

Perancangan Arsitektur, Pembangunan Web-GIS, dan Analisis Kesesuaian Lahan Pertanian Tanaman Padi Menggunakan Metode GIS-MCDA di Kota Batu

Amaliah Khoirun Nisyak¹, Fatwa Ramdani², Suprpto³

Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya
Email: ¹amaliah.khoirun@gmail.com, ²fatwaramdani@ub.ac.id, ³praptomlg@yahoo.com

Abstrak

Sektor pertanian masih berperan penting dalam perekonomian di Kota Batu. Selain tanaman hortikultura, Kota Batu juga merupakan penghasil tanaman padi meskipun tidak banyak lahan-lahan yang ditanami padi. Menurut hasil wawancara dari Dinas Pertanian dan Kehutanan Kota Batu, dalam satu tahun, lahan-lahan tersebut hanya ditanami padi sebanyak sekali atau 2 kali yang seharusnya dapat dilakukan 3 kali. Hal tersebut dikarenakan petani belum mengetahui apakah lahan tersebut sebenarnya sesuai atau tidak untuk ditanami padi. Dinas Pertanian dan Kehutanan Kota Batu saat ini belum memiliki data terkait apakah lahan tersebut sebenarnya sesuai atau tidak untuk ditanami padi. Data tersebut diperlukan sehingga dapat digunakan sebagai acuan dalam mengelola lahan pertanian, sehingga tidak membuang waktu dan biaya untuk mengelola lahan yang sebenarnya tidak sesuai untuk tanaman padi. Untuk mendapatkan hasil kesesuaian lahan tersebut, akan diterapkan metode GIS-MCDA (*Multi Criteria Decision Analysis*), dimana digunakan 9 kriteria yang mempengaruhi kesesuaian lahan dan hasilnya akan diterapkan dalam Sistem Informasi Geografis (SIG) berbasis web. SIG berbasis web (Web-GIS) dibangun berdasarkan pada perancangan arsitektur yang dibuat. Arsitektur yang dibuat terdiri dari 3 layer, yaitu *Client Layer*, *Service Layer*, dan *Support Layer*. Berdasarkan hasil analisis kesesuaian lahan yang dilakukan, didapatkan 4 hasil kelas kesesuaian lahan yaitu S1, S2, S3, dan NS. Sedangkan luasan dari masing-masing kelas kesesuaian lahan adalah kelas S1 seluas 739,42 ha dengan persentase 3,7%, kelas S2 seluas 7375,91 ha dengan persentase 37%, kelas S3 seluas 3706,20 ha dengan persentase 18,6%, dan kelas NS seluas 8120,02 ha dengan persentase 40,7%.

Kata kunci: SIG, MCDA, Arsitektur, Pertanian, Tanaman Padi, Interpolasi, Kota Batu

Abstract

Agriculture still plays an important role in the economy in the Batu City. In addition to horticultural plants, the Batu City is also a producer of rice plant though not many areas planted with rice. According to the results of the interviews from the Department of Agriculture and Forestry of Batu City, within one year, the land planted with rice only once or twice that should be done 3 times. It is because the farmers do not know the land is actually appropriate or not for rice plant. Department of Agriculture and Forestry of Batu City currently does not yet have data related to whether the land is actually appropriate or not for planting rice. The data is required, so it can be used as a reference in managing agricultural land. To get the results of the land suitability, this study will apply the methods of GIS-MCDA (Multi Criteria Decision Analysis), which used the 9 criterias that affect the suitability of the land and the results will be applied in Geographic Information Systems (GIS) based on the web. GIS based on the web (Web-GIS) is built according to the architectural design. Web-GIS architecture consists of 3 layers, i.e. the Client Layer, Service Layer, and Layer Support. Based on the results of land suitability analysis, this research get 4 results of land suitability class i.e., S1, S2, S3, and NS. Total area of suitability class S1 is 739.42 ha with percentage 3.7%, total area of suitability class S2 is 7375.91 ha with percentage 37%, total area of suitability class S3 is 3706.20 ha with percentage 18.6%, and total area of suitability class NS is 8120.02 ha with percentage 40.7%.

Keywords: GIS, MCDA, Architecture, Agriculture, Rice Plant, Interpolation, Batu City

1. PENDAHULUAN

Jurnal Sebagai salah satu negara yang sedang berkembang, sektor pertanian sangat mempengaruhi pertumbuhan ekonomi di Indonesia (Loekman S., 1998). Pada tahun 1984, Indonesia pernah mencapai swasembada beras, namun laju pertumbuhan produksi beras nasional semakin menurun dan tidak stabil, sehingga menyebabkan Indonesia pada tahun 1994 sudah tidak lagi berswasembada beras (Sapuan, 1999). Menurut Badan Pusat Statistik (BPS), pertanian di Indonesia setiap tahunnya berkurang sebanyak 27 ribu hektar. Penurunan terbesar terjadi di Jawa Barat dan Nusa Tenggara Barat (Djaenudin, 2009).

Selama ini, Kota Batu lebih terkenal dengan sebutan Kota Wisata. Namun, sektor pertanian masih berperan penting dalam perekonomian di Kota Batu. Selain tanaman Hortikultura, Kota Batu juga merupakan penghasil tanaman padi meskipun tidak banyak daerah yg ditanami padi. Salah satu daerah yang banyak ditanami padi di Kota Batu adalah di Kecamatan Junrejo (BPS, 2013). Pada tahun 2013, tercatat oleh BPS bahwa luas tanam padi sawah di Kota Batu adalah seluas 8.275.637 m², dengan rincian di Kecamatan Batu seluas 1.226.352 m², di Kecamatan Junrejo seluas 5.922.992 m², dan di Kecamatan Bumiaji seluas 1,126,293 m² (BPS, 2013).

