JSAI : Journal Scientific and Applied Informatics
Vol. 08, No. 2, Juni 2025, hal. 437~446
E-ISSN: 2614-3054; P-ISSN: 2614-3062, accredited by Kemenristekdikti, Sinta 4
DOI: 10.36085

Integrasi Metode Pengambilan Keputusan Multi kriteria untuk Penilaian Lahan Tembakau: Studi Kasus Menggunakan *SMART*, TOPSIS, dan AHP

[1]Dony Bahtera Firmawan, [2]Brian Rizqi Paradisiaca Darnoto
[1,2]Universitas Jember, Indonesia
[1]donybf@unej.ac.id; [2]brianrizqi@unej.ac.id

Article Info

Article history:

Received, 2025-06-16
Revised, 2025-06-19
Accepted, 2025-06-21

Kata Kunci:

AHP
MCDM
Pengambilan Keputusan
SMART
TOPSIS

ABSTRAK

Hasil dari proses pengambilan keputusan memegang peranan penting dalam mencapai tujuan penyelesaian suatu permasalahan. Proses pengambilan keputusan memerlukan data atau bukti pendukung yang dapat dijadikan acuan dalam memilih solusi berdasarkan alternatif yang tersedia, guna menghasilkan pilihan yang dapat meningkatkan produktivitas. Metode *Multi-Criteria Decision Making* (MCDM) yang digunakan untuk menganalisis data penelitian dalam studi ini adalah SMART, TOPSIS, dan AHP. Ketiga metode tersebut diuji karena masing-masing memiliki cara kerja atau algoritma yang berbeda, sehingga perlu dilakukan eksperimen pada kasus tertentu. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja metode SMART, TOPSIS, dan AHP melalui studi kasus pemilihan rekomendasi lahan tembakau. Penerapan ketiga metode MCDM untuk menganalisis alternatif lahan tembakau prospektif dilakukan melalui pengujian dengan cara membandingkan hasil atau *output* sistem dengan rekomendasi dari pakar, menggunakan sampel 10 lahan tembakau yang menghasilkan peringkat atau prioritas rekomendasi lahan. Hasil menunjukkan bahwa kinerja ketiga metode menghasilkan urutan prioritas yang berbeda, dengan tingkat akurasi SMART sebesar 80%, TOPSIS sebesar 80%, dan AHP sebesar 70%.

Keywords:

AHP
Decision Making
MCDM
SMART
TOPSIS

ABSTRACT

The results of decision making play an important role in achieving a goal in solving certain problems. Decision making process requires data or supporting evidence that can be used as a guide for the selection of solutions based on available alternatives, to produce choices that can increase productivity. Multi Criteria Decision Making (MCDM) method for the analysis of research data namely SMART, TOPSIS, and AHP. The three methods are tested, because each MCDM method has a different way of working or algorithm, so it is necessary to experiment with certain cases. This study aims to determine the performance of the SMART, TOPSIS, and AHP methods with a case study of selecting of tobacco land recommendations. The application of three MCDM methods for alternative analysts of prospective tobacco land based on testing to determine the accuracy of comparing the results/output of the system with expert recommendation solutions using a sample of 10 tobacco land that produce priority/ranking for tobacco land recommendations, shows that the performance of the three methods produces priority selection results different, with an accuracy of SMART 80%, TOPSIS 80%, and AHP 70%.

This is an open access article under the CC BY-SAlicense.

Penulis Korespondensi:

Dony Bahtera Firmawan,
Program Studi Informatika,
Universitas Jember Indonesia,
Email: donybf@unej.ac.id

1. PENDAHULUAN

Lahan merupakan lingkungan fisik yang mencakup tanah, iklim, relief, hidrologi, dan vegetasi, yang semuanya memengaruhi potensi penggunaannya. Hal ini juga mencakup dampak aktivitas manusia, baik yang terjadi di masa lalu maupun masa kini [1]. Lahan dapat dipandang sebagai suatu sistem yang terdiri atas berbagai komponen, yang dapat diklasifikasikan ke dalam dua kelompok: komponen struktural yang sering disebut sebagai karakteristik lahan, dan komponen fungsional yang dikenal sebagai kualitas lahan [2].

Salah satu komoditas pertanian utama yang memiliki peran signifikan dalam pengembangan subsektor perkebunan adalah tembakau. Peran penting ini didorong oleh meningkatnya permintaan pasar internasional terhadap tembakau, yang tercermin dari terus meningkatnya volume ekspor tembakau Indonesia [3]. Tembakau merupakan tanaman komersial yang dibudidayakan terutama untuk daunnya, yang digunakan dalam produk seperti rokok, tembakau pipa, tembakau kunyah, *snuff*, serta bentuk-bentuk inhalasi lainnya [4]. Tembakau juga berfungsi sebagai sumber utama nikotin yang bersifat adiktif, serta menjadi bahan baku dalam produksi beberapa jenis insektisida [4].

Tembakau adalah salah satu komoditas pertanian penting di Indonesia. Peranannya dalam kehidupan sosial ekonomi masyarakat tercermin dalam berbagai aspek, antara lain kontribusi terhadap penerimaan negara melalui cukai dan devisa, penyediaan lapangan kerja, sumber pendapatan bagi petani, buruh, dan pedagang, serta pendapatan daerah. Provinsi Jawa Timur merupakan salah satu daerah penghasil tembakau utama di Indonesia. Berdasarkan data dari Dinas Perkebunan Provinsi Jawa Timur, wilayah ini menyumbang sekitar 83.404 ton tembakau setiap tahunnya, atau sekitar 50–55% dari kebutuhan nasional [5]. Budidaya tembakau di Jawa Timur tersebar di 20 kabupaten, dengan luas lahan rata-rata 110.791 hektar, terdiri atas 103.878 hektar tembakau Voor-Oogst dan 6.913 hektar tembakau Na-Oogst. Kabupaten Jember merupakan salah satu wilayah penghasil tembakau terbesar, dengan luas lahan Na-Oogst sebesar 3.205 hektar dan menghasilkan sekitar 3.141,12 ton tembakau. Sebagian besar lahan ini dikelola oleh PT Perkebunan Nusantara X Jember yang memproduksi tembakau cerutu berkualitas ekspor.

