukan *scatterplot* dari kedua parameter segitiga tersebut (gambar 3).

Tepi-tepi pada *scatterplot* menggambarkan jangkauan (*range*) variasi suhu permukaan tanah. Pada batas atas (tepi panas) menunjukkan kondisi tanah tanpa kelembaban atau kering, sedangkan pada bagian bawah (tepi basah) menunjukkan tanah sangat basah. Dari kedua parameter segitiga tersebut dapat ditentukan indeks kelembaban tanah dari ratio antara jarak sebuah titik pada *scatterplot* tersebut ke tepi basah (A, dalam gambar 3) dengan jarak antar tepi-tepi (B) yang disebut dengan *Temperature Vegetation Dryness Index* (TVDI) (Sandholt, 2002). TVDI merupakan indeks kekeringan atau tanpa kelembaban, dimana nilai maksimum TVDI=1 menunjukkan piksel kering dan piksel basah ditunjukkan dengan nilai TVDI mendekati 0. Indeks sangat dalam menggambarkan variasi keruangan kelembaban tanah (Andersen *et al*, 2002).



Gambar 3. *Scatterplot* suhu permukaan tanah (LST) dan NDVI (Sumber: Claps, 2004)

Terdapat beberapa aspek penting pada metode *triangle*. Scatter menurun ke kanan (menuju suhu yg lebih rendah) dengan mengalami peningkatan fraksi vegetasi, ini menjelaskan bahwa vegetasi yang disinari matahari umumnya lebih dingin dibandingkan dengan tanah kosong/gundul. Segitiga ini menunjukkan sangat kecil variasi dari suhu permukaan pada vegetasi kerapatan tinggi. Tepi panas dan dingin, menunjukkan batas suhu permukaan tanah (suhu tertinggi dan terendah) terhadap fraksi tutupan vegetasi (NDVI), dapat dinyatakan bahwa suhu vegetasi tidak terlalu berubah dan variasi suhu dalam gambaran segitiga hanya pada permukaan tanah. Jadi tepi dingin dan panas menggambarkan piksel terbasah dan terkering. Hubungan antara LST dan indeks-indeks vegetasi telah banyak dilakukan. Dasar penggunaan NDVI dalam pendugaan LST karena sejumlah keberadaan vegetasi merupakan faktor yang penting dan NDVI dapat digunakan untuk menyimpulkan kondisi vegetasi secara umum. Gradien dari kurva LST-NDVI memiliki hubungan dengan kondisi kelembaban tanah dan evapotranspirasi permukaan (Boegh *et al* 1998 dalam Weng 2003).

Pengukuran kelembaban tanah dengan menggunakan data termal didasarkan atas hubungan antara kandungan air pada permukaan yang berbeda dan perbedaan temperaturnya. Penulis yang lain menunjukkan hubungan yang kuat antara kandungan air yang terdapat di dalam tanah dan suhu permukaan, jadi pengukuran kelembaban tanah dari suhu permukaan lazim dilakukan (e.g. Zhang *et al.*, 2004, Laksmi *et al.*, 2003, dalam Serrano 2004). Perubahan panas yang tampak dan tidak tampak yang terus-menerus diakibatkan oleh kandungan air permukaan (Eltahir, 1998 dalam Serrano, 2004). Pada daerah yang tidak bervegetasi dan pada daerah yang memiliki tutupan vegetasi yang rapat, evapotranspirasi meningkat ketika kandungan air di dalam tanah meningkat. Ketika tanah menjadi lembab, panas laten (tidak tampak) terus meningkat karena adanya penyerapan yang dilakukan oleh air. Hal ini mengakibatkan panas tampak (*sensible*) menjadi menurun. Secara teori ini merupakan hal paling sederhana yang digunakan menjadi dasar dalam menghitung kelembaban permukaan tanah. Akan tetapi, kondisi di lapangan sangat heterogen (jenis tanah, jenis batuan, tutupan vegetasi, topografi) dan hal ini tidak dapat diasumsikan bahwa daerah yang memiliki suhu yang paling dingin merupakan daerah yang paling lembab, begitu juga hal sebaliknya.

Dalam kondisi vegetasi yang basah, sangat sulit untuk diamati dengan spektrum cahaya tampak, namun perubahan dapat sangat signifikan pada suhu permukaan vegetasi (Seller *et al.*, 2000, Kogan, 2001 dalam Serrano, 2004). Suhu permukaan dan fraksi vegetasi dapat memberikan informasi tentang vegetasi dan kondisi kelembaban di permukaan. Nemant *et al.* 1993 dalam Serrano *et al.*, 2004, menunjukkan bahwa, pada daerah yang tidak memiliki tutupan vegetasi, perubahan temperatur dapat berasimilasi dengan perbedaan kandungan air tanah. Pada daerah dengan tutupan vegetasi yang lebat, perubahan suhu dapat diasosiasikan dengan perubahan pada tingkat evapotranspirasi pada suhu permukaan tajuk, dimana kondisi ini ditentukan oleh kandungan air tanah. Namun demikian, turunan pendugaan kelembaban tanah dari hubungan antara tutupan vegetasi dan suhu permukaan merupakan penyederhanaan pada model radiasi yang sesungguhnya.

Data sekunder yang digunakan antara lain: Peta Rupa Bumi Pulau Jawa Bakosurtanal skala 1:25.000 tahun 2001; Citra satelit NOAA-18 AVHRR Pulau Jawa tanggal 24 Juli 2008 yang diperoleh dari LAPAN; Data Penggunaan Tanah tahun 2000 yang diperoleh dari Badan Pertanahan Nasional; dan data luas tanam padi yang terkena puso akibat kekeringan bulan Juli 2008 yang diperoleh dari Dinas Pertanian Kabupaten Indramayu.

2.2.2. Pengembangan Model PCR Dan PLS

Data spectral yang telah terbentuk dalam data level 2.0 disusun ke dalam bentuk matriks, kemudian masing-masing komponen matriks tersebut dikurangi dengan nilai rerata komponennya (*centered data matrix*), dan hasil matriks yang terbentuk dinamai dengan matriks X . Ide dasar dari PCR adalah setelah memilih nilai yang cocok untuk g lalu fitur penting yang terdapat di dalam X ditahan oleh T_g . Kemudian MLR dibentuk dengan mengganti posisi X dengan T_g untuk data matriks Y , yaitu menjadi

$$Y = T_g C + F \quad (1)$$

Dengan metode Least square, maka akan didapat pemecahan dari persamaan di atas. Kemudian untuk memprediksi menggunakan PCR, maka penting untuk kembali menggunakan matriks X dan menggunakan persamaan (1), sehingga persamaan regresi dapat ditulis sebagai berikut

$$\begin{aligned} Y &= T_g C + F \\ &= X P_g C + F \end{aligned} \quad (2)$$

Dengan mempertimbangkan z merupakan sampel baru data spectrum, dan x, y merupakan rerata sampel yang telah dikalibrasi, maka prediksi akan memiliki bentuk sebagai berikut

$$\hat{y} = \bar{y} + (z - \bar{x})P_g \hat{C} \quad (3)$$

Dimana matriks $P_g \hat{C}$ disebut sebagai matriks regresi dan dapat dikomparasi dengan matriks \hat{B} pada metode MLR.

