

TEKNIK PENGINDERAAN JAUH UNTUK PEMILIHAN LAHAN PERTANIAN PADI SAWAH BERKELANJUTAN

Selection For Sustainable Rice Field Agricultural Land Using Remote Sensing Technique

Muya Avicienna¹⁾, Boedi Tjahjono^{2)*}, dan Atang Sutandi²⁾

¹⁾ PT PPA Consultans, Jl. Tebet Timur, No. 57, Jakarta

²⁾ Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian IPB, Jl. Meranti Kampus IPB Darmaga Bogor 16680

ABSTRACT

Land conversion from agricultural to non-agricultural has now reached an alarming rate, so that the protection for productive agricultural land is completely indispensable (Law No. 41/2009 about protection of sustainable agricultural land or PLPPB). But what about the effective and efficient technical implementation for determining the sustainable agricultural land (LPPB)? This study aims to determine a model (methods and techniques) for selecting and zoning a sustainable agricultural land (LPPB), especially for rice field. This study takes Karawang District, one of the national paddy granary, as the study area. The method used is a combination of remote sensing techniques, geographic information systems, and Hayashi statistical analysis. The results showed that LPPB for Karawang District can be formulated as an irrigated agricultural land (technical, semi-technical, simple), which has a productivity of more than 4.5 ton ha⁻¹, has a Benefit Cost Ratio (BCR) > 1.497, and have unity of ricefield expanse (LKHLs) > 10 ha. Data for irrigation systems and LKHLs can be identified from ALOS AVNIR-2 imagery, and productivity data can be inferred from the value of Enhanced Vegetation Index (EVI). The later was derived from a times series Terra and Aqua MODIS imageries (2005-2009). The EVI values in the period of picpoint and the value of ricefield productivity (obtained from the field observation) has a positive correlation resulting an equations as follows $Prod. = 2.9785 + 6.0751 \times EVI$ value. The BCR values was obtained from the calculation of Productivity and Planting Index (derived from MODIS imagery) and combined with the ricefield Production Costs obtained from field survey. The LPPB zoning techniques can then be constructed in the above manner, through the identification of remote sensing data, field surveys, development of criteria appropriate to field conditions, and finally determination of LPPB areas through geographic information systems. Under this method the area of LPPB in Karawang area can be divided into five categories, i.e. LPPB1, LPPB2, LPPB3, LPPB4, and alternative for LPPB. The former represent the highest priority.

Keywords: ALOS AVNIR2, Hayashi, MODIS, sustainable rice field, zonation

ABSTRAK

Konversi lahan pertanian ke lahan non-pertanian kini telah mencapai tingkat yang mengkhawatirkan, oleh karenanya perlindungan terhadap lahan pertanian yang produktif sangat diperlukan (UU No 41/2009 tentang Perlindungan Lahan Pertanian Pangan Berkelanjutan atau PLPPB). Namun bagaimanakah teknis pelaksanaan yang efektif dan efisien untuk dapat menentukan kawasan lahan pertanian pangan berkelanjutan (LPPB)? Penelitian ini bertujuan untuk menentukan model (metode dan teknik) seleksi dan zonasi LPPB, khususnya untuk lahan sawah agar menjadi LPPB. Studi ini mengambil daerah di Kabupaten Karawang sebagai salah satu kabupaten lumbung padi nasional. Metode yang dipakai merupakan perpaduan antara teknik penginderaan jauh, sistem informasi geografis, dan analisis statistik Hayashi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa LPPB untuk Kabupaten Karawang dapat diformulasikan sebagai lahan pertanian sawah beririgasi (teknis, semi teknis, sederhana), memiliki produktivitas lebih dari 4.5 ton ha⁻¹, memiliki nilai *Benefit Cost Ratio* (BCR) > 1.497, dan memiliki Luasan Kesatuan Hampanan Lahan Sawah (LKHLs) > 10 ha. Data sistem irigasi dan LKHLs dapat diidentifikasi dari citra ALOS AVNIR-2, adapun data produktivitas diduga dari nilai *Enhanced Vegetation Index* (EVI) yang diturunkan dari citra MODIS Terra dan Aqua (*time series* 2005-2009). Nilai EVI pada periode *picpoint* dan nilai Produktivitas Lahan Sawah dari hasil survei lapangan memiliki korelasi yang positif dan diperoleh persamaan $Prod. = 2.9785 + 6.0751 \times$ nilai EVI. Nilai BCR diperoleh dari perhitungan Produktivitas dan Indeks Penanaman (didapat dari citra MODIS) yang dikombinasikan dengan Biaya Produksi Lahan Sawah dari hasil survei lapangan. Teknik zonasi LPPB selanjutnya dapat dibangun dengan cara di atas, yaitu melalui identifikasi data penginderaan jauh, survei lapangan, pengembangan kriteria sesuai kondisi lapangan, dan penentuan kawasan LPPB melalui sistem informasi geografis. Berdasarkan metode ini Kawasan LPPB di Kabupaten Karawang dapat dibedakan menjadi lima, yaitu LPPB1, LPPB2, LPPB3, LPPB4, dan cadangan LPPB. Yang pertama mencerminkan prioritas yang tinggi dan yang terakhir mencerminkan yang rendah.

Kata kunci : ALOS AVNIR2, Hayashi, MODIS, lahan sawah berkelanjutan, zonasi

*) Penulis Korespondensi: Telp. +628170829626; Email. boedi_tj@yahoo.com

PENDAHULUAN

Dengan adanya pertumbuhan penduduk, ekonomi, dan pembangunan yang cukup pesat di Indonesia membuat kebutuhan akan ruang atau lahan semakin meningkat. Terbatasnya ketersediaan ruang menyebabkan adanya suatu persaingan penguasaan lahan yang ketat (Nasoetion, 2002). Namun persaingan tersebut seringkali tidak seimbang karena demi memaksimalkan *land rent*, lahan pertanian senantiasa dikalahkan untuk dialih-fungsikan menjadi kegunaan lain seperti permukiman, industri, atau infrastruktur lainnya. Padahal jika dilihat dari daya dukung, lahan yang sesuai untuk pertanian pangan sesuai untuk semua peruntukan non-pertanian, sebaliknya lahan yang mempunyai daya dukung sesuai untuk non pertanian belum tentu bisa digunakan untuk lahan pertanian pangan. Hal ini mengindikasikan bahwa alih fungsi lahan sering berlangsung satu arah, hanya bisa dari lahan pertanian menjadi lahan non-pertanian, namun tidak sebaliknya. Alhasil ketersediaan lahan yang sesuai untuk pertanian pangan kini kian terbatas.