Sebagai salah satu komoditas unggulan perkebunan nasional, kualitas tembakau yang dihasilkan harus memenuhi standar tinggi [6]. Salah satu prasyarat utama untuk menghasilkan tembakau berkualitas adalah penggunaan lahan pertanian yang sesuai. Peningkatan kualitas lahan akan berpengaruh langsung terhadap kualitas dan kuantitas hasil panen tembakau. Sebaliknya, penggunaan lahan yang tidak sesuai dapat mengakibatkan kerusakan tanaman, menurunnya mutu dan hasil panen, bahkan gagal panen [7]. Oleh karena itu, pemilihan lahan yang layak tanam tembakau menjadi langkah awal yang sangat penting untuk menjamin keberhasilan proses budidaya. Menurut Bhermana et al. [8], kesalahan dalam pengambilan keputusan saat pemilihan lahan dapat menyebabkan kerusakan tanaman, penurunan kualitas dan hasil produksi, bahkan kegagalan panen secara keseluruhan.

Berdasarkan wawancara yang dilakukan dengan pakar tanaman tembakau dari PT Perkebunan Nusantara, Perkebunan Tembakau Ajong Gayasan, Kabupaten Jember, ditemukan beberapa kriteria utama yang menentukan kelayakan lahan tembakau. Kriteria tersebut meliputi pH tanah, kelembapan tanah, topografi wilayah, persentase lahan yang terserang penyakit, dan ketebalan lapisan olah. Dari keseluruhan kriteria tersebut, yang paling berpengaruh adalah pH tanah, persentase lahan yang terserang penyakit, dan kelembapan tanah.

Diana [9] menyatakan bahwa *Simple Multi-Attribute Rating Technique* (SMART) dapat membantu dalam proses pengambilan keputusan. Magrisa et al. [10] menjelaskan bahwa SMART merupakan teknik pengambilan keputusan multi kriteria yang didasarkan pada anggapan bahwa setiap alternatif terdiri atas sejumlah kriteria, di mana masing-masing kriteria memiliki bobot sesuai tingkat kepentingannya relatif terhadap yang lain. Bobot-bobot ini kemudian digunakan untuk mengevaluasi setiap alternatif guna menentukan pilihan terbaik. Rasyid et al. [11] menyatakan bahwa *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS) merupakan metode yang efektif dalam mendukung keputusan optimal, terutama karena kesederhanaannya, kemudahan pemahaman, efisiensi perhitungan, dan kemampuannya dalam menilai performa relatif dari alternatif keputusan menggunakan model matematis yang sederhana. Mulyoningtyas et al. [12] menekankan bahwa *Analytic Hierarchy Process* (AHP) merupakan salah satu metode yang paling banyak diterapkan dalam sistem pendukung keputusan, terutama karena kemampuannya dalam menangani evaluasi kriteria kuantitatif dan kualitatif secara terstruktur.

Sumaryanti et al. [13] melakukan analisis metode MCDM untuk pemilihan bibit sapi unggul. Permasalahan yang diidentifikasi adalah bahwa setiap metode MCDM memiliki cara kerja atau algoritma yang berbeda, sehingga diperlukan eksperimen dengan berbagai pendekatan untuk mengetahui metode mana yang mampu memberikan rekomendasi alternatif terbaik, dengan membandingkan hasil rekomendasi terhadap solusi dari para ahli. Studi tersebut membandingkan tiga metode, yakni AHP, SMART, dan TOPSIS, menggunakan 7

kriteria dan 15 alternatif. Hasil pengujian menunjukkan bahwa ketiga metode memiliki performa yang serupa dalam proses pemilihan bibit sapi unggul, dengan akurasi 80% berdasarkan perbandingan dengan prediksi pakar.

Hancerliogullari et al. [14] melakukan penelitian mengenai perbandingan metode MCDM untuk pemilihan jenis operasi pada pasien dengan testis tidak turun. Penting bagi dokter bedah anak untuk mengenali nilai-nilai yang dimiliki pasien terkait pilihan tindakan bedah serta menggunakan pendekatan pengambilan keputusan bersama. Namun, membangun sistem pendukung keputusan yang terorganisasi untuk menentukan pilihan tindakan pada kondisi testis tidak turun bukanlah hal yang mudah. Pemilihan jenis operasi yang tepat tergantung pada beberapa faktor. Metode yang dibandingkan dalam penelitian tersebut meliputi AHP, TOPSIS, dan VIKOR, dengan dua alternatif dan sebelas subkriteria. Hasil AHP, TOPSIS, dan VIKOR menunjukkan bahwa laparoskopi lebih dipilih dibandingkan operasi terbuka. Sebanyak 31 responden dokter bedah anak menilai bahwa faktor waktu, khususnya waktu persiapan praoperasi, merupakan kriteria yang paling penting.

Sumaryanti et al. [15] juga melakukan perbandingan metode MCDM untuk pemilihan pupuk pada tanaman padi. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah SMART dan AHP. Pengujian dilakukan menggunakan 9 kriteria dan 10 alternatif. Hasil analisis menunjukkan adanya kesamaan antara kedua metode dalam menentukan rekomendasi pemupukan, yang diukur dengan membandingkan hasil alternatif terhadap rekomendasi pakar. Pengujian dilakukan terhadap sepuluh kasus di berbagai lokasi. Akurasi kedua metode adalah sebesar 70%.

Rahim et al. [16] melakukan analisis metode TOPSIS untuk pemberian bonus karyawan terbaik. Penentuan pemberian bonus karyawan merupakan tantangan tersendiri karena berkaitan dengan objektivitas pimpinan dalam menilai karyawan yang layak menerima bonus. Penggunaan metode TOPSIS diharapkan dapat memberikan rekomendasi terbaik bagi pimpinan. Pengujian dilakukan dengan menggunakan 4 kriteria dan 20 alternatif. Hasil penelitian menyimpulkan bahwa proses penentuan kriteria seperti kehadiran, perilaku, pencapaian, dan kerja tim cukup efektif dalam memberikan rekomendasi kepada pimpinan dalam mengambil keputusan.

Berdasarkan tinjauan literatur tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja beberapa metode dalam *Decision Support System* (DSS), yakni AHP, TOPSIS, dan SMART. Penelitian ini menggunakan pendekatan studi kasus yang berfokus pada rekomendasi pemilihan lahan tembakau. Kriteria yang digunakan untuk menilai kelayakan lahan tembakau mencakup pH tanah, kelembapan tanah, topografi wilayah/ bentuk area, persentase lahan yang terserang penyakit, dan ketebalan lapisan olah.