Di sisi lain, algoritma PLS dimulai dengan melakukan inisialisasi $j=1, X_1 = X$ dan $y_1 = y$. Selanjutnya algoritma diproses melalui tahapan iterasi I untuk mendapatkan variable laten pertama g . Dari tahapan proses tersebut akan terbentuk 2 buah matriks W dan P berukuran $k \times g$ dan matriks T berukuran $n \times g$, yang memiliki kolom masing-masing adalah w_j, p_j , dan t_j , serta membentuk vektor kolom $\hat{c}(g \times 1)$ dengan element \hat{c}_j .

Algoritma PLS ini merupakan salah satu alternatif untuk menyusun program komputasi. Meskipun terlihat mirip dengan algoritma NIPALS, akan tetapi algoritma PLS membutuhkan pengulangan sebanyak g tahap. Di sisi lain, algoritma NIPALS merupakan iteratif dan jumlah iterasinya tidak dapat ditentukan diawal karena tergantung dari pemilihan kriteria penyetopan program. Dalam hal ini algoritma PLS terlihat lebih sederhana dari algoritma NIPALS.

Untuk membuat prediksi menggunakan PLS, pertama-tama dibuat notasi baru untuk sampel prediksi dan nilai prediksinya masing-masing adalah $z(1 \times k$ vektor) dan \bar{y} yang komponen-komponen keduanya belum merupakan covarian. Dengan membuat $\bar{x}(k \times 1)$ dan \bar{y} menjadi rerata sampel yang telah dikalibrasi, maka prediksi akan terbentuk dengan mengulang tahapan iterasi algoritmanya, yaitu dengan membuat vektor baris $z - \bar{x}$ mengikuti tahapan yang sama pada baris matriks X, W, T, P , dan \hat{c} masing-masing merupakan matriks dan vektor yang terbentuk setelah menjalankan algoritma PLS untuk mengkalibrasi data. Dengan melakukan inisialisasi $j=1$ dan $x_j = z - \bar{x}$, lalu mengikuti tahapan iterasi II, dengan demikian akan terbentuk vektor baris $\hat{t} = (t_1, \dots, t_g)$ dan prediksi akan berbentuk seperti berikut ini:

$$\bar{y} = \bar{y} + \hat{t} \hat{c} \quad (4)$$

Atau sedikit dirubah menjadi prediksi ke dalam bentuk formula matriks sebagai berikut:

$$\bar{y} = \bar{y} + (z - \bar{x})^T \hat{b}$$

Dimana \hat{b} merupakan vektor regresi yang didefinisikan sebagai berikut:

$$\hat{b} = W(P^T W)^{-1} \hat{c} \quad (5)$$

Seperti matriks regresi pada PCR, vektor regresi \hat{b} ini juga mengandung informasi yang penting tentang band-band mana yang paling dominan memberikan kontribusi dalam model prediksi.

2.2.3. Valuasi Ekonomi Hasil Produksi Pertanian

Valuasi ekonomi hasil produksi pertanian didekati dengan melakukan valuasi sumberdaya alam khususnya industri beras. Metode yang digunakan adalah sebagai berikut:

- Valuasi ekonomi

Menurut Fauzi (2005) valuasi ekonomi dapat didefinisikan sebagai upaya untuk memberikan nilai kuantitatif terhadap barang dan jasa yang dihasilkan oleh sumberdaya alam (SDA) dan lingkungan baik atas nilai pasar (*market value*) maupun nilai non pasar (*non market value*). Penilaian ekonomi sumberdaya merupakan suatu alat ekonomi (*economic tool*) yang menggunakan teknik penilaian tertentu untuk mengestimasi nilai uang dari barang dan jasa yang diberikan oleh suatu sumberdaya alam.

- Analisis R/C Ratio

Merupakan perbandingan antara penerimaan dan biaya dapat ditulis dengan rumus:

$$R/C \text{ ratio} = \frac{\text{Total Penerimaan}}{\text{Total Biaya}}$$

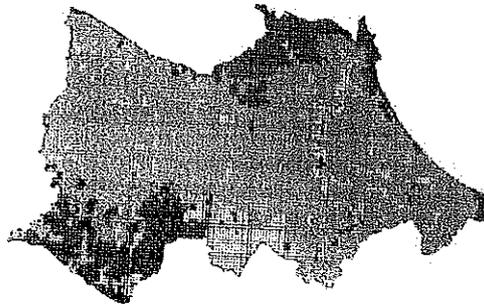
Interpretasi :

- o R/C ratio > 1 artinya setiap Rp 1,00 yang dikeluarkan dalam suatu kegiatan usaha diperoleh penerimaan sebesar nilai ratio yang dihasilkan.
- o R/C ratio < 1 artinya tidak layak, karena total penerimaan tidak mampu menutupi total biaya yang dikeluarkan dalam suatu kegiatan usaha

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Rancangan Kerangka Sample Area

Hasil pembangunan kerangka areal dengan sistem grid untuk Kabupaten Indramayu seperti yang terlihat dalam Gambar 4. Ukuran grid dalam kerangka sampel tersebut adalah 500 m x 500 m, yaitu disesuaikan dengan rencana ukuran segmen. Ekstraksi sample secara randomisasi dilakukan dalam kerangka areal dengan software GIS

