



Performa Support Vector Machine Pada Klasifikasi Lahan dan Air Tanah

Angellina, Dyah Erny Herwindiati*, Janson Hendryli

Fakultas Teknologi Informasi, Program Studi Teknik Informatika, Universitas Tarumanagara, Jakarta, Indonesia

Email: ¹angellina.535190018@stu.untar.ac.id, ²*dyahh@fti.untar.ac.id, ³jansonh@fti.untar.ac.id

Email Penulis Korespondensi: dyahh@fti.untar.ac.id

Abstrak-Air Tanah merupakan salah satu dari sumber air yang ada di dunia. Ketersediaan air tanah menjadi salah satu faktor yang berperan penting untuk menjalani aktivitas kehidupan sehari-hari, termasuk untuk air minum, masak, mencuci, pengairan sawah, dan masih banyak lainnya. Salah satu sumber air tanah di Jakarta diperoleh dari Daerah Aliran Sungai Ciliwung yang dilewati oleh daerah Bogor dan Depok. Namun, keberadaan mata air dan air tanah terus berkurang hingga saat ini. Tujuan penulisan ini membahas tahap satu dari klasifikasi ketersediaan air tanah di beberapa kecamatan di daerah Bogor dan Depok. Hasil tahap satu akan menyuguhkan pemetaan lahan hijau disertai dengan klasifikasinya. Data diambil dari Citra Satelit Landsat 8 - United States Geological Survey (USGS). Metode Support vector Machine (SVM) digunakan untuk melakukan klasifikasi ketersediaan air tanah. Data input proses pelatihan berupa konstanta Normalized Difference Vegetation Index, Soil Adjusted Vegetation Index, dan Enhanced Vegetation Index. Hasil evaluasi menggunakan kernel linear menghasilkan F1 score hijau 89.58%, setengah hijau 65.62%, dan kering 83.44%. Sedangkan hasil evaluasi menggunakan kernel polinomial menghasilkan F1 score hijau 83.58%, setengah hijau 25.68%, dan kering 66.59%.

Kata Kunci: Air Tanah; Citra Satelit Landsat 8; EVI; NDVI; Remot Sensing; SAVI; SVM

Abstract-Groundwater is one of the sources of water in the world. The availability of groundwater is one of the factors that plays an important role in carrying out daily life activities, including for drinking, cooking, washing, irrigating rice fields, and many others. One source of groundwater in Jakarta is obtained from the Ciliwung River which is passed by the Bogor and Depok areas. However, the existence of springs and groundwater continues to decrease until now. The purpose of this paper is to discuss the first stage of the classification of groundwater availability in several sub-districts in the Bogor and Depok areas. The results of phase one will present a mapping of green areas along with their classification. Data taken from Landsat 8 Satellite Imagery - United States Geological Survey (USGS). The Support vector Machine (SVM) method is used to classify the availability of groundwater. The input data for the training process are the Normalized Difference Vegetation Index, Soil Adjusted Vegetation Index, and Enhanced Vegetation Index constants. The results of the evaluation using linear kernel produced a green F1 score of 89.58%, half green 65.62%, and dry 83.44%. While the results of the evaluation using the polynomial kernel produced a green F1 score of 83.58%, half green 25.68%, and dry 66.59%.

Keywords: Groundwater; Landsat 8 Imageries; EVI; NDVI; Remote Sensing; SAVI; SVM

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara kepulauan terbesar di dunia, terdiri lebih dari 13.000 pulau dan 98 kota. Sebagai ibukota negara Indonesia, Jakarta memiliki peranan penting dalam berbagai bidang seperti politik, industri, ekonomi, serta aktivitas sosial lainnya yang membuat banyak masyarakat dari berbagai daerah berbondong-bondong melakukan urbanisasi. Urbanisasi sendiri merupakan proses perpindahan penduduk dari kawasan perdesaan ke wilayah perkotaan, sedangkan orang yang melakukan urbanisasi disebut sebagai urbanisasi [1]. Berdasarkan data dari Dinas Kependudukan dan Pencatatan Sipil, jumlah penduduk di DKI Jakarta pada tahun 2019 mencapai angka 11.063.324 jiwa. Dengan luas DKI Jakarta yaitu 662,33 km², mengartikan kepadatan penduduk saat itu mencapai 16.704 jiwa/km².

