



## PENDAHULUAN

Perencanaan untuk pengalokasian lahan pertanian harus dilakukan dengan mempertimbangkan banyak faktor (biofisik, ekonomi, sosial), melalui banyak tahap aktivitas (Baja *et al.*, 2001). Menurut Young (1998), aktivitas tersebut pada dasarnya dapat dibagi dalam tiga tahap utama: (i) pemilihan opsi dari beberapa alternatif penggunaan lahan yang tersedia; (ii) pembuatan rencana pokok (*plan*) alternatif terpilih; dan (iii) pelaksanaan atau implementasi. Untuk tahap pertama, kegiatan penunjang yang selama ini dikenal adalah mengevaluasi kesesuaian lahan untuk beberapa penggunaan lahan (tanaman) terpilih. Seperti dijelaskan dalam Baja (2001), metode klasik yang umum dipakai adalah kerangka kerja evaluasi lahan (atau '*framework for land evaluation*') yang diperkenalkan oleh FAO (1976). Dalam kerangka kerja tersebut diperkenalkan dua macam pendekatan evaluasi lahan: pendekatan dua tahap (*two-stage approach*) dan pendekatan paralel (*parallel approach*). Pada pendekatan pertama, evaluasi aspek biofisik (tanah, iklim, dll.) dilakukan terlebih dahulu, kemudian dilanjutkan dengan analisis sosio-ekonomi lahan, sedangkan pada pendekatan kedua, evaluasi aspek biofisik dan sosio-ekonomi lahan dilakukan secara simultan. Model evaluasi lahan yang menonjol selama ini adalah yang menggunakan pendekatan pertama. Namun, dengan semakin berkembangnya sistem komputerisasi yang memfasilitasi metode-metode analisis berkriteria ganda (*multiple criteria*), banyak penelitian, akhir-akhir ini diarahkan ke pendekatan paralel (lihat antara lain Bojorquez-Tapia *et al.*, 2001; Malczewski *et al.*, 1997; dan Tiwari *et al.*, 1999). Metodenya dikenal dengan istilah 'pengambilan keputusan berkriteria ganda' (atau *multiple criteria decision making*, MCDM). Disini, sistem informasi geografi (*geographic information systems*, GIS) sangat besar peranannya dalam pengelolaan basis data, analisis berbasis spasial, penampilan

---

\* Staf Pengajar pada Jurusan Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian dan Kehutanan, Universitas Hasanuddin

luaran hasil analisis, serta beberapa fungsi GIS lainnya (lihat Burrough dan McDonnell, 1998).

Makalah ini menyajikan metode sistematis penggunaan GIS dan 'Analytic Hierarchy Process' (disingkat AHP, yakni sebagai salah satu metode MCDM, lihat Jankowski, 1995) dalam evaluasi lahan dengan pendekatan paralel. Pemrosesan data menggunakan pendekatan integrasi lepas (*loose coupling integration*). Pada pendekatan ini basis data di bangun dan di kelola dalam GIS, kemudian analisis kriteria gandanya dilakukan dalam sistem perangkat lunak AHP. Dengan demikian terjadi suatu mekanisme pertukaran data, dari program GIS ke MCDM, dan sebaliknya. Pada seksi berikut ini akan disajikan ringkasan tentang definisi, fungsi, dan prosedur analisis dengan AHP, dan kemudian dilanjutkan dengan dua contoh aplikasi. Dalam contoh aplikasi tersebut akan dianalisis dua macam penanyaan (*query*) yang berbeda:

- ❑ Dalam suatu satuan lahan tertentu, berapakah proporsi lahan optimal untuk masing-masing komoditas terpilih?
- ❑ Dari sejumlah satuan lahan (*land unit*), manakah diantaranya yang paling sesuai untuk pengembangan penggunaan lahan terpilih?

## **ANALYTIC HIERARCHY PROCESS**

### **Umum**

Analytic hierarchy process (AHP) merupakan salah satu metode MCDM yang mula-mula dikembangkan oleh Saaty (1990), dan sangat populer digunakan dalam perencanaan lahan terutama dalam pengalokasian penggunaan lahan (*land use allocation*). Salah satu kehandalan AHP adalah dapat melakukan analisis secara simultan dan terintegrasi antara parameter-parameter yang kualitatif atau bahkan yang '*intangible*' dan yang kuantitatif. Sebagai contoh, hasil klasifikasi kesesuaian lahan pada satu satuan lahan tertentu dapat diintegrasikan dengan tingkat preferensi masyarakat (yakni aspek sosio-kultur), nilai ekonomi tanaman bersangkutan, dll. agar dapat diformulasikan tingkat kesesuaian menyeluruh (*versatility*) satuan lahan tersebut. AHP dapat juga digunakan untuk

menentukan jenis penggunaan lahan yang paling optimal dari sekian banyak opsi yang tersedia.

