

# PRIORITAS PENGEMBANGAN KAWASAN PERKEBUNAN TEBU DI KABUPATEN SERAM BAGIAN TIMUR

*(Priority Area Development of Sugarcane Plantation in Seram Bagian Timur Regency)*

**Prima Jiwa Osly<sup>1</sup>, Widiatmaka<sup>2</sup>, Bambang Pramudya<sup>3</sup>, Kukuh Murtiaksono<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan, IPB

<sup>2</sup>Departemen Ilmu Tanah dan Sumber Daya Lahan, Fakultas Pertanian, IPB

<sup>3</sup>Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB

Kampus IPB Darmaga Bogor, Jl. Raya Darmaga, Bogor, Jawa Barat 16680

E-mail : primajiwaosly@yahoo.co.id

*Diterima (received): 10 Januari 2015; Direvisi (revised): 30 Maret 2015; Disetujui untuk dipublikasikan (accepted): 15 Mei 2015*

## ABSTRAK

Lahan merupakan salah satu faktor produksi yang sangat penting dalam perusahaan perkebunan, karena lahan merupakan media tumbuh bagi tanaman. Pemanfaatan sumber daya lahan perlu disesuaikan dengan kondisi agroekologinya, agar usaha pertanian dapat berkelanjutan. Usahatani tebu merupakan praktek penggunaan lahan komersial monokultural yang sering menyebabkan penurunan keanekaragaman hayati pertanian (agrobiodiversity). Penelitian ini difokuskan pada pemilihan lahan yang tepat dan diprioritaskan untuk penanaman tebu. Integrasi pendekatan Multi Criteria Decision Making (MCDM) dan Sistem Informasi Geografis (SIG) menyediakan sistem pendukung keputusan spasial yang kuat dan efisien untuk menghasilkan peta kesesuaian lahan dan prioritas pengembangan kawasan serta untuk menganalisis data spasial dan membangun proses untuk pendukung keputusan. Tujuan penelitian ini adalah melakukan analisis prioritas pengembangan kawasan perkebunan tebu dan melakukan analisis ketersediaan lahan untuk kawasan perkebunan Tebu. Penelitian ini menggunakan metode Multi Criteria Decision Making (MCDM) berbasis Analytical Hierarchy Process (AHP) dengan bantuan Sistem Informasi Geografis (SIG). Berdasarkan hasil analisa total areal yang berpotensi dimanfaatkan untuk kawasan perkebunan tebu tersebut adalah sebesar 121.484,83 ha atau 21,48% dari total daratan Kabupaten Seram Bagian Timur. Total areal tersebut terbagi pada kelas Prioritas I sebesar 76.751,79 ha (63,18%), kelas Prioritas II sebesar 41.807,84 ha (34,41%) dan kelas Prioritas III sebesar 2.925,21 ha (2,41%).

**Kata kunci:** Tebu, MCDM, AHP, SIG, Prioritas

## ABSTRACT

Land is one of the most important production factors in plantation industry, because the land is a growing medium for plants. Utilization of land resources needs to be adapted to its agro-ecology conditions, in order to be sustainable. Sugarcane farming is a monoculture commercial land use practices that often lead to a decrease in agricultural biodiversity. This study focused on the selection of appropriate land and prioritized for planting sugarcane. Integration of Multi Criteria Decision Making (MCDM) and Geographic Information System (GIS) provides a powerful and efficient spatial decision support system to produce land suitability maps and regional development priorities as well as to analyze spatial data and build process for decision support system. The purpose of this study is to analyze the regional development priorities of sugarcane plantations and analyze the availability of land for sugarcane plantation area. This study uses the Multi Criteria Decision Making (MCDM) based Analytical Hierarchy Process (AHP) with the help of Geographic Information System (GIS). Based on analysis of the total area that could potentially be used for sugarcane plantation area amounted to 121,484.83 ha (21.48%) of the total land area in Seram Bagian Timur Regency. The total area was divided to the class Priority I of 76,751.79 ha (63.18%), class Priority II at 41,807.84 ha (34.41%) and class Priority III of 2,925.21 ha (2.41%).

**Keywords:** Sugarcane, MCDM, AHP, GIS, Priority

## PENDAHULUAN

Dalam pembangunan pertanian/perkebunan, lahan merupakan salah satu faktor produksi yang sangat penting, karena lahan merupakan media tumbuh bagi tanaman. Pemanfaatan sumber daya lahan perlu disesuaikan dengan kondisi agroekologinya, agar usaha pertanian dapat berkelanjutan. Untuk mendukung pemanfaatan sumber daya lahan yang efisien diperlukan pengetahuan tentang sifat lahan. Sistem klasifikasi lahan baik kualitatif maupun kuantitatif dapat digunakan untuk menentukan kelas kemampuan atau potensinya yang dapat berbeda-beda antar wilayah. Faktor biofisik, ekonomi dan sosial dapat berpengaruh terhadap lahan dan daerah yang akan dievaluasi. Ketidaksihesuaian penggunaan lahan dengan kemampuannya dapat menyebabkan kerusakan sumber daya lahan, kemiskinan dan masalah sosial lainnya. Penggunaan lahan sesuai dengan kemampuannya perlu dilakukan secara bijaksana agar lahan tidak terdegradasi dan digunakan. Hal ini diperlukan untuk menjamin pemenuhan kebutuhan manusia saat ini dan generasi yang akan datang sambil menjaga ekosistem (Rossiter, 1996; Gachene, 1995). Agar lahan dapat digunakan sesuai potensinya, diperlukan kajian evaluasi lahan untuk menafsirkan data lahan ke dalam parameter-parameter potensi lahan (Sys *et al.*, 1991).

Kesesuaian lahan dapat dinilai dengan mempertimbangkan sistem tanam rasional, untuk mengoptimalkan penggunaan lahan untuk penggunaan tertentu (FAO, 1976; Sys *et al.*, 1991). Kesesuaian adalah fungsi dari kebutuhan tanaman dan karakteristik tanah dan merupakan ukuran dari seberapa baik kualitas dari unit lahan sesuai dengan persyaratan penggunaan lahan (FAO 1976). Penentuan kesesuaian lahan untuk penggunaan tertentu, memerlukan kriteria evaluasi (Mustafa *et al.*, 2011). Pengambilan keputusan berdasarkan multi kriteria/*Multi Criteria Decision Making* (MCDM) atau Analisis Multi Kriteria/*Multi Criteria Analysis* (MCA) telah dikembangkan untuk membantu pengambilan keputusan secara spasial ketika satu set alternatif perlu dievaluasi berdasarkan banyak kriteria yang dapat saling bertentangan. MCDM merupakan alat yang efektif untuk pengambilan keputusan (Malczewski, 2006) dan bertujuan untuk memilih sejumlah kemungkinan pilihan dan tujuan (Carver, 1991).