Melihat gejala yang demikian, maka suatu upaya untuk menjaga kedaulatan pangan nasional sangat diperlukan melalui perlindungan terhadap lahan pertanian pangan (Sudaryanto, 2002). Dengan kata lain diperlukan suatu penetapan kawasan lahan pertanian pangan berkelanjutan seperti yang diamanatkan oleh UU No. 41 Tahun 2009 (Menkum & HAM, 2009). Penetapan ini harus dapat direalisasikan melalui suatu penataan ruang wilayah, sehingga diperlukan suatu cara yang tepat untuk memilih dan menetapkan kawasan lahan pertanian pangan berkelanjutan (LPPB), khususnya lahan padi sawah karena padi merupakan bahan pangan pokok bagi masyarakat Indonesia.

Indonesia merupakan negara yang luas apalagi berbentuk kepulauan, sehingga untuk upaya tersebut diperlukan suatu metode yang efisien dan efektif. Dalam hal ini pemanfaatan data dan teknologi penginderaan jauh perlu dicoba karena teknologi ini dapat meliputi wilayah yang luas, lebih ekonomis, namun mempunyai akurasi yang baik, dan teknologi ini dapat menyadap objek permukaan lahan secara detil pada citra resolusi tinggi (Wahyunto *et al.*, 2006; As-syakur dan Adnyana, 2009; Domiri *et al.*, 2005).

Kabupaten Karawang adalah salah satu kabupaten di Jawa Barat yang dikenal sebagai salah satu lumbung padi nasional, oleh karenanya hamparan lahan sawah di wilayah ini merupakan pemandangan yang umum dijumpai. Namun demikian seiring dengan berjalannya waktu, Kabupaten Karawang terus tumbuh dan berkembang seperti kabupaten-kabupaten lain di Jawa, sehingga proses konversi lahan di beberapa tempat tidak dapat dihindarkan.

Penelitian ini dilaksanakan di Kabupaten Karawang dan bertujuan untuk (a) melakukan interpretasi dan analisis citra untuk identifikasi parameter kawasan LPPB dan menilai produktivitas lahan pertanian padi sawah, (b) memilih parameter berpengaruh nyata untuk pemilihan kawasan LPPB, dan (c) menentukan teknik zonasi kawasan LPPB berdasarkan parameter terpilih.

BAHAN DAN METODE

Lokasi Penelitian

Secara geografis wilayah penelitian terletak pada zone UTM 48 Selatan, pada posisi koordinat 739653, 9322363 hingga 776465, 9281150 dengan luas wilayah 108,782 hektar. Wilayah ini secara administratif termasuk dalam Kabupaten Karawang, Provinsi Jawa Barat, namun wilayah penelitian dibatasi pada wilayah yang terliput oleh peta satuan lahan (*land unit*) yang tersedia (Gambar 1).

Wilayah penelitian memiliki ketinggian tempat mulai 0 m dari permukaan air laut (dpal) yang terletak di wilayah utara hingga 217.5 m dpal yang berada di perbukitan selatan. Sebagian besar wilayahnya (74.8 %) merupakan dataran aluvial dengan kemiringan lereng antara 0 – 3 %, sedangkan sebagian kecil yang lain merupakan dataran berombak yang berada di kaki Gunungapi Gede-Pangrango (14.3 %), dataran bergelombang (8.4 %), dan perbukitan (2.4 %).

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi peta kesesuaian lahan Kabupaten Karawang, peta pola ruang Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kabupaten Karawang, peta satuan lahan dan kesesuaian lahan (skala 1:50,000), Citra ALOS AVNIR-2 resolusi spasial 10 m, citra MODIS (2005-2009) resolusi spasial 500 m, dan data data primer yang diperoleh dari lapangan (hasil wawancara).

Metode

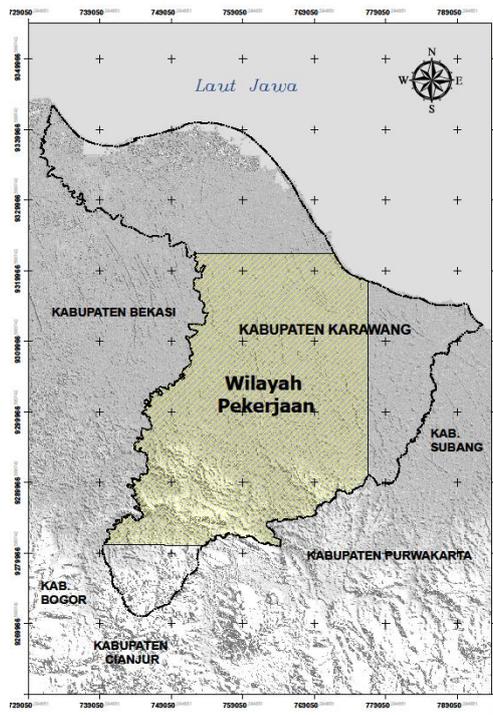
Pelaksanaan penelitian secara umum dapat dibagi ke dalam 3 tahapan, yaitu persiapan, perolehan data, serta analisis dan hasil. Ketiga tahapan tersebut serta isi kegiatannya disajikan secara diagramatis pada Gambar 2.