AHP menggunakan struktur hierarki, matriks, dan algebra linier dalam memformulasikan prosedur pengambilan keputusan. Disamping itu, AHP juga menggunakan prinsip-prinsip *eigenvector* dan *eigenvalue* dalam proses pembobotan. Tahap-tahap prosedur yang digunakan dalam analisis sangat bergantung pada jenis aplikasi, namun pada dasarnya, prosedur AHP meliputi hal-hal sebagai berikut:

- ❑ Mendefinisikan struktur hierarki masalah yang akan dipecahkan
- ❑ Melakukan pembobotan elemen-elemen pada setiap level dari hierarki
- ❑ Menghitung prioritas terbobot (*weighted priority*) dan konsistensi pembobotan
- ❑ Menampilkan urutan/ranking dari alternatif-alternatif yang dipertimbangkan.

### Pembobotan

Prosedur AHP menghandalkan tehnik pembobotan untuk menghasilkan faktor bobot. Faktor bobot ini menggambarkan ukuran relatif tentang pentingnya suatu elemen dibanding yang lainnya. Saaty (1990) telah membuat suatu standar pembobotan dengan skala berkisar dari 1 (dua aktivitas sama pentingnya) hingga 9 (satu aktivitas sangat jauh lebih penting dari yang lain) untuk digunakan dalam matriks dengan perbandingan berpasangan (*pairwise comparison matrix*). Skala pembobotan tersebut telah diuji validasinya, diantaranya oleh Erkut dan Moran (1991), Klungboonkroong dan Taylor (1998), dan Landes dan Pesticelli (1993). Untuk suatu contoh evaluasi yang terdiri dari  $n$  elemen, matriks dengan perbandingan berpasangan ditulis sebagai berikut:

$$\begin{bmatrix} w_1/w_1 & w_1/w_2 & \dots & w_1/w_n \\ w_2/w_1 & w_2/w_2 & \dots & w_2/w_n \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & \dots & w_n/w_n \end{bmatrix}$$

Agar konsisten dalam perbandingan, nilai kebalikan dari dua elemen yang dibandingkan diletakkan pada posisi yang sesuai pada arah yang berlawanan. Contoh, jika satu elemen diberi bobot atau derajat kepentingan 3 (atau 3 kali lebih penting) terhadap elemen lain,  $w_1/w_2$ , maka pada baris pertama dan kolom kedua dari matriks tersebut diberi skor 3. Dengan demikian, angka 1/3 ditempatkan pada posisi  $w_2/w_1$ . Jika dua elemen memiliki derajat kepentingan sama, maka diberi nilai perbandingan 1. Ini berlaku untuk diagonal utama, karena disini setiap elemen dibandingkan dengan elemen bersangkutan.

**Penentuan Prioritas Alternatif dan Rasio Konsistensi**

Penentuan prioritas pilihan dan rasio konsistensi dalam AHP dilakukan dengan menghitung *eigenvector* dan *eigenvalue* melalui operasi matriks. *Eigenvector* menentukan ranking dari alternatif yang dipilih, sedangkan *eigenvalue* memberikan ukuran konsistensi dari proses perbandingan. Ranking pada dasarnya diwakili oleh vektor prioritas, sebagai hasil normalisasi *eigenvector* utama (*principal eigenvector*). Ini didapat dari penghitungan vector kolom ( $v_j$ ) dengan persamaan berikut:

$$v_j = K_{ij} \times w_i \dots\dots\dots (1)$$

dimana  $K_{ij}$  adalah matriks dengan bentuk sebagai berikut:

$$\begin{bmatrix} w_{11} & w_{12} & \dots & w_{1p} \\ w_{21} & w_{22} & \dots & w_{2p} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ w_{n1} & w_{n2} & \dots & w_{np} \end{bmatrix}$$

dengan tujuan (*objective*)  $i = (1, 2, 3, \dots, n)$ , alternatif  $j = (1, 2, 3, \dots, p)$ , dan  $w_{11}$  adalah bobot alternatif 1 untuk tujuan 1,  $p$  mewakili jumlah alternatif, dan  $n$  adalah jumlah tujuan. Vektor kolom,  $v_j$  menyatakan ranking akhir dari sekian alternatif yang diuji dalam analisis.