Seiring bertambahnya penduduk yang menempati kota Jakarta inilah, pastinya membuat Jakarta semakin membutuhkan ketersediaan air bersih guna untuk mencukupi seluruh kebutuhan aktivitas sehari-hari masyarakat, seperti untuk memasak, mandi, hingga kebutuhan Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA). Air bersih memiliki ciri-ciri seperti bebas dari kontaminan atau bibit penyakit, tidak berasa dan berbau, serta memenuhi standar minimal yang ditentukan oleh WHO atau Departemen Kesehatan RI. Berdasarkan sumbernya, air bersih dapat diperoleh melalui 2 (dua) sumber, yaitu air permukaan dan air tanah. Air permukaan merupakan air yang mengalir di permukaan bumi seperti sungai atau danau, sedangkan air tanah merupakan semua air yang ditemukan dibawah permukaan bumi. Air tanah berasal dari air hujan yang jatuh ke permukaan bumi yang kemudian mengalami perkolasi atau penyerapan ke dalam tanah dan mengalami proses filtrasi secara alamiah. Proses-proses yang telah dialami air hujan tersebut, didalam perjalanannya ke bawah tanah, membuat tanah menjadi lebih baik dan lebih murni dibandingkan air permukaan [2].

Namun, menurut Direktur Jenderal Pencegahan dan Pengendalian Penyakit, Kementerian Kesehatan Dr. Maxi Rein Rondonuwu, DHSM, MARS, keberadaan mata air dan air tanah terus berkurang hingga saat ini [3]. Salah satu penyebabnya adalah pemakaian air tanah di gedung-gedung besar seperti perkantoran dan apartemen semakin meningkat dalam jumlah yang signifikan. Tentunya dengan berkurangnya sumber air tanah akan menghambat serta berdampak buruk bagi seluruh aktivitas industri, ekonomi, dan lainnya. Contoh dampak dari penurunan ketersediaan air tanah adalah turunnya dataran tanah hingga terbentuk ruang kosong didalam tanah, tentunya hal ini akan berbahaya karena dapat membuat bangunan lebih miring hingga menimbulkan resiko longsor.



Penggunaan air tanah terutama di kota besar seperti Jakarta harus segera dikendalikan agar dapat mencukupi kebutuhan untuk seluruh masyarakat dan mengurangi resiko mengenai hal-hal yang buruk nantinya. Salah satu cara agar masyarakat Jakarta tetap tercukupi kebutuhannya adalah dengan pengambilan air tanah dari daerah lain yang berada di sekitar Jakarta dan masih memiliki ketersediaan air tanah yang banyak atau dapat dikatakan berlahan hijau. Buktinya, daerah yang berlahan hijau memiliki ketersediaan air tanah yang lebih banyak dibandingkan dengan lahan setengah hijau ataupun kering. Yang dimaksud kering merupakan lahan yang biasanya sudah dibangun perumahan atau bangunan lainnya, sebaliknya lahan hijau merupakan lahan yang biasanya masih ditumbuhi oleh tanaman-tanaman hijau seperti hutan raya. Salah satu sumber air tanah di Jakarta diperoleh dari Daerah Aliran Sungai Ciliwung (DAS Ciliwung) yang didalamnya meliputi daerah Kabupaten Bogor, Kota Bogor, Kota Depok, dan sekitarnya.

Karya ilmiah ini bertujuan untuk memberikan informasi kepada Direktorat Jenderal Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Ciliwung tentang relevansi besarnya luas lahan hijau, tingginya tingkat kelembapan tanah, serta prediksi ketersediaan air tanah yang terkandung didalamnya.

Sumber data penelitian ini adalah data citra satelit Landsat 8 dengan menggunakan band 2, 3, 4, 5, 6, dan 7. Data diambil dari sumber United States Geological Survey (USGS), menggunakan periode waktu mulai dari tahun 2014 hingga 2020 pada bulan Mei, Juni, Juli, Agustus, dan September. Adapun wilayah penelitian yang digunakan sebanyak 52 (lima puluh dua) kecamatan yang berada di wilayah Bogor dan Depok.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan pemetaan dengan 3 kategori: lahan hijau, setengah hijau, dan kering menggunakan metode SVM yang dibantu oleh kernel linear dan kernel polinomial dari informasi nilai Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI), dan Enhanced Vegetation Index (EVI) di daerah Bogor dan Depok (daerah yang dilalui oleh DAS Ciliwung). Hasil pemetaan nantinya dikaitkan dengan tinggi dan rendahnya kelembapan tanah di wilayah tersebut. Dari informasi kelembapan tanah, dapat diklasifikasikan daerah mana yang memiliki prediksi air tanah yang banyak dan daerah mana yang mengalami kekurangan air tanah.