Metode Pengumpulan Data

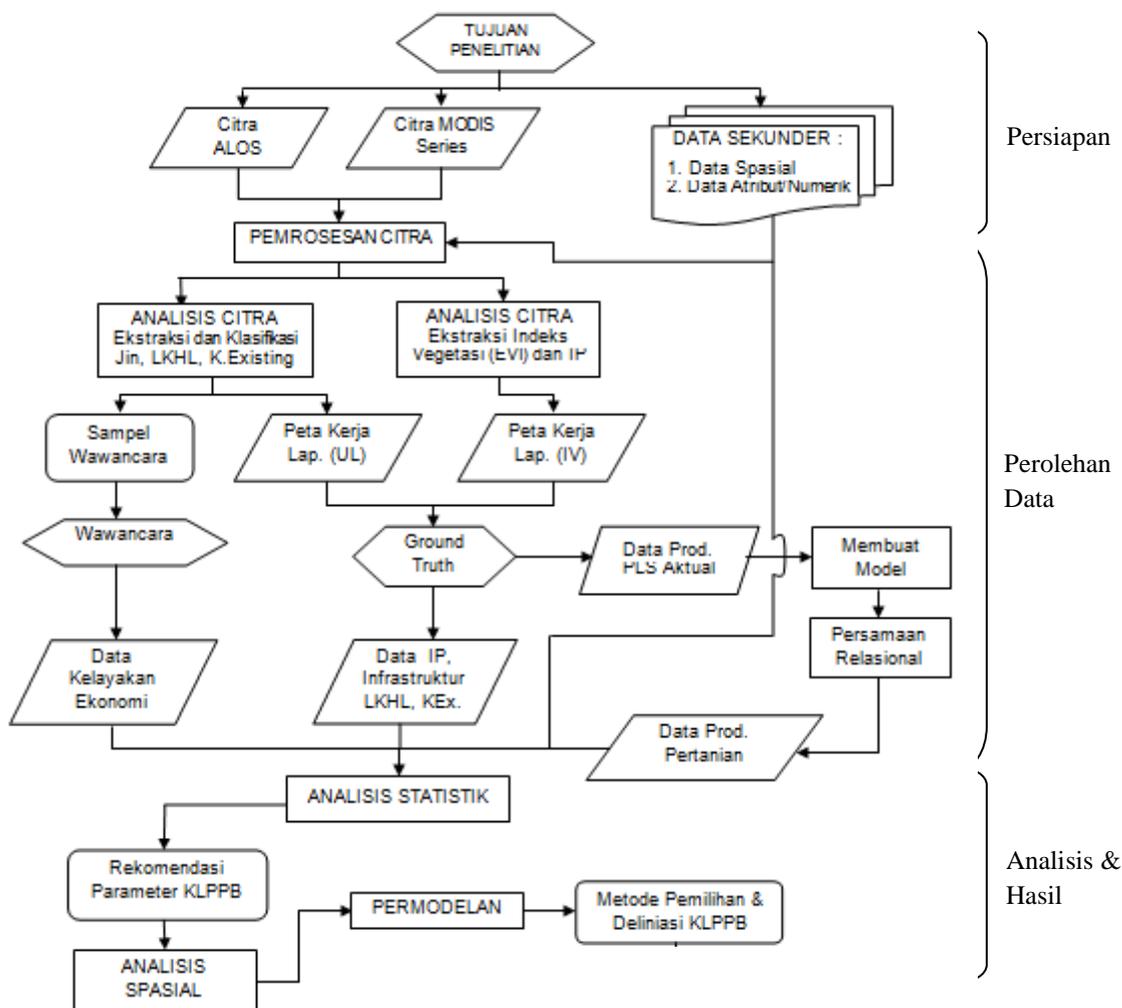
Pengumpulan data dilakukan dengan 3 cara, yaitu dari data sekunder, interpretasi dan analisis citra penginderaan jauh, serta survei lapangan. Data sekunder meliputi data Kesesuaian Lahan dan data RTRW Kabupaten. Data yang diekstraksi dari citra penginderaan jauh berupa data penggunaan lahan, jaringan jalan, sistem irigasi, luasan kesatuan hamparan lahan sawah (LKHLs), produktivitas, dan indeks penanaman. Adapun data dari survei lapangan meliputi Kelayakan Ekonomi, Produktivitas padi sawah aktual, dan hasil verifikasi interpretasi citra. Pengambilan sampel di lapangan dilaksanakan dengan pendekatan *Stratified Purposive Sampling*.

Metode Analisis

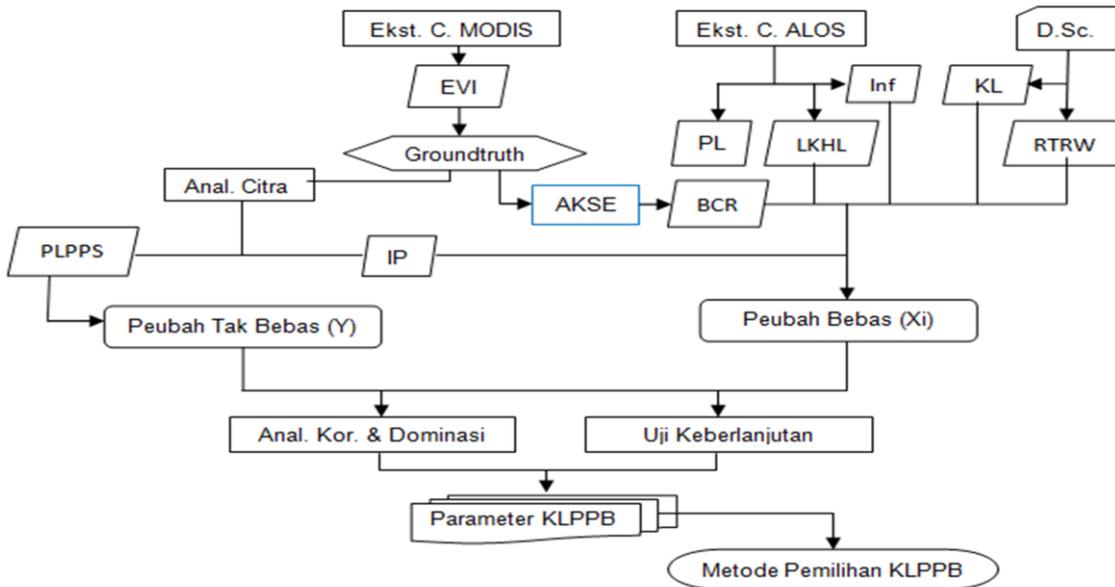
Beberapa metode analisis untuk mencapai tujuan penelitian telah dipilih dan jenis analisis tersebut digambarkan pada diagram pada Gambar 3.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian



Gambar 2. Diagram alir kerangka penelitian



- Keterangan Gambar :
- Ekst. C. = ekstrasi citra
 - D.Sc = data sekunder
 - KL = kesesuaian lahan
 - Inf = infrastruktur (jalan dan irigasi)
 - PL = penggunaan lahan
 - LKHL = luasan kesatuan hamparan lahan
 - RTRW = rencana tata ruang wilayah
 - Anal. Citra = analisis citra
 - AKSE = analisis kelayakan secara ekonomi
 - BCR = benefit cost ratio
 - IP = indeks penanaman
 - Anal. Kor. = analisis korelasi
 - PLPPS = produktivitas lahan pertanian padi sawah
 - KLPPB = kawasan lahan pertanian pangan berkelanjutan

Gambar 3. Kerangka analisis penelitian

Interpretasi Citra ALOS (Advanced Land Observing Satellite) AVNIR-2.