Tahap berikutnya adalah mengestimasi konsistensi proses perbandingan yang dilakukan dengan menggunakan matriks *pairwise comparison*, melalui penghitungan nilai maksimum

*principal eigenvector* ( $\lambda_{\max}$ ). Makin dekat nilai  $\lambda_{\max}$  ke  $n$ , makin konsisten hasil yang dicapai. Dalam AHP nilai konsistensi dinyatakan dalam rasio konsistensi (*consistency ratio*, CR), yang diperoleh melalui penghitungan indeks konsistensi (*consistency index*, CI) dan indeks random konsistensi (*consistency random index*, RI). CI adalah ukuran simpangan atau deviasi yang dinyatakan sebagai berikut:

$$CI = (\lambda_{\max} - n)/(n - 1) \dots\dots\dots (2)$$

RI merupakan nilai rata-rata index yang dihasilkan secara random yang diperoleh dari percobaan yang menggunakan sampel dengan jumlah besar untuk matriks dengan order 1 hingga 15 (Tabel 1) (Saaty, 1990). Nilai RI didapat dari pembagian nilai CI dengan nilai RI pada order matriks yang sepadan pada Tabel 1. Untuk kepentingan evaluasi, CR dengan nilai 0.10 (atau 10%) atau lebih kecil dianggap dapat diterima (*acceptabel*) (Saaty, 1990).

Tabel 1. Nilai RI untuk Menghitung Nilai Konsistensi dalam Proses Pembobotan dan Perbandingan

Order of matrix	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Random index	0	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56	1.57	1.59

## CONTOH APLIKASI

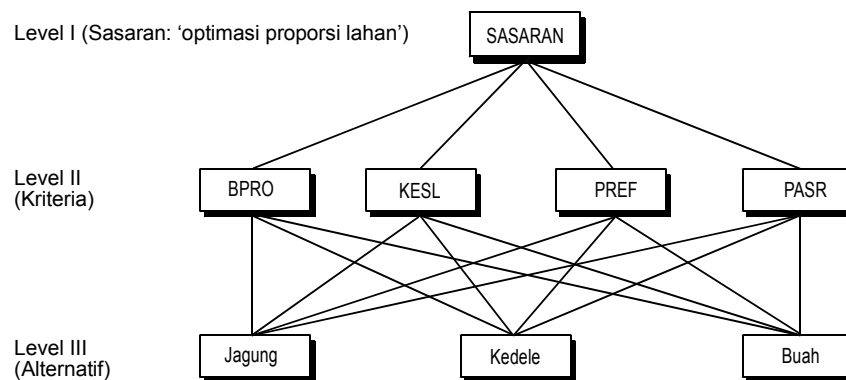
Dalam seksi ini akan disajikan dua contoh kasus. Yang pertama adalah aplikasi yang ditujukan untuk penentuan porsi lahan (dalam satu satuan lahan) yang optimal untuk jenis pertanaman yang berbeda. Metode pembobotan yang digunakan adalah berdasarkan perpaduan antara parameter kualitatif dan kuantitatif. Kasus yang kedua menyangkut penentuan ranking (prioritas) satuan lahan untuk satu jenis penggunaan lahan, dan menggunakan parameter-parameter yang sepenuhnya kuantitatif.

Pada aplikasi ini digunakan perangkat lunak (program) IDRISI 32 dan *Expert Choice*, yang dioperasikan dalam Windows XP®. IDRISI 32 digunakan untuk membangun dan mengelola

basis data GIS, sedangkan *Expert Choice* digunakan untuk menjalankan fungsi-fungsi module berbasis AHP. Program *Expert Choice* hanya memfasilitasi 9 alternatif untuk satu modul analisis. Untuk aplikasi dengan alternatif lebih dari 9, nilai atribut kriteria yang digunakan harus ditransfer ke skala intensitas, seperti jumpai pada Seksi 3.2 (Kasus II).

### Kasus I: Penentuan Proporsi Lahan untuk Pertanaman

Untuk aplikasi ini dipilih tiga jenis komoditas sebagai alternatif: jagung (JG), kedele (KD), dan buah-buahan (BU) (dimodifikasi dari Alphonse, 1997). Sasaran analisis (*goal*) adalah untuk menentukan proporsi optimal dari tiga jenis komoditas tersebut, dalam satu satuan lahan dengan batas-batas yang telah diketahui. Untuk mencapai sasaran tersebut dipilih empat kriteria, masing-masing mewakili tujuan (*objective*) yang berbeda: (i) biaya produksi (pupuk, pemberantasan hama, dll.), disingkat BPRO; (ii) kesesuaian lahan (yang diperoleh dari analisis kesesuaian lahan biofisik) atau KESL; (iii) tingkat preferensi petani akan komoditas bersangkutan atau PREF ; dan (iv) ketersediaan pasar (pemasaran), PASR. Struktur hierarkinya disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Struktur Hierarki Pengalokasian Jenis Tanaman