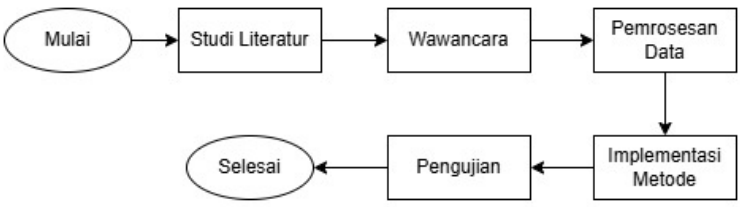
2. METODE PENELITIAN

Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan *mixed-method*, yaitu menggabungkan metode penelitian kualitatif dan kuantitatif. Pendekatan kualitatif digunakan untuk menganalisis hasil studi pustaka serta melakukan wawancara dengan para ahli guna mengidentifikasi kriteria yang relevan dalam menilai kelayakan lahan untuk budidaya tembakau. Sebaliknya, pendekatan kuantitatif diterapkan karena data yang dikumpulkan berupa nilai-nilai numerik (seperti tingkat pH, kadar kelembapan, persentase lahan terkena penyakit, dan ketebalan lapis olah), yang kemudian dianalisis menggunakan metode numerik berbasis MCDM. Secara khusus, penelitian ini bertujuan untuk menentukan kelayakan lahan budidaya tembakau di wilayah Perkebunan Tembakau PTPN X Jember dengan membandingkan rekomendasi yang dihasilkan oleh sistem terhadap keputusan para ahli.

Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan. Diagram berikut menggambarkan proses penelitian yang dilakukan:



Gambar 1 Diagram Tahapan Penelitian

Diagram alur dalam penelitian ini menggambarkan tahapan sistematis yang dilakukan, dimulai dari identifikasi awal hingga penarikan kesimpulan. Proses dimulai dengan kajian literatur untuk membangun dasar teori serta

mengidentifikasi kriteria yang relevan dalam evaluasi kelayakan lahan tanam tembakau. Tahap selanjutnya adalah pengumpulan data melalui wawancara dengan para ahli di bidang pertanian tembakau. Data yang diperoleh kemudian dikonversi ke dalam bentuk numerik guna mendukung penerapan tiga metode MCDM: SMART, TOPSIS, dan AHP. Setelah metode-metode ini digunakan untuk menghasilkan rekomendasi lahan, dilakukan proses validasi dengan membandingkan hasil rekomendasi sistem terhadap keputusan pakar, yang berfungsi sebagai tolak ukur dalam mengevaluasi tingkat akurasi masing-masing metode. Tahap akhir mencakup penarikan kesimpulan dari hasil evaluasi untuk menentukan metode mana yang menghasilkan rekomendasi paling mendekati penilaian para ahli.

Tahap pengolahan data mencakup klasifikasi dan normalisasi data kriteria yang diperoleh dari wawancara dengan ahli, sehingga masing-masing metode dapat memproses informasi secara objektif. Implementasi metode SMART dilakukan dengan menghitung nilai utilitas berdasarkan bobot kriteria, sedangkan metode TOPSIS menghitung kedekatan relatif setiap alternatif terhadap solusi ideal positif dan negatif. Sementara itu, metode AHP memerlukan perbandingan berpasangan antar kriteria dan sub-kriteria untuk menetapkan prioritas. Hasil akhir dari masing-masing metode berupa daftar peringkat alternatif lahan, yang kemudian dibandingkan dengan peringkat dari para ahli menggunakan pendekatan evaluasi berbasis akurasi. Tahap pengujian ini tidak hanya mengukur tingkat kesesuaian dengan keputusan ahli, tetapi juga menyoroti keunggulan dan keterbatasan masing-masing metode MCDM dalam konteks pengambilan keputusan multi kriteria untuk aplikasi pertanian, khususnya dalam pemilihan lahan budidaya tembakau.

Studi Literatur

Kajian literatur dilakukan untuk membangun landasan teoretis yang relevan dengan permasalahan penelitian, yaitu penilaian kelayakan lahan tembakau dengan menggunakan metode MCDM. Literatur yang dikaji mencakup konsep dasar mengenai lahan pertanian, khususnya faktor-faktor utama yang memengaruhi kelayakan lahan untuk budidaya tembakau, seperti pH tanah, kadar kelembapan, topografi wilayah/ bentuk area, persentase lahan terkena penyakit, dan ketebalan lapisan olah. Selain itu, kajian ini juga memberikan pemahaman mendalam mengenai tiga metode MCDM yang digunakan dalam penelitian, yaitu SMART, TOPSIS, dan AHP, termasuk prinsip dasar, keunggulan, dan keterbatasan masing-masing metode. Kajian ini menjadi dasar dalam merancang implementasi dan evaluasi metode, dengan tujuan menghasilkan rekomendasi lahan yang akurat dan selaras dengan penilaian para ahli.

Selain mengkaji teori-teori fundamental, studi literatur juga meninjau penelitian-penelitian sebelumnya yang telah menerapkan metode MCDM dalam konteks pertanian maupun ranah pengambilan keputusan lainnya. Penelitian-penelitian tersebut memberikan wawasan mengenai kinerja ketiga metode dalam skenario pengambilan keputusan multi kriteria yang kompleks, serta tingkat akurasi yang dicapai dibandingkan dengan penilaian para pakar. Dari hasil kajian ini, diperoleh pengetahuan penting mengenai faktor-faktor yang memengaruhi efektivitas setiap metode, seperti jumlah alternatif, distribusi bobot antar kriteria, dan kualitas data masukan. Literatur juga menyoroti teknik evaluasi, termasuk pendekatan pengukuran akurasi dengan menjadikan penilaian pakar sebagai *ground truth*. Dengan demikian, kajian literatur ini tidak hanya memperkuat landasan teoretis, tetapi juga memperkaya perspektif peneliti dalam merancang eksperimen dan merumuskan kerangka implementasi yang sistematis.