Evaluasi lahan yang akurat diperlukan dalam proses pengambilan keputusan dan kebijakan penggunaan lahan untuk mendukung pembangunan berkelanjutan (Feizizadeg & Blaschke, 2013). Jika tujuan akhir yang akan dicapai misalnya adalah swasembada produksi pertanian, maka teknik evaluasi lahan perlu dilakukan untuk mengembangkan model prediksi kesesuaian lahan untuk berbagai jenis pertanian (Elaalem *et al.*, 2010). Kesesuaian lahan adalah kecocokan (*adaptability*) suatu lahan untuk tipe penggunaan lahan (jenis tanaman dan tingkat

pengelolaan) tertentu (Hardjowigeno & Widiatmaka, 2007). Kesesuaian lahan terkait dengan pembangunan berkelanjutan (Chandio & Bin Matori, 2011), yang didefinisikan oleh Komisi Dunia tentang Lingkungan dan Pembangunan (WCED) sebagai "pembangunan yang memenuhi kebutuhan masa kini tanpa mengorbankan kemampuan generasi mendatang untuk memenuhi kebutuhan mereka sendiri" (Marrewijk, 2003). Hasil analisis kesesuaian lahan dapat digunakan sebagai panduan dalam perencanaan penggunaan lahan (Al-Mashreki *et al.*, 2011).

Evaluasi multi kriteria telah digunakan dalam perencanaan wilayah. Evaluasi ini bertujuan untuk mempertimbangkan potensi lahan untuk berbagai alternatif, di antaranya penggunaan lahan untuk pertanian (Chen *et al.*, 2008). Metode ini dapat memainkan peran penting dalam perencanaan penggunaan lahan di masa depan (Yu *et al.*, 2011a). Klasifikasi kesesuaian lahan pertanian yang didasarkan pada pengetahuan lokal sangat penting dalam perencanaan penggunaan lahan. Penilaian secara sistematis terhadap lahan bertujuan untuk mengidentifikasi dan mempraktekkan alternatif penggunaan lahan terbaik yang dapat memenuhi kebutuhan masyarakat dan menjaga sumber daya untuk masa depan (FAO, 1993). Karena itu, pemilihan teknik evaluasi lahan penting untuk perencanaan penggunaan lahan. Pembuatan kebijakan penggunaan lahan di negara berkembang biasanya hanya menggunakan informasi teknis yang tersedia, dan hasilnya ditafsirkan ke dalam laporan singkat yang memuat beberapa detil (Nwer, 2005, Elaalem *et al.*, 2010). Beberapa pendekatan yang secara luas telah diterapkan dalam evaluasi lahan misalnya adalah Klasifikasi Kemampuan Lahan yang dikeluarkan oleh Departemen Pertanian Amerika Serikat (USDA) tahun 1961 dan Evaluasi Lahan yang dikeluarkan oleh Organisasi Pangan dan Pertanian Perserikatan Bangsa-Bangsa (FAO) tahun 1976. Di Indonesia, sistem FAO tersebut diterjemahkan dalam Petunjuk Teknis Evaluasi Lahan Untuk Komoditas Pertanian (Djaenudin *et al.*, 2003). Namun di beberapa negara berkembang, kriteria FAO maupun USDA yang coba untuk diterapkan tidak mempertimbangkan kondisi lokal (Clayton & Dent, 1993).

Saat ini, tantangan berat bagi pengambil keputusan dalam pengelolaan lahan pertanian/perkebunan adalah alokasi lahan yang semakin sedikit. Permasalahan lainnya adalah jumlah *stakeholders* yang semakin meningkat setiap tahunnya dan kurangnya kebijakan lingkungan untuk pengelolaan lahan pertanian/perkebunan sehingga menyebabkan degradasi lingkungan pada lahan produktif. Permasalahan diatas meningkatkan kesadaran para pengambil kebijakan terhadap pentingnya analisis kesesuaian lahan (Jafari & Zaredar, 2010). Identifikasi lahan terbaik untuk pertanian berkelanjutan (pertanian produktif dan menguntungkan yang melindungi lingkungan dan berkeadilan sosial) merupakan hal yang penting

untuk mencegah penurunan lingkungan pada lahan pertanian. Persyaratan ini menghasilkan perkembangan peta kesesuaian lahan untuk pertanian dengan menggabungkan beberapa faktor (lingkungan, ekonomi dan sosial). Integrasi pendekatan MCDM dan Sistem Informasi Geografis (SIG) menghasilkan sebuah sistem pengambilan keputusan secara spasial yang efisien untuk menghasilkan peta kesesuaian lahan. SIG adalah alat yang ampuh untuk menganalisis data spasial dan membangun proses untuk mendukung keputusan (Mendas & Delali, 2012)

Usaha tani tebu merupakan salah satu praktek penggunaan lahan komersial monokultur yang dapat menyebabkan penurunan keanekaragaman hayati pertanian (*agrobiodiversity*). *Agrobiodiversity* merupakan aspek keanekaragaman hayati yang mempengaruhi pertanian dan produksi pangan (FAO, 1999). *Agrobiodiversity* memainkan peran kunci dalam peningkatan produktivitas, keamanan pangan dan keuntungan ekonomi. Pertanian monokultur melibatkan pembukaan lahan yang luas untuk menciptakan ruang bagi budidaya tanaman tunggal. Hal ini dapat menyebabkan tanaman subsisten lain ditinggalkan (fokus kepada tanaman monokultur individu). Pada akhirnya, hal ini dapat menyebabkan kepunahan beberapa tanaman yang berguna bagi tanah (Masayi & Netondo, 2012). Penelitian ini akan mengkaji pemilihan lahan yang tepat dan sesuai untuk komoditas tebu. Tujuan yang ingin dicapai dalam penentuan prioritas pengembangan kawasan perkebunan tebu di Kabupaten Seram Bagian Timur adalah sebagai berikut (i). melakukan analisis ketersediaan lahan untuk kawasan perkebunan tebu, dan (ii). melakukan analisis prioritas pengembangan kawasan perkebunan tebu.

## METODE

Mengingat pembangunan wilayah yang berkelanjutan memiliki makna multidimensional diperlukan mekanisme pengambilan keputusan yang tepat melalui analisis kebijakan pembangunan wilayah yang mampu mengkombinasikan dan mentransformasikan substansi dan metode beberapa disiplin ilmu. Lebih jauh lagi analisis tersebut harus menghasilkan informasi yang relevan dengan kebijakan yang digunakan untuk mengatasi masalah masalah publik tersebut. Permasalahan pada tingkat lokal/daerah merupakan hambatan dalam perencanaan wilayah. Keterbatasan data, unit spasial yang terlibat dan fenomena lokal yang seharusnya diperhitungkan tidak tersedia pada skala lokal/daerah. Permasalahan diatas memiliki pengaruh penting pada penerapan teknologi dan pengambilan keputusan pada level pembuat kebijakan. SIG dirancang sebagai solusi untuk berkontribusi pada solusi masalah perencanaan tersebut melalui fasilitas analisis, pemodelan dan peramalan.

Integrasi GIS dengan MCDM pada penelitian ini bertujuan untuk menganalisis intensitas dan sifat konflik antara kriteria kebijakan, menghasilkan alternatif kompromi dan peringkat alternatif sesuai dengan derajat daya tarik. Menghubungkan GIS dengan MCDM memungkinkan konflik kebijakan dianalisis dalam konteks spasial (Janssen & Retveld, 1990).