Proses pembobotan dimulai dari level II, dengan memunculkan pertanyaan sebagai berikut: "berdasarkan sasaran pada level I (yakni menentukan proporsi optimal lahan dari tiga

jenis komoditas tersebut), mana yang lebih penting antara BPRO dan KESL?, dan seberapa besar pentingnya?" Pertanyaan tersebut kemudian dilanjutkan dengan kriteria yang lain, sehingga terbentuk suatu matriks. Dalam contoh kasus ini, kesesuaian lahan (KESL) diberi bobot dua kali lebih penting dari biaya produksi (BPRO), sementara preferensi petani tiga kali lebih penting dari ongkos produksi. Selanjutnya, pemasaran (PASR) empat kali lebih penting dari BPRO, dan sembilan kali lebih penting dari KESL. Proses perbandingan tersebut menghasilkan matriks *pairwise comparison* sebagai berikut:

$$\begin{array}{c}
 \text{BPRO} \\
 \text{KESL} \\
 \text{PREF} \\
 \text{PASR}
 \end{array}
 \begin{bmatrix}
 \text{BPRO} & \text{KESL} & \text{PREF} & \text{PASR} \\
 1 & 1/2 & 3 & 4 \\
 2 & 1 & 6 & 9 \\
 1/3 & 1/6 & 1 & 2 \\
 1/4 & 1/9 & 1/2 & 1
 \end{bmatrix}$$

Dari matriks tersebut, kemudian dihitung nilai *eigenvector*,  $E$  dan rasio konsistensi, CR, dan didapatkan hasil sebagai berikut:

$$E = \begin{bmatrix} 0.274 \\ 0.564 \\ 0.102 \\ 0.060 \end{bmatrix} \quad \text{dan CR} = 0.006$$

Tahap berikutnya adalah melakukan pembobotan terhadap jenis komoditas (pada level III) terhadap masing-masing kriteria pada level II, dengan tipe pertanyaan mirip seperti di atas. Untuk pembobotan terhadap pemasaran, didapatkan bahwa JG lebih berpeluang, yang diikuti oleh KD dan BU, sedangkan menurut analisis kesesuaian lahan biofisik (KESL), BU lebih sesuai, dan diikuti oleh KD dan JG, dan seterusnya. Pembobotan terhadap keseluruhan elemen dengan menggunakan teknik *pairwise comparison* dalam AHP dengan program *Expert Choice* menghasilkan matriks sebagai berikut:

$$\begin{array}{c}
 \text{BPRO} \\
 \text{KESL} \\
 \text{PREF} \\
 \text{PASR}
 \end{array}
 \begin{bmatrix}
 \text{JG} & \text{KD} & \text{BU} \\
 0.130 & 0.660 & 0.210 \\
 0.096 & 0.251 & 0.653 \\
 0.400 & 0.340 & 0.260 \\
 0.770 & 0.170 & 0.060
 \end{bmatrix}$$

Tahap terakhir adalah menghitung 'product' dari hasil pembobotan kriteria dan jenis komoditas yang dievaluasi, dengan persamaan (3) sebagai berikut:

$$PT_j = \sum_{i=1}^4 E_i W_i \dots\dots\dots (3)$$

dimana  $PT_j$  adalah proporsi lahan untuk komoditas  $j$  ( $j = 1, 2, \text{ dan } 3$ ),  $E$  dan  $W$  masing-masing adalah bobot kriteria terhadap sasaran (pembobotan pada level II), dan bobot alternatif (komoditas) terhadap kriteria (pembobotan pada level III). Persamaan tersebut menghasilkan matriks seperti di bawah ini. Angka tersebut mewakili proporsi lahan yang optimal dan akan direkomendasikan untuk pertanaman masing-masing komoditas: jagung 17,7%, kedele 36,7%, dan buah-buahan 45,6%.

Jagung	[	0.177	]
Kedele		0.367	
Buah		0.456	

**Kasus II: Penentuan Prioritas Bidang Lahan**

**Sasaran dan Tujuan**

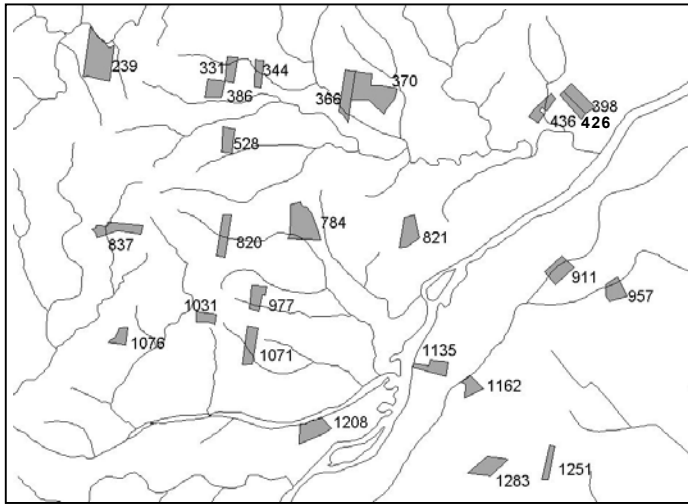
Kasus II ini menyajikan suatu contoh aplikasi AHP dalam menentukan prioritas satuan lahan dari sekian pilihan atau alternatif untuk pengembangan satu jenis penggunaan lahan, agar didapatkan hasil (output) yang optimal, serta dampak lingkungan yang minimal. Satuan lahan disini dapat berupa satuan evaluasi lahan, atau bidang lahan/ kepemilikan lahan (*land parcel*) dengan batas-batas yang pasti. Penelitian ini menggunakan informasi bidang kepemilikan lahan yang diperoleh melalui proses digitasi batas-batas kadastral (*cadastral boundaries*) sebagai alternatif. Kemudian, upaya pertanaman semusim (*cropping* atau *cultivated land*) dipilih sebagai sasaran analisis (*goal*). Untuk mencapai sasaran tersebut, ditentukan beberapa fungsi tujuan (*objective function*), sebagai berikut:

