

APLIKASI FUZZY SET BERBASIS SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS DALAM EVALUASI KESESUAIAN LAHAN

M. Ramli¹ dan Sumbangan Baja²

1. Instalasi Lab. Tanah Maros, Litbang Pertanian;
2. Jurusan Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian dan Kehutanan Universitas Hasanuddin, Makassar

ABSTRACT

Research of Land suitability evaluation using Fuzzy Set approach has been conducted at an extent of 40.096 ha in Cina and Mare Subdisrict, Bone Regency, South Sulawesi. The aim of this study was to evaluate land suitability for clove based on the land characteristic and economy at scale 1:50.000. The analysis was undertaken using Geographic Information Systems. The result of this research showed that the extent of land units having land suitability with S_1 category for developing clove is 6,529 ha (16.28%; distributed at the land units 12, 13, 14 and 26). While the land units having class S_2 include 18, 24, 25 comprising a total area of 2,761 ha (6.89%). Land unit with the highest MF value has an NPV of Rp 127,623,129.-.

Key word: Land suitability, Fuzzy Set, Clove, Geographic Information Systems.

PENDAHULUAN

Evaluasi lahan adalah upaya penilaian atau penafsiran terhadap kinerja suatu lahan bila digunakan untuk suatu penggunaan. Evaluasi lahan dimaksudkan pula untuk menyajikan suatu dasar atau kerangka rasional dalam pengambilan keputusan penggunaan lahan yang tepat dan didasarkan atas hubungannya antara persyaratan penggunaan lahan dengan karakteristik lahan itu sendiri dan memberikan perkiraan masukan yang diperlukan dan proyeksi luaran yang diharapkan. Dalam konteks ini, evaluasi lahan mencakup dua aspek utama yaitu sumber daya fisik seperti iklim dan tanah, serta sumber daya ekonomi seperti ukuran usahatani, tingkat manajemen, ketersediaan tenaga kerja dan lain-lain. Selanjutnya aspek pertama dapat dianggap sebagai sifat-sifat yang stabil sementara yang kedua lebih bervariasi dan sangat bergantung dari kebijaksanaan atau keputusan-keputusan politik.

Sasaran evaluasi lahan adalah untuk memilih jenis penggunaan lahan yang optimal pada setiap satuan lahan/wilayah dengan mempertimbangkan baik fisik maupun ekonomi serta konservasi sumberdaya lingkungan untuk penggunaan yang akan datang. Kegiatan pokok dalam evaluasi lahan yang berkaitan dengan penggunaan lahan adalah penetapan jenis/tipe penggunaan serta penentuan persyaratan dari suatu tipe penggunaan lahan. Setelah tipe penggunaan lahan ditetapkan selanjutnya diikuti oleh penentuan persyaratan penggunaan lahan yang dimaksud. Tujuan penelitian ini adalah menilai kesesuaian lahan cengkeh berdasarkan distribusi spasial karakteristik biofisik dan ekonomi pada skala 1:50.000.

METODOLOGI PENELITIAN

Evaluasi dengan Pendekatan Fuzzy Set

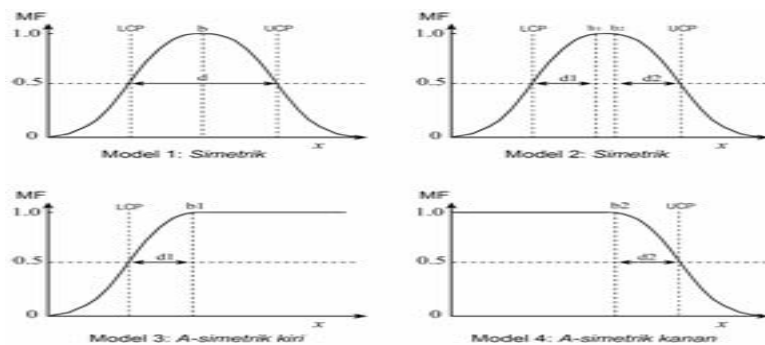
Penelitian evaluasi lahan dengan pendekatan Fuzzy Set telah dilakukan di kecamatan Cina dan Mare, kab. Bone Sulawesi Selatan. Metode ini dilakukan untuk me-*refine* metode faktor pembatas dengan logika *Boolean*, dimana dalam logika *Boolean* hanya ada dua pilihan dalam analisis yaitu 0 atau 1, sehingga dalam konteks klasifikasi kesesuaian lahan, akan dijumpai batas yang tegas antara satu kelas dan yang lainnya (Baja *et al.*, 2003). Penggunaan teori *fuzzy set* dilandasi oleh pemikiran

perlu adanya solusi terhadap nilai anggota bilangan atau *membership value* (MF) yang tidak hanya berorientasi pada benar atau salah (Baja *et al.*, 2003), *terpenuhi* (MF = 1) atau *tidak terpenuhi* (MF = 0) (Burrough *et al.*, 1992; Davidson *et al.*, 1994).