Penelitian sebelumnya terkait penerapan serta penggunaan metode klasifikasi SVM ataupun berhubungan dengan air tanah telah banyak dilakukan di berbagai bidang. Penelitian yang berjudul “Prediksi Kelembapan Tanah Pada Tingkat Kecamatan di Bogor, Depok, dan Tangerang Selatan dengan Data Remote Sensing” merupakan penelitian yang memanfaatkan NDVI untuk menghitung kelembapan tanah di daerah Bogor, Depok, dan Tangerang Selatan menggunakan metode CNN LSTM, hasil dari penelitian ini membuktikan bahwa lahan yang hijau memiliki tingkat kelembapan tanah yang lebih tinggi dibandingkan dengan lahan yang bersifat setengah hijau atau kering [4].

Terdapat juga penelitian yang berjudul “Program Pendeteksi Perubahan Fungsi Lahan Menggunakan Metode Ridge Regression dan Support Vector Machine (Studi kasus: 95 Kecamatan di Wilayah Bekasi, Depok, dan Tangerang)” merupakan penelitian yang memanfaatkan metode Ridge Regression dan SVM untuk melihat perubahan lahan dengan mengklasifikasikan jenis tanah menjadi hijau, sebagian hijau, impervious, Sebagian impervious, hasil dari penelitian ini membuktikan bahwa penggunaan metode SVM memiliki akurasi yang lebih baik dibandingkan dengan metode Ridge Regression [5].

Selain itu, terdapat juga penelitian berjudul “Analisis Ketersediaan Air Tanah dengan Metode Statis di Pulau Pasaran” merupakan penelitian yang memanfaatkan metode Statis untuk menganalisis ketersediaan air tanah dan kebutuhan air tanah di pulau Pasaran, hasil dari penelitian ini adalah potensi ketersediaan air tanah di pulau Pasaran tergolong rendah karena volume air tanah tidak mencukupi batas minimum kebutuhan air harian penduduk pulau Pasaran [6]. Penelitian keempat yang berjudul “Land Use Change Using Least Absolute Shrinkage and Selection Operator Regression in Jakarta’s Buffer Cities” merupakan penelitian yang memanfaatkan metode LASSO dan NDVI untuk mengklasifikasi lahan menjadi hijau, sebagian hijau, atau kering menggunakan Landsat 7 dan Landsat 8, hasil dari penelitian ini membuktikan bahwa akurasi di Landsat 7 lebih tinggi dibandingkan dengan Landsat 8 [7].

Penelitian kelima yang berjudul “Kajian Ketersediaan Air Tanah Terkait Pemanfaatan Lahan di Kabupaten Blitar” merupakan penelitian yang memanfaatkan analisis infiltrasi untuk mengetahui kondisi ketersediaan air tanah di Kabupaten Blitar, hasil dari penelitian ini membuktikan bahwa kondisi ketersediaan air tanah di Kabupaten Blitar dalam kondisi surplus [8]. Penelitian terakhir yang berjudul “Impervious Surface Mapping Using Robust Depth Minimum Vector Variance Regression” merupakan penelitian yang memanfaatkan metode Minimum Vector Variance (MVV) yang merupakan salah satu metode estimator robust untuk melakukan pemetaan lahan yang kering di daerah Jabodetabek, hasil dari penelitian ini membuktikan bahwa lahan di Jakarta kebanyakan berlahan kering, sementara lahan di Bogor kebanyakan berlahan hijau [9].

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Tahapan Penelitian

Untuk melakukan penelitian, diperlukan pengetahuan mengenai kelengkapan dari penelitian yang ingin dilakukan, hal ini guna agar penelitian yang dilakukan dapat berjalan dengan lancar dan sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai. Oleh karena itu, berikut merupakan poin penting yang perlu diketahui mengenai penelitian ini.



2.1.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini menggunakan wilayah Bogor dan Depok. Secara geografis Kota Bogor terletak di antara 106° 48' BT dan 6° 26' LS, memiliki rata-rata ketinggian minimum 190 meter dan maksimum 330 meter dari permukaan laut [10], sedangkan secara geografis Kota Depok terletak pada koordinat 6° 19'00'' - 6° 28'00'' Lintang Selatan dan 106° 43'00'' - 106° 55'00'' Bujur Timur dengan batas wilayahnya secara geografis berbatasan langsung dengan Kota Jakarta atau berada dalam lingkungan wilayah Jabotabek. Bentang alam Kota Depok dari Selatan ke Utara merupakan daerah dataran rendah - perbukitan bergelombang lemah, dengan elevasi antara 50 hingga 140 meter di atas permukaan laut, dengan kemiringan lerengnya kurang dari 15% [11]. Berikut merupakan peta dari wilayah Bogor dan Depok dapat dilihat pada **Gambar 1** dan **Gambar 2** dibawah ini.