- ❑ Lahan yang dipilih memiliki fungsi produksi yang tinggi, sehingga diharapkan dapat mencapai produksi tanaman semusim yang optimal
- ❑ Lahan memiliki tingkat bahaya erosi di bawah nilai toleransi, untuk menjamin keberlanjutan usaha pertanian
- ❑ Lahan yang dipilih memiliki kapasitas penyimpanan air yang memadai, atau memiliki tingkat aliran permukaan yang rendah
- ❑ Bidang lahan yang dipilih memiliki kedekatan dengan jalan atau jaringan transportasi
- ❑ Lahan cukup memiliki jarak (horisontal) ke tubuh air untuk menghindari pencemaran air dari kegiatan pemupukan dan pengendalian hama tanaman.

### **Kriteria Evaluasi dan Alternatif**

Kriteria dipilih dan disusun berdasarkan fungsi tujuan seperti dipaparkan di atas, yang meliputi: (i) indeks kesesuaian lahan (LSI); (ii) status erosi tanah terhadap nilai toleransi erosi (ETI); (iii) nilai *runoff Curve Number* (CN); (iv) kedekatan dengan jalan utama (KJU); dan (v) kedekatan dengan tubuh air (sungai, danau, bendungan, dll.) (KTA). Lima kriteria evaluasi tersebut masing-masing mewakili fungsi-fungsi tujuan seperti dijelaskan di atas.

Untuk analisis ini dipilih sebanyak 25 bidang lahan (*land parcel*), yang diekstraksi dari data GIS (Gambar 2). Untuk memungkinkan analisis 25 bidang lahan tersebut, maka nilai aktual masing-masing parameter dirubah kedalam skala intensitas seperti terlihat pada Tabel 2. Metode penghitungan nilai parameter (kriteria evaluasi) pada Tabel 2 tidak disajikan dalam makalah ini. Namun, metode penentuan indeks kesesuaian lahan (*land suitability index*, LSI) dapat dilihat dalam Baja *et al.* (2002c), indeks toleransi erosi (*erosion tolerance index*, ETI) dalam Baja *et al.* (2002a), dan CN dalam Baja *et al.* (2002b).



Gambar 2 Distribusi Bidang Lahan pada Areal Studi

Dengan program *Expert Choice*, pembobotan dilakukan pertama-tama terhadap skala intensitas. Matriks pada Tabel 3 menyajikan cara pembobotan untuk indeks kesesuaian lahan (LSI). Dengan metode yang sama bobot masing-masing level skala intensitas dapat dihitung (lihat kolom paling kanan Tabel 2). Kemudian, skala intensitas masing-masing parameter diinput kedalam basis data bidang lahan yang sesuai dalam *Expert Choice* (lihat Tabel 4).

Tabel 2. Skala Intensitas untuk Masing-masing Kriteria Evaluasi

Kriteria		Skala intensitas*		Bobot
Indeks kesesuaian lahan (LSI)	> 0.85	1	Sangat sesuai (HSUIT)	0.419
	0.75 - 0.85	2	Sesuai (SUIT)	0.263
	0.60 - 0.75	3	Sesuai moderat (MSUIT)	0.160
	0.40 - 0.60	4	Kurang sesuai (LSUIT)	0.097
	< 0.40	5	Tidak sesuai (NSUIT)	0.062
Indeks toleransi erosi (ETI)	> 0.90	1	Sangat baik (EXCEL)	0.419
	0.80 - 0.90	2	baik (GOOD)	0.263
	0.50 - 0.80	3	Sedang/moderat (MODER)	0.160
	0.25 - 0.50	4	Buruk (POOR)	0.097
	< 0.25	5	Sangat buruk (VPOOR)	0.062
Runoff Curve Number (CN)	> 85	1	Tinggi (HIGH)	0.163
	75 - 85	2	Rata-rata (AVERAGE)	0.297
	< 75	3	Rendah (LOW)	0.540
Kedekatan pada jalan utama (KJU)	< 250 m	1	Sangat mudah terjangkau (HACCESS)	0.419
	250 - 500 m	2	Terjangkau (ACCESS)	0.263
	500 - 1000 m	3	Sedang/moderat (MACCESS)	0.160
	1000 - 2000 m	4	Sulit terjangkau (FACCESS)	0.097
	> 2000 m	5	Sangat sulit terjangkau (LACCESS)	0.062
Kedekatan pada tubuh air (KTA)	> 500 m	1	Sangat jauh (VDIST)	0.419
	350 - 500 m	2	Jauh (DIST)	0.263
	225 - 350 m	3	Sedang/moderat (FDIST)	0.160
	125 - 225 m	4	Dekat (CLOSE)	0.097
	< 125 m	5	Sangat dekat (VCLOSE)	0.062