Wawancara

Wawancara dilakukan sebagai bagian dari proses pengumpulan data untuk memperoleh informasi serta menggali kriteria yang digunakan dalam menilai kelayakan lahan bagi budidaya tembakau. Penggalian data ini dilakukan secara langsung melalui narasumber yang relevan, yaitu General Manager Perkebunan Tembakau Ajong Gayasan, PTPN X, Kabupaten Jember. Dalam wawancara tersebut, responden diminta untuk menjelaskan berbagai aspek terkait penilaian kelayakan lahan, termasuk kriteria utama yang dijadikan tolak ukur, pemberian bobot pada masing-masing kriteria, penentuan parameter, perhitungan skor akhir dalam bentuk persentase, serta penetapan rentang nilai untuk setiap kriteria.

Pemrosesan Data

Pemrosesan data dilakukan setelah tahap pengumpulan data yang mencakup wawancara dan studi literatur. Tahap ini melibatkan pemeriksaan secara menyeluruh terhadap seluruh informasi yang telah dikumpulkan sebelumnya. Peneliti melakukan seleksi dan penyempurnaan terhadap kriteria-kriteria yang relevan dan mendukung tujuan penelitian. Hasil dari proses ini adalah penetapan kriteria akhir yang diperoleh berdasarkan wawasan dari hasil wawancara dengan pakar. Setelah kriteria ditentukan, langkah selanjutnya adalah melakukan normalisasi dan pemberian bobot terhadap data alternatif lahan dengan menggunakan masing-masing metode MCDM: SMART, TOPSIS, dan AHP. Proses ini mencakup perhitungan nilai utilitas pada metode SMART, perhitungan jarak terhadap solusi ideal pada metode TOPSIS, serta penyusunan hierarki dan evaluasi perbandingan berpasangan pada metode AHP. Tujuan dari tahap pemrosesan data ini adalah untuk

menghasilkan skor akhir dari setiap alternatif lahan yang selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam memberikan rekomendasi peringkat.

Implementasi Metode

Implementasi metode dilakukan dengan menghitung nilai dari kriteria yang telah ditetapkan menggunakan bahasa pemrograman PHP, dengan metode SMART sebagai acuan utama dalam menentukan kelayakan lahan tanam tembakau. Metode SMART mengikuti proses komputasi yang dimulai dari pemberian bobot pada masing-masing kriteria, dilanjutkan dengan normalisasi, perhitungan nilai utilitas, dan penentuan skor akhir. Selain SMART, implementasi juga mencakup metode TOPSIS dan AHP sebagai pendekatan pembanding. Penerapan metode TOPSIS melibatkan normalisasi matriks keputusan, pemberian bobot, identifikasi solusi ideal positif dan negatif, serta perhitungan jarak masing-masing alternatif terhadap solusi ideal untuk memperoleh nilai preferensi. Sementara itu, metode AHP diimplementasikan dengan membangun struktur hierarki, menyusun matriks perbandingan berpasangan, menghitung bobot prioritas, dan melakukan uji konsistensi. Hasil dari implementasi ketiga metode tersebut kemudian digunakan untuk menghasilkan daftar peringkat alternatif lahan yang direkomendasikan untuk budidaya tembakau.

***Simple Multi Attribute Rating Technique* (SMART)**

Metode SMART merupakan metode pengambilan keputusan multi kriteria, yang berarti bahwa setiap alternatif memiliki sejumlah kriteria yang masing-masing memiliki nilai dan bobot tertentu. Analisis dengan menggunakan metode SMART didasarkan pada model aditif linear. Hal ini menunjukkan bahwa nilai keseluruhan dari setiap alternatif dihitung sebagai total skor kinerja (nilai) dari masing-masing kriteria (atribut) yang kemudian dikalikan dengan bobot dari kriteria tersebut. Adapun langkah-langkah umum dalam menyelesaikan metode SMART adalah sebagai berikut [10]:

1. Menentukan kriteria yang akan digunakan;
2. Menentukan bobot untuk masing-masing kriteria dengan menggunakan skala interval 1–100, dengan prioritas paling penting diberikan bobot tertinggi;
3. Menghitung nilai normalisasi untuk setiap kriteria pada masing-masing alternatif, sebagaimana ditunjukkan dalam Persamaan 1

$$Normalisasi = \frac{Wij}{\sum_{i=1}^{n} Wij} \quad (1)$$

dimana:

Wij = Bobot dari kriteria pada baris ke-i dan kolom ke-j

4. Menetapkan nilai parameter untuk setiap kriteria yang sesuai dengan masing-masing alternatif
5. Menghitung nilai utilitas untuk setiap alternatif

$$Ui(ai) = \frac{C_{max} - C_{out}i}{C_{max} - C_{min}} \quad (2)$$

dimana:

Ui(ai) = Nilai utilitas
Cout i = Nilai kriteria untuk kriteria ke-i
Cmin = Nilai minimum dari seluruh data
Cmax = Nilai maksimum dari seluruh data

6. Menentukan skor akhir untuk setiap alternatif dengan cara mengalikan nilai kriteria yang telah dinormalisasi dengan bobot kriteria yang juga telah dinormalisasi. Kemudian, jumlahkan hasil perkalian tersebut dengan rumus sebagai berikut::

$$u(ai) = \sum_{j=1}^{m} w_j u_i(a_i), \quad i = 1,2, \dots m \quad (3)$$

dimana:

wj = Bobot untuk kriteria ke-j
kriteria u(ai) = Nilai utilitas dari kriteria ke-i untuk alternatif ke-i

7. Pilih alternatif dengan nilai utilitas tertinggi

Pengambil keputusan mengkonversi skala yang beragam ke dalam skala internal yang seragam untuk menangani berbagai kriteria dan alternatif berbobot. Proses ini dilakukan secara matematis menggunakan fungsi nilai atau skala linear (misalnya dari 0 hingga 100). Hasil pengujian menunjukkan bahwa penerapan metode SMART memiliki proses perhitungan yang efisien dan tidak memerlukan waktu komputasi yang signifikan.