Metode *fuzzy set* dalam penelitian ini mengacu pada model import semantik (*semantic import model*, SIM) yang telah digunakan dalam evaluasi lahan secara luas (Baja *et al.*, 2002c; Burrough *et al.*, 1992; Davidson *et al.*, 1994). SIM menggunakan kurva S untuk menilai kinerja (*performance*) karakteristik lahan dalam hubungannya dengan persyaratan tumbuh tanaman (Gambar 1). Kurva simetrik berlaku untuk karakteristik lahan yang memiliki kinerja optimum pada kisaran sedang, seperti pH dan tekstur tanah. Kurva simetrik kiri digunakan untuk menilai karakteristik lahan yang memiliki sifat semakin besar semakin baik (*the more the better*) seperti kedalaman efektif, KTK, dll., sedangkan simetrik kanan berlaku untuk karakteristik lahan yang memiliki sifat semakin kecil semakin baik (*the less the better*), seperti lereng, batuan dipermukaan, dll. Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$MF_{x_i} = [1/(1 + \{(x_i - b_i)/d\}^2)] \dots\dots\dots (1)$$

dan $0 \leq MF_{x_i} \leq 1$, dimana MF_{x_i} = fungsi keanggotaan (*membership function*) setiap karakteristik lahan x yang ke i; d= lebar zona transisi (yakni x pada MF=0,5 atau pada crossover point, CP); x_i = nilai x yang ke i; dan b= nilai ideal (*ideal value*) untuk karakteristik lahan x.



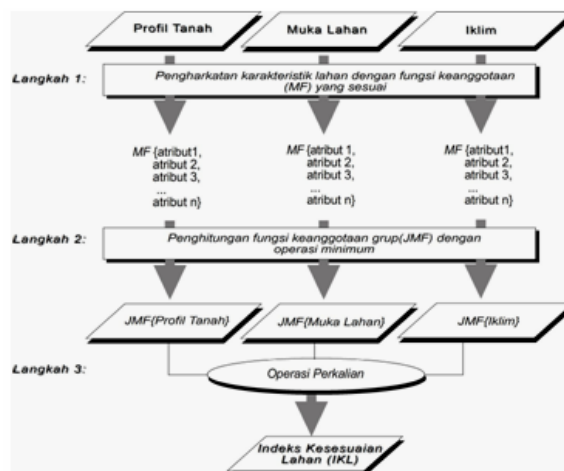
Gambar 1. Kurva model S dalam teori fuzzy set (Baja *et al.*, 2002a).

Disini, variabel d , b dan CP akan berbeda untuk setiap komoditas atau TPL yang dievaluasi, tergantung pada respon dan persyaratan tumbuh komoditas tersebut terhadap masing-masing karakteristik lahan. Berdasarkan kurva tersebut, kemudian dapat dirancang fungsi keanggotaan untuk setiap komoditas, dengan hanya mengganti nilai b_1, b_2, d dan LCP (*lower crossover point*), menurut tingkat respon tanaman untuk masing-masing karakteristik lahan yang dievaluasi. Dalam penelitian menggunakan logika *fuzzy*, Baja *et al.*, (2002c) menerapkan nilai *optimal* dan *marginal* dari hubungan tingkat respon beberapa jenis tanaman dengan status karakteristik lahan yang dikembangkan oleh Sys (1985).

Dalam Gambar 2, dapat dilihat alur kerja hitungan indeks kesesuaian lahan biofisik (IKB). Data lahan dikelompokkan kedalam 3 grup: profil tanah, muka lahan dan iklim. Dalam proses pengharkatan, karakteristik lahan dari masing-masing kelompok utama tersebut dievaluasi kesesuaiannya terhadap tipe penggunaan lahan (LUT) yang dipilih, dengan mengacu pada fungsi yang relevan. Penghitungan pada tahap ini menggunakan formula fungsi keanggotaan (*membership function*) seperti pada persamaan (1). Kemudian dihitung nilai fungsi keanggotaan group (*join membership function, JMF*) dengan menggunakan operasi minimum seperti yang diusulkan oleh Burrough *et al.*, (1992):

$$JMF_g = \text{Min} [MF_{x_1}, MF_{x_2}, MF_{x_3}, MF_{x...}] \dots\dots\dots (2)$$

dimana JMF_g adalah fungsi keanggotaan group, Min adalah fungsi minimum, dan $[MF_{x_1}, MF_{x_2}, MF_{x_3}, MF_{x...}]$ adalah himpunan yang beranggotakan fungsi keanggotaan karakteristik lahan dalam grup tersebut. Disini, JMF ditentukan oleh karakteristik lahan dengan status paling buruk yang dikenal dengan konsep *limiting condition approach*.