\*Singkatan dalam kurung digunakan untuk memudahkan dalam mengelola basis data dalam GIS dan Expert Choice.

Tabel 3. Cara Pembobotan Skala Intensitas Indeks Kesesuaian Lahan

Skala intensitas	HSUIT	SUIT	MSUIT	LSUIT	NSUIT	Bobot*
HSUIT	1.0	½	1/3	1/4	1/5	0.419
SUIT	2.0	1.0	1/2	1/3	1/4	0.263
MSUIT	3.0	2.0	1.0	1/2	1/3	0.160
LSUIT	4.0	3.0	2.0	1.0	1/2	0.097
NSUIT	5.0	4.0	3.0	2.0	1.0	0.062

\* CR = 0.020

Tabel 4. Level Intensitas Kriteria yang Digunakan untuk Masing-masing Bidang Lahan

Bidang lahan	IDs*	LSI	ETI	CN	KJU	KTA
DU1	239	MSUIT	VPOOR	AVERAGE	MACCESS	FDIST
DU2	331	MSUIT	VPOOR	AVERAGE	HACCESS	VCLOSE
DU3	344	MSUIT	POOR	AVERAGE	HACCESS	VCLOSE
DU4	366	MSUIT	POOR	AVERAGE	ACCESS	CLOSE
DU5	370	SUIT	POOR	AVERAGE	MACCESS	DIST
DU6	386	MSUIT	VPOOR	AVERAGE	HACCESS	FDIST
DU7	398	MSUIT	POOR	AVERAGE	HACCESS	DIST
DU8	426	MSUIT	POOR	HIGH	HACCESS	DIST
DU9	436	MSUIT	VPOOR	HIGH	ACCESS	VCLOSE
DU10	528	MSUIT	VPOOR	AVERAGE	FACCESS	CLOSE
DU11	784	SUIT	MODER	AVERAGE	ACCESS	CLOSE
DU12	820	SUIT	POOR	AVERAGE	ACCESS	VCLOSE
DU13	821	HSUIT	POOR	AVERAGE	HACCESS	VDIST
DU14	837	MSUIT	VPOOR	AVERAGE	ACCESS	CLOSE
DU15	911	SUIT	EXCEL	AVERAGE	ACCESS	VCLOSE
DU16	957	SUIT	EXCEL	HIGH	ACCESS	VCLOSE
DU17	977	MSUIT	VPOOR	AVERAGE	HACCESS	VCLOSE
DU18	1031	MSUIT	VPOOR	AVERAGE	HACCESS	CLOSE
DU19	1071	SUIT	POOR	AVERAGE	ACCESS	VCLOSE
DU20	1076	NSUIT	VPOOR	AVERAGE	HACCESS	FDIST
DU21	1135	HSUIT	GOOD	AVERAGE	MACCESS	FDIST
DU22	1162	SUIT	EXCEL	HIGH	HACCESS	CLOSE
DU23	1208	MSUIT	MODER	AVERAGE	HACCESS	CLOSE
DU24	1251	MSUIT	EXCEL	AVERAGE	MACCESS	VDIST
DU25	1283	LSUIT	MODER	LOW	MACCESS	VDIST

\*Lihat Gambar 2

### ***Penentuan Bobot Kriteria dan Prioritas Bidang Lahan***

Dalam studi pengalokasian penggunaan lahan dengan menggunakan metode pengambilan keputusan berkriteria ganda (MCDM), biasanya dibuat beberapa skenario berdasarkan atas pertimbangan atau pandangan berbagai aspek. Dalam studi kasus ini, dipilih dua macam pertimbangan: ekonomi dan ekologi. Jika yang pertama dipilih, maka kriteria yang berkenaan

dengan faktor ekonomi lahan diberi bobot lebih tinggi, sedangkan jika yang kedua dipilih maka aspek keberlanjutan (*sustainability*) penggunaan lahan adalah menjadi tujuan utama, dan faktor-faktor yang terkait dengan aspek ekologi diberi bobot lebih tinggi. Untuk penelitian ini dicobakan 3 macam pembobotan:

**Pertimbangan ekonomi (ECON).** Disini kriteria LSI dan KJU, yang mewakili aspek ekonomi lahan diberi bobot tiga kali lebih penting dari ETI, CN, dan KTA.