***Technique For Others Reference by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS)**

Metode TOPSIS memandu proses seleksi dengan mengidentifikasi alternatif terbaik di antara semua opsi yang tersedia, yang ditandai dengan jarak terpendek ke solusi ideal positif dan jarak terjauh dari solusi ideal negatif [17]. Solusi ideal positif merepresentasikan nilai terbaik yang dicapai untuk setiap kriteria, sedangkan solusi ideal negatif menggambarkan nilai terburuk. Metode TOPSIS menggunakan kedua solusi ini sebagai tolak ukur untuk mengevaluasi alternatif dengan cara menghitung jarak terhadap solusi ideal positif dan jarak terhadap solusi ideal negatif, kemudian memilih alternatif berdasarkan kedekatan relatifnya terhadap solusi ideal positif [11]. Penentuan jarak dan nilai kriteria untuk setiap alternatif terhadap solusi ideal positif dan negatif didasarkan pada persamaan berikut:

$$A^+ = (y_1^+, y_2^+, y_3^+, \dots, y_n^+) \quad (4)$$

$$A^- = (y_1^-, y_2^-, y_3^-, \dots, y_n^-) \quad (5)$$

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^{n} \left(y_i^+ - y_{ij}\right)^2} \quad (6)$$

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^{n} \left(y_i^- - y_{ij}\right)^2} \quad (7)$$

dimana:

A^+ = Solusi ideal positif (nilai terbaik untuk setiap kriteria)
A^- = Solusi ideal negatif (nilai terburuk untuk setiap kriteria)
D_i^+ = Jarak alternatif ke-i terhadap solusi ideal positif (A^+)
D_i^- = Jarak alternatif ke-i terhadap solusi ideal negatif (A^-)

***Analytical Hierarchy Process* (AHP)**

Metode AHP digunakan untuk menyelesaikan permasalahan dengan menyusun hierarki dari kriteria, alternatif hasil, serta memberikan bobot atau tingkat prioritas kepentingan pada setiap kriteria untuk masing-masing alternatif [18]. Tahap awal dari metode AHP dimulai dengan menyusun permasalahan ke dalam bentuk hierarki, yang kemudian dilanjutkan dengan evaluasi komponen menggunakan matriks perbandingan berpasangan. Tujuan utama ditempatkan pada tingkat paling atas dalam hierarki, sedangkan kriteria dan subkriteria berada pada tingkat menengah, dan alternatif berada pada tingkat paling bawah. Matriks perbandingan berpasangan menggunakan skala dari satu hingga sembilan untuk semua kriteria dan alternatif. Setelah itu, bobot untuk setiap kriteria ditentukan, dan seluruh bobot lokal dari setiap kriteria dihitung untuk memperoleh bobot global dari semua alternatif. Langkah-langkah penerapan metode AHP adalah sebagai berikut [19]:

1. Menyusun hierarki yang memuat tujuan pengambilan keputusan, alternatif, dan kriteria untuk mengevaluasi alternatif.
2. Menentukan prioritas di antara elemen-elemen hierarki dengan melakukan serangkaian penilaian menggunakan matriks perbandingan berpasangan untuk seluruh kriteria, kemudian dilanjutkan dengan proses normalisasi.
3. Menghitung Indeks Konsistensi (Consistency Index/CI) dan Rasio Konsistensi (Consistency Ratio/CR), serta memastikan bahwa nilai CR kurang dari 0,1.
4. Menghitung seluruh bobot lokal dari masing-masing kriteria untuk memperoleh bobot global dari semua alternatif.
5. Memilih alternatif terbaik.

Pengujian

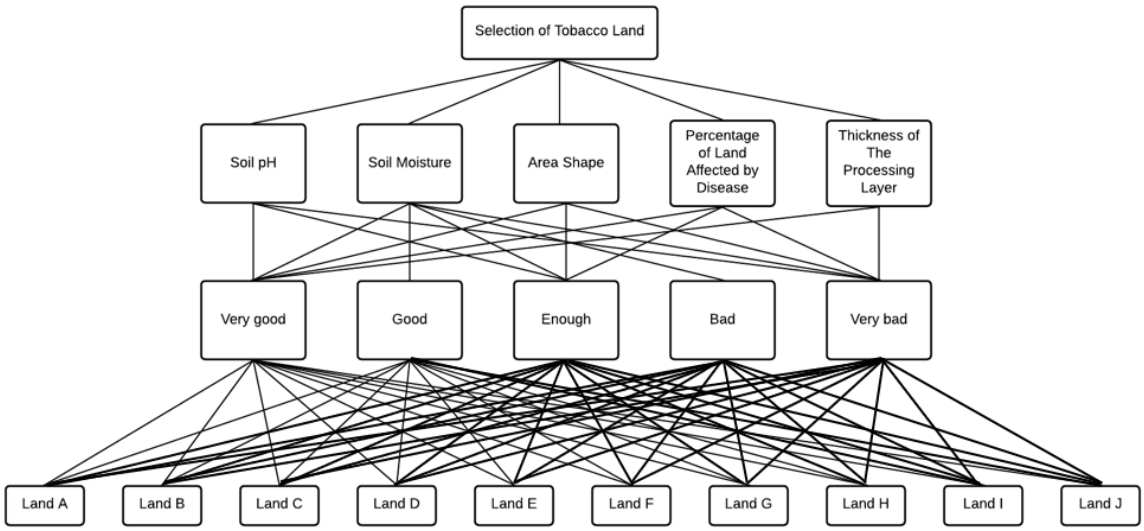
Proses pengujian ini juga mencakup validasi terhadap perhitungan yang dilakukan oleh metode SMART, TOPSIS, dan AHP, dengan membandingkan hasil yang dihasilkan sistem dengan perhitungan manual serta pendapat ahli. Langkah ini bertujuan untuk memastikan bahwa sistem menghitung nilai kesesuaian lahan secara akurat berdasarkan bobot dan kriteria yang telah ditentukan, serta memberikan rekomendasi yang konsisten dan dapat diandalkan. Validasi dilakukan terhadap 10 alternatif lahan tanam tembakau, di mana hasil pemeringkatan dari sistem dibandingkan langsung dengan rekomendasi pakar sebagai acuan.