Gambar 1. Peta Wilayah Bogor



Gambar 2. Peta Wilayah Depok

2.1.2 Satelit Landsat 8

Satelit Landsat 8 merupakan sebuah satelit observasi bumi dari Amerika yang diluncurkan pada tahun 2013, memiliki beberapa misi seperti memantau permukaan bumi, memahami dan mengelola sumber daya yang dibutuhkan untuk memelihara kelestarian manusia seperti makanan air dan hutan, dan lain sebagainya. Satelit landsat 8 mempunyai Sencor Onboard Operational Land Imager (OLI) dan Thermal Infrared Sencor (TIRS) dengan jumlah kanal sebanyak 11 buah. Satelit ini akan menghasilkan hasil potret foto aerial sebanyak 11 foto per 16 hari nya, dimana setiap foto tersebut akan mewakili 1 band. Diantara kanal-kanal tersebut, 9 kanal (band 1-9) berada pada OLI dan 2 lainnya (band 10 dan 11) pada TIRS [12]. Berikut merupakan spesifikasi dari masing-masing band di Landsat 8 dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Spesifikasi Band Landsat 8

Band	Wavelength (micrometer)	Resolution (meter)
Band 1 - Coastal Aerosol	0.43 - 0.45	30
Band 2 - Blue	0.45 - 0.51	30
Band 3 - Green	0.53 - 0.59	30
Band 4 - Red	0.64 - 0.67	30
Band 5 - Near-infrared	0.85 - 0.88	30
Band 6 - SWIR 1	1.57 - 1.65	30
Band 7 - SWIR 2	2.11 - 2.29	30
Band 8 - Panchromatic	0.50 - 0.68	15
Band 9 - Cirrus	1.36 - 1.38	30
Band 10 - TIRS 1	10.06 - 11.19	100



Band	Wavelength (micrometer)	Resolution (meter)
Band 11 - TIRS 2	11.5 - 12.51	100

USGS bertanggung jawab terhadap penyediaan pusat operasi-operasi misi dan sistem-sistem pengolahan pada Stasiun Bumi (termasuk pengarsipan dan jaringan-jaringan data).

2.1.3 Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)

Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) merupakan indeks vegetasi yang paling umum digunakan. NDVI sendiri merupakan indeks “kehijauan” vegetasi atau aktivitas fotosintesis vegetasi. Nilai indeks vegetasi ini sendiri didasarkan pada perbandingan antara penyerapan maksimum radiasi di band merah (red) sebagai hasil dari pigmen klorofil dan reflektansi maksimum di band spektral infra merah dekat (near infra red/NIR) sebagai akibat dari struktur selular daun. Hal ini akan menghasilkan kontras 140 penyerapan yang kuat di band panjang gelombang sempit 650-850 nm, yang selanjutnya ditangkap oleh NDVI. Vegetasi yang padat akan memiliki nilai NDVI cenderung tinggi, sementara nilai tanah yang rendah tetapi positif, dan air akan bernilai negatif karena penyerapan yang kuat dari band NIR [13]. Adapun rumus dari NDVI itu sendiri adalah sebagai berikut.

$$NDVI = \frac{(NIR-Red)}{(NIR+Red)} \quad (1)$$

Keterangan:

Red = Citra Band 4 pada satelit Landsat 8

NIR = Citra Band 5 pada satelit Landsat 8

2.1.4 Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI)

Soil Adjusted Vegetation Index menurut (Boehm et al., 2002; Ar Huete, 1988; A Sediyo Adi Nugraha, 2016) the transformation involves a shift of the origin of reflectance spectra plotted in NIR-red wavelength space to account for first-order soil-vegetation interactions and differential red and NIR flux extinction through vegetated canopies. For cotton (*Gossypium hirsutum* L. var DPI-70 dan Forest Canopy Density (FCD) (Rikimaru, 1999; Rikimaru et al., 2002; Rikimaru & Miyatake, 2009) merupakan metode yang mampu melakukan monitoring terhadap tutupan vegetasi akibat perubahan degradasi hutan [14].

Secara umum, Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI) merupakan sebuah algoritma pengembangan dari NDVI yang telah dijelaskan diatas. Pada SAVI, dilakukan penekanan pengaruh latar belakang tanah pada tingkat kecerahan kanopi. SAVI menggunakan persamaan isoline vegetasi, yaitu vegetasi dengan kerapatan yang sama namun latar belakang tanah berbeda yang diturunkan melalui aproksimasi reflektansi kanopi dengan sebuah model interaksi foton orde pertama antara kanopi dan lapisan tanah. Adapun rumus dari SAVI itu sendiri adalah sebagai berikut.

$$SAVI = \frac{NIR-Red}{(NIR+Red+L)} * (1 + L) \quad (2)$$

Keterangan:

Red = Citra Band 4 pada satelit Landsat 8

NIR = Citra Band 5 pada satelit Landsat 8

L = Koreksi pencerahan latar belakang tanah (0,5)