## Penentuan Kriteria untuk Evaluasi

Tujuan dan atribut untuk kriteria evaluasi perlu diidentifikasi sebagai bahan pertimbangan pengambilan keputusan. Kriteria yang dipilih harus mewakili lingkup pengambilan keputusan dan berkontribusi terhadap tujuan akhir (Prakash, 2003). Proses evaluasi untuk kesesuaian lahan melibatkan beberapa kriteria. Atribut kriteria kesesuaian lahan tersebut berasal dari informasi spasial dan non-spasial, kualitatif dan kuantitatif dalam kondisi yang beragam (Chen *et al.*, 2010a). Dalam analisis kesesuaian lahan, setiap kriteria evaluasi diwakili oleh peta yang terpisah dengan tingkat kesesuaian yang dihubungkan dengan kriteria tertentu dan berasal dari setiap unit wilayah (Sehgal, 1996; Prakash, 2003). Derajat kesesuaian ini diberi nilai sesuai dengan kepentingan relatif dari kontribusi yang dibuat oleh kriteria tersebut. Dalam penelitian ini, enam kriteria utama yang digunakan adalah kesesuaian lahan, ketersediaan infrastruktur, ketersediaan sumber air, status kepemilikan lahan dan ketersediaan tenaga kerja. Kriteria ini dibangun berdasarkan hasil wawancara dengan ahli lokal dan nasional. Kriteria ini selanjutnya diolah menggunakan program *Expert Choice* 11 sehingga dapat menghasilkan tingkat prioritas pengembangan kawasan.

## Pengumpulan data dan persiapan dengan SIG

Penyiapan data merupakan langkah dasar pertama dalam pemrioritasan pengembangan kawasan. Metodologi didasarkan pada analisis SIG. Dalam metodologi, penentuan prioritas dievaluasi dengan menerapkan teknik analisis yang berbeda, termasuk interpolasi, *intersect*, *arithmetic overlay*, AHP. Data-data yang disiapkan adalah :

- Peta tanah 1 : 50.000 (hasil survey) yang digunakan untuk memperoleh kesesuaian lahan untuk tanaman tebu.
- Peta dasar Kabupaten Seram Bagian Timur skala 1: 50.000 (Badan Informasi Geospasial) Indonesia lembar 2713-13, 2713-32, 2712-61 sampai dengan 2712-64, 2812-41 sampai dengan 2812-43, 2712-33 sampai dengan 2712-34 and 2812-11 sampai dengan 2812-14), diambil data infrastruktur jalannya untuk membuat strata infrastruktur dan data sungainya untuk mengidentifikasi ketersediaan air.
- Peta tematik kependudukan yang diturunkan dari data kependudukan BPS Kabupaten Seram Bagian Timur berbasis desa yang

digunakan untuk melihat ketersediaan tenaga kerja.

- Peta hasil survey kepemilikan lahan adat di Kabupaten Seram Bagian Timur.
- Peta kawasan hutan Provinsi Maluku lampiran SK MENHUT No. 415/Kpts-II/1999 yang akan digunakan untuk melihat status kepemilikan lahan di Kabupaten Seram Bagian Timur.
- Citra Satelit Landsat 8 OLI/TIRS resolusi spasial 15 m *path/row* : 107/62 akuisisi 8 Februari 2014 dan *path/row* : 107/63 akuisisi 8 Februari 2014 untuk klasifikasi penggunaan lahan.

Setelah data-data spasial tersebut disiapkan, dataset untuk *layer* vektor dikonversi ke format raster dengan resolusi 15 m. Data-data spasial tersebut diproses menggunakan *Model Builder* pada ArcGIS versi 10.1.

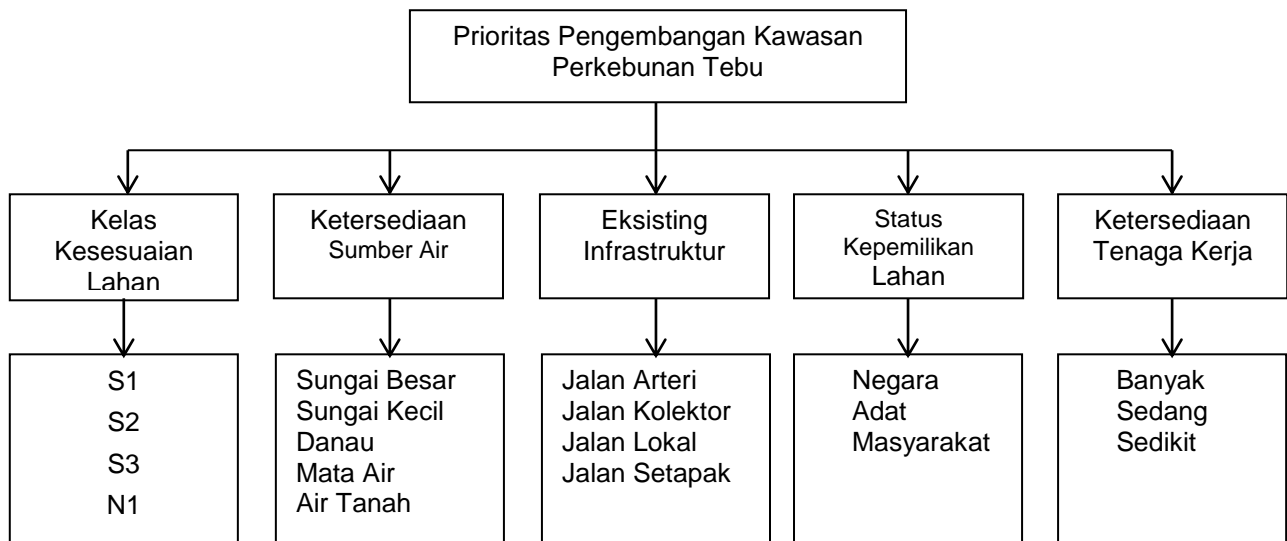
### **Multi Criteria Decision Making (MCDM)**

Pendekatan MCDM dikembangkan pada tahun 1960 untuk membantu pengambil keputusan dalam memilih diantara sejumlah alternatif. Pendekatan ini mencerminkan pendapat pihak terkait dalam kerangka potensial atau retrospektif. Kerangka ini menggabungkan informasi yang berasal dari beberapa kriteria untuk membentuk indeks evaluasi tunggal (Yu *et al.*, 2011a). Metode dirancang untuk menentukan hubungan antara input dan output data. Metode MCDM dapat dibagi menjadi multi-tujuan atau multi-atribut (Malczewski, 1999; Malczewski, 2006) dengan cara menggabungkan beberapa kriteria sehingga membentuk indeks evaluasi tunggal. Dalam MCDM, setiap kriteria diberi bobot untuk mewakili kepentingan dalam fenomena (Chow & Sadler, 2010). MCDM bergantung kepada sifat alternatif yang dipertimbangkan, kriteria yang digunakan untuk membandingkan alternatif dan bobot yang diperoleh dari masing-masing kriteria (Al-Mashreki *et al.*, 2011). Metode integrasi SIG dan MCDM merupakan metode yang dapat digunakan untuk melakukan analisis spasial dengan baik (Yu *et al.*, 2009). Integrasi tersebut sesuai untuk menyelesaikan permasalahan dengan *input* data multispasial, multitemporal dan multibesaran dari sumber yang berbeda (Chen *et al.*, 2010b). Pengambilan keputusan dalam analisis kesesuaian lahan melibatkan berbagai faktor. Metode MCDM mencoba mengidentifikasi faktor-faktor tersebut yang diintegrasikan dan dijadikan landasan dalam mengambil keputusan (Reshmidevi *et al.*, 2009; Yu *et al.*, 2011b). Integrasi SIG dan MCDM menjadi salah satu metode dalam pengambilan keputusan bidang perencanaan penggunaan lahan dan lingkungan (Davidson *et al.*, 1994; Ahamed *et al.*, 2000; Joerin *et al.*, 2001; Ceballos *et al.*, 2003; Sicat *et al.*, 2005; Chen *et al.*, 2007; Chen *et al.*, 2010b). Integrasi tersebut merupakan sebuah