Gambar 2. Kerangka Kerja Indeks Kesesuaian Lahan Biofisik (Baja *et al.*, 2002c).

Sistem Informasi Geografis

Penghitungan nilai MF dilakukan dalam Sistem Informasi Geografis (SIG) berbasis vektor. Dengan demikian, data yang digunakan terferensi dengan baik pada koordinat bumi. Dalam penelitian ini digunakan sistem koordinat *Universal Transverse Mercator* (UTM).

Peta satuan lahan (sejumlah 26 unit) yang telah dibuat manuskripnya didigitasi dalam SIG vektor. Kemudian, basis data penelitian (hasil survei) dikelompokkan ke dalam tiga grup: profil tanah, muka lahan dan iklim, dan diinput ke dalam SIG sebagai data atribut (*attribute table*). Proses *rating* mula-mula dilakukan berdasarkan metode FAO (1976) dalam tabel atribut SIG tersebut pada masing-masing satuan lahan. Kemudian dilanjutkan dengan mengesekusi persamaan (1). Karena melibatkan cukup banyak data, maka eksekusi persamaan (1) dalam SIG selalu diikuti dengan proses verifikasi, sebelum dilanjutkan dengan persamaan (2). Hasilnya adalah indeks kesesuaian lahan yang berkisar dari 0 (sangat tidak sesuai) hingga 1,0 (sangat sesuai). Karena data atribut selalu terhubung dengan data grafis SIG, maka indeks tersebut kemudian mudah dipetakan, baik dalam format kontinyu maupun dalam format kategori.

Dengan menggunakan SIG dalam evaluasi kesesuaian lahan, proses integrasi basis data yang kompleks dapat dilakukan dengan efektif baik dari segi prosedur kerja (proses input, pengolahan dan analisa data, sampai pada visualisasi), luarannya, maupun *scope* dan aplikasi pemanfaatannya. Kemudian, sistem informasi geografi dapat menyajikan output dengan format yang mudah dimengerti, dan mudah dimutakhirkan bilamana di kemudian hari terdapat perubahan atau penambahan informasi yang berhubungan evaluasi lahan dan perencanaan penggunaan lahan di wilayah penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Secara administratif, daerah penelitian terletak pada 2 wilayah kecamatan, yakni Mare dan Cina, Kabupaten Bone, Propinsi Sulawesi Selatan. Sedangkan secara geografis terletak antara koordinat 04°24' – 04°52' Lintang Selatan dan 120°09' - 120°24' Bujur Timur. Daerah penelitian meliputi luas lebih kurang 40.096 ha.

1. Iklim dan Hidrologi

Data curah hujan di daerah penelitian diambil dari stasiun perwakilan yaitu Camming (Tabel 1 dan Gambar 3) serta Kadai (Tabel 1 dan Gambar 4).

Tabel 1. Rerata Bulanan Unsur Iklim (Curah Hujan, Suhu, Evapotranspirasi) di Daerah Penelitian (1993-2002).

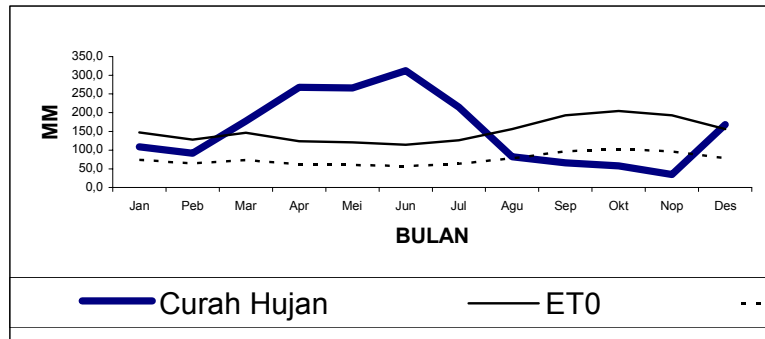
Unsur iklim	Bulan												Total/ rerata
	Jan	Peb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nop	Des	
Curah hujan (mm) *)	183.9	117.9	215.6	321.7	475.8	481.1	297.9	124.2	48.3	70.1	153.1	193.8	2683.4
Curah hujan (mm) **)	108.8	91.4	177.6	267.9	266.6	312.5	214.9	82.1	66.3	57.9	34.3	168.0	1848.2
Suhu (°C) *)	26.3	26.2	26.2	25.9	25.8	25.3	24.9	24.9	25.7	26.8	26.8	26.8	25.9
Suhu (°C) **)	27.7	26.7	26.7	26.7	26.7	26.8	26.8	26.8	27.0	26.9	26.9	26.9	26.9
Evapotranspirasi (mm) *)	147.3	128.1	146.7	123.6	120.6	114.0	126.3	156.4	193.3	204.6	193.3	156.4	1810.7