Namun, menurut hasil wawancara dengan Dinas Pertanian dan Kehutanan Kota Batu, tidak semua daerah tersebut sepanjang tahun ditanami padi. Dalam satu tahun, lahan-lahan tersebut hanya ditanami padi sebanyak sekali atau 2 kali, yang seharusnya dapat dilakukan 3 kali dalam setahun. Hal tersebut dikarenakan petani belum mengetahui apakah lahan tersebut sebenarnya sesuai atau tidak untuk ditanami padi. Dinas Pertanian dan Kehutanan Kota Batu saat ini juga belum memiliki data terkait apakah lahan yang ditanami padi tersebut sesuai atau tidak untuk ditanami padi. Data tersebut diperlukan sehingga dapat digunakan oleh Dinas Pertanian dan Kehutanan Kota Batu serta masyarakat yang bekerja di bidang pertanian, sebagai acuan dalam mengelola lahan pertanian. Sehingga diharapkan lahan yang sesuai untuk ditanami padi dapat dikelola dengan baik untuk mendapatkan hasil yang maksimal. Sedangkan lahan yang tidak sesuai, dapat dipertimbangkan untuk sebaiknya tidak digunakan menanam padi agar tidak membuang biaya dan waktu.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, maka akan dilakukan analisis kesesuaian lahan untuk tanaman padi di Kota Batu dengan menggunakan metode GIS-MCDA. Metode MCDA (*Multi Criteria Decision Analysis*) dapat digunakan untuk membantu dalam pengambilan keputusan dengan banyak kriteria yang digunakan. Metode ini telah secara luas diterapkan untuk menganalisis kelayakan tanah pertanian dan/atau situs yang dipilih untuk berbagai keperluan lainnya (Malczewski, 2006). Yang menjadi pertimbangan penting dalam integrasi GIS (*Geographic Information System*) dan metode MCDA adalah GIS memiliki kemampuan untuk akuisisi data, penyimpanan, pemanggilan, manipulasi, dan analisis. Sedangkan metode MCDA memiliki kemampuan untuk menggabungkan antara data geografik dengan kecenderungan pengambil keputusan (Malczewski, 2006).

Untuk mempermudah dalam melihat hasil kesesuaian lahan dari metode GIS-MCDA, maka hasil analisis kesesuaian lahan tersebut akan diterapkan pada SIG berbasis web. Web-GIS yang dibuat akan mengacu pada arsitektur yang dirancang, sehingga pengguna dapat mengetahui bagaimana alur dari kinerja sistem yang dibuat. Arsitektur Web-GIS tersebut terdiri dari tiga lapisan yaitu *support Layer*, *service Layer*, dan *client Layer*. Ketiga lapisan tersebut digunakan sehingga dapat memberikan batasan yang jelas pada komponen-komponen yang terdapat di Web-GIS.

2. LANDASAN KEPUSTAKAAN

2.1. Area Penelitian

Daerah Kota Batu merupakan daerah lereng dan berbukit yang proporsinya lebih luas dibandingkan dengan daerah dataran. Luas Kota Batu secara keseluruhan adalah 19.908,72 ha yang dibagi menjadi 3 kecamatan, yaitu Kecamatan Batu, Kecamatan Junrejo, dan Kecamatan Bumiaji.

Dengan kondisi topografi berada di daerah lereng dan berbukit, Kota Batu memiliki suhu minimum 18-24 °C dan suhu maksimum 28-32 °C. Sedangkan kelembaban udara Kota Batu sekitar 75-98 % serta curah hujan rata-rata adalah 875-3000 mm per tahun. Dilihat dari keadaan geografinya, Kota Batu memiliki 4 jenis tanah. Jenis tanah pertama adalah tanah Andosol yang merupakan lahan tanah paling subur, meliputi Kecamatan Batu seluas

1.831,04 ha, Kecamatan Junrejo seluas 1.526,19 ha dan Kecamatan Bumiaji seluas 2.873,89 ha. Jenis tanah kedua adalah jenis Kambisol yang merupakan jenis tanah yang cukup subur, meliputi Kecamatan Batu seluas 889,31 ha, Kecamatan Junrejo 741,25 ha dan Kecamatan Bumiaji 1395,81 ha. Jenis tanah ketiga adalah tanah alluvial yang merupakan tanah yang kurang subur dan mengandung kapur meliputi Kecamatan Batu seluas 239,86 ha, Kecamatan Junrejo 199,93 ha dan Kecamatan Bumiaji 376,48 ha. Dan jenis tanah terakhir adalah Latosol yang merupakan tanah mekanis dengan banyak mineral yang berasal dari ledakan gunung berapi. Sifat tanah ini mempunyai tingkat kesuburan yang tinggi. Jenis tanah ini meliputi Kecamatan Batu seluas 260,34 ha, Kecamatan Junrejo seluas 217,00 ha dan Kecamatan Bumiaji seluas 408,61 ha (BPS, 2015).

2.2. Arsitektur Web-GIS

Web GIS adalah sistem informasi geografis (GIS) yang menggunakan teknologi web. Dalam melaksanakan tugas analisis, web gis memiliki arsitektur yaitu arsitektur *three-tier* dengan klien atau *server*. Dalam sisi klien biasanya terdiri dari web browser, sedangkan dari sisi *server* terdiri dari *web server*, *software* web-GIS dan basis data (Helali, 2001). Dalam arsitektur ini beberapa komputer bertindak sebagai *server* dan yang lainnya bertindak sebagai klien. Untuk dapat saling berkomunikasi antara klien dan *server*, maka ditambahkan antarmuka klien di sisi klien dan *middleware* di sisi *server* (Alesheikh et al, 2002).

2.3. GIS-MCDA

Metode *Multicriteria Decision Analysis* (MCDA) merupakan seperangkat alternatif yang digunakan untuk evaluasi berdasarkan kriteria yang berlainan dan tidak seimbang. Dalam MCDA, yang menjadi standar ukuran untuk bahan pertimbangan adalah atribut dan objektif (Malczewski, 2006).