proses yang mengubah dan menggabungkan data dan pertimbangan nilai (preferensi pengambil keputusan) geografis untuk mendapatkan informasi dalam melakukan pengambilan keputusan (Malczewski, 2006). MCDM menyediakan prosedur dan algoritma untuk penataan masalah keputusan dan merancang, mengevaluasi dan memprioritaskan keputusan alternatif (Malczewski 1999; Malczewski, 2006; Boroushaki dan Malczewski, 2010). AHP adalah metode yang banyak digunakan dalam MCDM untuk mendapatkan bobot yang diperlukan pada kriteria yang berbeda (Saaty, 1977; Saaty, 1980; Saaty dan Vargas, 1991; Wu, 1998; Ohta *et al.*, 2007). Metode diatas telah berhasil digunakan dalam SIG berbasis MCDM sejak awal 1990-an (Carver, 1991; Malczewski, 1999; Makropoulos *et al.*, 2003; Marinoni, 2004; Marinoni *et al.*, 2009; Jankowski dan Richard, 1994). Metode AHP menghitung bobot yang diperlukan terkait dengan masing-masing lapisan (*layer*) peta dengan bantuan matriks preferensi, dimana semua kriteria yang relevan diidentifikasi dengan cara membandingkan antara satu sama lain atas dasar faktor preferensi. SIG berbasis AHP sangat populer karena kemampuannya untuk mengintegrasikan sejumlah besar data heterogen, proses pembobotan yang mudah untuk kriteria dalam jumlah besar dan mudah diterapkan pada berbagai masalah pengambilan keputusan (Tiwari *et al.*, 1999; Nekhay *et al.*, 2008; Hossain dan Das, 2010; Chen, 2010b). Untuk melakukan klasifikasi prioritas pengembangan kawasan perkebunan tebu di wilayah studi Kabupaten Seram Bagian Timur maka digunakan AHP. Metode AHP dilakukan untuk menggabungkan bermacam-macam jenis input data dengan menggunakan perbandingan berpasangan untuk dua parameter secara bersamaan. Penerapan Proses AHP melibatkan langkah-langkah berikut (Elaalem *et al.*, 2011):

- Identifikasi kriteria atau faktor yang berkontribusi terhadap parameter;
- Kepentingan relatif dari setiap faktor untuk masing-masing faktor lain, yaitu antara pasangan kriteria. Hal ini dilakukan dengan domain dan pendapat para ahli;
- Konsistensi keseluruhan perbandingan berpasangan yang dinilai menggunakan Rasio Konsistensinya (CR).

Penggunaan metode MCDM memerlukan nilai bobot dan nilai preferensi. Nilai bobot adalah nilai yang menggambarkan tingkat kepentingan relatif suatu kriteria terhadap kriteria lainnya. Semakin besar nilai bobot yang diberikan oleh responden maka semakin besar tingkat kepentingan suatu kriteria menurut responden tersebut. Nilai bobot ini harus berjumlah 1 untuk seluruh kriteria yang diberikan. Parameter yang diberikan kepada responden dapat dilihat pada **Gambar 1**.



**Gambar 1.** Parameter penentuan prioritas pengembangan kawasan perkebunan.

Pengumpulan data dari wawancara untuk penentuan kriteria prioritas pengembangan kawasan perkebunan tebu dilakukan terhadap tenaga ahli (*expert*) yang berkompeten dalam bidang tebu. Responden terdiri dari tiga (3) orang yang terdiri dari ahli tebu, ahli manajemen perkebunan dan ahli pengembangan usaha perkebunan tebu.

**Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Seram Bagian Timur**

Penentuan areal/lokasi yang dapat dikelola di Kabupaten Seram Bagian Timur sangat penting. Hal ini menyangkut peraturan perundang-undangan yang ditetapkan oleh pemangku kebijakan daerah. Dalam SK.382/Menhut-II/2004 tentang Izin Pemanfaatan Kayu (IPK) didefinisikan bahwa Kawasan Budidaya Non Kehutanan (KBNK) adalah areal hutan Negara yang ditetapkan berdasarkan Keputusan Menteri Kehutanan, tentang Penunjukan Kawasan Hutan dan Perairan Provinsi menjadi bukan kawasan hutan

Dalam UU No. 26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang disebutkan Kawasan Budidaya adalah kawasan yang ditetapkan dengan fungsi utama untuk dibudidayakan atas dasar kondisi dan potensi sumber daya alam, sumber daya manusia, dan sumber daya buatan. Kawasan budidaya dibedakan menjadi kawasan budidaya tanaman tahunan dan kawasan budidaya tanaman semusim. Kawasan budidaya tanaman tahunan adalah kawasan budidaya yang diusahakan dengan tanaman tahunan, seperti hutan produksi, perkebunan, dan tanaman buah-buahan, sedangkan kawasan budidaya semusim adalah kawasan budidaya yang diusahakan dengan tanaman semusim/setahun, khususnya tanaman pangan (Departemen Kehutanan, 1997 dan Sudaryanto, 2010).

Pembagian kawasan budidaya dan kawasan non budidaya di Kabupaten Seram Bagian Timur

telah dicantumkan dalam Dokumen Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kabupaten Seram Bagian Timur berdasarkan Peraturan Daerah No. 9 Tahun 2012 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Seram Bagian Timur. Kawasan budidaya memiliki luas 203.972,82 ha (36,26%) dan kawasan non budidaya memiliki luas 358.557,39 ha (63,74%). Kawasan budidaya terdiri dari kawasan budidaya tanaman semusim yang memiliki luas 68.343,63 ha (12,15%), kawasan budidaya tanaman tahunan yang memiliki luas 74.210,94 ha (13,19%), kawasan budidaya untuk pertanian lahan basah seluas 3.632,18 ha (0,65%) dan kawasan budidaya untuk pertanian lahan kering seluas 57.795,07 (10,27%). Berdasarkan RTRW Kabupaten Seram Bagian Timur Tahun 2010–2030, yang dituangkan dalam Perda No. 9 Tahun 2012 tentang RTRW Kabupaten Seram Bagian Timur, arahan untuk pengembangan kawasan budidaya pertanian dengan komoditas utama adalah tanaman padi, ketela, jagung dan umbi-umbian sedangkan kawasan budidaya peruntukan perkebunan diarahkan untuk komoditas tebu, karet, kelapa sawit, kelapa, cengkeh dan pala.

**Penentuan Prioritas Kawasan Perkebunan Tebu**

Analisis ini dilakukan dengan menggunakan metode tumpang susun aritmatik menggunakan fasilitas *model builder* yang ada pada program ArcGIS versi 10.1. Analisis ini dilakukan untuk menemukan prioritas pengembangan untuk kawasan perkebunan tebu di Kabupaten Seram Bagian Timur. Parameter yang digunakan adalah parameter berdasarkan nilai bobot dan skoring yang telah dianalisis menggunakan metode AHP diatas. Hasil tumpang susun diatas diklasifikasikan menjadi empat kelas prioritas pengembangan yaitu prioritas I, prioritas II, prioritas III dan tidak prioritas. Penentuan interval kelas tersebut akan dihitung menggunakan rumus :

$$\text{Interval kelas} = \frac{\sum \text{tertinggi} - \sum \text{terendah}}{\sum \text{kelas}} \dots\dots\dots (1)$$

Berdasarkan rumus diatas maka pembagian masing kelas adalah seperti pada **Tabel 1**.