*) = PG. Camming

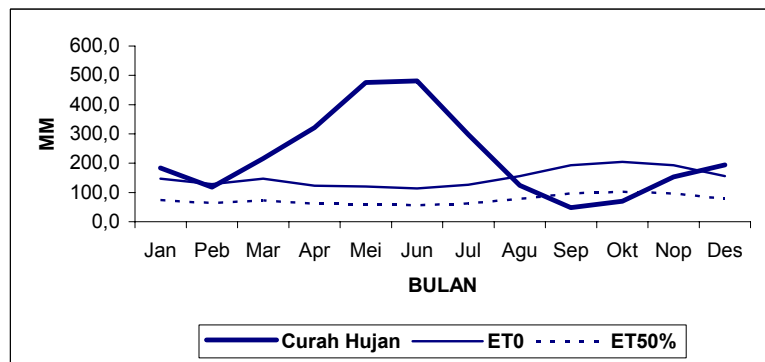
***) = Mare

Sumber: Stasiun Klimatologi Panakukang Maros.

Balai Meteorologi dan Geofisika Wilayah IV.
Departemen Perhubungan.



Gambar 3. Neraca Air di Daerah Kadai dan Sekitarnya.



Gambar 4. Neraca Air di Daerah Camming dan Sekitarnya.

2. Geologi dan Bahan Induk

Menurut peta geologi Sulawesi skala 1: 250.000 lembar Pangkajene dan Watampone Bagian Barat (R. Sukanto, 1982) daerah penelitian terdiri dari : Endapan aluvium danau dan pantai (Qac). Penyebarannya di daerah dataran pantai sekitar Lapasak, Marek, Labulung, dan Manukelek. Formasi Terumbu Koral (Qa) tersebar di dataran pantai sekitar Lapasak-

Bonelampek. Formasi Walanae (Tm_{pw}) terdiri dari batupasir, batulanau, tufa, napal, batulempung, konglomerat, dan batugamping. Formasi Camba (T_{mc}) terdiri dari batuan sedimen laut berselingan dengan batuan gunungapi, batuan gunungapi Camba (T_{mcv}) terdiri pula dari breksi, lava, tufa dan konglomerat. Batuan Gunungapi Kalimiseng (T_{mkv}) terdiri dari lava dan breksi. Formasi Salo Kelupang (T_{eos}) terdiri dari batupasir, serpih dan batu lempung, berselingan dengan konglomerat gunungapi, breksi dan tufa.

Hasil pengamatan di lapangan menunjukkan bahwa bahan induk tanah dapat dibedakan ke dalam: (1) bahan aluvio-koluvium, (2) batuan sedimen yang didominasi batugamping, dan (3) bahan vulkan. Bahan aluvio-koluvium terdiri dari liat, debu, pasir, kerikil/batu, dan organik. Batuan sedimen terutama batugamping di sekitar Kelling. Sedangkan bahan vulkan banyak dijumpai di perbukitan sebelah selatan daerah penelitian.

3. Klasifikasi Tanah

Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan, tanah-tanah di daerah penelitian dapat diklasifikasikan menurut Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 1998) ke dalam 5 ordo, yaitu: Entisols, Inceptisols, Mollisols, Ultisols dan Oxisols (Tabel 2).

Tabel 2. Tanah-Tanah yang Terdapat di Daerah Penelitian.