3. HASIL DAN ANALISIS

Pada tahap ini, semua alternatif lahan dievaluasi berdasarkan lima kriteria utama yang telah ditentukan sebelumnya, yaitu pH tanah, kelembapan tanah, bentuk area, persentase lahan yang terdampak penyakit, dan

ketebalan lapisan olah. Setiap metode MCDM yang digunakan SMART, TOPSIS, dan AHP menerapkan pendekatan dan algoritma yang berbeda dalam memproses data penilaian terhadap alternatif lahan tersebut. Implementasi ketiga metode tersebut dilakukan dengan menggunakan data aktual dari 10 alternatif lahan yang diperoleh melalui pengukuran lapangan dan masukan dari para ahli. Hasil yang dihasilkan oleh masing-masing metode kemudian dibandingkan dengan rekomendasi dari para ahli, yang berfungsi sebagai tolak ukur dalam mengevaluasi akurasi dan konsistensi sistem. Analisis ini menjadi dasar untuk menilai efektivitas masing-masing metode dalam memberikan rekomendasi yang objektif dan berbasis data untuk memilih lahan tembakau yang paling sesuai.

Analisis multi kriteria untuk sistem pendukung keputusan, yang mencakup metode AHP, SMART, dan TOPSIS melalui pendekatan MCDM telah dikembangkan secara luas [20]. Penggunaan metode-metode tertentu dalam analisis data untuk mendukung pengambilan keputusan merupakan langkah krusial dalam menghasilkan informasi yang relevan dan berbasis bukti bagi para pengambil keputusan, sehingga pengguna dapat menerima rekomendasi yang dihasilkan oleh sistem. Hierarki yang ditunjukkan pada Gambar 2 menggambarkan hubungan antara tujuan, kriteria, dan alternatif dalam kerangka kerja SMART, TOPSIS, dan AHP. Tahapan berikutnya setelah penyusunan hierarki meliputi pemberian nilai dan standar pada alternatif, pemeriksaan *consistency ratio* dari matriks perbandingan berpasangan untuk mengevaluasi alternatif dan ukuran, serta penentuan bobot prioritas dari setiap kriteria



Gambar 2 Hierarki Pemilihan Lahan Tembakau

Gambar 2 menjelaskan struktur hierarki dalam proses pengambilan keputusan untuk pemilihan lahan budidaya tembakau menggunakan pendekatan MCDM. Struktur ini menempatkan tujuan utama, yaitu Pemilihan Lahan Tembakau, pada tingkat paling atas. Tujuan ini dipengaruhi oleh lima kriteria utama, yaitu pH tanah, kelembapan tanah, bentuk area, persentase lahan yang terkena penyakit, dan ketebalan lapisan olah. Setiap kriteria dievaluasi berdasarkan kategori penilaian, seperti Sangat Baik, Baik, Cukup, Buruk, dan Sangat Buruk, yang menunjukkan tingkat kesesuaian dari masing-masing aspek. Kategori-kategori ini kemudian digunakan untuk menilai sejumlah alternatif lahan (Lahan A hingga Lahan J) berdasarkan data dan pengukuran lapangan yang telah dikumpulkan. Struktur hierarki ini menunjukkan hubungan yang kompleks antara kriteria, sub-kriteria, dan alternatif, serta menjelaskan bagaimana sistem pendukung keputusan menyusun kerangka logis dalam memilih lahan yang paling sesuai untuk budidaya tembakau.

Struktur hierarki ini memungkinkan proses pengambilan keputusan dilakukan secara sistematis dan mendukung penerapan metode AHP melalui perbandingan berpasangan antar kriteria dan alternatif. Bobot kepentingan relatif dari setiap kriteria ditentukan melalui pendekatan ini, dan kemudian digunakan untuk mengevaluasi alternatif secara lebih objektif. Sebagai contoh, hasil wawancara dengan pakar dapat menunjukkan bahwa pH tanah dan kelembapan merupakan faktor yang paling berpengaruh, sehingga keduanya diberi bobot yang lebih tinggi dibandingkan kriteria lainnya. Proses ini dilanjutkan dengan menghitung nilai preferensi dari masing-masing alternatif lahan, melalui agregasi antara bobot kriteria dan skor evaluasi yang diperoleh dari kategori kualitatif yang telah ditentukan. Metodologi ini memastikan bahwa proses pengambilan keputusan tidak hanya bergantung pada skor total, tetapi juga memperhitungkan prioritas relatif dan konteks pentingnya masing-masing kriteria dalam budidaya tembakau, sehingga menghasilkan rekomendasi yang ilmiah dan dapat diandalkan.

Tabel 1. Kriteria Rekomendasi Lahan Tembakau

ID	Kriteria
C1	pH tanah
C2	Kelembapan tanah
C3	Bentuk area
C4	Persentase lahan terdampak oenyakit
C5	Ketebalan lapis olah

Tabel 1 menyajikan lima kriteria utama yang digunakan dalam sistem rekomendasi lahan tembakau. Setiap kriteria diberi kode ID mulai dari C1 hingga C5 untuk memudahkan referensi selama proses pengolahan dan analisis data. Kriteria-kriteria tersebut meliputi: pH tanah (C1), yang berkaitan dengan tingkat keasaman tanah; kelembapan tanah (C2), yang menunjukkan kadar air dalam tanah; bentuk area (C3), yang menggambarkan bentuk atau topografi lahan; persentase lahan yang terkena penyakit (C4), yang menunjukkan tingkat serangan penyakit pada lahan; dan ketebalan lapisan olah (C5), yang menunjukkan kedalaman lapisan tanah yang dapat diolah. Kelima kriteria ini memiliki peran penting dalam menentukan kesesuaian lahan untuk budidaya tembakau secara optimal.

Pengukuran akurasi dari kinerja masing-masing metode MCDM bergantung pada analisis hasil penerapan ketiga metode yang dibandingkan dengan rekomendasi solusi alternatif dari para ahli. Hasil kinerja metode TOPSIS, SMART, dan AHP disajikan dalam Tabel 2. Ketiga metode tersebut digunakan untuk mengevaluasi sepuluh alternatif lahan budidaya tembakau, yang diberi label dari Lahan A hingga Lahan J, berdasarkan lima kriteria utama yang telah ditentukan. *Output* akhir dari masing-masing metode berupa peringkat kesesuaian lahan, yang kemudian dibandingkan dengan rekomendasi yang diberikan oleh para ahli. Perbandingan ini digunakan untuk mengevaluasi tingkat kesesuaian dan akurasi masing-masing metode dalam merepresentasikan kondisi nyata di lapangan. Dengan demikian, hal ini memungkinkan untuk mengidentifikasi metode yang paling akurat dan andal sebagai acuan dalam pengambilan keputusan untuk pemilihan lahan tembakau.