**Tabel 1.** Kelas prioritas pengembangan kawasan perkebunan tebu.

No	Kelas kesesuaian	Interval Nilai
1	Prioritas I	0,440 – 0.580
2	Prioritas II	0,310 - 0,435
3	Prioritas III	0,170 – 0,305
4	Tidak Prioritas	0,040 – 0,165

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Hasil pembobotan parameter kesesuaian lahan diperoleh bahwa parameter kelas kesesuaian lahan memiliki bobot yang paling besar yaitu sebesar 0,440 atau 44,00% dan parameter ketersediaan tenaga kerja memiliki bobot paling kecil yaitu sebesar 0,087 atau 8,70%. Hal ini disebabkan karena kelas kesesuaian lahan sangat berperan pada perkebunan tebu. Perhitungan kelas kesesuaian lahan tersebut telah mencakup aspek edafik yaitu faktor yang akan mempengaruhi kelangsungan hidup tanaman tebu. Sedangkan, parameter tenaga kerja memiliki bobot yang kecil karena sistem pengelolaan perkebunan saat ini tidak hanya dilaksanakan oleh tenaga manual (manusia) namun dapat dilaksanakan dengan sistem *semi* mekanisasi dan sistem *full* mekanisasi. Hasil pembobotan dan perangkingan untuk keseluruhan responden terhadap masing-masing parameter tersebut dapat lihat pada **Tabel 2**. Tahap selanjutnya adalah melakukan pembobotan,

skoring dan perangkingan untuk keseluruhan parameter dan *sub* parameter. Hasil pembobotan, skoring dan perangkingan disajikan pada **Tabel 3**.

**Tabel 2.** Hasil pembobotan dan perangkingan parameter.

Simbol	Parameter	Bobot	Rangking
	Kelas		
A	Kesesuaian Lahan	0,440	1
B	Sumber Air	0,282	2
C	Eksisting Infrastruktur	0,115	3
D	Kepemilikan Lahan	0,760	4
E	Ketersediaan Tenaga Kerja	0,087	5

Hasil pembobotan, skoring dan perangkingan untuk keseluruhan parameter dan sub parameter menunjukkan bahwa kelas kesesuaian lahan S1 memiliki bobot paling tinggi yaitu sebesar 0,275 (27,5%) dan kesesuaian lahan N2 memiliki bobot paling rendah yaitu 0 (0%). Kelas kesesuaian lahan N2 sebesar 0 mengikuti pertimbangan bahwa kelas kesesuaian lahan N2 tidak boleh dikelola/ digunakan karena areal dengan kelas kesesuaian ini tidak layak diusahakan secara ekologi, ekonomi dan sosial. Berdasarkan hasil survey lapangan yang dilakukan lahan-lahan N2 terdapat pada lokasi-lokasi punggung dan cekungan pesisir, daratan pasang surut lumpur dan rawa belakang pasang surut dan memiliki tingkat toksisitas yang tinggi. Hasil pembobotan dan perangkingan ini memiliki rasio inkonsistensi (*overall inconsistency*) sebesar 0,06 atau sebesar 6% yang artinya adalah pembobotan, skoring dan pemeringkatan ini konsisten.

**Tabel 3.** Hasil pembobotan, skor dan perangkingan parameter dan sub parameter.

Simbol	Parameter	Bobot x Skor	Rangking
A1	Kelas kesesuaian lahan S1	0,275	1
B1	Ketersediaan sungai besar	0,154	2
A2	Kelas kesesuaian lahan S2	0,162	3
A3	Kelas kesesuaian lahan S3	0,101	4
B2	Ketersediaan sungai kecil	0,062	5
C1	Ketersediaan jalan arteri	0,062	6
A4	Kelas kesesuaian lahan N1	0,060	7
E1	Jumlah TK. banyak (>100 jiwa/km <sup>2</sup> )	0,047	8
D1	Lahan milik Negara	0,041	9
B3	Ketersediaan danau	0,036	10
C2	Ketersediaan jalan kolektor	0,030	11
B4	Ketersediaan mata air	0,019	12
B5	Ketersediaan air tanah	0,018	13
C4	Ketersediaan jalan setapak	0,017	14
E2	Jumlah TK. sedang (50-100 jiwa/km <sup>2</sup> )	0,013	15
C4	Ketersediaan jalan lokal/lain	0,012	16
D2	Lahan milik adat	0,011	17
D3	Lahan milik masyarakat	0,004	18
E3	Jumlah TK sedikit (<50 jiwa/km <sup>2</sup> )	0,004	19
A5	Kelas kesesuaian lahan N2	0	20

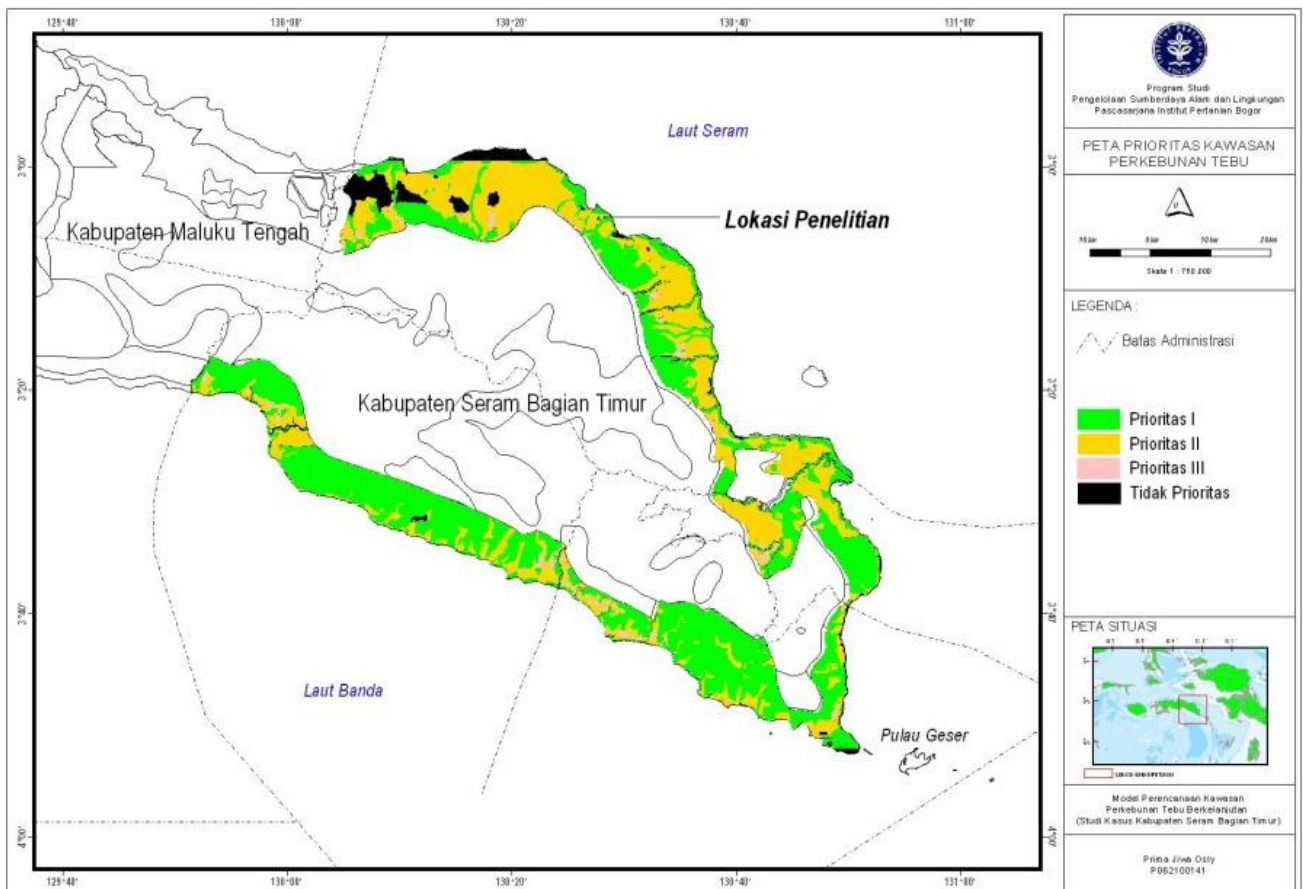
Hasil analisis ini menghasilkan prioritas pengembangan kawasan perkebunan tebu di Kabupaten Seram Bagian Timur seperti terlihat pada **Gambar 2**. Dari hasil analisis di atas didapat bahwa prioritas pengembangan kawasan perkebunan tebu pada prioritas I adalah seluas 102.475,99 ha (50,24%), prioritas II adalah seluas 72.582,18 ha (35,58%), prioritas III adalah seluas 5.046,52 ha (2,47%) dan tidak prioritas adalah seluas 23.868,12 (11,70%). Hasil ini menunjukkan bahwa hampir seluruh lahan di Kabupaten Seram Bagian Timur dapat diprioritaskan menjadi kawasan perkebunan tebu (88,30%).