Metode MCDA dapat dijadikan sebagai metode analisis dalam Sistem Informasi Geografis (SIG), dimana SIG berperan sebagai sistem berbasis komputer yang melakukan akuisisi, penyimpanan, pemanggilan, manipulasi, dan analisis data spasial. Sedangkan metode MCDA memiliki kemampuan dalam menggabungkan data

geografik dengan kecenderungan pengambil keputusan. Kemampuan dalam mengkombinasikan SIG dan MCDA sangat berperan penting dalam analisis multikriteria spasial (Malczewski, 2006).

Dalam melakukan analisis kesesuaian dengan menggunakan metode GIS-MCDA, terdapat beberapa langkah yang harus dilakukan antara lain (Malczewski, 2006) :

1. Mendefinisikan permasalahan
Definisi permasalahan terletak pada phase inteligensi dari pembuatan keputusan. Dalam GIS, definisi permasalahan dapat berupa kemampuan penyimpanan, manajemen, manipulasi, dan analisis.
2. Menentukan kriteria evaluasi
Dalam menentukan kriteria evaluasi terdapat beberapa hal yang harus dipastikan yaitu seperangkat objektif yang terlibat dalam permasalahan keputusan dan pengukuran untuk mencapai objektif tersebut.
3. Menentukan alternatif
Proses dalam menentukan alternatif harus berdasarkan pada nilai struktur dan berhubungan dengan rangkaian kriteria evaluasi.
4. Menentukan kriteria bobot
Pembobotan dilakukan untuk memastikan seberapa penting suatu kriteria terhadap kriteria lainnya. Dalam hal ini, penentuan bobot ditentukan oleh ahli berdasarkan objek yang diteliti.
5. Membuat aturan keputusan
Aturan keputusan dibuat untuk menentukan bagaimana hasil dari ketiga langkah sebelumnya yang disatukan.
6. Analisis Sensitifitas
Analisis sensitifitas adalah proses untuk menentukan bagaimana merekomendasikan suatu proses apabila dipengaruhi oleh perubahan input dari analisis.
7. Membuat rekomendasi
Rekomendasi merupakan hasil analisis yang dapat direkomendasikan untuk tindakan di masa yang akan datang.

2.4. Metode Interpolasi

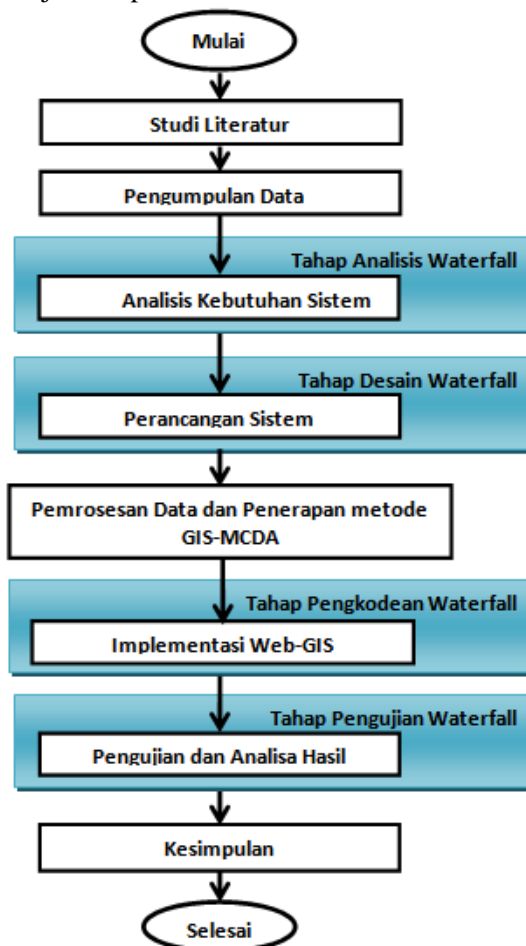
Metode interpolasi yang digunakan pada penelitian ini adalah *Inverse Distance Weighted* (IDW) dan *Natural Neighbor*. Metode IDW merupakan metode interpolasi konvensional yang memperhitungkan nilai jarak sebagai bobot. Jarak tersebut adalah jarak dari titik data sampel terhadap daerah yang akan diperkirakan.

Sehingga semakin dekat jarak antara titik sampel dan daerah yang akan diperkirakan, maka bobotnya akan semakin besar, begitupun sebaliknya (Demers, 2000).

Sedangkan metode *Natural Neighbor* merupakan metode interpolasi dengan algoritma mencari titik-titik yang berdekatan dengan titik sampel kemudian mengaplikasikan bobot (*weight*) pada titik-titik tersebut (Sibson, 1981). Sifat dari metode ini adalah lokal, dimana hanya menggunakan sampel yang berada disekitar titik-titik yang ingin diinterpolasi. Sehingga hasil yang didapatkan akan mirip dengan nilai titik sampel yang digunakan sebagai nilai input untuk proses interpolasi (Sibson, 1981).

3. METODOLOGI

Metodologi dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 1. berikut.



Gambar 1. Metodologi penelitian

3.1. Studi Literatur

Literatur-literatur yang digunakan untuk mendukung penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Jurnal penelitian dari S.G. Yalaw, A. van Griensven, dan P. van der Zaag yang berjudul *AgriSuit: A web-based GIS-MCDA framework for agricultural land suitability assessment*.
2. Jurnal penelitian dari Rajendra Bhausaheb Zolekar dan Vijay Shivaji Bhagat yang berjudul *Multi-criteria land suitability analysis for agriculture in hilly zone: Remote sensing and GIS approach*.
3. Jurnal penelitian dari Huang Jian yang berjudul *3D WebGIS-based platform for debris flow early warning: A case study*.