2.1.5 Enhanced Vegetation Index (EVI)

Enhanced Vegetation Index (EVI) yang dikembangkan oleh Liu dan Huete bertujuan mengoreksi hasil NDVI untuk pengaruh atmosfer dan signal latar belakang tanah, terutama di area kanopi yang rapat. EVI sangat sensitif pada daerah yang bervegetasi tinggi karena dalam proses monitoringnya dipengaruhi oleh kanopi penutupan lahan dan awan atmosfer. Nilai EVI diperoleh dari nilai reflektansi kanal spektral merah (red), kanal infra merah dekat (NIR) dan kanal biru (blue). EVI mengandung nilai koefisien C1 dan C2 untuk mengoreksi hamburan aerosol yang ada di atmosfer, dan L untuk menyesuaikan kanopi dan latar belakang tanah [15]. Adapun rumus dari EVI itu sendiri adalah sebagai berikut.

$$EVI = G * \frac{(NIR-RED)}{(NIR+C1*Red-C2*Blue+L)} \quad (3)$$

Keterangan:

Blue = Citra Band 2 pada satelit Landsat 8

Red = Citra Band 4 pada satelit Landsat 8

NIR = Citra Band 5 pada satelit Landsat 8

L = Koreksi pencerahan latar belakang tanah (0,5)

G = Gain Factor (2,5)

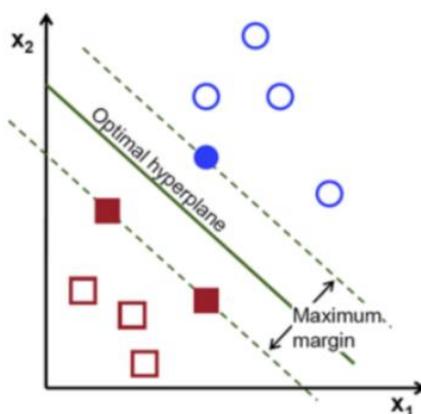
C1 = Koefisien koreksi pengaruh atmosfer pada band red (6,0)

C2 = Koefisien koreksi pengaruh atmosfer pada band blue (7,5)



2.1.6 Support Vector Machine (SVM)

Support Vector Machine (SVM) merupakan suatu teknik untuk menemukan hyperplane yang bisa memisahkan dua set data dari dua kelas yang berbeda (Vapnik, 1999). SVM ini memiliki kelebihan diantaranya seperti dalam menentukan jarak menggunakan support vector, sehingga proses komputasi menjadi lebih cepat (Vapnik, 1995) [16]. Penelitian tentang SVM telah dilakukan oleh Rustam, et al (2003) yaitu membandingkan metode klasifikasi K-Nearest Neighbor (KNN) dengan metode SVM, lalu diperoleh kesimpulan bahwa SVM memiliki kinerja yang lebih unggul dibandingkan KNN, karena telah mampu 100% mengklasifikasikan data aroma berdasarkan kelas yang tepat. Selain itu, Rachman dan Purnami (2012) yang melakukan penelitian mengenai klasifikasi tingkat keganasan kanker dengan menggunakan metode regresi logistik dan SVM yang akhirnya memperoleh hasil bahwa tingkat akurasi menggunakan metode SVM lebih tinggi, yaitu sebesar 98,11% [17]. Berikut merupakan konsep dari metode SVM dapat dilihat pada **Gambar 3** dibawah ini.



Gambar 3. Konsep Metode SVM

2.1.7 Kernel Trick

Kernel Trick merupakan sebuah metode sederhana yang dipakai untuk memetakan data yang bersifat non-linear berdimensi rendah lalu mengubahnya ke dalam ruang dimensi yang lebih tinggi [18]. Tujuannya sendiri adalah untuk memudahkan peng-klasifikasian data dengan menemukan hyperplane yang dapat memisahkan dataset secara linear dengan baik dan memiliki akurasi cukup tinggi. Hyperplane sendiri merupakan sebuah fungsi yang dapat digunakan untuk pemisah antar kelas [19].

Sebenarnya, dataset yang bersifat linear tidak memerlukan bantuan dari kernel trick. Namun, metode klasifikasi SVM akan kesulitan untuk mengklasifikasi data non-linear. Oleh karena itu, digunakanlah kernel trick ini terutama untuk dataset yang jumlahnya besar atau banyak.

Pada SVM, kernel trick sendiri dibagi menjadi beberapa jenis fungsi kernel. Dalam jurnal ini, akan membahas tentang 2 jenis kernel trick yang digunakan, yaitu kernel linear dan kernel polinomial.