Tabel 2. Perbandingan Hasil Sistem dan Rekomendasi Ahli

Alternatif rank	TOPSIS	SMART	AHP	Ahli
1	Lahan E	Lahan E	Lahan E	Lahan E
2	Lahan F	Lahan F	Lahan F	Lahan F
3	Lahan C	Lahan C	Lahan C	Lahan C
4	Lahan I	Lahan B	Lahan I	Lahan I
5	Lahan B	Lahan I	Lahan B	Lahan B
6	Lahan H	Lahan A	Lahan J	Lahan A
7	Lahan A	Lahan H	Lahan A	Lahan H
8	Lahan J	Lahan J	Lahan H	Lahan J
9	Lahan D	Lahan D	Lahan D	Lahan D
10	Lahan G	Lahan G	Lahan G	Lahan G

Eksperimen dilakukan menggunakan data sampel dari sepuluh lahan tembakau milik PTPN X Jember. Hasil seleksi dengan menerapkan metode TOPSIS, SMART, dan AHP dalam bentuk nilai prioritas (peringkat alternatif) ditunjukkan pada Tabel 2. Pengujian dilakukan dengan skenario yang membandingkan hasil peringkat lahan tembakau dengan hasil peringkat yang ditetapkan oleh para ahli. Akurasi pengukuran berdasarkan skenario pengujian untuk ketiga metode dijelaskan sebagai berikut:

$$Accuracy\ TOPSIS = \frac{8}{10} x\ 100\% = 80\%$$

$$Accuracy\ SMART = \frac{8}{10} x\ 100\% = 80\%$$

$$Accuracy\ AHP = \frac{7}{10} x\ 100\% = 70\%$$

Tabel 2 menyajikan hasil peringkat dari 10 alternatif lahan budidaya tembakau berdasarkan tiga metode MCDM: TOPSIS, SMART, dan AHP, yang kemudian dibandingkan dengan rekomendasi para ahli sebagai acuan validasi. Tabel tersebut menunjukkan bahwa ketiga metode menghasilkan urutan peringkat yang sebagian besar konsisten dengan pendapat para ahli, terutama pada peringkat prioritas teratas. Peringkat 1 hingga 3 (Lahan E, Lahan F, dan Lahan C) identik di semua metode dan sejalan dengan rekomendasi ahli, menunjukkan kemampuan sistem dalam mengidentifikasi lahan terbaik secara akurat.

Pada peringkat 4 dan 5, terdapat sedikit perbedaan, AHP dan TOPSIS menempatkan Lahan B sesuai dengan urutan ahli, sementara SMART menukar posisi antara Lahan B dan Lahan I. Variasi yang lebih besar terjadi pada peringkat 6 hingga 10; misalnya, AHP menempatkan Lahan H di posisi ke-8, sementara SMART dan TOPSIS masing-masing menempatkannya di peringkat 7 dan 6. Namun, Lahan G secara konsisten berada di peringkat ke-10 pada semua metode, menegaskan bahwa lahan ini dinilai sebagai yang paling tidak sesuai baik oleh sistem maupun oleh para ahli.

Perbedaan tingkat akurasi antar metode juga dapat dikaitkan dengan karakteristik intrinsik dari masing-masing algoritma dalam memproses data multi kriteria. Metode SMART dan TOPSIS, yang masing-masing berbasis pada penilaian dan jarak terhadap solusi ideal, menunjukkan performa yang lebih stabil dalam mengakomodasi bobot dan nilai kriteria yang bervariasi pada setiap alternatif lahan. Kemampuan ini memungkinkan kedua metode tersebut memberikan rekomendasi yang konsisten dengan evaluasi para ahli, terutama untuk lahan-lahan dengan karakteristik menonjol seperti Lahan E dan Lahan F.

Sebaliknya, metode AHP, yang bergantung pada perbandingan berpasangan, cenderung lebih sensitif terhadap subjektivitas dalam proses penilaian awal, terutama ketika terdapat inkonsistensi atau nilai kriteria yang tidak seimbang. Hal ini dapat menyebabkan penyimpangan dalam hasil peringkat prioritas. Oleh karena itu, dalam konteks studi ini, TOPSIS dan SMART terbukti lebih adaptif dan akurat dalam menangkap kompleksitas penilaian lahan tembakau yang sejalan dengan pertimbangan para ahli.

Perhitungan akurasi menunjukkan bahwa TOPSIS dan SMART memiliki tingkat kesesuaian yang tinggi dengan rekomendasi para ahli, masing-masing berhasil mencocokkan 8 dari 10 urutan alternatif. Hal ini menunjukkan bahwa kedua metode tersebut mampu mereplikasi pola evaluasi dan prioritas yang ditetapkan oleh para ahli dalam pemilihan lahan tembakau. Sementara itu, AHP mencatat tingkat akurasi sebesar 70%, yang setara dengan 7 dari 10 urutan yang sesuai dengan pendapat ahli. Ini menunjukkan bahwa meskipun AHP tetap relevan sebagai metode pengambilan keputusan multi kriteria, dalam kasus ini tingkat akurasinya lebih rendah dibandingkan dua metode lainnya.

4. KESIMPULAN

Sistem ini dikembangkan sebagai solusi atas permasalahan dalam menentukan kelayakan lahan tanam tembakau yang selama ini masih dilakukan secara manual, sehingga rentan terhadap subjektivitas dan ketidakkonsistenan dalam pengambilan keputusan. Melalui implementasi tiga metode Multi-Criteria Decision Making (MCDM), yaitu SMART, TOPSIS, dan AHP, sistem ini mampu memberikan rekomendasi yang lebih objektif, sistematis, dan berbasis data. Berdasarkan pengujian terhadap 10 alternatif lahan, diperoleh hasil bahwa metode SMART dan TOPSIS sama-sama mencapai tingkat kesesuaian sebesar 80% terhadap penilaian ahli, sedangkan metode AHP memperoleh tingkat kesesuaian sebesar 70%. Temuan ini menunjukkan bahwa metode SMART dan TOPSIS relatif lebih akurat dalam merepresentasikan keputusan pakar, menjadikan keduanya sebagai pendekatan yang efektif untuk mendukung proses pengambilan keputusan dalam pemilihan lahan tembakau yang layak.