**Pertimbangan ekologi (ECOL).** Kriteria ETI, CN, dan KTA yang mewakili aspek ekologi lahan diberi bobot tiga kali lebih penting dari LSI dan KJU.

**Ekonomi berimbang dengan ekologi (BLNC).** Semua kriteria diberi bobot yang sama, dimana terjadi keseimbangan antara tujuan ekonomi (optimasi produksi, dan minimasi biaya), dan tujuan ekologi (mengurangi dampak erosi, mengoptimasi simpanan air dalam profil tanah, dan minimasi pencemaran air).

Tahap selanjutnya adalah mengeksekusi program *Expert Choice*, dengan menggunakan teknik pembobotan kriteria seperti dijelaskan di atas, dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 5. Disini terlihat adanya konsistensi antara tiga macam pembobotan. Tampak bahwa jika seorang pengambil keputusan (*decision maker*) menekankan faktor ekonomi lahan, maka yang menjadi prioritas adalah bidang lahan DU13, dan jika lebih pada pertimbangan ekologis, maka prioritas adalah bidang lahan DU24. Kedua bidang lahan tersebut ditempatkan pada prioritas teratas, jika ada perimbangan antara faktor ekonomi dan ekologi.

Tabel 5. Ranking (Prioritas) Bidang Lahan untuk Pengembangan Tanaman Semusim

Ranking	EKON		EKOL		BLNC	
	DUs	Skor	DUs	Skor	DUs	Skor
1	DU13	0.865	DU24	0.765	DU13	0.757
2	DU22	0.713	DU25	0.705	DU24	0.663
3	DU21	0.634	DU13	0.668	DU22	0.632
4	DU7	0.617	DU15	0.577	DU25	0.599
5	DU15	0.607	DU22	0.567	DU15	0.590
6	DU8	0.590	DU21	0.551	DU21	0.588
7	DU23	0.590	DU7	0.510	DU7	0.558
8	DU6	0.581	DU16	0.510	DU16	0.541
9	DU16	0.579	DU5	0.476	DU8	0.509
10	DU3	0.564	DU8	0.443	DU23	0.509
11	DU18	0.564	DU23	0.443	DU6	0.492
12	DU2	0.555	DU11	0.432	DU5	0.484
13	DU17	0.555	DU6	0.420	DU11	0.484
14	DU11	0.548	DU20	0.399	DU3	0.462
15	DU24	0.538	DU3	0.379	DU18	0.462
16	DU12	0.521	DU18	0.379	DU2	0.445
17	DU19	0.521	DU4	0.369	DU17	0.445
18	DU20	0.502	DU12	0.368	DU20	0.445
19	DU5	0.493	DU19	0.368	DU12	0.437
20	DU25	0.469	DU1	0.364	DU19	0.437
21	DU4	0.449	DU2	0.356	DU4	0.405
22	DU14	0.440	DU17	0.356	DU14	0.388
23	DU9	0.403	DU14	0.345	DU1	0.369
24	DU1	0.375	DU10	0.310	DU9	0.321
25	DU10	0.308	DU9	0.255	DU10	0.309

## KESIMPULAN

Dua macam pendekatan analisis dengan AHP telah disajikan dalam paper ini. Yang pertama adalah penentuan proporsi optimal lahan untuk tiga jenis komoditas, dan yang kedua adalah penentuan ranking bidang lahan untuk satu jenis penggunaan lahan. Metode analisis yang dipaparkan menunjukkan bahwa AHP dapat digunakan untuk menganalisis kesesuaian lahan secara komprehensif, yang memper-

timbangkan aspek biofisik (seperti kelas kesesuaian lahan, tingkat erosi, dll.), ekonomi (misalnya biaya produksi, peluang pasar, kedekatan dengan jaringan transportasi, dll.), dan sosial (misalnya preferensi masyarakat sekitar untuk komoditi tertentu, kemauan berpartisipasi, dll.). Disini terlihat kehandalan metode AHP yang dapat menganalisis secara simultan parameter-parameter yang sifatnya kuantitatif dan kualitatif. Dengan demikian luaran hasil pemodelan, survei, pendugaan, atau analisis dengan GIS (misalnya dalam paper ini: indeks kesesuaian lahan, LSI) dapat sekaligus dipadukan dengan parameter lain dalam suatu sistem/lingkup analisis yang sama. Contoh kasus yang disajikan dalam paper ini dapat dijadikan dasar untuk melakukan analisis dengan menggunakan beberapa macam sasaran (*goal*) dan tujuan (*objective*), jenis alternatif yang berbeda, serta jumlah kriteria yang lebih besar dari masing-masing aspek biofisik, ekonomi, dan sosial. Penggunaan informasi bidang kepemilikan lahan (*land parcel*) sebagai alternatif, seperti disajikan dalam makalah ini, dapat diperluas aplikasinya pada satuan-satuan pengelolaan lahan (*land management units*) (lihat Baja *et al.*, 2002a) pada skala evaluasi yang berbeda.