1. Kernel Linear

Kernel linear merupakan fungsi kernel yang paling sederhana. Kernel linear ini cocok digunakan ketika data yang dianalisis sudah terpisah secara linear. Kernel linear cocok ketika terdapat banyak fitur dikarenakan pemetaan keruang dimensi yang lebih tinggi tidak benar-benar meningkatkan kinerja. Berikut merupakan persamaan untuk fungsi kernel linear.

$$k(x,xi) = \text{sum}(x * xi) \quad (4)$$

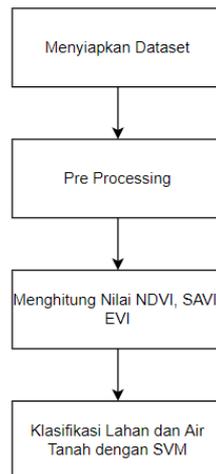
2. Kernel Polinomial

Kernel Polinomial merupakan fungsi kernel yang digunakan ketika data tidak terpisah secara linear atau saling tumpang tindih. Dalam pelajaran Machine Learning, kernel polinomial merupakan salah satu fungsi kernel yang cocok untuk digunakan apabila dataset yang dimiliki berjumlah banyak, di mana kernel mewakili kesamaan vektor sampel pelatihan dalam ruang fitur. Kernel polinomial juga cocok untuk memecahkan masalah klasifikasi pada dataset pelatihan yang dinormalisasi. Berikut merupakan persamaan untuk fungsi kernel polinomial.

$$k(x,xi) = 1 + \text{sum}(x * xi)^d \quad (5)$$

2.2 Proses Pengerjaan

Beberapa poin yang telah dijelaskan diatas akan dimanfaatkan dan digunakan dalam proses training dan testing. Mulai dari menyiapkan dataset yang akan digunakan, menghitung nilai NDVI, SAVI, dan EVI, sampai melakukan klasifikasi dengan metode SVM yang menggunakan kernel linear dan polinomial. Untuk mempermudah pemahaman mengenai proses pengerjaan, berikut merupakan bagan dari proses yang akan dilakukan dapat dilihat pada **Gambar 4** dibawah.

**Gambar 4.** Bagan Proses Pengerjaan

2.2.1 Menyiapkan Dataset

Dataset yang akan digunakan untuk penelitian ini merupakan data Citra Satelit Landsat 8 yang dapat di download atau temukan di website official United States Geological Survey (USGS) Earth Explorer webpage (<https://earthexplorer.usgs.gov/>). Wilayah Bogor dan Depok dipilih untuk digunakan sebagai dataset dalam pembuatan aplikasi klasifikasi ketersediaan air tanah ini karena kedua daerah tersebut merupakan daerah yang dilewati oleh DAS Ciliwung, dimana merupakan salah satu sumber air tanah di Jakarta.

2.2.2 Pre-Processing Data

Setelah menyiapkan dataset yang diinginkan, langkah selanjutnya adalah melakukan pre processing data Citra Satelit Landsat 8 untuk proses training dan testing, yaitu melakukan transformasi serta pemotongan citra berdasarkan kecamatan masing-masing wilayah di Bogor dan Depok.

1. Transformasi Citra Satelit Landsat 8

Transformasi Citra Satelit Landsat 8 dilakukan melalui perangkat lunak ArcMap. Citra Landsat 8 ini di transformasi dari sebelumnya berukuran 16 bit menjadi 8 bit, tujuannya agar memiliki rentang nilai dalam jarak 0 - 255 dan dapat dihitung dengan NDVI.

2. Pemotongan Citra Satelit Landsat 8

Pemotongan Citra Satelit Landsat 8 atau yang biasa disebut sebagai proses cropping dilakukan melalui perangkat lunak ENVI. Selain itu, digunakan juga Shapefile untuk batas wilayah yang akan dipotong. Shapefile yang digunakan pada pemotongan didapatkan melalui Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT). Dimana terdapat total 11 kecamatan di Kota Depok, 40 kecamatan di Kabupaten Bogor, dan 1 Kota Bogor yang selanjutnya akan digabung kedalam kecamatan di wilayah Bogor. Sehingga, dari proses pemotongan ini didapatkan total 52 kecamatan yang akan digunakan sebagai dataset.