3.2. Pengumpulan Data

Adapun metode pengumpulan data-data serta informasi yang dipergunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut :

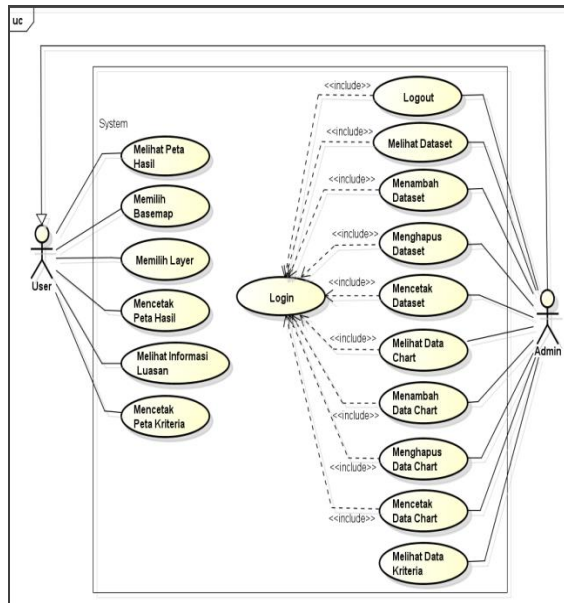
1. Metode Wawancara
Peneliti melakukan wawancara langsung untuk menggali informasi terkait keadaan pertanian Kota Batu khususnya untuk tanaman padi. Wawancara dilakukan dengan pihak dari Dinas Pertanian dan Kehutanan Kota Batu. Data yang didapatkan dari hasil wawancara berupa data kriteria yang akan memengaruhi hasil dari analisis kesesuaian lahan untuk tanaman padi.
2. Metode Kepustakaan
Merupakan teknik pengumpulan data dengan cara mengadakan studi pembelajaran terhadap literatur-literatur, buku-buku, catatan-catatan, serta laporan-laporan yang ada hubungannya dengan masalah yang diangkat (Nazir, 1988).
Sedangkan data-data kriteria yang dibutuhkan untuk penelitian ini didapatkan dari sumber data sebagai berikut :
 1. BMKG stasiun klimatologi Jawa Timur
Data yang dibutuhkan adalah data curah hujan, suhu udara, lama penyinaran matahari, dan kelembaban.
 2. Website <http://earthexplorer.usgs.gov/>
Data yang dibutuhkan adalah data ketinggian dan kemiringan Kota Batu.
 3. Badan Perencanaan Pembangunan Daerah (BAPPEDA) Kota Batu
Data yang dibutuhkan adalah data jenis tanah dan pH tanah di Kota Batu.
 4. Website <http://www.info-geospasial.com>

Data yang dibutuhkan adalah data peta sungai Kota Batu dengan format .shp.

4. ANALISIS DAN PERANCANGAN

4.1. Analisis Kebutuhan Sistem

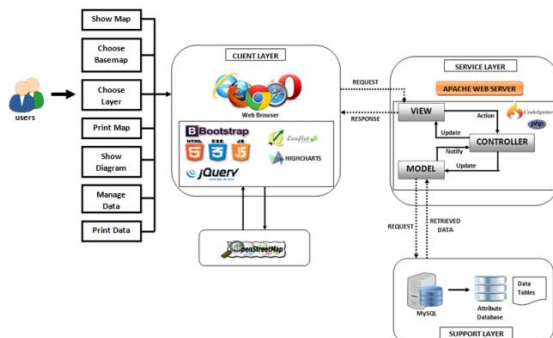
SIG yang akan dibuat memiliki beberapa fitur yang dapat dilihat pada Gambar 2. berikut.



Gambar 2. Diagram use case

4.2. Perancangan Sistem

Perancangan sistem yang dibuat berdasarkan pada arsitektur yang dirancang. Perancangan arsitektural menggambarkan kinerja dari sistem secara keseluruhan ketika terdapat aktivitas yang dilakukan oleh pengguna. Sistem ini dirancang dengan berbasis web dan menggunakan framework *CodeIgniter*. Perancangan arsitektural yang dibuat terdiri dari 3 layer dimana setiap layer memiliki komponen dan tugas masing-masing, yaitu *client layer*, *service layer*, dan *support layer*. Berikut ini adalah perancangan arsitektural dari sistem yang ditunjukkan pada Gambar 3.

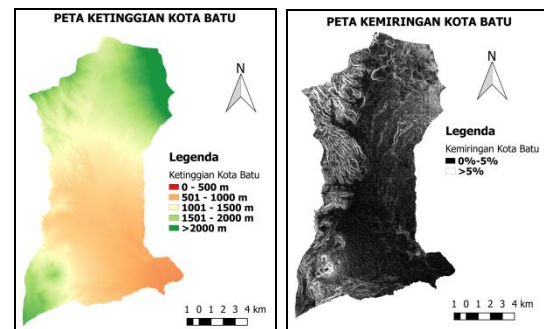


Gambar 3. Perancangan arsitektural

5. IMPLEMENTASI

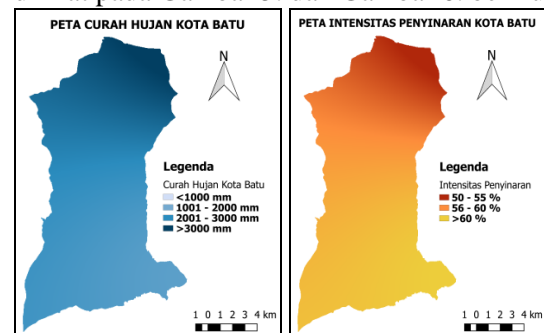
5.1. Pemrosesan Data

Data ketinggian didapatkan dari data ASTER GDEM dari website www.earthexplorer.usgs.gov, kemudian data tersebut dipotong berdasarkan SHP Kota Batu. Sedangkan data kemiringan didapatkan dari hasil analisis menggunakan DEM (*Terrain Models*). Berikut ini pada Gambar 4. merupakan hasil data ketinggian dan kemiringan.