Integrasi AHP dengan GIS disini dapat dilakukan dengan dua cara. Yang pertama adalah dengan menggunakan dua paket program berbeda dan memanfaatkan teknik dan mekanisme pertukaran data dengan format berbeda, sebagaimana didemonstrasikan dalam paper ini. Yang kedua adalah dengan membangun modul sebagai bagian dari perangkat fungsi-fungsi GIS, yang dikenal dengan '*tight coupling integration*'. Pengembangan GIS dan MCDM pada masa-masa mendatang akan mengarah ke cara yang kedua.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Alphonse, C.B. 1997. *Application of the Analytic Hierarchy Process in Agriculture in Developing Countries*. Agricultural Systems, 53: 97-112.
- Baja, S. 2001. *The Quality of the Land: Using GIS for Continuous-based Land Suitability Assessment in the Sydney Region*. GIS User, 44: 32-33.

- Baja, S., Chapman, D. M., and Dragovich, D. 2001. *A Conceptual Model for Assessing Agricultural Land Suitability at a Catchment Level Using a Continuous Approach in GIS*. Pages 828-841 in: Proceedings of the Geospatial Information and Agriculture Conference, 17-19 July 2001, Sydney. NSW Agriculture, Sydney.
- Baja, S., Chapman, D. M., and Dragovich, D. 2002a. *A Conceptual Model for Defining and Assessing Land Management Units Using a Fuzzy Modelling Approach in GIS Environment*. Environmental Management, 29: 647-661.
- Baja, S., Chapman, D. M., and Dragovich, D. 2002b. *Using GIS and Remote Sensing for Assessing and Mapping the Present Status of Land Use and Land Qualities in the Lower Hawkesbury-Nepean Catchment, Australia*. Geocarto International. (In press).
- Baja, S., Chapman, D.M. and Dragovich, D. 2002c. *Using GIS-Based Continuous Methods for Assessing Agricultural Land Use Potential in Sloping Areas*. Environment and Planning B: Planning and Design, 29: 3-20.
- Bojorquez-Tapia, L.A., Diaz-Mondragon, S. and Ezcurra, E. 2001. *GIS-based Approach for Participatory Decision Making and Land Suitability Assessment*. International Journal of Geographical Information Science, 15: 129-151.
- Burrough, P.A, and McDonnell, R.A. 1998. *Principles of Geographical Information Systems*. Oxford University Press Inc., New York.
- Erkut, E., and Moran, S.R. 1991. *Locating Obnoxious Facilities in the Public Sector: an Application of the Analytic Hierarchy Process to Municipal Landfill Siting Decision*. Socio-economic Planning Science, 25: 82-102.
- Expert Choice Inc. 1996. *EC-Pro for Windows: Decision Support Software*. Decision Support Software Inc., McLean, Virginia.
- FAO. 1976. *A Framework for Land Evaluation*. FAO Soils Bulletin no 32. Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Rome.

- Jankowski, P. 1995. *Integrating Geographical Information Systems and Multiple Criteria Decision Making Methods*. International Journal of Geographical Information Systems, 9: 251-273.
- Klungboonkron, P., and Taylor, M.A.P. 1998. *A Computer-based System for Multicriteria Environmental Impacts Evaluation of Urban Road Networks*. Computer, Environment, and Urban Systems, 22: 425-446.
- Landes, M.M., and Pesticelli, D.R. 1993. *Using the Analytical Hierarchy Process in NEPA-based Public Involvement: a Profile of Success*. Pages 201-211, in: Hilderbrand, S.G., and Cannon, J.B. (Eds). Environmental Analysis: The NEPA Experience. Lewis Publishers, Boca Raton.
- Malczewski, J., Moreni-Sanches, R., Bojorquez-Tapia, L.A., and Ongai-Delhumeau, E. 1997. *Multicriteria Group Decision-making for Environmental Conflict Analysis in the Cape Region, Mexico*. Journal of Environmental Planning and Management, 40: 349-374.
- Saaty, T.L. 1990. *Multicriteria Decision Making: The Analytic Hierarchy Process-Planning Priority Setting, Resource Allocation*. McGraw-Hill, New York.
- Tiwari, D.N., Loof, R., and Paudyal, G.N. 1999. *Environmental-Economic Decision-making in Lowland Irrigated Agriculture Using Multi-criteria Analysis Techniques*. Agricultural Systems, 60: 99-112.
- Young, A. 1998. *Land Resources: Now and for the Future*. Cambridge University Press, Cambridge.