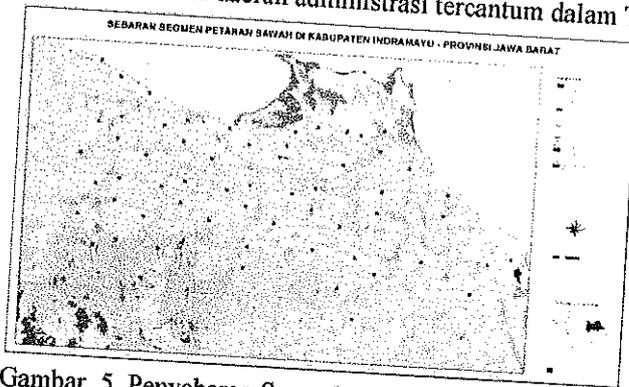


Gambar 4. Kerangka Sampel Area dengan Segmen Bujur Sangkar

Hasil dari pemilihan sampel segmen ini di overlaikan dengan batas administrasi Kabupaten untuk menyesuaikan dengan unit administrasi. Overlay dengan peta penggunaan lahan untuk seleksi sampel yang jatuh di areal sawah juga dilakukan. Sampel segmen yang jatuh diluar poligon sawah dianulir sebagai sampel terpilih. Pengecekan ulang ekstraksi sampel dilakukan pada setiap Kabupaten, dan dalam Kabupaten dilakukan review pada setiap strata. Dalam kasus-kasus tertentu diperlukan beberapa sampel segmen cadangan untuk menghindari ketidakterersediaan photo udara atau lokasi sampelnya sulit dijangkau. Kemudian ekstraksi sampel segmen pada blok-blok berikutnya mengikuti pola sampel pada blok pertama. Hasil akhir jumlah dan sebaran sampel segmen terpilih yang dioverlaikan dengan penggunaan sawah terlihat pada Gambar 3.9, dimana plot bujur sangkar berwarna merah adalah sampel segmen berukuran 500 m x 500 m di lapangan. Jumlah sampel segmen (n) untuk Kabupaten Indramayu sebanyak 54 segmen. Metoda ekstraksi diatas adalah metoda yang sering digunakan dalam statistik ruang (spatial statistics). Dalam aktivitas ini, unit statistik padi akan dilakukan sampai tingkat Kabupaten. Oleh karena itu kerangka area yang telah dihasilkan harus dioverlaikan dengan batas administrasi Kabupaten. Kaidah-kaidah statistik harus diperlukan dalam menentukan jumlah sampel setiap strata dalam suatu kabupaten agar hasilnya dapat dipertanggung jawabkan.

Data luasan sampel segmen diperoleh dari survei langsung dilapangan terhadap tutupan lahan dengan cara pemetaan pada waktu-waktu tertentu secara periodik. Sebagai alat bantu dalam pemetaan sampel segmen digunakan photo udara dengan skala yang memadai. Penyebaran sampel dan jumlahnya pada level kecamatan dapat diketahui dengan cara mengoverlaikan peta penyebaran

sampel segmen dengan peta batas kecamatan. Sumber peta batas kecamatan tidak terlalu akurat, sehingga menyebabkan beberapa kesalahan dalam mengidentifikasi lokasi segmen di kecamatan tertentu. Kesalahan banyak terjadi terutama pada sampel-sampel segmen yang terletak pada daerah perbatasan Kecamatan. Demikian juga dengan peta baku persawahan, dalam batas-batas tertentu mempunyai kelemahan. Hal tersebut dapat ditunjukkan oleh adanya beberapa sampel segmen yang jatuh pada danau atau pantai. Dari hasil verifikasi lapangan diperoleh fakta, bahwa terdapat 2 sampel segmen yang jatuh di kawasan pantai sehingga hasil akhir sampel segmen berjumlah 52 buah. Adapun penyebaran segmen berdasarkan daerah administrasi tercantum dalam Tabel 1.



Gambar 5. Penyebaran Sampel segmen Kab. Indramayu

Tabel 1. Penyebaran Sampel Segmen berdasarkan Geografi dan Administrasi

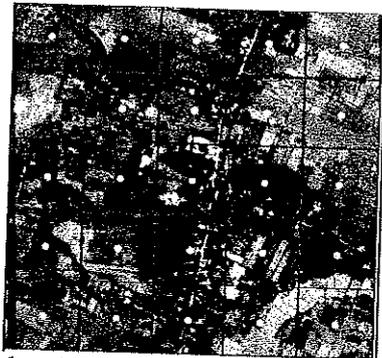
No.	No. Segmen	X	Y	Kecamatan	Desa
1	321457906	832500	9273000	Gantar	Mekarjaya
2	321458206	862500	9273000	Tukdana	Kerticala
3	321458406	882500	9273000	Krangkeng	Purwajaya
4	321462003	825000	9278000	Gantar	Situraja
5	321462004	828500	9279000	Gantar	Gantar
6	321462006	822500	9283000	Haurgeulis	Wanakaya
7	321462103	835000	9278000	Kroya	Tanjungkerta
8	321462104	838500	9279000	Kroya	Kroya
9	321462106	832500	9283000	Gantar	Gantar
10	321462201	848000	9275500	Cikedung	Loyang
11	321462204	848500	9279000	Cikedung	Loyang
12	321462206	842500	9283000	Kroya	Sumbon
13	321462304	858500	9279000	Bangodua	Malangsari
14	321462306	852500	9283000	Cikedung	Cikedung Lor
15	321462401	868000	9275500	Tukdana	Sukaperna
16	321462403	865000	9278000	Bangodua	Karanggetas
17	321462406	862500	9283000	Widasari	Kongsijaya
18	321462503	875000	9278000	Kertasemaya	Jambe
19	321462603	885000	9278000	Krangkeng	Dukuhjati
20	321462604	888500	9279000	Krangkeng	Kalianyar
21	321466201	828000	9285500	Haurgeulis	Mekarjati

22	321466203	825000	9288000	Haurgeulis	Sumbermulya
23	321466204	828500	9289000	Haurgeulis	Sidodadi
24	321466206	822500	9293000	Anjatan	Bugis
25	321466301	838000	9285500	Kroya	Sukamelang
26	321466303	835000	9288000	Gabuswetan	Kedungdawa
27	321466304	838500	9289000	Gabuswetan	Gabuskulon
28	321466401	848000	9285500	Terisi	Kendayakan
29	321466403	845000	9288000	Losarang	Ranjeng
30	321466404	848500	9289000	Losarang	Krimun
31	321466501	858000	9285500	Lelea	Langensari
32	321466503	855000	9288000	Losarang	Rajaiyang
33	321466504	858500	9289000	Lelea	Lelea
34	321466601	868000	9285500	Sliyeg	Slemanlor
35	321466604	868500	9289000	Sliyeg	Sliyeg Lor
36	321466606	862500	9293000	Lohbener	Sindangkerta
37	321466701	878000	9285500	Juntinyuat	Juntinyuat
38	321466704	878500	9289000	Juntinyuat	Juntikedokan
39	321466706	872500	9293000	Balongan	Rawadalem
40	321470401	828000	9295500	Anjatan	Anjatan
41	321470403	825000	9298000	Anjatan	Cilandak
42	321470404	828500	9299000	Patrol	Limpas
43	321470501	838000	9295500	Bongas	Margamulya
44	321470503	835000	9298000	Bongas	Plawangan
45	321470504	838500	9299000	Kandanghaur	Soge
46	321470506	832500	9303000	Patrol	Bugel
47	321470601	848000	9295500	Losarang	Santing
48	321470603	845000	9298000	Kandanghaur	Bulak
49	321470703	855000	9298000	Losarang	Cemara
50	321470704	858500	9299000	Cantigi	Cantigikulon
51	321470803	865000	9298000	Sindang	Dermayu
52	321474601	828000	9305500	Sukra	Tegal Taman