Taksonomi Tanah (Soil Survey Staff, 1998)			Puslitan (1983)
Ordo	Grup	Subgrup	
Entisols	Udorthents	Lithic Udorthents	Litosol Haplik
Inceptisols	Epiaquepts	Aeric Epiaquepts	Gleisol Eutrik
	Endoaquepts	Typic Endoaquepts	Gleisol Haplik
	Halaquepts	Typic Halaquepts	Gleisol Halik
	Sulfaquepts	Typic Sulfaquepts	Gleisol Sulfik
	Eutrudepts	Typic Eutrudepts	Kambisol Eutrik
		Aquic Eutrudepts	Kambisol Gleik
	Dystrudepts	Lithic Dystrudepts	Kambisol Litik
		Typic Dystrudepts	Kambisol Haplik
Mollisols	Hapludolls	Lithic Hapludolls	Mollisol Litik
		Typic Hapludolls	Mollisol Haplik
Ultisols	Hapludults	Typic Hapludults	Podsolik Haplik
Oxisols	Hapludox	Rhodic Hapludox	Oksisol Rodik

4. Kesuburan Tanah

Dari hasil analisis tanah di laboratorium serta dilanjutkan dengan penilaian kesuburan tanahnya berdasarkan petunjuk FAO (1983), maka status kesuburan tanah secara alami yang didasarkan pada sifat-sifat kimia untuk setiap contoh tanah, seperti KTK-tanah, kadar C organik, kejenuhan basa, kadar P₂O₅ potensial dan K₂O potensial, status kesuburannya dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Penilaian Status Kesuburan Tanah di Daerah Penelitian.

No. SL	Kode Profil	Satuan Tanah	Kedalaman horison	C org	P2O5	K2O	KTK Tanah	Kej. Basa	Status Kesuburan
			Cm	%	mg/100g		me/100g	%	
		Inceptisols							
1	LR 26/1	Aeric Epiaquepts	0 - 30	1,5	9	2	25.5	70	Rendah
11	LR 45/1	Aeric Epiaquepts	0 - 30	2.7	142	4	32.4	>100	Tinggi
21	LR 23/1	Aeric Epiaquepts	0 - 30	0.9	4	2	33.6	78	Sedang
22	LR 50/1	Aeric Epiaquepts	0 - 30	2.2	87	3	37.2	71	Sedang
21	LR 57/1	Aeric Epiaquepts	0 - 30	1.8	52	3	28.7	96	Sedang
24	LR 3/1	Aeric Epiaquepts	0 - 30	1.4	74	4	47.0	94	Sedang
23	LR 20/1	Aeric Epiaquepts	0 - 30	1.4	52	2	28.1	77	Sedang
4	LR 7/1	Typic Endoaquepts	0 - 30	6.1	42	395	55.1	76	Tinggi
24	LR 25/1	Typic Eutrudepts	0 - 30	1,0	7	2	38.5	89	Sedang
23	LR 21/1	Aquic Eutrudepts	0 - 30	2.1	54	1	42.7	82	Tinggi
12	LR 5/1	Typic Dystrudepts	0 - 30	1.2	34	2	31.5	64	Sedang
13	LR 8/1	Typic Dystrudepts	0 - 30	1.2	3	5	38.6	72	Sedang
14	LR 10/1	Typic Dystrudepts	0 - 30	1.9	53	12	42.9	73	Sedang
16	LR 31/1	Typic Dystrudepts	0 - 30	3.6	14	5	10.4	19	Rendah
25	LR 27/1	Typic Dystrudepts	0 - 30	1.7	12	2	13.0	82	Rendah
26	LR 59/1	Typic Dystrudepts	0 - 30	2.3	97	3	30.2	>100	Tinggi
		Mollisols							
6	LR 48/1	Lithic Hapludolls	0 - 30	4.5	348	54	52.0	>100	Tinggi
9	LR 47/1	Lithic Hapludolls	0 - 30	4.0	37	5	48.2	98	Tinggi
		Ultisols							
13	LR 6/1	Typic Hapludults	0 - 30	0.9	5	1	3.8	85	S. Rendah
19	LR 32/1	Typic Hapludults	0 - 30	2.0	50	5	11.8	8	S. Rendah
22	LR 34/1	Typic Hapludults	0 - 30	1.7	7	6	8.8	27	Rendah
		Oxisols							
16	LR 30/1	Rhodic Hapludox	0 - 30	0,97	42	4	9,1	8	S. Rendah

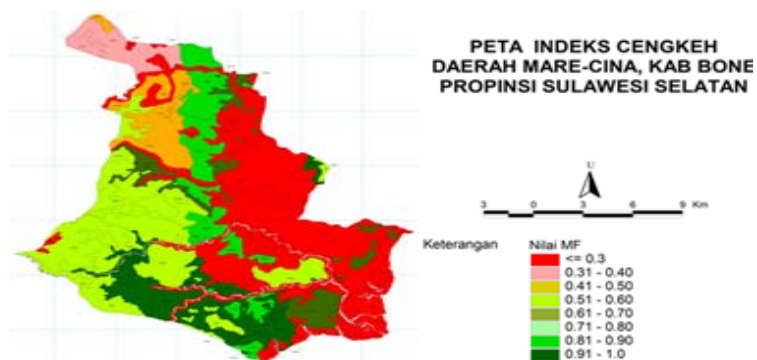
5. Kesesuaian Lahan dengan Faktor Pembatas Sederhana dan Fuzzy Set