Data yang disadap dari citra ALOS adalah data untuk parameter infrastruktur (jalan dan irigasi), penggunaan lahan, dan luasan kesatuan hamparan lahan sawah (LKHLs). Cara penyadapan dari citra ALOS dilaksanakan secara non-parametrik. Masing-masing obyek dikenali atas dasar pola tanggap spektral dan karakteristik dasar obyek yang dapat dikenali dan tergambar dari citra ALOS. Penyadapan terhadap 3 jenis data tersebut dilaksanakan melalui interpretasi secara visual dengan digitasi *on screen* pada layar komputer.

Analisis Citra MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer).

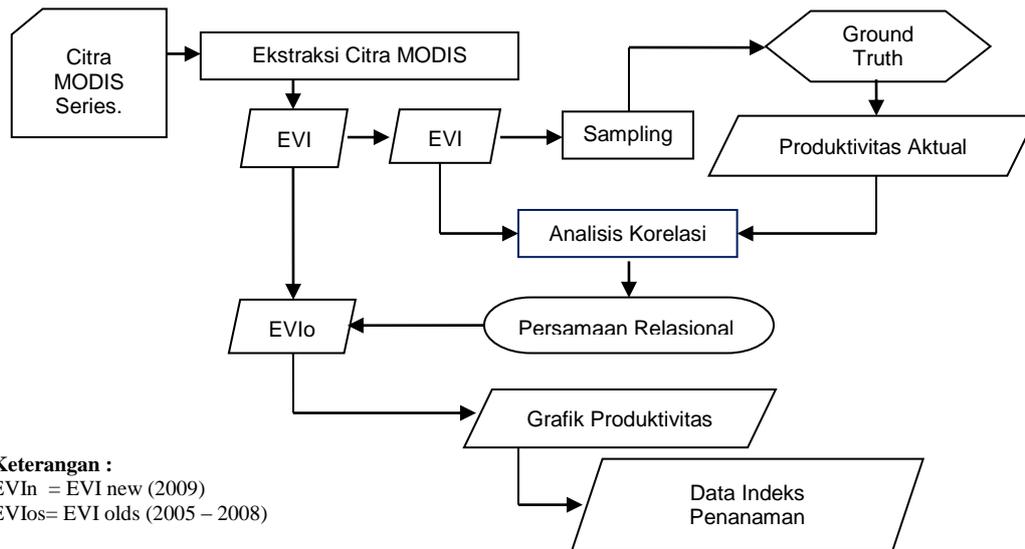
Citra yang digunakan adalah citra MODIS Terra MOD09A1 dan Aqua MYD09A1. Karakteristik citra ini mempunyai 7 kanal spektral dengan resolusi spasial 500 m dan resolusi temporal 8 hari. Citra MODIS Terra Aqua yang digunakan merupakan citra yang diakusisi pada tahun 2005 sampai dengan tahun 2009 (series 5 tahun) dengan selang waktu 8 hari. Citra ini digunakan untuk penyadapan data produktivitas yang didekati dengan analisis nilai EVI (*Enhanced Vegetation Index*). Analisis dipilih pada posisi

picpoint yaitu pada saat tanaman padi berumur 91 - 98 hari (umur 10 – 11 MST) atau pada masa vegetatif maksimum. Nilai EVI ini sering digunakan untuk menduga produktivitas tanaman padi sawah yang akan dihasilkan pada saat panen. Nilai EVI oleh Huete *et al.* (1997) diformulasikan dengan persamaan berikut :

$$EVI = 2.5 * \frac{\rho_{NIR} - \rho_{RED}}{\rho_{NIR} - C1*\rho_{RED} - C2*\rho_{BLUE} + L}$$

- Keterangan :
- ρ = nilai reflektan kanal spektral
 - C = koefisien koreksi *atmospheric aerosol scattering* pada kanal spektral merah berdasarkan kanal spektral biru (C1 : 6, C2 : 7.5)
 - L = *soil effect adjustment factor* (1)

Selanjutnya dilakukan analisis korelasi antara nilai EVI *picpoint* dari citra MODIS tahun 2009 dengan produksi padi tahun 2009 di masing-masing titik sampel melalui survei lapangan. Dari hasil uji statistik regresi diperoleh persamaan *produktivitas*. Nilai produktivitas tiap kali panen diketahui dengan jalan memasukkan nilai EVI tiap panen ke dalam persamaan tersebut. Nilai produktivitas padi sawah diperoleh dari rata-rata hasil panen selama 5 tahun (2005-2009) (Gambar 4).



Keterangan :
 EVIn = EVI new (2009)
 EVIos= EVI olds (2005 – 2008)

Gambar 4. Ekstraksi data produktivitas pertanian

Untuk data *indeks penanaman* dapat diketahui dari grafik nilai EVI yang diperoleh dari citra MODIS *time series*. Nilai EVI dengan resolusi temporal 8 hari selama beberapa tahun ini jika diwujudkan dalam grafik akan memperlihatkan suatu gelombang yang menunjukkan periodisasi pengolahan sawah. Jumlah undulan parabolik (pada grafik nilai EVI yang ditandai dengan *picpoint*)

menunjukkan jumlah masa tanam padi sawah di suatu lahan pada kurun waktu tertentu. Seperti terlihat pada Gambar 5 bahwa dalam masa 5 tahun terdapat 10 undulan yang mempunyai *picpoint*, sehingga indeks penanaman pada wilayah tersebut adalah 10 (*picpoint*) dibagi 5 (tahun) menjadi 2. Jadi indeks penanaman di wilayah tersebut adalah 200.



Gambar 5. Cara pengukuran indeks penanaman dari grafik

Penilaian Kelayakan Ekonomi

Kelayakan secara ekonomi merupakan analisis manfaat dan biaya dari suatu usaha penanaman padi sawah. Analisis ini menggunakan *Benefit Cost Ratio* (BCR) yang diperoleh dengan cara membagi jumlah hasil pendapatan dengan jumlah hasil biaya. Formulasi BCR disajikan sebagai berikut:

$$B/C = \frac{\sum_{t=1}^n B_t / (1 + i)^t}{\sum_{t=1}^n C_t / (1 + i)^t}$$

Keterangan :
 B : Benefit/keuntungan produksi
 C : Cost/biaya produksi
 t : periode waktu

Sumber : Kadariah *et al.* (1978) dalam Rustiadi *et al.* (2008).

Discount factor yang digunakan adalah sebesar 12 %. Dari perhitungan ini selanjutnya dapat diketahui bahwa perusahaan pertanian padi sawah yang dilakukan di suatu wilayah layak atau tidak untuk dilanjutkan.