Dalam sistem survei ini, segmen-segmen tidak dibatasi oleh kenampakan fisik, melainkan dibatasi oleh garis berdasarkan koordinat geografi. Telah disebutkan sebelumnya bahwa setiap segmen dapat diidentifikasi dari koordinat geografi pada titik sudut baratdayanya. Dalam kegiatan ini, digunakan koordinat geografi dalam bentuk UTM dengan satuan meter, terutama untuk memudahkan proses pengidentifikasian segmen yang berbentuk bujursangkar seluas 500 m x 500 m. Letak geografis dari segmen-segmen tersebut sangat membantu dalam pengadaan photo udara maupun pengeplotan sampel segmen dalam peta. Pertama-tama seluruh sampel segmen hasil randomisasi diplot kedalam peta rupabumi (skala 1:25000) berdasarkan identitas koordinat dari masing-masing segmen. Setelah diketahui letak koordinat dari titik sudut barat daya suatu segmen, kemudian area

segmen tersebut diplot sesuai dengan ukurannya. Dalam peta rupabumi skala 1:25000, segmen berukuran 500 m x 500 m akan terplot sebagai bujursangkar dengan luas 2 cm x 2 cm. Untuk mengetahui persis letak segmen dalam photo udara. *Print out* photo udara seluruh sampel segmen skala 1:2500 diperlukan sebagai pedoman untuk melakukan pemetaan dilapangan. Titik pengamatan dipilih di setiap sampel segmen secara sistematis dengan jarak dari satu titik ke titik berikutnya adalah 100 m. Dalam satu segmen dibuat grid berukuran 100 m x 100 m, titik-titik pusat grid tersebut merupakan titik-titik pengamatan. Jadi total titik pengamatan dalam satu segmen adalah 25 buah (Gambar 6). Demikian juga diterapkan pemilihan titik pengamatan pada sampel segmen yang ada di seluruh Kabupaten Indramayu. Jumlah titik pengamatan untuk seluruh Kabupaten Indramayu adalah 52 segmen. dikalikan dengan 25 titik pengamatan, yaitu 1300 titik pengamatan.

Target utama dalam estimasi dan peramalan produksi padi dengan kerangka sample areal adalah angka statistik untuk luasan tanaman padi beserta produktivitasnya. Untuk mendapatkan angka statistik tersebut, harus dikumpulkan data dari lapangan. Data tersebut diperoleh melalui pengamatan di lapangan yang dilakukan hanya pada area sample segmen. Lokasi dari masing-masing sample segmen diidentifikasi/dicari terlebih dahulu sebelum pemetaan dilakukan. Peta panduan lapang yang sample segmennya telah diplot, dijadikan panduan untuk menemukan lokasi sample segmen.



Gambar 6. Foto Segmen dan Titik Pengamatan

Titik-titik acuan di lapangan dapat dijadikan sebagai patokan, yaitu berupa infrastruktur yang posisinya tidak sering berubah dalam jangka waktu tertentu, seperti jalan, jembatan, sungai besar, pemukiman, dan lain-lain. Kegiatan survei lapangan yang dilakukan mencatat fase pertumbuhan tanaman padi. Pencatatan dilakukan dengan jalan memetakan di atas plastic transparan terhadap fase pertumbuhan secara akurat dengan bantuan foto udara pada sample segmen tersebut. Sedangkan survei produktivitas padi, dilakukan sesuai/mengikuti metode yang diterapkan oleh BPS, yaitu dengan plot 2,5 m X 2,5 m (ubin) yang ditempatkan di dalam area segmen. Nilai produktivitas akan dicatat setiap bulan pada segmen yang mengalami panen. Setelah data pengamatan tentang fase pertumbuhan di setiap titik pengamatan diketahui, maka parameter-parameter berikut dapat diestimasi: luasan masing-masing fase pertumbuhan padi, luasan sawah yang sedang atau akan ditanami padi pada saat survei dilakukan; luasan panen pada saat survei dan luasan panen kumulatif; peramalan luas panen dan jumlah produksi; dan tingkat kesalahan secara statistik. Peramalan luas panen produksi padi didasarkan pada luasan fase-fase pertumbuhan tanaman pada saat survei dilakukan. Asumsi yang digunakan dalam peramalan adalah umur padi dalam satu siklus pertumbuhan adalah 105 hari, sedangkan survei lapangan dilakukan dalam kurun 1,5-bulanan. Apabila luasan masing-masing fase pertumbuhan diketahui, maka peramalan luas panen pada 2 bulan atau 4 bulan mendatang dapat dihitung. Sedangkan peramalan produksi dihitung dari perkalian luas panen hasil peramalan dengan

estimasi produktivitas. Dalam pilot ini peramalan produksi tidak dilakukan berhubung 'cutting plot' (ubinan) pada setiap segmen untuk estimasi produktivitas tidak dilakukan.

Penghitungan luasan dilakukan dengan cara ekstrapolasi dari sampel ke populasi atau dalam istilah statistiknya disebut 'direct expansion'. Dalam pilot ini tidak dilakukan stratifikasi, sehingga penghitungan ekstrapolasinya mengalami modifikasi dengan menggunakan ekstrapolasi kerangka acak sederhana (*simple random design*).