Evaluasi kesesuaian lahan yang dilakukan melalui pendekatan Fuzzy Set (*Membership Function*) setelah evaluasi lahan dengan pendekatan faktor pembatas (FAO) dimaksudkan untuk memberikan gambaran tentang tingkat kesesuaian lahan secara kuantitatif pada satu satuan lahan. Sesungguhnya arahan penggunaan lahan yang diperoleh melalui pendekatan pembatas sederhana ini telah memadai untuk dijadikan dasar dalam menentukan tingkat kesesuaian lahan. Namun demikian, untuk lebih informatifnya gambaran tentang tingkat kesesuaian lahan pada suatu wilayah, maka gabungan evaluasi kesesuaian lahan tersebut menjadi lebih diperlukan. Hal ini dimungkinkan karena evaluasi tingkat kesesuaian lahan melalui pendekatan Fuzzy Set telah menggunakan nilai kuantitatif yang secara langsung dapat menggambarkan kondisi aktual mengenai tingkat produktivitas lahan yang dapat dicapai.

a. Kesesuaian Lahan Cengkeh

Dari luas total lahan yang dievaluasi 40.096 ha yang terbagi kedalam 26 satuan lahan, maka diketahui bahwa Satuan Lahan 1, 2, 3, 4, 5, 8, 9, 10, 11, 17, 21 dan 23 adalah satuan lahan yang tidak sesuai untuk pengembangan tanaman cengkeh dengan faktor pembatas berbeda diantara satuan lahan tersebut (lihat Gambar 5).

Satuan lahan 1, 2, 3, 11, 21 dan 23 faktor pembatasnya adalah ketersediaan oksigen. Satuan lahan 4 dan 5 yang berada di dataran pantai kendala utamanya adalah bahan sulfidik dan kadar garam yang cukup tinggi, penggunaan lahan saat ini sebagian besar adalah tambak terutama pada satuan lahan 4, yang menyebabkan lahan ini memiliki masalah yang cukup serius untuk pengembangan cengkeh, luasnya kurang lebih 876 ha (2,18 %). Sedangkan untuk satuan lahan 5 luasnya mencapai 1.088 ha (2,71 %).



Gambar 5. Peta Sebaran Nilai MF untuk Tanaman Cengkeh.

Untuk satuan lahan 17 dengan luas 99 ha (0,25%), kendala utamanya adalah lereng yang cukup terjal, sehingga diharapkan lahan ini tetap dalam kondisi alamiahnya sebagai kawasan konservasi hutan lahan kering. Selanjutnya adalah satuan lahan yang tidak sesuai untuk pengembangan cengkeh adalah satuan lahan 8, 9 dan 10. Faktor penghambat utama pada satuan lahan ini adalah kedalaman tanahnya yang relatif dangkal (< 50 cm), sebagian besar pada satuan lahan ini berada pada wilayah perbukitan.

Satuan lahan berikutnya adalah satuan lahan marginal (S_3) untuk pengembangan cengkeh yakni satuan lahan 6, 7, 15, 16, 19, 20 dan 22 dengan luasan berturut-turut adalah 2.447 ha (6,1 %), 560 ha (1,4%), 3.790 ha (9,45 %), 2.077 ha (5,18 %), 2.543 ha (6,34 %), 433 ha (1,08 %), 1.912 ha (4,7%).

Selanjutnya adalah satuan lahan yang tergolong cukup sesuai (S_2) untuk pengembangan cengkeh adalah satuan lahan 18, 24, dan 25. Jumlah total luasan satuan lahan ini adalah 2.761 ha (6,89%). Sebagian besar lahan ini berada pada wilayah dataran sampai berombak, juga ada satuan lahan yang berada pada wilayah bergelombang dengan penghambat utama adalah ketersediaan oksigen (media perakaran) dan retensi hara.