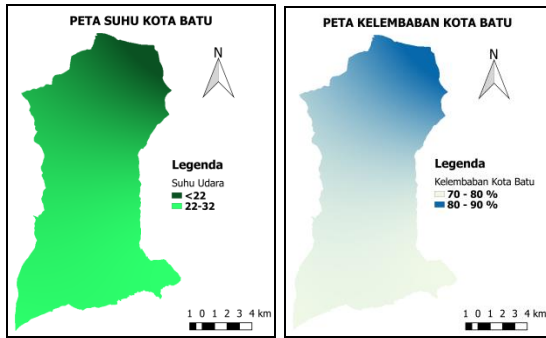


Gambar 4. Data peta ketinggian dan kemiringan

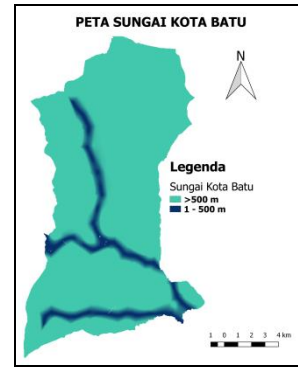
Data curah hujan, intensitas penyinaran, suhu, dan kelembaban didapatkan dari website BMKG yaitu dataonline.bmkg.go.id. Data yang diperoleh berupa laporan data harian dalam bentuk excel dari 10 stasiun BMKG di Jawa Timur mulai tahun 1990-2016. Kemudian data tersebut dihitung untuk mendapatkan rata-rata per tahun. Setelah didapatkan rata-rata per tahun dari setiap stasiun BMKG, kemudian data tersebut diinputkan ke aplikasi QGIS dan dilakukan interpolasi dengan metode IDW. Hasil dari interpolasi data-data tersebut dapat dilihat pada Gambar 5. dan Gambar 6. berikut.



Gambar 5. Data peta curah hujan dan intensitas penyinaran

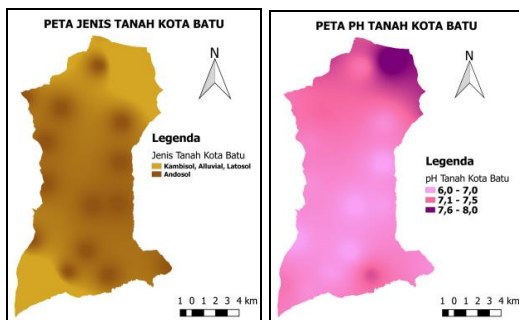


Gambar 6. Data peta suhu dan kelembaban



Gambar 8. Data peta sungai

Data jenis tanah dan pH tanah didapatkan dari BAPPEDA Kota Batu. Data tersebut awalnya berupa gambar dengan format .jpg. Kemudian data tersebut di digitasi sehingga mendapatkan koordinat (x,y) dan nilai dari setiap titik koordinat. Setelah didapatkan kedua nilai tersebut, selanjutnya nilai yang telah disimpan dalam format .csv diinputkan ke aplikasi QGIS. Untuk mendapatkan data akhir dalam bentuk peta, harus dilakukan interpolasi dengan menggunakan metode IDW. Berikut ini pada Gambar 7. merupakan hasil data jenis tanah dan pH tanah Kota Batu.



Gambar 7. Data peta jenis tanah dan pH tanah

Sedangkan untuk data sungai, data awal dari sungai adalah data dalam bentuk SHP. Data tersebut kemudian di buffer untuk menentukan lokasi-lokasi lahan yang termasuk dalam radius 500 m dari sungai. Setelah dilakukan buffer, kemudian harus ditentukan titik-titik koordinat (x,y) beserta nilai dari titik tersebut. Apabila berada dalam radius 500 m dari sungai, maka bernilai 0,5. Apabila berada tepat pada sungai bernilai 1. Dan jika berada di luar buffer sungai maka bernilai 0. Kemudian data titik tersebut disimpan dalam format file .csv. Data tersebut kemudian diinputkan di QGIS untuk dilakukan interpolasi menggunakan metode *Natural Neighbor*. Berikut ini pada Gambar 8. adalah hasil dari interpolasi sungai Kota Batu.

Setelah semua data diolah dan menghasilkan peta yang berbentuk daerah Kota Batu, maka langkah selanjutnya yang harus dilakukan adalah membuat titik-titik koordinat untuk menandai setiap piksel yang membentuk peta. Dikarenakan setiap piksel memiliki 4 titik koordinat, maka harus mendefinisikan 4 titik koordinat untuk setiap piksel. Dari titik-titik koordinat yang membentuk piksel dihasilkan sebanyak 220.785 piksel. Beberapa contoh hasil pembuatan titik koordinat untuk piksel dapat dilihat pada Tabel 1. berikut.

Tabel 1. Contoh titik-titik koordinat piksel

Piksel ke-	Latlong1	Latlong2	Latlong3	Latlong4
1	112.53329 ;-7.72511	112.53356; -7.72511	112.53329 ;-7.72538	112.53356; -7.72538
2	112.53356 ;-7.72511	112.53383; -7.72511	112.53356; -7.72538	112.53383; -7.72538
3	112.53383 ;-7.72511	112.5341; 7.72511	112.53383; -7.72538	112.5341; 7.72538

Apabila semua piksel yang terdapat dalam peta daerah Kota Batu telah memiliki masing-masing 4 titik koordinat, maka langkah selanjutnya adalah mendapatkan nilai dari setiap piksel yang terdapat pada setiap peta kriteria yang telah diolah. Untuk mendapatkan nilai setiap piksel, maka perlu menggunakan *GeoTiff Reader* pada Java untuk mengekstrak nilai dari setiap piksel pada masing-masing peta kriteria.

5.2. Penerapan Metode GIS-MCDA

Dalam menerapkan metode GIS-MCDA, langkah-langkah yang harus dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Mendefinisikan permasalahan

Permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah analisis kesesuaian lahan untuk tanaman padi di Kota Batu.

2. Menentukan kriteria evaluasi

Kriteria evaluasi yang digunakan dalam penelitian didapatkan dari hasil wawancara dengan ahli dari Dinas Pertanian dan Kehutanan Kota Batu. Berikut ini kriteria yang akan digunakan dalam penentuan kesesuaian lahan. Kriteria tersebut dapat dilihat pada Tabel 2. berikut.