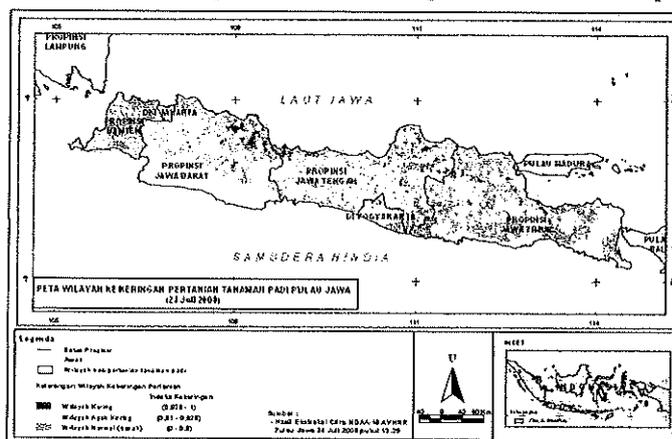
3.2. Peta Kekeringan Lahan Persawahan Jawa

Hasil ekstraksi citra satelit NOAA-18 AVHRR tanggal 24 Juli 2008 pukul 13.29 menggunakan metode *triangle*, diketahui pertanian tanaman padi di Pulau Jawa bulan Juli 2008 mulai terjadi kekeringan di beberapa wilayah (lihat gambar 3.21) yang luasnya mencapai 13,38% dari luas seluruh pertanian tanaman padi di Pulau Jawa. Pertanian dengan kondisi seperti ini tersebar di bagian timur laut propinsi Jawa Barat, di bagian utara dan timur laut propinsi Jawa Tengah, dan di bagian barat laut dan utara propinsi Jawa Timur. Wilayah pertanian tanaman padi di Pulau Jawa yang berada pada kondisi agak kering, luasnya mencapai 33% dari luas seluruh pertanian tanaman padi di Pulau Jawa. Pertanian dengan kondisi seperti ini tersebar di bagian barat daya propinsi Banten, bagian utara propinsi Jawa Barat, bagian utara dan tengah propinsi Jawa Tengah, dan bagian utara dan barat propinsi Jawa Timur. Kekeringan pertanian meskipun mulai terjadi di beberapa lokasi Pulau Jawa, namun sebagian besar wilayah Pulau Jawa masih didominasi dengan kondisi normal (basah) yang luasnya mencapai 53,63% dari luas seluruh pertanian tanaman padi di Pulau Jawa. Pertanian dengan kondisi seperti ini tersebar di hampir seluruh wilayah propinsi Banten, sedikit di bagian utara propinsi Jawa barat, bagian selatan propinsi Jawa Tengah, dan di bagian barat dan selatan Jawa Timur.

Tabel 2. Luas Wilayah Kekeringan Pertanian Tanaman Padi di Pulau Jawa bulan Juli 2008

Kelas Kekeringan	Luas (ha)	Persen (%)
Agak Kering	122.862	32,98
Kering	49.879	13,39
Normal (basah)	199.810	53,63

Validasi data kekeringan yang didapatkan dari hasil ekstraksi citra NOAA-18 AVHRR kemudian divalidasi dengan membandingkan antara luas kekeringan yang diperoleh dengan data luas tanam padi yang terkena puso akibat kekeringan (tabel 3.4.). Dari hasil perbandingan, didapat bahwa data luas kekeringan pertanian yang diperoleh dari citra NOAA-18 AVHRR cukup berbeda dibandingkan data luas tanam padi puso. Perbedaan tersebut dipengaruhi oleh beberapa hal, antara lain: dalam penentuan kekeringan pertanian menggunakan citra NOAA-18 AVHRR tidak mempertimbangkan masa/umur tanam padi. Kondisi kering tidak selalu berarti padi mengalami puso.



Gambar 7. Peta Kekeringan Pertanian di Pulau Jawa bulan Juli 2008

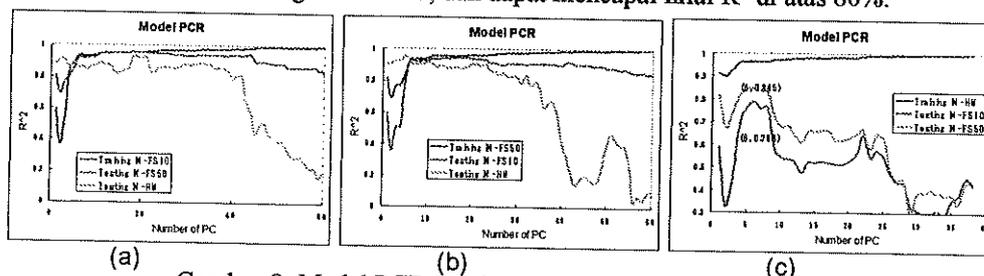
Tabel 3. Perbandingan Luas Kekeringan Pertanian Hasil Ekstraksi Citra AVHRR dengan Data Luas Tanam Padi Puso

No	Kecamatan	Kekeringan Juli 2008 Hasil Ekstraksi Citra NOAA-18 (Ha)	Luas Tanam Padi Puso Juli 2008 (Ha)
1	Haurgeulis	10,254.33	0.00
2	Gabuswetan	10,890.96	1250.00
3	Cikedung	5,443.57	2686.00
4	Lelea	442.12	1713.00
5	Bangodua	1,728.53	0.00
6	Widasari	455.15	0.00
7	Kertasemaya	4,659.91	0.00
8	Krangkeng	3,007.59	482.00
9	Karangampel	1,798.22	1050.00
10	Juntinyuat	121.48	813.00
11	Sliyeg	2,265.06	1455.00
12	Jatibarang	1,675.89	0.00
13	Indramayu	1,361.43	36.00
14	Sindang	2,403.41	0.00
15	Lohbener	2,052.11	773.00
16	Losarang	2,314.16	2396.00
17	Kandanghaur	2,611.40	888.00
18	Bongas	527.07	0.00
19	Anjatan	4,325.77	0.00

3.3. Modul PCR dan PLS untuk Prediksi Produktifitas Padi

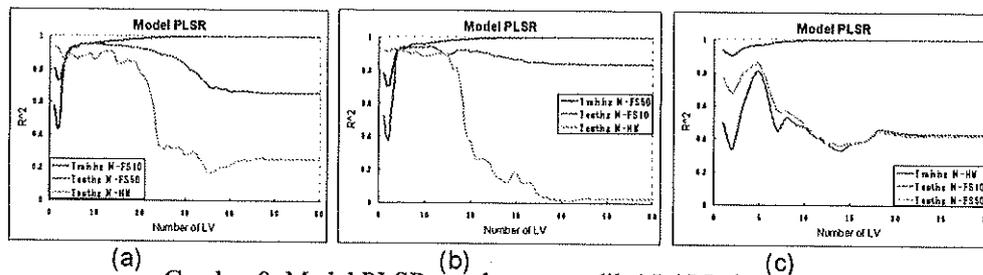
Basis data dan Pustaka Spektral dibangun dari hasil pengukuran spektral *in situ* untuk 6 kultivar tanaman padi yang dilaksanakan oleh kegiatan lain. Kultivar dimaksud adalah: 1) Cihayang: CG; 2) Sintanur: SN; 3) Cilamaya: CL; 4) IR 42: IF; 5) IR 64: IS; 6) Ketan: KT. Data tersebut diproses dan ditampilkan dalam katalog yang seluruhnya berjumlah 600 dataset dan akan dicetak dalam sebuah buku pustaka spektral tanaman padi di Pantura.