Dalam pengembangan kawasan perkebunan faktor kesesuaian lahan penting untuk dijadikan alat pengambilan keputusan, namun faktor ketersediaan lahan menjadi faktor yang tidak kalah pentingnya dalam pengambilan keputusan tersebut. Faktor ketersediaan lahan merupakan salah satu faktor utama keberhasilan pengembangan sebuah komoditas (Pahan, 2008). Faktor ketersediaan lahan tersebut akan dianalisis bertingkat. Pada tingkat pertama dilakukan analisis dengan cara membandingkan prioritas pengembangan kawasan perkebunan dengan pembagian areal pada kawasan budidaya yang rencana pengembangannya telah diatur dalam RTRW Kabupaten Seram Bagian Timur 2010-2030. Pada

tingkat selanjutnya lahan prioritas yang telah sesuai dengan peruntukannya ini dianalisis dengan cara membandingkan hasil tersebut dengan tutupan lahan eksisting sehingga dapat menghasilkan ketersediaan lahan untuk prioritas pengembangan kawasan perkebunan tebu. Hasil analisis ini menjadi acuan pengambilan keputusan akhir prioritas areal yang akan dikembangkan menjadi kawasan perkebunan tebu.

Analisis tingkat pertama ini membandingkan prioritas kawasan perkebunan tebu dengan pembagian kawasan budidaya Kabupaten Seram Bagian Timur. Kawasan budidaya pertanian lahan kering dan kawasan budidaya pertanian lahan basah di-*enclave* sesuai dengan arahan pengembangan yang ada. Hasil analisis ini ditunjukkan pada **Tabel 4**.

Hasil di atas menunjukkan bahwa dari total areal yang diprioritaskan untuk dijadikan kawasan perkebunan tebu hanya 88,30% yang dapat digunakan sebagai kawasan perkebunan tebu. Berdasarkan arahan pemanfaatan ruang dalam RTRW Kabupaten Seram Bagian Timur 2010-2030 maka areal yang dapat dijadikan prioritas kawasan perkebunan adalah seluas 128.589,82 ha (63,04%) yaitu adalah kawasan budidaya tanaman semusim dan tanaman tahunan.



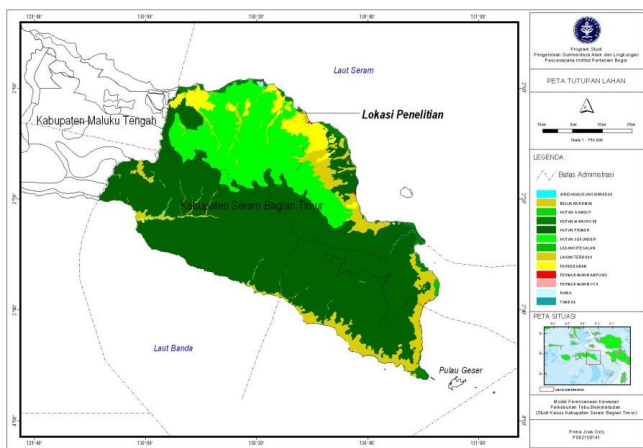
**Gambar 2.** Hasil pemrioritasan lahan kawasan perkebunan tebu di Kabupaten Seram Bagian Timur.

**Tabel 4.** Analisis perbandingan kawasan budidaya dengan kelas kesesuaian lahan kawasan perkebunan.

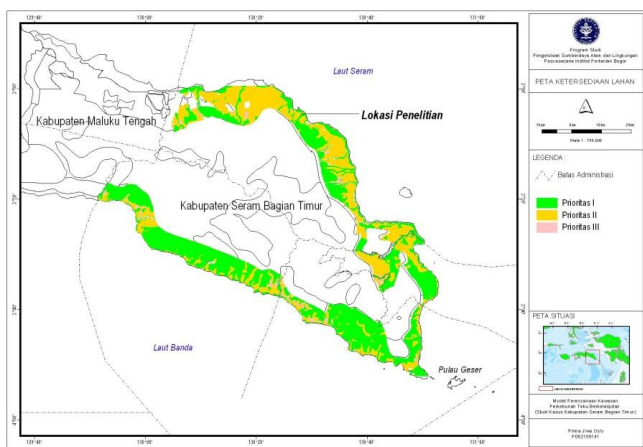
Peruntukan Kawasan Budidaya	Prioritas I (ha)	Prioritas II (ha)	Prioritas III (ha)	Tidak Prioritas (ha)	TOTAL (ha)
Tanaman Semusim	36.686,36	24.215,43	1.373,23	14.378,94	76.653,97
Tanaman Tahunan	45.750,46	18.859,64	1.704,70	2.351,78	68.666,58
Pertanian Lahan Kering	17.959,50	28.160,29	1.891,47	6.620,51	54.631,76
Pertanian Lahan Basah	2.079,68	1.346,82	77,12	516,89	4.020,51

Hasil intepretasi citra Landsat OLI/TIRS 8 menghasilkan peta tutupan lahan seperti **Gambar 3**. Berdasarkan hasil intepretasi citra maka tutupan lahan terbagi menjadi 13 jenis tutupan lahan yaitu air/danau/sungai/waduk, belukar/semak, hutan gambut, hutan mangrove, hutan primer, hutan sekunder, ladang/tegalan, lahan terbuka, perkebunan, permukiman/kampung, permukiman/kota, rawa dan tambak. Tutupan lahan terbesar adalah hutan primer yaitu seluas 361.341,362 ha (63,90%) dan tutupan lahan terkecil adalah tambak yaitu seluas 40,242 ha (0,01%). Hasil intepretasi citra tersebut dianalisis dengan melakukan *intersect* terhadap terhadap kawasan budidaya dan prioritas pengembangan kawasan perkebunan tebu. Hasil *intersect* tersebut menghasilkan peta ketersediaan lahan untuk kawasan perkebunan tebu seperti terlihat pada **Gambar 4**.