Tabel 2. Kriteria evaluasi

No	Kriteria Evaluasi
1	Ketinggian (m)
2	Kemiringan (%)
3	Curah Hujan (mm)
4	Suhu (°C)
5	Kelembaban(%)
6	Intensitas Penyinaran (%)
7	Ph
8	Jenis Tanah
9	Sungai (m)

3. Menentukan alternatif

Dalam penelitian ini, alternatif yang akan digunakan adalah kemungkinan hasil akhir dari analisis kesesuaian lahan. Alternatif tersebut dibagi ke dalam 4 kelas kesesuaian lahan yaitu :

Kelas S1 : Sangat Sesuai

Lahan yang termasuk dalam kelas ini berarti bahwa, lahan tidak memiliki faktor pembatas yang berarti terhadap penggunaan secara berkelanjutan. Faktor pembatas tersebut bersifat minor dan tidak akan berpengaruh terhadap produktivitas lahan secara nyata.

Kelas S2 : Cukup Sesuai

Lahan yang termasuk dalam kelas ini berarti bahwa, lahan mempunyai faktor pembatas tertentu. Faktor pembatas ini dapat berpengaruh terhadap produktivitas dari tanaman padi, sehingga memerlukan beberapa tambahan masukan (input). Pembatas tersebut biasanya masih dapat diatasi oleh petani sendiri.

Kelas S3 : Sesuai Marginal

Lahan yang termasuk dalam kelas ini berarti bahwa, lahan memiliki faktor pembatas yang berat. Faktor pembatas ini dapat sangat berpengaruh terhadap produktivitas dari pertanian. Lahan pada kelas ini memerlukan tambahan masukan yang lebih banyak daripada lahan yang tergolong dalam S2. Untuk mengatasi faktor pembatas pada S3 memerlukan biaya yang tinggi, sehingga perlu adanya bantuan (intervensi) pemerintah atau pihak swasta.

Kelas NS : Tidak Sesuai

Lahan yang termasuk dalam kelas ini berarti bahwa lahan memiliki faktor pembatas yang sangat berat atau sulit untuk diatasi, sehingga lebih baik lahan tersebut tidak digunakan untuk pertanian tanaman padi.

4. Menentukan kriteria bobot

Berdasarkan hasil wawancara dengan ahli, setiap kriteria yang digunakan untuk analisis kesesuaian lahan memiliki tingkat kepentingan yang sama. Hal tersebut dikarenakan setiap kriteria memiliki keterkaitan dengan kriteria lain yang saling mempengaruhi. Namun setiap kriteria akan dibagi ke dalam kelas kesesuaian sesuai (S) dan tidak sesuai (N). Kelas kesesuaian dipengaruhi oleh nilai bobot dari setiap piksel, berdasarkan range yang telah ditentukan. Nilai bobot dan kelas kesesuaian untuk setiap kriteria dapat dilihat pada Tabel 3. berikut.

Tabel 3. Nilai bobot dan kelas kesesuaian kriteria

No	Kriteria	Kelas Kesesuaian	
		S	N
1	Ketinggian (m)	0-1500	>1500
2	Kemiringan (%)	0-5	>5
3	Curah Hujan (mm)	1500-2000	<1500 >2000
4	Suhu (°C)	22-32	<22 >32
5	Kelembaban (%)	30-90	<30 >90
6	Intensitas Penyinaran (%)	60-100	<60
7	Ph	4,0 – 8,0	<4,0 >8,0
8	Jenis Tanah	Andosol (0,7-1)	Kambisol, Alluvial, Latosol (<0,7)
9	Sungai (m)	1-5 (0,5-1)	>5 (<0,5)

5. Membuat aturan keputusan

Berdasarkan hasil wawancara, ahli memberikan persyaratan untuk menentukan hasil kesesuaian lahan suatu lokasi adalah sebagai berikut :

- a. Apabila dari 9 kriteria terdapat jumlah N adalah 0 atau jumlah N adalah 1, maka termasuk dalam hasil klasifikasi S1.
- b. Apabila dari 9 kriteria terdapat jumlah N adalah 2 atau jumlah N adalah 3, maka termasuk dalam hasil klasifikasi S2.

- c. Apabila dari 9 kriteria terdapat jumlah N adalah 4, maka termasuk dalam hasil klasifikasi S3.
- d. Apabila dari 9 kriteria terdapat jumlah N adalah lebih dari 4, maka termasuk dalam hasil klasifikasi NS.

6. Analisis Sensitifitas

Untuk melakukan analisis sensitifitas, akan diterapkan syarat dari ahli seperti yang telah dijelaskan diatas. Untuk mengetahui tingkat sensitifitas, maka setiap kriteria yang telah diubah nilainya ke dalam klasifikasi S atau N disejajarkan berdasarkan urutan piksel. Berikut ini pada Tabel 4. adalah beberapa contoh yang menunjukkan bagaimana sensitifitas ketika terdapat perubahan nilai dari kriteria.

Tabel 4. Hasil analisis sensitifitas

Pik-sel	K 1	K 2	K 3	K 4	K 5	K 6	K 7	K 8	K 9	Ha-sil
1	S	S	N	S	S	S	S	S	S	S1
2	S	N	N	S	S	S	S	S	S	S2
3	N	N	N	S	N	S	S	S	S	S3
4	S	N	N	S	S	S	N	N	N	NS

7. Membuat rekomendasi

Pada langkah membuat rekomendasi, titik-titik koordinat setiap piksel yang telah dibuat pada tahap sebelumnya akan disetarakan dengan hasil kesesuaian diatas, dimana hasil nomor 1 berarti memiliki titik-titik koordinat dari piksel ke-1. Dikarenakan pada peta yang dibuat memiliki 220.785 piksel, maka hasil akhir dari analisis kesesuaian juga harus sebanyak jumlah piksel.