2.2.3 Menghitung Nilai NDVI, SAVI, dan EVI

Setelah melakukan pre-processing, langkah selanjutnya adalah mengolah data tersebut menjadi nilai NDVI, SAVI, dan EVI. Proses ini dilakukan melalui perangkat lunak Visual Studio Code dengan bantuan library python. Untuk NDVI dan SAVI, dibutuhkan gambar band 4 (red) dan band 5 (NIR) dari kecamatan yang diinginkan untuk dapat menghasilkan nilai yang benar, sedangkan untuk EVI, dibutuhkan gambar band 2 (blue), band 4 (red), dan band 5 (NIR) dari kecamatan yang diinginkan untuk dapat menghasilkan nilai yang benar.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah mendapatkan nilai dari NDVI, SAVI, dan EVI, selanjutnya nilai-nilai tersebut akan digunakan sebagai input X (X1, X2, X3) untuk metode klasifikasi Support Vector Machine (SVM) bersama dengan labeling lahan yang digunakan sebagai input Y dan memiliki 3 (tiga) kelas yaitu lahan hijau, lahan setengah hijau, atau lahan kering. Dengan bantuan dari penggunaan kernel di metode SVM, pada akhirnya akan terbentuk atau menghasilkan sebuah model (2 model, yaitu model dengan kernel linear dan model dengan kernel polinomial). Model ini sendiri merupakan suatu bentuk pelaksanaan pelatihan yang didalamnya terdapat program pelatihan bersama dengan tata cara pelaksanaannya. Dalam penelitian ini, model yang akan terbentuk memiliki ekstensi file .pkl. Model dengan nilai error yang paling kecil dan memiliki akurasi yang tinggilah yang akan digunakan sebagai model akhir karena dianggap sebagai model yang paling efisien dan terbaik.



Dari model terbaik yang telah didapatkan pada saat proses testing dilakukan, selanjutnya model tersebut akan digunakan untuk melakukan klasifikasi lahan yang dibagi menjadi tiga (3) kelas seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, yaitu lahan hijau, lahan setengah hijau, atau lahan kering. Namun, sebelum memasukkan nilai NDVI, SAVI, dan EVI yang akan menjadi input didalam metode klasifikasi SVM, harus dilakukan pembagian dataset terlebih dahulu. Contoh yang baik untuk pembagian dataset adalah dengan pembagian 80-20. Maksud dari 80 ini sendiri adalah 80% dari total dataset yang kemudian disebut dan digunakan menjadi dataset training (pelatihan). Sedangkan maksud dari 20 lainnya adalah 20% dari total dataset (yang bukan termasuk data training), yang kemudian digunakan menjadi dataset testing (pengujian). Pembagian dengan pemilihan 80-20 ini didasarkan karena untuk melakukan pelatihan, dibutuhkan data yang jauh lebih banyak dibandingkan data untuk melakukan pengujian. Hal ini dimaksudkan agar komputer atau sistem dapat belajar lebih banyak dengan berbagai kemungkinan yang dapat terjadi didalamnya. Pembagian ini membuat total dataset untuk training menjadi berkisar sekitar 2950 data dan berkisar sekitar 250 data untuk testing dalam penelitian ini.

Untuk merangkum jumlah data dari proses pelatihan, berikut gambar dari detail data pelatihan yang didalamnya terdapat beberapa informasi. Gambar tersebut dapat dilihat pada **Gambar 5** dibawah ini.

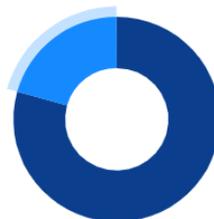
Wilayah	Kecamatan	Tahun	NDVI	SAVI	EVI	Label
Bogor	kota bogor	2020	...-06-bogor_Bogor_kota_bogor.tif	...-06-bogor_Bogor_kota_bogor.tif	...-06-bogor_Bogor_kota_bogor.tif	Kering
Bogor	Tenjolaya	2020	...-bogor_Bogor_kec_Tenjolaya.tif	...-bogor_Bogor_kec_Tenjolaya.tif	...-bogor_Bogor_kec_Tenjolaya.tif	Setengah Hijau
Bogor	Tenjo	2020	...0-06-bogor_Bogor_kec_Tenjo.tif	...0-06-bogor_Bogor_kec_Tenjo.tif	...0-06-bogor_Bogor_kec_Tenjo.tif	Hijau
Bogor	Tanjungsari	2020	...ogor_Bogor_kec_Tanjungsari.tif	...ogor_Bogor_kec_Tanjungsari.tif	...ogor_Bogor_kec_Tanjungsari.tif	Kering
Bogor	Tamansari	2020	...-bogor_Bogor_kec_Tamansari.tif	...-bogor_Bogor_kec_Tamansari.tif	...-bogor_Bogor_kec_Tamansari.tif	Kering