Model PCR yang dibangun disini menggunakan data training dan data testing. Selanjutnya nilai R^2 setiap model prediksi ditampilkan dalam grafik yang dihubungkan dengan masing-masing nilai komponen utamanya. Gambar 9 menunjukkan hubungan antara model yang dibangun menggunakan data training dengan model yang diujikan terhadap data testing. Pada gambar ini terlihat bahwa model PCR untuk memprediksi LAI Indramayu memiliki nilai R^2 yang cukup baik, sehingga secara umum model PCR untuk memprediksi LAI Indramayu dapat diaplikasikan dengan jumlah komponen utama kurang dari 10 PC, dan dapat mencapai nilai R^2 di atas 80%.



Gambar 8. Model PCR untuk memprediksi LAI Indramayu

Gambar 9 menunjukkan hubungan antara model PLSR yang dibangun menggunakan data training dengan model yang diujikan terhadap data testing. Pada gambar ini terlihat bahwa model PLSR untuk memprediksi LAI Indramayu memiliki nilai R^2 yang cukup baik, sehingga secara umum model PLSR untuk memprediksi LAI Indramayu dapat diaplikasikan dengan menggunakan jumlah variabel laten kurang dari 10 LV, dan dapat mencapai nilai R^2 di atas 80%. Fenomena ini mirip seperti yang ditunjukkan pada model PCR.



Gambar 9. Model PLSR untuk memprediksi LAI Indramayu

3.4. Valuasi Ekonomi Hasil Produksi Pertanian

Dari data diketahui bahwa produktivitas lahan sawah tertinggi adalah 13,23 ton/ha dan terendah adalah 2,27 ton/ha dengan angka rata-rata 6,87 ton/ha dan median 6,73. Produktivitas sangat bervariasi karena perbedaan kesuburan tanah, sistem irigasi dan pemberian pupuk. Berdasarkan Hasil wawancara dengan petani diketahui bahwa biaya produksi padi sawah pada tipe irigasi continuous adalah sebesar Rp.4.515.000,-/ha/musim. Sedangkan biaya produksi pada padi sawah tipe irigasi alternate adalah sebesar Rp.5.727.500,-/ha/musim. Struktur biaya sangat variatif tergantung sistem irigasi dan kesuburan tanah. Biaya sistem irigasi paling mahal adalah memompa air dari dalam tanah. Untuk kesuburan tanah, biaya diperlukan karena harus memberi pupuk dan insektisida.

Hasil survei memperlihatkan 6 (enam) klasifikasi R/C seperti dalam Tabel 5 Perbedaan keadaan lahan pada setiap desa akan mempengaruhi tingkat R/C. Kesuburan tanah diperlihatkan pada banyaknya rumpun padi dan produktifitas salah satunya diperlihatkan dengan beratnya hasil panen. Sistem irigasi terdiri dari continuous dan alternate. Sistem irigasi continuous berarti banyak air dan produktifitas lahan sawah dan R/C semakin tinggi. Sedangkan sistem irigasi alternate berarti kekurangan air dan kesuburan lahan serta produktifitas lahan rendah.

Tabel 4. Struktur Biaya

Jenis Biaya	Sawah Irigasi (Continuous)	Sawah Irigasi (Alternate)
Biaya Tetap		
Iuran Pengairan		0
Sewa Lahan	3 – 5 juta	0 – 2 juta
Biaya Tidak Tetap		
Bibit	137,500	137,500
Pemupukan		
- Urea	262,500	450,000
- TS	315,000	540,000
Pestisida		
- Tabur	800,000	800,000
- Semprot	2,000,000	2,000,000
Tenaga Kerja	1,000,000	1,000,000
Penyedotan air	0	800,000
Total Biaya	4,515,000	5,727,500
Harga gabah basah (Rp)	3,000	3,000

Tabel 5. Klasifikasi R/C

RC	WoG	NoS	T Irrigate	Prod	> Village
0,5 - 0,9	1,42 - 2,01	15 - 19	Alter	2,77 - 3,22	Sukamelang
1,0 - 1,5	2,09 - 3,24	16 - 24	Alter	3,34 - 5,18	Pilangsari
1,6 - 1,9	4,1 - 5,0	20 - 31	Continuous/Lebak	6,56 - 8,0	Soge, Situraja
2,0 - 2,5	4,2 - 6,16	17 - 31	Continuous/Lebak	8,16 - 9,86	Situraja, soge
2,6 - 2,9	5,52 - 7,8	20 - 30	Continuous/Lebak	8,83 - 11,6	Kertawinagun
3,0 - 3,2	7,8 - 8,27	24 - 26	Continuous/Lebak	12,48 - 13,2	Kertawinagun

Keterangan:

RC	: Return Cost Ratio	WoG	: Weigth of Grain
NoS	: Number of Stem	T Irrigate	: Type of Irrigation
Prod	: Productivity		

Analisa dilakukan untuk menghitung cost benefit R/C ratio. Dari Tabel 6, diperlihatkan bahwa R/C rata-rata adalah 3,98 dan median R/C adalah 3,85. R/C ini sangat tinggi dan >1. Berarti lahan sawah di Indramayu sangat menguntungkan. Kenyataannya kehidupan petani tidak begitu sejahtera. Ternyata mereka adalah buruh tani yang menyewa lahan. Keuntungan banyak dinikmati oleh pemilik lahan.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari penelitian ini dapat diambil beberapa kesimpulan, antara lain :