Penentuan Parameter untuk Pemilihan Kawasan LPPB

Untuk mengetahui parameter berpengaruh dalam pemilihan kawasan LPPB digunakan metode analisis Hayashi 1. Analisis ini ditujukan untuk menduga parameter koefisien keterkaitan antara variabel-variabel penjelas (*explanatory variables*) dengan satu variabel tujuan. Selain itu juga untuk menunjukkan variabel-variabel penjelas mana saja yang paling nyata kaitannya (*significant*) dengan variabel tujuan. Algoritma pokok dari Analisis Kuantifikasi Hayashi oleh Tanaka *et al.* (1992)

(dalam Saefulhakim, 1996) diformulasikan dengan model matematis seperti berikut :

$$y = \Delta a + \varepsilon$$

Keterangan :

y : vektor data variabel tujuan ukuran ($n \times 1$)

Δ : matriks data variabel-variabel penjelas ukuran ($n \times C$)

di mana $C = \sum_{j=1}^R C_j$

a : vektor parameter skor untuk kategori-kategori dari variabel-variabel penjelas ukuran ($C \times 1$)

ε : vektor parameter error pendugaan ukuran ($n \times 1$)

Dari hasil analisis yang diperoleh selanjutnya diformulasikan parameter apa saja yang mempunyai pengaruh nyata untuk penentuan LPPB.

Uji Keberlanjutan

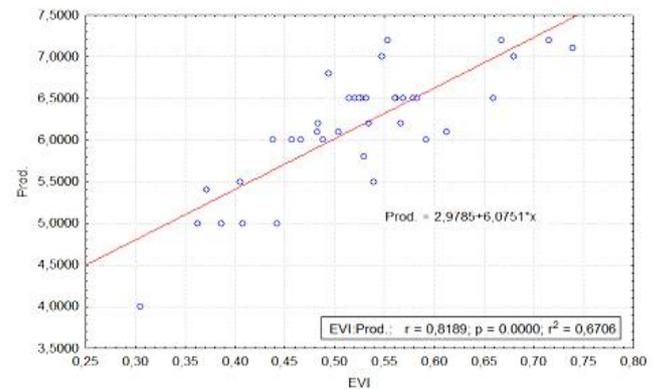
Keberlanjutan dapat dicapai apabila lahan dapat dimanfaatkan untuk produksi secara optimal. Penggunaan lahan dinyatakan optimal jika kesesuaian antara daya dukung dan daya tampung lahan tercapai. Untuk itu keberlanjutan dapat diketahui berdasarkan 3 aspek, yaitu melalui kesesuaian secara fisik, secara ekonomi, dan secara sosial. Uji keberlanjutan ini dapat diketahui dari grafik produktivitas dan matriks hasil analisis Hayashi 1. Dari data ini selanjutnya dapat diperlihatkan dan diidentifikasi karakteristik parameter satuan lahan (*land unit*) padi sawah yang berkelanjutan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Identifikasi Parameter LPPB dan Produktivitas Lahan Sawah

Identifikasi data untuk parameter LPPB dilakukan dari data penginderaan jauh, yaitu berasal dari Citra ALOS AVNIR-2 dan Citra MODIS. Citra yang pertama digunakan untuk melakukan identifikasi data penggunaan lahan, jaringan jalan, sistem irigasi, dan LKHLs. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa citra tersebut sangat baik dalam menyadap data yang diperlukan karena objek yang diinginkan mudah dikenali melalui pola tanggap spektral dan karakteristik dasar penciri obyek berupa rona/warna, tekstur, pola, ukuran, bentuk, bayangan, dan situs. Adapun citra yang kedua digunakan untuk menilai produktivitas lahan sawah, dimana untuk menilai produktivitas padi sawah didekati dengan pola keterkaitan antara besarnya nilai EVI pada posisi *picpoint* dengan data produktivitas padi sawah aktual di lapangan. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang positif cukup kuat antara nilai EVI dengan produktivitas padi sawah yang ditunjukkan dari nilai koefisien korelasi (r) = +0.8189 dan nilai koefisien regresi (r^2) = 0.6706. Dari hasil uji ini diperoleh persamaan **Prod. = 2.9785 + 6.0751*Nilai EVI** (Gambar 6). Persamaan ini selanjutnya digunakan untuk menduga produktivitas padi sawah dari 4 seri dari tahun sebelumnya. Perbandingan antara produktivitas padi sawah aktual yang diperoleh dari survei lapangan dengan produktivitas dari nilai EVI diperoleh

hasil simpangan rata-rata sebesar 7.63 % atau terdapat perbedaan produktivitas sebesar 0.24 ton ha⁻¹. Positifnya hubungan antara EVI dengan produktivitas padi ini mirip dengan hasil yang diperoleh dari penelitian Heidina (2010).



Gambar 6. Grafik hubungan antara nilai EVI dan produktivitas padi sawah aktual

Indeks Penanaman dapat diketahui dari jumlah *picpoint* atau undulan parabolik yang dinampakkan pada grafik hubungan antara nilai EVI dengan periode waktu citra yang digunakan. Simpangan antara Indeks Penanaman hasil wawancara dengan Indeks Penanaman yang diperoleh dari citra diketahui sebesar 3.63 % atau setara dengan nilai indeks penanaman sebesar 10 persen. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa citra MODIS *time series* dapat digunakan untuk mengetahui Produktivitas dan Indeks Penanaman padi sawah di suatu wilayah.

Pemilihan Parameter Berpengaruh untuk Pemilihan Kawasan LPPB

Data yang digunakan untuk analisis di atas pada dasarnya telah dapat untuk menggambarkan kenyataan lapangan ($R^2=0.529$) dan keragaman data dianggap baik dengan rata-rata residual = nol. Berdasarkan uji dominasi dari analisis Hayashi 1, dengan menggunakan selang kepercayaan 99 % ($p=0.01$) dan 95 % ($p=0.05$) diperoleh batas nilai absolut " r " 0.3445 dan 0.2558. Dari batas nilai absolut ini maka dapat diketahui bahwa dari 9 (sembilan) parameter yang digunakan untuk pemilihan kawasan LPPB ini, hanya 4 (empat) parameter yang mempunyai keterkaitan langsung dengan aspek keberlanjutan, yaitu Produktivitas, Sistem Irigasi, LKHLs, dan BCR. Adapun parameter arahan RTRW tidak berhubungan secara langsung, namun hanya sebagai penentu akhir (aspek kebijakan) dalam pemilihan kawasan LPPB.