Terakhir adalah kelompok lahan yang berpotensi baik (S_1) untuk pengembangan cengkeh adalah satuan lahan 12, 13, 14 dan 26 dengan luasan total sekitar 6.529 ha (16,28 %). Kelompok satuan lahan ini umumnya berada pada wilayah

dataran dan hanya sedikit yang berada pada wilayah berombak ataupun bergelombang.

b. Analisis Ekonomi

Dari survei ekonomi yang telah dilakukan, maka diperoleh informasi input maupun output dari komoditi cengkeh yang diteliti (Lampiran 1). Proses analisis ekonomi dari komoditi ini menggunakan program *Automated Land Evaluation System* (ALES) yang dipadukan dengan SIG. Sistem kerja yang digunakan didasarkan pada satuan lahan dengan tingkat kesesuaian biofisik lahan sangat sesuai (S_1 , nilai MF paling tinggi), untuk satuan lahan dengan kelas kesesuaian yang lebih rendah nilai ekonominya tetap mengacu pada nilai MF masing-masing (Tabel 4).

Analisis ekonomi yang dilakukan untuk system usaha tani cengkeh selama 30 tahun, menunjukkan bahwa nilai NPV yang diperoleh adalah sebesar Rp. 127.623.129,- untuk kelas lahan sangat sesuai (Tabel 4 dan 5, dan 6). Hal ini menunjukkan bahwa jumlah net benefit dari usahatani cengkeh sampai dengan umur 30 tahun bila dihitung berdasarkan dengan nilai saat ini, maka usaha tersebut memperoleh keuntungan sebesar Rp. 127.623.129,- dengan net BCR sebesar 6,62. Sedangkan keuntungan internal dari nilai investasi yang ditanam pada usahatani ini yakni sebesar 66,48 %, keadaannya dicapai pada tingkat pemupukan seperti pada Tabel 6.

Tabel 4. Kesesuaian Lahan (FAO), MF (Fuzzy Set) dan NPV untuk Masing-masing Satuan Lahan (SL).

No. SL	Cengkeh			Luas	
	Kes. Lahan (FAO)	Nilai MF	NPV	Ha	%
1	N	0.30	-	1.607	4.01
2	N	0.30	-	964	2.40
3	N	0.30	-	101	0.25
4	N	0.10	-	876	2.18
5	N	0.10	-	1.088	2.71
6	S ₃	0.46	58.706.639	2.477	6.10
7	S ₃	0.45	57.430.637	560	1.40
8	N	0.16	-	28	0.07
9	N	0.14	-	1363	3.40
10	N	0.14	-	311	0.78
11	N	0.30	-	463	1.15
12	S ₁	1.0	127.623.129	541	1.35
13	S ₁	1.0	127.623.129	497	1.24
14	S ₁	1.0	127.623.129	4.098	10.22
15	S ₃	0.41	52.325.482	3.790	9.45
16	S ₃	0.42	53.610.714	2.077	5.18
17	N	0.21	-	99	0.25
18	S ₂	0.61	77.850.108	702	1.75
19	S ₃	0.41	52.325.482	2.543	6.34
20	S ₃	0.45	57.430.637	433	1.08
21	N	0.30	-	4.905	12.24
22	S ₃	0.50	63.811.560	1.912	4.77
23	N	0.30	-	5.189	12.95
24	S ₂	0.80	102.098.503	1.829	4.56
25	S ₂	0.80	102.098.503	230	0.57
26	S ₁	1.0	127.623.129	1.443	3.60

Tabel 5. Indikator Kelayakan Investasi Usahatani Tanaman Cengkeh (Rerata Tahunan/ha).

Indikator	Nilai/Level
Tipologi Lahan (TL)	Dep
Periode Analisis (tahun)	30
Investasi (Rp/ha)	86.300.000
NPV (Rp) (i=12%)	127.623.129,54
IRR (%)	66,48
BCR (i=12%)	6,62

Tabel 6. Input dan Output Cengkeh.

Parameter		Input/ha					Output/ha	
Macam/jenis	Bibit Cengkeh	Urea	SP-36	KCl	Buruh (pria)	Buruh (wanita)	Cengkeh	
Satuan ukuran	batang	kg	kg	kg	hok	hok	kg	
Satuan Harga (Rp)	750	1,160	1,700	1,800	25,000	8,200	16,000	
Input dan Output Tahun Ke-	1	200	170	170	170	50	0	0
	2	0	170	170	170	20	5	0
	3	0	170	170	170	20	5	0
	4	0	170	170	170	75	5	1,200
	5	0	170	170	170	75	5	1,200
	6	0	170	170	170	75	5	1,550
	7	0	170	170	170	75	5	1,750
	8	0	170	170	170	75	5	1,580
	9	0	170	170	170	75	5	1,600
	10	0	170	170	170	75	5	2,750
	11	0	170	170	170	90	10	1,700
	12	0	170	170	170	90	10	1,700
	13	0	170	170	170	90	10	1,700
	14	0	170	170	170	90	10	1,700
	15	0	170	170	170	90	10	1,700
	16	0	170	170	170	90	10	1,850
	17	0	170	170	170	90	10	1,850
	18	0	170	170	170	90	10	1,850
	19	0	170	170	170	90	10	1,850
	20	0	170	170	170	90	10	1,850
	21	0	170	170	170	90	10	1,850
	22	0	170	170	170	90	10	1,850
	23	0	170	170	170	90	10	1,850
	24	0	170	170	170	90	10	1,850
	25	0	170	170	170	90	10	1,850
	26	0	170	170	170	90	10	1,850
	27	0	170	170	170	90	10	1,850
	28	0	170	170	170	90	10	1,850
	29	0	170	170	170	90	10	1,850
	30	0	170	170	170	90	10	1,850