- Model survey lahan potensial pertanian dikembangkan secara modern untuk mendapatkan estimasi produksi padi dalam periode waktu tertentu dengan akurasi yang lebih baik, yang disebut dengan wilayah kerangka sampel area (KSA) yang dikembangkan dengan mengadopsi sistem ubinan yang dikembangkan oleh BPS dan Departemen Pertanian. Dari kegiatan ini diperoleh design KSA untuk Kabupaten Indramayu dengan jumlah sampel sebanyak 52 segmen.
- Luasan kekeringan lahan pertanian dihasilkan dari analisis citra satelit NOAA-18 AVHRR resolusi tinggi tanggal 24 Juli 2008 dengan metode *triangle* diketahui pertanian tanaman padi di Pulau Jawa bulan tersebut mulai terjadi kekeringan di beberapa wilayah yang luasnya mencapai 13,38% dari luas persawahan di Pulau Jawa. Dimana, kondisi kering tidak selalu berarti padi mengalami puso.
- Pustaka spektral tanaman padi persawahan Pantura yang disusun dapat dimanfaatkan dalam pembangunan model prediksi, selain dapat juga digunakan sebagai referensi.
- Pengembangan model prediksi produktifitas padi dilakukan melalui perhitungan parameter biofisik (indeks luas daun, indeks klorofil, spektral tanaman serta ubinan) yang merupakan faktor penentu untuk mengetahui kondisi pertumbuhan tanaman padi. Dari kegiatan penelitian ini, dihasilkan analisis *Multiple Linear Regression* (MLR) dan regresi *Partial Least Square* (PLS) menunjukkan nilai korelasi R^2 di atas 70% dan 80%. Kedua model tersebut dapat digunakan untuk memprediksi indeks luas daun, yang selanjutnya digunakan sebagai input utama dalam memprediksi produksi padi Kabupaten Indramayu.
- Produktivitas lahan sawah tertinggi adalah 13,23 ton/ha dan terendah adalah 2,27 ton/ha dengan angka rata-rata 6,87 ton/ha dan median 6,73. Produktifitas lahan sawah di Indramayu sangat bervariasi antara tipe irigasi sangat mempengaruhi tingkat pengembalian modal dan keuntungan (cost and benefit). Pengembalian modal dan keuntungan sangat dipengaruhi tipe dan sistim irigasi. Hasil Panen dan banyaknya rumpun pada kotak pertanian sangat mempengaruhi tingkat pengembalian dan keuntungan.
- Hasil valuasi ekonomi hasil produksi pertanian di Kabupaten Indramayu menunjukkan bahwa tipe irigasi sangat mempengaruhi tingkat RC, banyaknya hasil panen (Wog) mempengaruhi tingkat RC, dan banyaknya Batang per rumpun (NoS) mempengaruhi Tingkat RC. Pada tipe irigasi alternate beberapa memiliki RC cukup tinggi dikarenakan harga sewa lahan sawah lebih murah dibanding continuous. Pertanian padi sangat menguntungkan seperti diperlihatkan pada tingginya R/C. Namun demikian petani hidupnya miskin karena kebanyakan mereka adalah buruh tani yang menyewa lahan. Keuntungan sangat banyak untuk pemilik lahan.

Dari penelitian yang dilakukan, terdapat beberapa masukan yang diperoleh, antara lain :

- Kegiatan ini masih dalam tahapan pengujian model saja, untuk berikutnya diperlukan tahapan validasi model, yaitu dengan mengimplementasikan model yang telah dibangun ke dalam program citra, yang hasil luarannya dapat berbentuk klasifikasi spasial dari masing-masing parameter biofisik tersebut.

- Dibutuhkan data lapangan untuk mengkalibrasi hasil yang diperoleh baik dari model spasial maupun statistik sehingga dapat diketahui tingkat akurasi.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Adrianto, L. 2006. Sinopsis Pengenalan Konsep Dan Metodologi Valuasi Ekonomi Sumberdaya Pesisir Dan Laut. Bogor. Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir Dan Lautan. Institut Pertanian Bogor.
- Ahlics, J.S., and Bauer, M.E., 1983, Relation of agronomic and multispectral reflektan characteristics of spring wheat canopies. *Agronomy Journal*, Vol.75, pp. 987-993.
- Andersen, J., Sandholt, I., Jensen, K.H., Refsgaard, J.C., Gupta, H., (2002). Perspectives in Using a Remotely Sensed Dryness Index in Distributed Hydrological Models at the River-basin Scale. *Hydrological Processes*, 16, 2973-2987.
- Avenier, D., V. Perdigao, and J.M. Terres, 1992. Methodologie de Stratification sur Images Satellitaires et Utilisation d'u Systeme d'Information Geographique. Agriculture series. JRC Ispra.
- Barton, D.N 1994. Economic Factor And Valuation Of Tropical Coastal Resources. SMR-Report 14/94. Norway.Center for Studies of Environmental and Resources .University of Bersen.
- BPS (Badan Pusat Statistik), 2002. Survei Pertanian: Luas lahan menurut penggunaannya di Indonesia. Katalog BPS:5232.
- Claps, P., Laguardia, G. (2004). Assessing Spatial Variability of Soil Water Content Through Thermal Inertia and NDVI. The International Society for Optical Engineering. (28 Agustus 2008). <http://www.idrologia.polito.it/~claps/Papers/spie-barcellona2.pdf>.
- Cohran, W., 1977. Sampling Techniques. John Wiley & Sons. New York.
- Cotter, J. and C. Tomczac, 1994. An Image Analysis System to Develop Area Sampling Frames for Agricultural Surveys. *Phot. Eng. Remote Sensing*, vol. 60, n. 3, pp.299-306.
- Cotter, J. and J. Nealon, 1987. Area Frame Design for Agricultural Surveys. U.S. Department of Agricultural. Nat. Agr. Stat. Serv. Washington.
- Cracknell, P. A. (1997). The Advanced Very High Resolution Radiometric. *Taylor and Francis*.
- Cressie, N., 1991. Statistics for Spatial Data. Revised edition. John Wiley and Sons. New York
- Das, A.C., 1950. Two-dimensional Systematic Sampling and Associated Stratified and Random Sampling. *Sankhya*, 10, pp. 95-108.
- Deneufchatel, D. and J.C. Porchier, 1993. Area Frame Survey and Remote Sensing: Guode to Surveying by Segments and Points. Study Group on Food and Agricultural Statistics in Europe. Geneva, 5-9 July. Doc. FAO/ECE:ESS (93)-18.
- Departemen Pertanian, 2002. Statistik Pertanian. Harisno dan Tassimbillah (ed.), Pusat Data dan Informasi Pertanian.
- Departemen Pertanian. (2008). *Pekan Padi Nasional (PPN) III BB Padi Tampilkan Inovasi Teknologi Galur Harapan Padi Sawah Toleran Kekeringan*. (28 Oktober 2008) <http://www.pustaka-deptan.go.id/inovasi/kl08074.pdf>
- Dunn, R. and A.R. Harrison, 1993. Two-dimensional Systematic Sampling of Land Use. *JRSS: Applied Statistics*, vol.42 n. 4, pp. 585-601.
- Egan, W.J., Brewer, W.E., and Morgan, S.L., 1999, Measurement of of carboxyhemoglobin in forensic blood samples using UV/VIS spectrometry and improved principal component regression. *Applied Spectroscopy*, Vol. 53, pp. 218-225.
- Everitt, B.S., 1980. Cluster Analysis. London: Heineman.
- Fauzi, A. 2004. Ekonomi Sumberdaya Alam dan Lingkungan. Jakarta. PT Gramedia.