Teknik Zonasi untuk Kawasan LPPB

Kawasan LPPB adalah suatu kawasan budidaya dan dari kapasitasnya merupakan lahan yang sesuai secara fisik untuk pertanian padi sawah, layak secara ekonomi, dan dapat diterima secara sosial untuk dijadikan sebagai lahan pertanian padi sawah.

Menurut standard produktivitas di Pulau Jawa (Ritung *et al.*, 2007) kawasan lahan pertanian padi sawah dikategorikan memenuhi kriteria "sesuai secara fisik" jika

produktivitasnya mencapai lebih dari 4.5 ton ha^{-1} dan tidak pernah mengalami penurunan yang *significant* selama 5 tahun terakhir. Dengan tidak adanya penurunan produktivitas yang drastis ini berarti bahwa lahan tersebut belum mengalami penurunan potensi atau degradasi lahan. Sesuai secara fisik ini sesungguhnya mempunyai implikasi bahwa kondisinya juga didukung oleh sistem irigasi yang optimal, yaitu sistem irigasi yang menggunakan air dan dapat memberikan kesempatan adanya kegiatan konservasi tanah dan air.

Untuk kelayakan secara ekonomi selanjutnya dapat dilihat dari nilai BCR yang berada di atas BEP (*break event point*) yaitu pada lahan-lahan yang mempunyai nilai $\text{BCR} > 1.497$. Pada lahan yang mempunyai hasil demikian berarti petani dengan lahan 1 ha telah dapat hidup cukup layak di daerah penelitian.

Adapun untuk kriteria dapat diterima secara sosial di sini dapat diindikasikan dari besarnya LKHLs, karena aspek ini mencerminkan kemauan masyarakat menerima perusahaan lahan tersebut untuk padi sawah. Perusahaan lahan padi sawah akan dapat dilaksanakan jika kondisi geofisik dan secara ekonomi dianggap memenuhi kriteria yang dipahami oleh masyarakat. Semakin luas LKHLs berarti masyarakat semakin menerima terhadap perusahaan lahan padi sawah tersebut.

Berdasarkan hasil analisis dan survei lapangan seperti tersebut di atas, maka selanjutnya dapat ditentukan bagaimana teknik zonasi yang baik untuk memilih lahan sawah yang layak untuk diabadikan atau sebagai kawasan LPPB. Secara ringkas teknik zonasi tersebut diuraikan seperti berikut yang diawali dari interpretasi citra penginderaan jauh. Dari data penggunaan lahan yang diperoleh dari citra ALOS AVNIR2 selanjutnya dapat dipilah menjadi dua, yaitu penggunaan lahan sawah dan penggunaan lahan non-sawah. Data lahan sawah dibedakan lagi menjadi dua, yaitu sawah beririgasi dan sawah tidak beririgasi. Lahan sawah beririgasi ini pada citra dapat dikenali dari adanya kenampakan hamparan sawah yang jenuh air, atau adanya jaringan irigasi, atau sumber air yang terhubung dengan sawah tersebut. Data sawah yang dilengkapi dengan sistem irigasi dan jaringan jalan (dari peta penggunaan lahan) selanjutnya dapat digunakan untuk mengelompokkan data luasan Kesatuan Hamparan Lahan Sawah (LKHLs).

Dari citra MODIS (yang mempunyai resolusi temporal 8 hari) selanjutnya dianalisis untuk mendapatkan nilai EVI, dimana data ini akan digunakan untuk menilai produktivitas padi sawah. Data produktivitas akhir padi

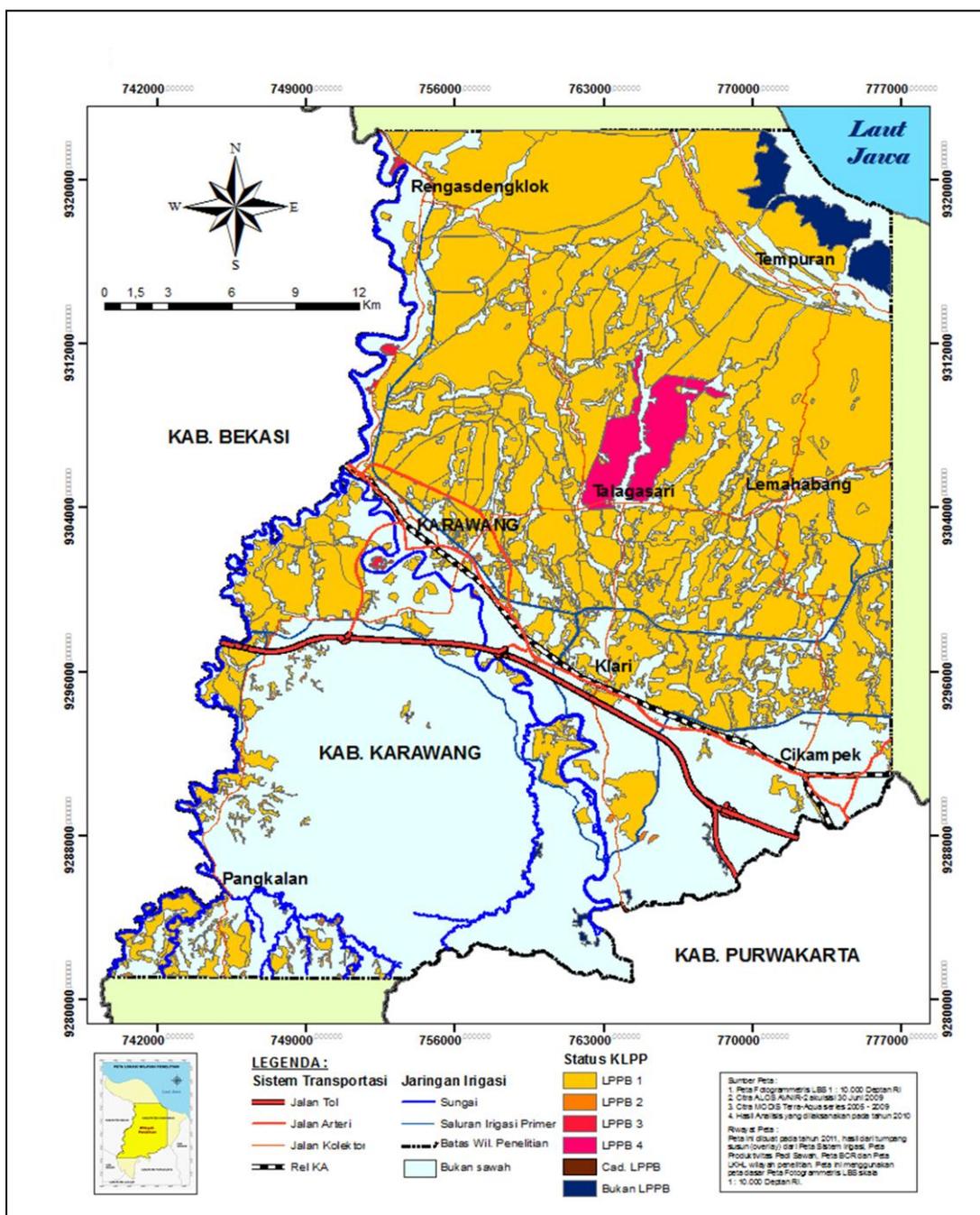
sawah diperoleh dengan mengetahui keterkaitan antara besarnya nilai EVI pada posisi *picpoint* dengan produktivitas padi sawah aktual yang diperoleh dari survei lapangan. Keterkaitan ini diuji dengan uji statistik korelasi. Persamaan yang didapat digunakan untuk menduga produktivitas padi sawah pada seri tahun-tahun sebelumnya. Indeks Penanaman dapat diketahui dari jumlah *picpoint* atau undulan parabolik yang dinampakkan pada grafik antara nilai EVI dan periode waktu dari citra yang digunakan. Grafik nilai EVI dengan periode seri waktu beberapa tahun dapat juga digunakan untuk membaca gejala yang berkembang pada lahan sawah, seperti perkembangan pertumbuhan padi, adanya gangguan terhadap tanaman padi, perkiraan gagal panen, dan adanya degradasi lahan.