Dengan mempertimbangkan faktor ekologis dan sosial maka tutupan lahan yang berupa air/danau/sungai/waduk, hutan gambut, hutan mangrove, permukiman/kampung, permukiman/kota dan tambak dikeluarkan dalam perhitungan ketersediaan lahan untuk pengembangan kawasan perkebunan tebu. Berdasarkan hasil analisis, sebesar 121.484,83 ha (94,47%) lahan dapat digunakan sebagai kawasan perkebunan tebu. Luas areal sebesar 55.043,35 ha (45,31%) merupakan lahan dengan arahan pemanfaatan kawasan sebagai kawasan budidaya tanaman semusim dan luas areal sebesar 66.441,48 ha (54,69%) merupakan lahan dengan arahan pemanfaatan kawasan budidaya tanaman tahunan. Total areal tersebut terbagi pada kelas *Prioritas I* sebesar 76.751,79 ha (63,18%), kelas *Prioritas II* sebesar 41.807,84 ha (34,41%) dan kelas *Prioritas III* sebesar 2.925,21 ha (2,41%).



**Gambar 3.** Peta tutupan lahan di Kab. SBT.



**Gambar 4.** Peta ketersediaan lahan untuk kawasan perkebunan tebu dengan tingkat prioritas.

**KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa wilayah Kabupaten Seram Bagian Timur cocok untuk pengembangan kawasan perkebunan tebu. Pembagian kawasan budidaya dan kawasan non budidaya berdasarkan RTRW Kabupaten Seram Bagian Timur adalah 203.972,82 ha (36,26%) yang dialokasikan untuk kawasan budidaya dan 358.557,39 ha (63,74%) yang dialokasikan untuk kawasan non budidaya. Berdasarkan hasil analisa, total areal yang berpotensi dimanfaatkan untuk kawasan perkebunan tebu adalah sebesar 121.484,83 ha (21,48% dari total daratan Kabupaten Seram Bagian Timur). Total areal tersebut terbagi pada kelas *Prioritas I* sebesar 76.751,79 ha (63,18%), kelas *Prioritas II* sebesar 41.807,84 ha (34,41%) dan kelas *Prioritas III* sebesar 2.925,21 ha (2,41%)

**UCAPAN TERIMA KASIH**

Artikel ini merupakan bagian dari disertasi program doktoral pada Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan Sekolah Pascasarjana IPB, dibawah bimbingan Bapak Widiatmaka, Bambang Pramudya, Kukuh MurtiLaksono dan alm. Komarsa Gandasasmita, atas ilmunya, penulis mengucapkan terima kasih. Kepada PT. Agro Wahana Bumi yang telah bersedia memberikan dukungan pembiayaan penulis dalam melakukan survey, penyediaan data sekunder dan penyediaan narasumber, kepadanya penulis ucapkan banyak terima kasih.



## DAFTAR PUSTAKA

- Ahamed, T.R.N., Rao, K.G., & Murthy, J.S.R., (2000). GIS-Based Fuzzy Membership Model for Crop-Land Suitability Analysis. *Agricultural Systems*, 63,75–95.
- Al-Mashreki, Mohammad H., Mat A., Juhari Bin, Rahim, Sahibin A., Desa, Kadderi MD., Lihan, Tukimat dan Haider, & Abdul Rahman. (2011). Land Suitability Evaluation For Sorghum Crop in the Ibb Governorate, Republic of Yemen Using Remote Sensing And GIS Techniques. *Australian Journal of Basic & Applied Sciences*, 5(3).
- Boroushaki, S., & Malczewski, J. (2010). Using The Fuzzy Majority Approach for GIS-Based Multicriteria Group Decision-Making. *Computers and Geosciences*, 36,302–312.
- Carver, S. J. (1991). Integrating multi-criteria evaluation with geographical information systems. *International Journal of Geographical Information System*, 5(3), 321-339.
- Ceballos-Silva, A., & López-Blanco, J. (2003). Evaluating biophysical variables to identify suitable areas for oat in Central Mexico: a multi-criteria and GIS approach. *Agriculture, ecosystems & environment*, 95(1), 371-377.
- Chandio, I. A., & Matori, A. N. B. (2011, September). Land suitability analysis using geographic information systems (GIS) for hillside development: a case study of Penang Island. In *International conference on environmental and computer science, IPCBEE* (Vol. 19).
- Chen, Y., Khan, S., & Paydar, Z. (2007, December). Irrigation intensification or extensification assessment using spatial modelling in GIS. In *MODSIM 2007 International Congress on Modelling and Simulation, Modelling and Simulation Society of Australia and New Zealand, Christchurch* (pp. 1321-1327).
- Chen, Y., Khan, S., & Padar, Z. (2008, June). Irrigation intensification or extensification assessment: a GIS-based spatial fuzzy multi-criteria evaluation. In *Proceedings of the 8th international symposium on spatial accuracy assessment in natural resources and environmental sciences* (pp. 25-27).
- Chen, Y., Khan, S., & Paydar, Z. (2010). To retire or expand? A fuzzy GIS-based spatial multi-criteria evaluation framework for irrigated agriculture. *Irrigation and drainage*, 59(2), 174-188.
- Chen Y., Yu J., & Khan, S. (2010b). Spatial Sensitivity Analysis of Multi-Criteria Weights in GIS-Based Land Suitability Evaluation. *Environmental Modelling and Software*, 25(12), 1582-1591. Vol. 25, 1582– 1591.
- Chow T.F., & Sadler R. (2010). The Consensus of Local Stakeholders and Outside Experts in Suitability Modelling for Future Camp Development. *Landscape and Urban Planning*, 94(1), 9-19.
- Clayton, D., & Dent, D. (1993). Surveys, Plans and People: A Review of Land Recourse Information and Its Use in Developing Countries. *Environmental Planning Issues*. 2. IIED.
- Davidson, D.A., Theocharopoulos, S.P., & Bloksma, R.J. (1994). A Land Evaluation Project in Greece Using GIS and Based on Boolean and Fuzzy Set Methodologies. *International Journal of Geographical Information Systems*, 8(4), 369-384.
- Departemen Kehutanan. (1997). *Buku Pintar Penyuluhan Kehutanan*. Pusat Penyuluhan Kehutanan. Jakarta
- Djaenudin D., Hidayat A., Suhardjo H., & Hikmatullah. (2003). *Petunjuk Teknis Evaluasi Lahan Untuk Komoditas Pertanian*. Edisi Pertama Tahun 2003. Balai Penelitian Tanah, Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat.
- Elaalem, M., Comber, A., & Fisher, P., (2010). Land Evaluation Techniques Comparing Fuzzy AHP With TOPSIS Methods. *13th AGILE International Conference on Geographic Information Science*, 10–14 May 2010. Leuven.
- Elaalem, M., Comber, A., & Fisher, P. (2011). A Comparison of Fuzzy AHP and Ideal Point Methods for Evaluating Land Suitability. *Transactions in GIS*, 15(3), 329–346.
- FAO. (1976). A Framework of land Evaluation. *FAO Soil Bulletin* No. 6, Rome.
- FAO. (1993). Guidelines for land-use planning. *FAO Development Series No. 1*. Rome
- FAO. (1999). What is Agro Biodiversity ?. Food and Agricultural Organization of The UN. Rome.
- Feizizadeh B. dan Blaschke T. (2013). Land Suitability Analysis for Tabriz County, Iran: a Multi-criteria Evaluation Approach Using GIS. *Journal of Environmental Planning and Management*, 56(1). 1-23.
- Gachene, C.K.K. (1995). Evaluation and Mapping of Soil Erosion Susceptibility: An Example From Kenya. *Soil Use and Management*, 11(1), 1-4.
- Hardjowigeno, S & Widiatmaka. (2007). *Evaluasi Kesesuaian Lahan dan Perencanaan Tataguna Lahan*. Gadjah Mada University Press
- Hossain, M.S. & Das, N.G. (2010). GIS-Based Multi-Criteria Evaluation to Land Suitability Modelling for Giant Prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) Farming in Companigonj Upazila of Noakhali, Bangladesh. *Computers and Electronics in Agriculture*, 70(1),172–186.
- Jafari S & Zaredar N. (2010). Land Suitability Analysis Using Multi Attribute Decision Making Approach. *International Journal of Environmental Science and Development*, 1(5), 441-445.
- Jankowski, P. & Richard, L. (1994). Integration of GIS-based Suitability Analysis and Multicriteria Evaluation In a Spatial Decision Support System for Route Selection. *Environment and Planning*, 21(3), 326–339.
- Janssen, R., & Rietveld, P. (1990). Multicriteria analysis and geographical information systems: an application to agricultural land use in the Netherlands. In *Geographical information systems for urban and regional planning* (pp. 129-139). Springer Netherlands.
- Joerin, F., Thériault, M., & Musy, A. (2001). Using GIS and outranking multicriteria analysis for land-use suitability assessment. *International Journal of Geographical Information Science*, 15(2), 153-174.
- Malczewski, J. (1999). *GIS and multicriteria decision analysis*. John Wiley & Sons.
- Malczewski J. (2006). GIS-Based Multicriteria Decision Analysis : A Survey of Literature. *International Journal of Geographic Information Science*, 20(7), 703-726.
- Makropoulos, C., Butler, D., & Maksimovic, C. (2003). A Fuzzy Logic Spatial Decision Support System for Urban Water Management. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 129(1), 69-77.
- Marinoni, O. (2004). Implementation of The Analytical Hierarchy Process with VBA in Arc GIS. *Computers and Geosciences*, 30(6), 637–646.
- Marinoni, O., Higgins, A., Hajkowicz, S., & Collins, K. (2009). The multiple criteria analysis tool (MCAT): A new software tool to support environmental