Berikut ini pada Tabel 5. adalah contoh dari penyesuaian antara titik-titik koordinat dengan hasil akhir metode MCDA. Data ini nantinya akan digunakan untuk membuat peta baru dengan aplikasi QGIS.

Tabel 5. Contoh penyesuaian titik koordinat

Piksel ke-	Lat-long1	Lat-long2	Lat-long3	Lat-long4	Ha-sil
1	112.5 3329;- 7.725 11	112.533 56;- 7.72511	112.533 29;- 7.72538	112.533 56;- 7.72538	NS
2	112.5 3356;- 7.725 11	112.533 83;- 7.72511	112.533 56;- 7.72538	112.533 83;- 7.72538	NS
3	112.5 3383;-	112.534 1;-	112.533 83;-	112.534 1;-	NS

7.725 7.72511 7.72538 7.72538
11

Setelah disesuaikan antara titik koordinat piksel dengan hasil akhir, langkah selanjutnya adalah mendapatkan data peta hasil kesesuaian lahan pertanian untuk tanaman padi dalam bentuk peta raster.

Untuk mendapatkan hasil tersebut, perlu dilakukan interpolasi untuk mendapatkan nilai kesesuaian. Namun sebelumnya terdapat beberapa langkah yang harus dilakukan sebelum data pada tabel diatas dimasukkan ke dalam aplikasi QGIS.

Langkah tersebut adalah memberikan nilai untuk setiap hasil kesesuaian lahan dengan ketentuan sebagai berikut :

- a) Hasil S1 diberikan nilai 4.
- b) Hasil S2 diberikan nilai 3.
- c) Hasil S3 diberikan nilai 2.
- d) Hasil NS diberikan nilai 1.

Sehingga nantinya akan didapatkan nilai untuk setiap piksel seperti pada Tabel 6. berikut.

Tabel 6. Pemberian nilai akhir untuk setiap piksel

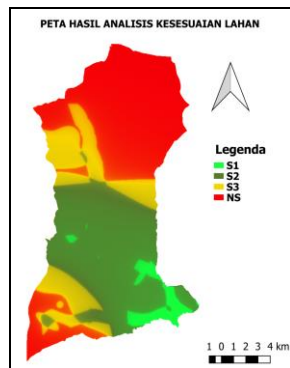
Piksel ke-	Lat-long 1	Lat-long 2	Lat-long 3	Lat-long 4	Nilai
1	112.5 3329;- 7.725 11	112.533 56;- 7.72511	112.53 329;- 7.7253	112.53 356;- 7.7253	1
2	112.5 3356;- 7.725 11	112.533 83;- 7.72511	112.53 356;- 7.7253	112.53 383;- 7.7253	1
3	112.5 3383;- 7.725 11	112.534 1;- 7.72511	112.53 383;- 7.7253	112.53 41;- 7.7253	1

Apabila seluruh hasil akhir kesesuaian lahan telah diberikan nilai seperti pada tabel diatas, kemudian simpan hasil tersebut dengan format .csv. Selanjutnya data tersebut diinputkan ke aplikasi QGIS dan dilakukan interpolasi dengan metode IDW.

5.3. Hasil

Hasil dari analisis kesesuaian lahan menggunakan metode GIS-MCDA dibagi ke dalam 4 kelas kesesuaian yaitu S1, S2, S3, dan NS. Hasil analisis kesesuaian lahan di Kota

Batu dapat dilihat pada Gambar 9. berikut.



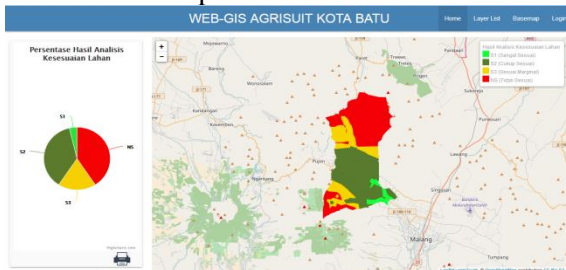
Gambar 9. Hasil akhir analisis kesesuaian lahan

5.4. Implementasi Web-GIS

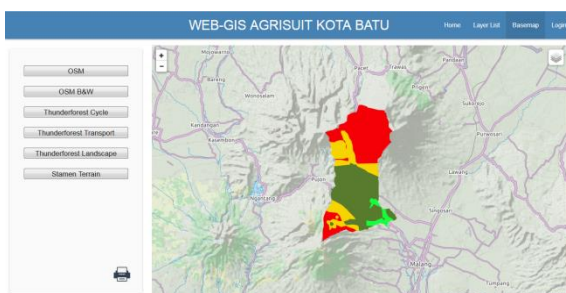
Berdasarkan analisis kebutuhan, terdapat 4 fitur utama yang diimplementasikan pada sistem. Fitur-fitur tersebut antara lain; (1) Menampilkan layanan peta, (2) Menampilkan informasi luasan lahan, (3) Pemilihan *basemap*, dan (4) Menampilkan *layer* kriteria.

Fitur layanan peta digunakan oleh *user* untuk dapat melihat peta hasil analisis kesesuaian lahan. Fitur informasi luasan lahan ditampilkan dalam bentuk diagram, sehingga dapat diketahui presentase dari setiap kelas kesesuaian lahan S1, S2, S3, dan NS. Fitur *basemap* digunakan untuk mengganti peta dasar yang disediakan di sistem, sesuai dengan keinginan *user*. Sedangkan fitur *layer* kriteria, digunakan untuk menampilkan berbagai macam kriteria yang digunakan dalam analisis kesesuaian lahan.

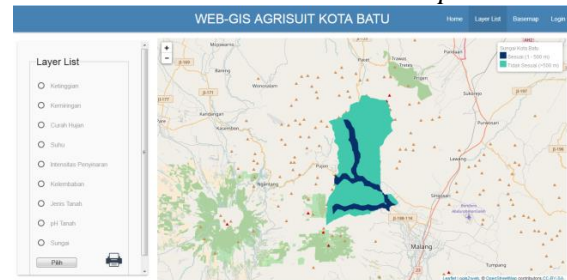
Fitur-fitur tersebut dapat dilihat pada Gambar 10. sampai Gambar 12. berikut.