Survei lapangan selanjutnya dilaksanakan pada lokasi sampel dengan acuan/pendekatan satuan lahan (*land unit*). Pengambilan sampel pada satuan lahan dilakukan secara *Stratified Purposive Sampling* yang disusun dari data Penggunaan Lahan Sawah, Sistem Irigasi, dan Jenis Tanah. Kegiatan dilaksanakan melalui *ground checking* terhadap data dari hasil interpretasi citra dan sekaligus melakukan wawancara sehingga diperoleh data biaya produksi dan data produktivitas aktual. Data BCR kemudian diperoleh dari hasil perhitungan data Produktivitas dan Indeks Penanaman (dari MODIS) yang dipadu dengan data Biaya Produksi dari lahan padi sawah (yang diperoleh dari survei lapangan). Dalam menghitung BCR ini diketahui juga nilai BCR pada posisi BEP untuk hidup para petani di wilayah penelitian.

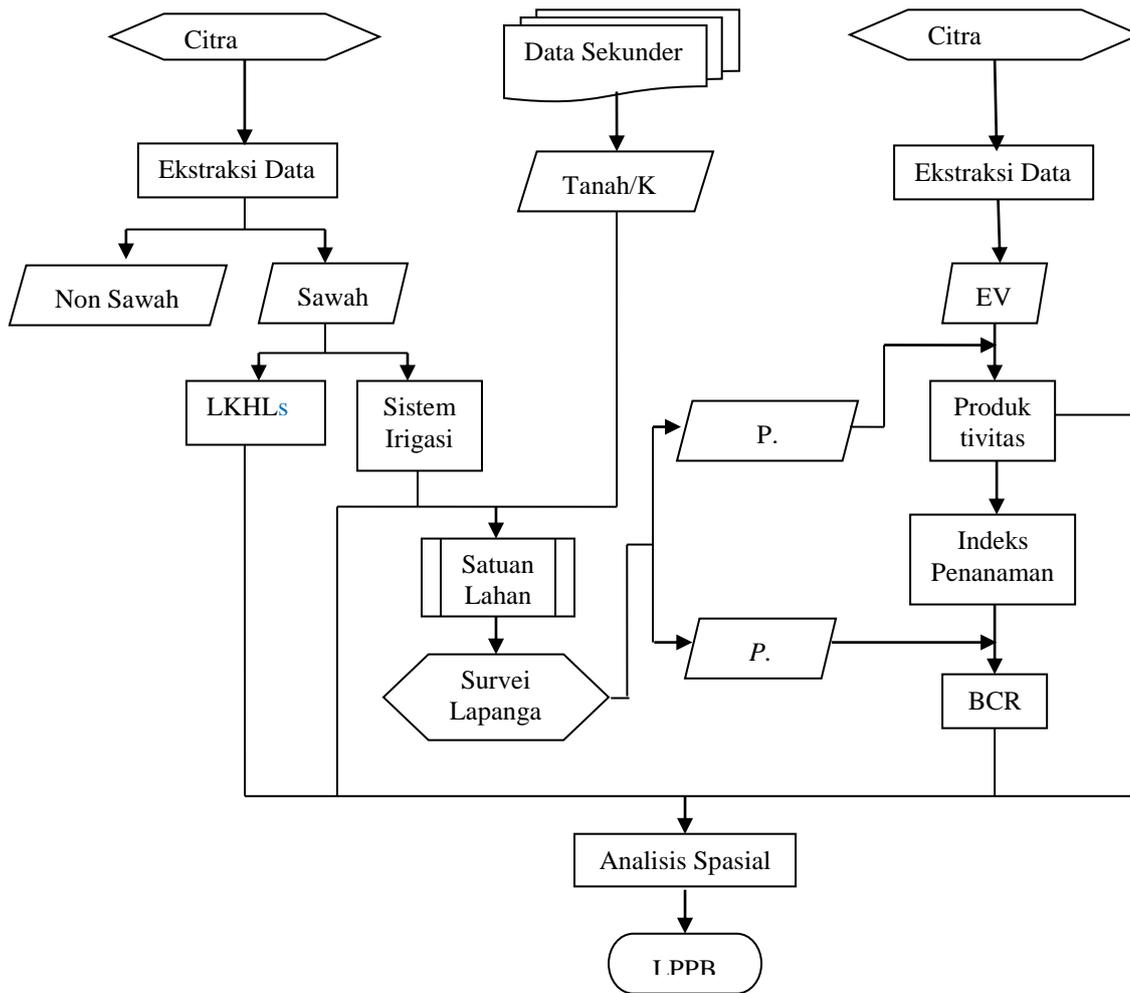
Langkah selanjutnya adalah menentukan kriteria yang digunakan untuk klasifikasi LPPB di wilayah penelitian. Lahan sawah yang memenuhi kriteria selanjutnya dimasukkan sebagai kawasan LPPB. Dengan demikian secara teknis, pememilihan LPPB ini dapat dilaksanakan melalui teknik penginderaan jauh, kriteria yang ditetapkan, dan sistem informasi geografis (SIG).