- investment decision making. *Environmental Modelling & Software*, 24(2), 153-164.
- Van Marrewijk, M. (2003). Concepts and definitions of CSR and corporate sustainability: Between agency and communion. *Journal of business ethics*, 44(2-3), 95-105.
- Masayi, N., & Netondo, G. W. (2012). Effects of sugarcane farming on diversity of vegetable crops in Mumias Division, Western Kenya. *International Journal of Biodiversity and Conservation*, 4(13), 515-524.
- Mendas A dan Delali A. (2012). Integration of Multicriteria Decision Analysis in GIS to Develop Land Suitability for Agriculture : Application to Durum Wheat Cultivation in the Region of Mleta in Algeria. *Journal Computers and Electronic in Agriculture*, 83, 117-126.
- Mustafa A.A., Man Singh., Sahoo R. N., Ahmed N., Khanna M., Sarangi A. dan Mishra A. K. (2011). Land suitability analysis for different crops: a multi criteria decision making approach using remote sensing and GIS. *Researcher*, 3(12), 61-84.
- Nekhay, O., Arriaza, M., dan Guzman-A´lvarez, J.R., (2008). Spatial Analysis of the Suitability of Olive Plantations for Wildlife Habitat Restoration. *Computers and electronics in agriculture*, 65(1), 49-64.
- Nwer, B., (2005). *The Application of Land Evaluation Techniques in the North-east of Libya*. Thesis (PhD). Cranfield University. Silsoe. 319 page.
- Ohta. K., Kobashi. G., Takano. S., Kagaya. S., Yamada. H., Minakami. H. dan Yamamura. E. (2007). Analysis of the Geographical Accessibility of Neurosurgical Emergency Hospitals in Sapporo City Using GIS and AHP. *International journal of geographical information science*, 21(6), 687-698.
- Pahan Iyung. (2008). Panduan Lengkap Kelapa Sawit : Manajemen Agribisnis dari Hulu hingga Hilir. Penebar Swadaya
- Prakash, T.N., (2003). Land Suitability Analysis for Agricultural Crops: A Fuzzy Multicriteria Decision Making Approach. Thesis (MSc). (ITC) International Institute for Geoinformation Science and Earth Observation, Enschede, The Netherlands. 57 page.
- Reshmidevi, T.V., Eldho, T.I., and Jana, R., (2009). A GIS-integrated fuzzy rule-based inference system for land suitability evaluation in agricultural watersheds. *Agricultural systems*, 101(1), 101-109.
- Rossiter, D.G. (1996). A Theoretical Framework for Land Evaluation. *Geoderma*, 72(3), 165-190.
- Saaty, T. L. (1977). A scaling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of mathematical psychology*, 15(3), 234-281.
- Saaty, T.L., (1980). *The Analytical Hierarchy Process*. New York: McGraw Hill.
- Saaty, T.L. and Vargas, L.G., (1991). *Prediction, projection and forecasting*. Dordrecht: Kluwer
- Sehgal, J., (1996). *Pedology : Concept and Applications*. New Delhi: Kalyani Publishers
- Sicat, R. S., Carranza, E. J. M., & Nidumolu, U. B. (2005). Fuzzy modeling of farmers' knowledge for land suitability classification. *Agricultural systems*, 83(1), 49-75.
- Sudaryanto R. (2010). Analisis Penggunaan Lahan Pertanian di Kawasan Lindung DAS Samin untuk Mitigasi Bencana Longsor dan Banjir. *Jurnal Ilmu Tanah dan Agroklimatologi*, 7(1), 41-50. Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret
- Sys, C., Van Ranst, E., & Debaveye, J. (1991). Land evaluation, Part 1, principles in land evaluation and crop production calculations. International Training Centre for Post-graduate Soil Scientists, University Ghent.
- Tiwari. D.N., Loof. R., dan Paudyal, G.N., (1999). Environmental-economic Decision-making in Lowland Irrigated Agriculture Using Multi-criteria Analysis Techniques. *Agricultural systems*, 60(2), 99-112.
- Wu, F. (1998). SimLand: a Prototype to Simulate Land Conversion Through the Integrated GIS and CA With AHP-derived Transition Rules. *Geographical information science*, 12(1), 63-82.
- Yu J., Chen Y., dan Wu, J.P., (2009). Cellular Automata and GIS Based Land Use Suitability Simulation for Irrigated Agriculture, *Proceeding 18th world IMACS/MODSIM Congress*, 13-17 July. Cairns.
- Yu, J., Chen, Y., dan Wu, J., (2011a). Cellular Automata Based Spatial Multi-criteria Land Suitability Simulation for Irrigated Agriculture. *International journal of geographical information science*, 25(1), 131-148.
- Yu J., Chen Y., dan Wu J., (2011b). Modeling and implementation of classification rule discovery by ant colony optimisation for spatial land-use suitability assessment. *Computers, environment and urban systems*, 35(4), 308-319.