- Ferwerda, J.G., Skidmore, A.K., and Mutanga, O., 2005, Nitrogen detection with hyperspectral normalized ratio indices across multiple plant species. *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 26, pp. 4083-4095.
- Fuentes, M. and F.J. Gallego, 1994. Stratification and Cluster Estimator on an Area Frame by Square Segments with an Aligned Sample. *Conf. On Applied Statistics to Agriculture*, Kansas State Univ. Manhattan. Ks, pp. 112-121.
- Galadi, P., and Kowalski, B.R., 1986, Partial least square regression: a tutorial. *Analytical Chimica Acta*, Vol. 185, pp. 1-17.
- Gallego, F.J., 1995. Sampling Frames of Square Segments, Joint Research Centre, Luxembourg, 1995
- Haaland, D., and Thomas, E., 1988, Partial least-squares methods for spectral analyses. 1. Relation to other quantitative calibration methods and the extraction of qualitative information. *Analytical Chemistry*, Vol. 60, pp. 1193-1202.
- Hadiyanto, S. (2007). Pola Tingkat Kerawanan Kekeringan di Jawa Tengah. *Tesis: Departemen Geografi FMIPA UI*.
- Hansen, P.M., and Schoerring, J.K., 2003, Reflektan measurement of canopy biomass and nitrogen status in wheat crops using normalized difference vegetation indices and partial least squares regression.
- Hartley, H.O., 1974. Multiple Frame Methodology and Selected Application, *Sankhya*, Series C, 36, pp. 99-118.
- Hartuti, M. (2008). Penentuan Suhu Permukaan Laut dari Data NOAA-AVHRR. *Makalah Pelatihan Penentuan Zona Potensi Penangkapan Ikan*, Jakarta, 31 Maret – 11 April 2008.
- Hendricks, W.A., D.T. Searls and D.G. Horvits, 1965. A Comparison of three rules for associating Farm and Farmland with Sample Area Segments in Agricultural Survey. In *Estimation of Areas in Agricultural Statistics*, ed. S.S. Zarkovich, pp. 191-198. FAO, Rome.
- Hood, R., 1993. Analysis of Response Bias in the January 1992 Cattle on Feed Reinterview Pilot Study and July 1992 Cattle on Feed Reinterview Survey. *Int. Conf. On Establishment Surveys*, Buffalo. Pp. 390-395.
- Kott P.S., and F.A. Vogel, 1995. Multiple Frame Business Survey. In *Business Survey Methods*, ed. B. Cox, John Wiley & Son, New York, pp. 185-203.
- Lebart, L., A. Morineau, and K.M. Warwick, 1984. *Multivariate Descriptive Statistical Analysis: correspondence analysis and related technique for large matrices*, John Wiley & Son. New York.
- Madow, W.G., 1953. On the Theory of Systematics Sampling III. *Ann. Math. Stat.*, 24, pp.101-106.
- Meyer-Roux, J., 1987. *Les Travaux du Ministere Francais de l'Agriculture. Developments Recents dans la Methode Sttistique en Matiere d'Utilisation du Terroire Incluant la Teledetection*. Eurostat, serie 3E, Luxembourg, pp. 87-126.
- Nealon, J.P., 1984. Review of the Multiple and Area Frame Estimators. U.S. Department of Agriculture, Statistics Reporting Service, Report n. 80. Washington D.C.
- Nello Cristianini, John Shawe Taylor: *An Introduction to Support Vector Machine and other kernel-based learning methods*, Cambridge University Press, 2000
- Perdigao, V., 1992. Stratification of Tras-os-Montes Using Intergrated GIS and Landsat TM data. Agriculture series. JRC Ispra.
- Ripley, B.D., 1981. *Spatial Statistics*. John Wiley and Sons. New York.
- Sandholt, I., Rasmussen, K., Andersen, J. (2002). A Simple Interpretation of the Surface Temperature-Vegetation Index Space for Assessment of Surface Moisture Status. *Remote Sensing of Environment*, 79, 213-224.

- Serrano, S.M., Vicente, X., Pons-Fernandez., & Suadrat-Prats, J.M. (2004). Mapping Soil Moisture in the Central Ebro River Valley (northeast Spain) with Landsat and NOAA Satellite Imagery : comperation with meteorological data. *International Journal of Remote Sensing*, 25, 4325-4347.
- Singh, S. M. (1984). Removal of Atmospheric effects on a Pixel by Pixel Basis from the Thermal Infrared Data from Instruments on Satellites. The Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR). *Int. Journal of Remote Sensing*, 5, 161-183; erratum, *ibid.*, 5, 618.
- Sobirin, R. Hermina, D. I. Sari, & Suprayogi. (2007). Modul Praktikum Citra Digital, Menggunakan ER. Mapper 6.4. *Departemen Geografi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia, Depok.*
- Sriyanto, et.al . 2007. Efisiensi Ekonomi Usahatani Padi pada Dua Tipologi Lahan yang berbeda di Provinsi Bengkulu dan Faktor-Faktor Determinannya. *Jurnal Akta Agrosia Edisi Khusus No. 2 hlm 155-163, 2007.*
- Teng, W.L. (1990). AVHRR Monitoring of US Crops during the 1988 drought. *Photogrametric Engineering and Remote Sensing*. 56, 1143-1146.
- Thenkabail, P.S., Smith, R.B., and De Pauw, E., 2000, Hyperspectral vegetation indidces and their relationships with agricultural crop characteristics. *Remote Sensing of Environment*, Vol. 71, pp.158-182.
- Thomas, E.V., and Haaland, D.M., 1990, Comparison of multivariate calibration methods for quantitative spectral analysis. *Analytical Chemistry*, Vol.62, pp. 1091-1099.
- Verstraeten, W. W., Veroustraete, F., van der Sande, J. C., Grootaers, I., Feyen, J. (2006). Soil Moisture Retrieval Using Thermal Inertia, Determined with Visible and Thermal Spaceborne Data, Validated for European Forest. *Remote Sensing of Environmet*, 101 (2006) 299-314.
- Walsh, S. J. (1987). Comparison of NOAA AVHRR Data to Meteorology Drought Indices. *Photogrametric Engineering and Remote Sensing*, 53, 1069-1074.
- Weng, Qihao, Dengsheng Lu, Jacquelyn, S. (2003). Estimation of Land Surface Temperature-Vegetation Abundance Relationship for Urban Heat Island Studies. *Remote Sensing of Environment*, 89. 467-483.
- White, F.H. (1990). A Study of the Feasibility of Using Simulation Models and Mathematical Programs as Aids to Drought Monitoring and Management. Bureau of Rural Resources, Canberra.