Berdasarkan metode dan teknik (model) zonasi Kawasan Lahan Pertanian Padi sawah Berkelanjutan (LPPB) seperti tersebut di atas akhirnya didapatkan bahwa daerah penelitian mempunyai lima kelas Kawasan LPPB, yaitu LPPB-1, LPPB-2, LPPB-3, LPPB-4, dan LPPB cadangan (Gambar 7). Yang pertama menunjukkan prioritas tinggi sedangkan yang ke empat menunjukkan prioritas rendah. Adapun LPPB cadangan mencerminkan lahan yang secara fisik sesuai untuk lahan sawah, namun saat sekarang tidak dimanfaatkan sebagai lahan sawah.

Model penentuan Kawasan LPPB seperti tersebut di atas secara diagramatis disajikan pada Gambar 8.



Gambar 7. Peta arahan lahan pertanian padi sawah berkelanjutan wilayah penelitian



Gambar 8. Diagram alir teknik pemilihan lahan pertanian padi sawah berkelanjutan

SIMPULAN

- a. Citra ALOS AVNIR-2 dengan resolusi spasial 10 m mampu menyajikan data penggunaan lahan, jaringan jalan, sistem irigasi, dan Luasan Kesatuan Hambaran Lahan Sawah (LKHLs). Data ini dapat diidentifikasi melalui pola tanggap spektral dan karakteristik dasar penciri obyek. Untuk pendugaan produktivitas padi sawah dari citra MODIS Terra-Aqua dapat digunakan persamaan $Prod = 2.9785 + 6.0751 * \text{Nilai EVI}$, sedangkan Indeks Penanaman dapat dibaca dari grafik serial nilai EVI. Nilai simpangan antara data produktivitas aktual dengan data produktivitas dari citra dengan metode inisebesar 7.63 % setara dengan perbedaan produktivitas sebesar 0.24 ton ha⁻¹ musim⁻¹ dan perbedaan Indeks Penanaman aktual dengan hasil penyadapan dari citra MODIS sebesar 3.63 % atau setara dengan nilai Indeks penanaman sebesar 10 persen. Berdasar nilai simpangan tersebut maka dapat dikatakan bahwa Citra MODIS Terra-Aqua series dapat digunakan untuk mengetahui Produktivitas dan Indeks Penanaman padi sawah di suatu wilayah.
- b. Dari uji signifikansi dengan selang kepercayaan 99 % dan 95 % dapat diketahui bahwa dari kesembilan parameter yang digunakan hanya terdapat empat

parameter yang mempunyai keterkaitan langsung dengan pemilihan kawasan LPPB, yaitu Produktivitas, Sistem Irigasi, BCR dan LKHLs. Dari pemahaman ini dapat didefinisikan bahwa LPPB adalah hamparan lahan yang secara fisik sesuai untuk pertanian padi sawah yang didukung dengan sistem irigasi, mempunyai produktivitas diatas 4.5 ton ha⁻¹, layak secara ekonomi ditandai dengan BCR > 1.497, dan dapat diterima secara sosial melalui kenampakan luasan LKHLs > 10 ha.

- c. Teknik pemilihan dan zonasi lahan pertanian padi sawah berkelanjutan (LPPB) dapat dibangun melalui kombinasi analisis spasial dan lapangan. Kegiatannya dimulai dari penyadapan data parameter melalui citra, kerja lapangan, pembangunan kriteria sesuai kondisi lapangan, dan klasifikasi LPPB melalui sistem informasi geografis.

DAFTAR PUSTAKA

Domiri, D.D., N.L. Adhyani, dan Nugraheni. 2005. Model pertumbuhan tanaman padi menggunakan data MODIS untuk pendugaan umur padi sawah. *Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan MAPIN XIV: "Pemanfaatan Efektif Penginderaan Jauh Untuk*

- Peningkatan Kesejahteraan Bangsa*". Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Surabaya. p. 17-24.
- Heidina, F. 2010. Produksi dan produktivitas padi di Kecamatan Ciasem Kabupaten Subang [Skripsi]. Program Studi Manajemen Sumberdaya Lahan, Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan – Institut Pertanian Bogor (IPB).
- Huete, A.R., H.Q. Liu, K. Batchily, and W. Van Leeuwen. 1997. A Comparisons of vegetation indices global set of TM images for EOS MODIS. *Remote Sensing of Environment*, 59 : 440-451.
- Menkum & HAM. 2009. *Undang – Undang Republik Indonesia nomor 41 tahun 2009 tentang Undang-Undang Perlindungan Lahan Pertanian Pangan Berkelanjutan*. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2009 Nomor 149. Menteri Hukum dan Hak Asasi Manusia, Jakarta.
- Nasoetion, L.I. 2002. Konversi lahan pertanian: aspek hukum dan implementasinya. *Prosiding Seminar Nasional Multifungsi dan Konversi Lahan Pertanian*. Balai Penelitian Tanah. Departemen Pertanian Republik Indonesia. Bogor.
- Ritung, S., Supriatna, dan A. Hidayat. 2007. Kriteria biofisik untuk penetapan lahan pertanian abadi dalam mencegah konversi lahan pertanian, studi kasus di Provinsi Jawa Barat dan Lampung. *Prosiding Seminar Nasional Sumberdaya Lahan dan Lingkungan Pertanian*. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, Departemen Pertanian Republik Indonesia. Bogor. p. 311-322.
- Rustiadi, E., S. Saefulhakim, dan D.R. Panuju. 2008. *Perencanaan dan Pengembangan Wilayah*. Institut Pertanian Bogor (IPB). Bogor.
- Saefulhakim, S. 1996. *Metode Kuantifikasi Hayashi*. Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya lahan, Institut Pertanian Bogor (IPB). Bogor.
- Syakur, A.R. dan I.W.S. Adnyana. 2009. Analisis indeks vegetasi menggunakan citra ALOS AVNIR 2 dan Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk evaluasi tata ruang Kota Denpasar. *Jurnal Bumi Lestari*, 9: 1–11.
- Sudaryanto, T. 2002. Konversi lahan dan produksi pangan nasional. *Prosiding Seminar Nasional Multifungsi dan Konversi Lahan Pertanian*. Balai Penelitian Tanah. Departemen Pertanian Republik Indonesia. Bogor.
- Wahyunto, Widagdo, dan B. Heryanto. 2006. Pendugaan produktivitas tanaman padi sawah melalui analisis citra satelit. *Informatika Pertanian*, 15 : 853-869.
-