Gambar 10. Fitur layanan peta dan luasan lahan



Gambar 11. Fitur *basemap*



Gambar 11. Fitur *layer* kriteria

6. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, pembangunan, dan analisis yang dilakukan, maka dapat dibuat beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari penerapan metode GIS-MCDA, didapatkan hasil akhir yang terbagi ke dalam 4 kelas yaitu kelas S1 dengan luas 739,42 ha dan persentase 3,7%, kelas S2 dengan luas 7375,91 ha dan persentase 37%, kelas S3 dengan luas 3706,20 ha dan persentase 18,6%, serta kelas NS dengan luas 8120,02 ha dan persentase 40,7%.
2. Dalam pembuatan Web-GIS berdasarkan pada arsitektur yang sudah dibuat. Arsitektur tersebut terdiri dari 3 *layer*, yaitu *Client Layer*, *Service Layer*, dan *Support Layer*.
 - a. *Client Layer* berfungsi sebagai penghubung antara pengguna dan sistem melalui *web browser*. Dalam menampilkan *user interface* kepada pengguna, didukung oleh beberapa komponen yaitu *Bootstrap*, *HTML*, *CSS*, *JavaScript*, *Open Layers*, *jQuery*, *Leaflet*, *Highcharts*, dan *OpenStreetMap*
 - b. *Service Layer* terdiri dari *Apache* sebagai *web server* yang didalamnya terdapat penerapan *framework CodeIgniter*, serta menggunakan bahasa pemrograman *PHP*. *Framework* tersebut membagi kinerja komunikasi sistem menjadi 3 bagian, yaitu *Model*, *View*, dan *Controller*. Dalam web-GIS yang dibangun, terdapat 2 kelas *Controller* yang dibuat yaitu *Control_admin* yang berisi fungsi-fungsi yang berkaitan dengan aktivitas admin, dan *Control_general* yang berisi fungsi-fungsi yang berkaitan dengan aktivitas *user*. Sedangkan kelas *Model* yang dibuat antara lain *Model_chart* yang berisi fungsi-fungsi untuk mengakses data

terkait luasan lahan, Model_data yang berisi fungsi-fungsi untuk mengakses data terkait data peta yang ditampilkan, Model_user yang berisi fungsi-fungsi untuk mengakses data terkait admin, dan Model_kriteria yang berisi fungsi-fungsi untuk mengakses data terkait kriteria yang digunakan dalam analisis kesesuaian lahan.

- c. *Support Layer* terdiri dari *MySQL* yang merupakan DBMS atau *database server* sebagai penyedia data. Di dalam *MySQL* terdapat sebuah *database* yang digunakan untuk menyimpan data yang dibutuhkan dalam web-GIS. Data tersebut disimpan dan diakses dari tabel-tabel yang terdapat pada *database*. Tabel-tabel yang menyimpan data yang digunakan pada web-GIS antara lain tabel data, tabel luas_lahan, tabel *user*, dan tabel kriteria.

DAFTAR PUSTAKA

- Alesheikh, A.A., Helali, H., Behroz, H.A., 2002. *Web GIS: Technologies and Its Applications*. Department of Geodesy and Geomatics Engineering K.N. Toosi University of Technology, Tehran, Iran.
- Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Batu, 2013. Sensus Pertanian 2013 Hasil Pencacahan Lengkap Kota Batu. [online] Tersedia di: <https://batukota.bps.go.id/Publikasi/view/id/168> [Diakses 30 September 2016]
- Badan Pusat Statistik (BPS), 2015. Statistik Daerah Kota Batu 2015. [online] Tersedia di: https://batukota.bps.go.id/website/pdf_publicasi/Statistika-Daerah-Kota-Batu-2015.pdf [Diakses 30 September 2016]
- Demers, Michael, N., 2000. *Fundamentals of Geographic Information Systems. Second Edition*. Jhon Wiley and Sons, New York.
- Djaenudin, E.D., 2009. Prospek Penelitian Potensi Sumber Daya Lahan di Wilayah Indonesia. [online] Tersedia di: <http://pustaka.litbang.pertanian.go.id/publikasi/ip024092.pdf> [Diakses 30 September 2016]
- Helali, H., 2001. Design and Implementation of a Web GIS for the City of Tehran. MSc Thesis, Department of Geodesy And Geomatics Engineering K.N. Toosi University of Technology, Tehran, Iran.
- Huang, J., R, Huang., N, Ju., Q, Xu., C, He. 2015. *3D WebGIS-based platform for debris flow early warning: A case study*. Tersedia di: www.elsevier.com/locate/compag [Diakses 02 November 2016]
- Malczewski, J., 2006. *GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature*. Int. J. Geogr. Inform. Sci. 20, 703–726.
- Nazir, M., 1988. Metode Penelitian. Jakarta: Ghalia Indonesia.
- Rajendra, B.Z., Vijay, S.B., 2015. *Multi-criteria land suitability analysis for agriculture in hilly zone*. Tersedia di: www.elsevier.com/locate/compag [Diakses 29 September 2016]
- Sapuan, 1999. Perkembangan Manajemen Pengendalian Harga Beras di Indonesia 1969-1988. *Agro Ekonomika (I)*: 29-37.
- Sibson, R., 1981. *A Brief Description of Natural Neighbor Interpolation, chapter 2 in Interpolating Multivariate Data*. New York: John Wiley & Sons, pp. 21-36.
- Yalew, S.G., Griensven, A., Zaag, P., 2016. *AgriSuit: A web-based GIS-MCDA framework for agricultural land suitability assessment*. Tersedia di: www.elsevier.com/locate/compag [Diakses 29 September 2016]