Disadari bahwa produksi yang diperoleh oleh petani rata-rata sebesar 1,6 ton/ha pada kelas kesesuaian lahan S_1 memberikan indikasi bahwa pengelolaan dengan tingkat yang lebih baik lagi, termasuk pemupukannya masih memungkinkan untuk memperoleh hasil yang lebih tinggi dari apa yang telah dicapai saat ini.

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengembangan cengkeh di Kecamatan Cina dan Mare Kabupaten Bone memiliki prospek yang cukup baik. Kondisi biofisik dan faktor sosial budaya masyarakat sangat mendukung tujuan tersebut. Satuan Lahan (SL) dengan kesesuaian S_1 untuk pengembangan cengkeh secara keseluruhan (kumulatif) dijumpai seluas 6.529 ha. Sedangkan lahan dengan kesesuaian S_2 seluas 2.761 ha. Dari segi ekonomi, satuan lahan dengan kualitas terbaik untuk cengkeh (kelas tertinggi S_1) memiliki nilai NPV Rp 127.623.129, yang juga dominan memiliki nilai indeks MF tertinggi.

Pemanfaatan SIG sangat efektif dalam evaluasi kesesuaian lahan yang melibatkan volume data yang besar dan format yang rumit, terutama dalam hal proses integrasinya. Dengan basis data yang terformat secara standar dalam SIG, hasil penelitian ini dapat menjadi input ke sistem aplikasi lain yang areanya sama. Kemudian, SIG memberikan fleksibilitas dalam pengelolaan basis data hingga pada penyajian output dengan format yang mudah dimengerti oleh pengguna dan mudah dimutakhirkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Baja, S. 2000. Land Resource Assesment: *Lecture Notes*. School of Geosciences, The University of Sydney, Sydney.
- Baja, S., Chapman, D.M. and Dragovich, D. 2001a. A Conceptual model for assessing agricultural land suitability at a catchment level using a continous approach in GIS. Pages 828-841, in: *Proceeding of the Geospatial Information and Agriculture Conference*, 17-19 July 2001, Sydney. NSW Departement of Agriculture, Sydney.
- Baja, S., Chapman, D.M. and Dragovich, D. 2002a. A Conceptual model for defining and assessing land management units using a fuzzy modeling approach in GIS environment. *Environmental Management*, **29**:647-661
- Baja, S., Chapman, D.M. and Dragovich, D. 2002b. Land use and soil erosion in land suitability assessment: a new approach from quantitative and spatial perspectives applied to the Sidney Region, Australia. *Environment and Planning B*, **29**:3-20
- Baja, S., Chapman, D.M. and Dragovich, D. 2002c. 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* **17**:15-24.
- Burrough, P.A. and McDonnel, R. A. 1998. *Principal of Geographical Information Systems*. Oxford University Press Inc., New York.
- Davidson, D.A., Theocharopoulos, S.P. and Bloksma, R.J. 1994. A Land Evaluation Project in Greece using GIS and based on Boloean and fuzzy set methodologies. *International Journal of Geographic Information Systems*, **8**:369-384.
- FAO. 1983. *Guidelines: Land Evaluation for Rainfed Agriculture*. FAO Soils Bulletin No 52, Rome.

- Puslittanak. 1993. Pengamatan Tanah di Lapang. Kerjasama Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat dengan Balai Penataran dan Latihan Pertanian. Departemen Pertanian.
- Soil Survey Staff. 1998. Keys to Soil Taxonomy. Eight edition. US Dept of Agriculture, Natural Resources Conservation Service. Washington DC.
- Triantafilis, J., McBratney, A.B. 1993. *Application of Continuous Methods of Soil Classification and Land Suitability Assessment in the Lower Namoi Valley*. Division of Soils Report No. 121. CSIRO Australia, Melbourne.