REFERENSI

[1] H. S. C. Sajow, D. M. Rondonuwu, and I. Makinas, "Perubahan Fungsi Lahan Di Koridor Segitigamapanget-Talawaan," *Spasial*, vol. 3, no. 2, pp. 40–48, 2016.

[2] Juhadi, "Pola-Pola Pemanfaatan Lahan Dan Degradasi Lingkungan Pada Kawasan Perbukitan," *J. Geogr.*, vol. 4, no. 1, pp. 11–24, 2007.

[3] M. Rachmat and R. Aldillah, "Agribisnis Tembakau Di Indonesia: Kontroversi dan Prospek Agribisnis Tembakau di Indonesia," pp. 69–20, 2010.

[4] A. Z. Siregar, "LITERASI INVENTARISASI HAMA DAN PENYAKIT TEMBAKAU DELI DI PERKEBUNAN SUMATERA UTARA," vol. 3, no. 3, pp. 206–213, 2016.

[5] Y. A. Auliya and W. Firdaus Mahmudy, "Pemilihan Lahan Tanam Optimum Untuk Tanaman Tembakau Menggunakan Fuzzy Inference System (Fis) Tsukamoto," *Semin. Nas. Teknol. Inf. dan Komun.*, no. April, pp. 2089–9815, 2016, doi: 10.13140/RG.2.1.4646.1844.

[6] L. M. Ika Agustina, "KAJIAN TEMBAKAU SEBAGAI KOMODITAS UNGGULAN KABUPATEN TEMANGGUNG Ika," *Tobacco*, vol. 51, no. 1, p. 51, 2018.

[7] F. Hilman, B. Darma Setiawan, and R. C. Wihandika, "Optimasi Fungsi Keanggotaan Fuzzy Mamdani menggunakan Algoritme Genetika untuk Penentuan Kesesuaian Lahan Tanam Tembakau," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 2, no. 3, pp. 968–977, 2018, [Online]. Available: http://j-ptiik.ub.ac.id

[8] A. Bhermana, S. Prasetiyo, I. Irwandi, and S. Agustini, "Proyeksi Pengembangan Komoditas Kelapa Dalam Secara Kewilayahan Berbasis Sumberdaya Lahan Dalam Rangka Mendukung Pembangunan Perkebunan di …," *AgriPeat*, vol. 21, no. 2, pp. 72–80, 2020, [Online]. Available: https://e-journal.upr.ac.id/index.php/Agp/article/view/1828%0Ahttps://e-journal.upr.ac.id/index.php/Agp/article/view/1828/1640

[9] Diana, "Sistem Pendukung Keputusan Menentukan Kelayakan Bisnis Menerapkan Simple Multi Attribute Rating Technique (Smart)," *J. Ilm. MATRIK*, vol. 18, no. 2, pp. 113–124, 2016.

[10] T. Magrisa, K. D. K. Wardhani, and M. R. A. Saf, "Implementasi Metode SMART pada Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Kegiatan Ekstrakurikuler untuk Siswa SMA," *Inform. Mulawarman J. Ilm. Ilmu Komput.*, vol. 13, no. 1, p. 49, 2018, doi: 10.30872/jim.v13i1.648.

[11] A. Rasyid and S. Maharani, "Implementasi Technique For Order Preferences By Similary To Ideal Solution (Topsis) Pada Seleksi Asisten Laboratorium (Studi Kasus : Laboratorium RPL FMIPA Universitas Mulawarman)," *Inform. Mulawarman J. Ilm. Ilmu Komput.*, vol. 11, no. 2, p. 48, 2016, doi: 10.30872/jim.v11i2.214.

[12] A. Mulyoningtyas, D. H. Satyareni, and M. Masrur, "Perancangan Sistem Pendukung Keputusan untuk Menentukan Siswa Berprestasi Menggunakan Metode Ahp (Analytical Hierarchy Process) Berbasis Java," *Nusant. Enginering*, vol. 3, no. 1, pp. 21–28, 2016, [Online]. Available: https://ojs.unpkediri.ac.id/index.php/noe/article/view/243

[13] L. Sumaryanti and N. Nurcholis, "Analysis of Multiple Criteria Decision Making Method for Selection the Superior Cattle," *INTENSIF J. Ilm. Penelit. dan Penerapan Teknol. Sist. Inf.*, vol. 4, no. 1, pp. 131–141, 2020, doi: 10.29407/intensif.v4i1.13863.

[14] G. Hancerliogullari Koksalmis, K. O. Hancerliogullari, B. Cetinguc, M. Durucu, and F. Calisir, "Medical decision making: Selection of the appropriate surgical mode for undescended testicle treatment," *J. Multi-Criteria Decis. Anal.*, vol. 26, no. 3–4, pp. 145–151, 2019, doi: 10.1002/mcda.1679.

[15] L. Sumaryanti, T. K. Rahayu, A. Prayitno, and Salju, "Comparison study of SMART and AHP method for paddy fertilizer recommendation in decision support system," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 343, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1755-1315/343/1/012207.

[16] R. Rahim *et al.*, "Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) method for decision support system in top management," *Int. J. Eng. Technol.*, vol. 7, no. 3.4 Special Issue 4, pp. 290–293, 2018.

[17] D. Setiaji and S. Martha, "Penerapan Metode Topsis Dalam Menentukan Penerima Beras Miskin," *Bul. Ilm. Math, Stat, dan Ter.*, vol. 10, no. 1, pp. 93–98, 2021.

[18] A. Purwanto, E. Prasetyaningrum, R. Pratama, and M. Haspianto, "Penerapan Metode Analytical Hierarchy Process Dalam Pemilihan Handphone Untuk Kebutuhan Mahasiswa," *J. Ilm. Tek. Inform. dan Sist. Inf.*, vol. 12, no. 1, 2023.

[19] S. Kurniawan, S. C. Dewi, and S. Marisah, "Suppliers Selection Using FAHP and FTOPSIS in a Chemical Manufacturing Company," *Binus Bus. Rev.*, vol. 11, no. 2, pp. 115–127, 2020, doi: 10.21512/bbr.v11i2.6255.

[20] A. Akincilar and M. Dagdeviren, "A hybrid multi-criteria decision making model to evaluate hotel websites," *Int. J. Hosp. Manag.*, vol. 36, pp. 263–271, 2014, doi: 10.1016/j.ijhm.2013.10.002.