Gambar 5. Detail Data Pelatihan

Dari gambar data pelatihan diatas, dapat dilihat bahwa data yang muncul dalam 1 (satu) layar hanya berjumlah 5 (lima), padahal jika dilihat pelatihan ini memiliki jumlah data hingga 2947. Hal tersebut dapat terjadi karena penggunaan pagination, yang dapat membuat pengguna melihat data sebelum atau data sesudah nya dengan menekan logo “<” atau logo “>”. Selain itu, pengguna dapat membuka gambar dari hasil NDVI, SAVI, dan EVI dengan menekan link berwarna biru sesuai dengan wilayah, kecamatan, dan tahun yang ingin dilihat. Fitur lainnya adalah melakukan filter dan reset yang terdapat di gambar kiri atas, fungsinya adalah untuk mencari data yang spesifik baik melalui wilayah, kecamatan, atau tahun yang diinginkan. Jika pengguna ingin mengembalikan data seperti awal setelah selesai melakukan filter, dapat menekan tombol reset. Fitur terakhir dari **Gambar 5** ini adalah download data pelatihan yang memiliki ekstensi file .xlsx yang terdapat di gambar kanan atas, fitur tersebut akan melakukan pengunduhan semua data yang berada di gambar detail data pelatihan.

Selanjutnya akan ditampilkan gambar yang merupakan diagram pembagian dari jumlah setiap data pelatihan yang terdiri dari 2 (dua) wilayah yaitu Bogor dan Depok. Selain itu, dapat dilihat juga diagram pembagian yang didasarkan pada perbedaan periode tahun nya. Kedua diagram ini dapat dilihat masing-masing pada **Gambar 6** dan **Gambar 7** dibawah ini.

Jumlah Data Per Wilayah



Gambar 6. Pembagian Jumlah Data Training per Wilayah

Keterangan:

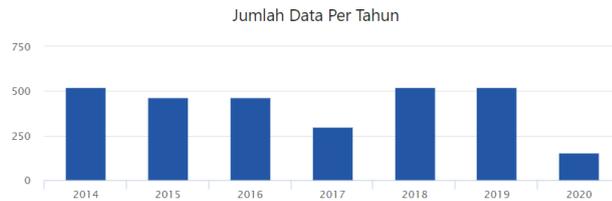
Bagian berwarna Biru Muda = Wilayah Depok

Bagian berwarna Biru Tua = Wilayah Bogor

Dari gambar diagram jumlah data per wilayah diatas, dapat dilihat bahwa data dari wilayah Bogor (berwarna biru tua) memiliki persentase dan jumlah yang jauh lebih banyak dibandingkan dengan wilayah Depok (berwarna biru muda), yaitu dengan jumlah data pada wilayah Bogor adalah 2341 data dan jumlah data pada



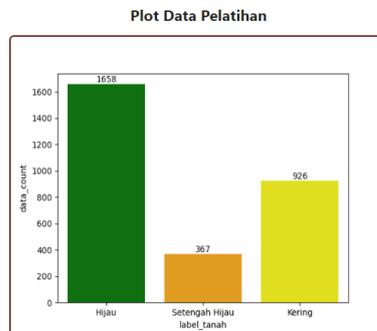
wilayah Depok adalah 610 data. Hal ini dapat terjadi dikarenakan wilayah Bogor yang memiliki jumlah kecamatan lebih banyak dibandingkan dengan wilayah Depok, yaitu 41 kecamatan untuk wilayah Bogor dan 11 kecamatan untuk wilayah Depok.



Gambar 7. Pembagian Jumlah Data Training per Tahun

Dari gambar diagram jumlah data per tahun diatas, dapat dilihat bahwa data yang digunakan sebagai data pelatihan paling banyak berada di tahun 2014, 2018, dan 2019, dengan jumlah data masing-masing tahun tersebut adalah 520 data. Lalu yang menempati posisi kedua terbanyak berada di tahun 2015 dan 2016, dengan jumlah data masing-masing adalah 468 data. Selanjutnya pada posisi ketiga ditempati oleh tahun 2017, dengan jumlah 301 data. Sedangkan, untuk data yang paling sedikit digunakan dalam proses pelatihan ini jatuh kepada tahun 2020, yang terdiri dari jumlah 153 data. Hal ini dapat terjadi dikarenakan proses pengujian yang nantinya akan dilakukan setelah proses pelatihan banyak menggunakan data pada tahun 2020, sehingga membuat data pada tahun tersebut untuk proses pelatihan nya menjadi berkurang dan sedikit dibandingkan dengan tahun yang lainnya.

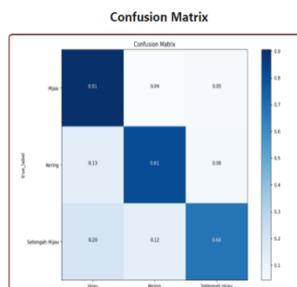
Berdasarkan diagram pembagian data pelatihan (per wilayah dan per tahun) yang telah dijelaskan dan ditunjukkan diatas, berikut akan ditunjukkan gambar dari plot data pelatihan, dimana terdapat pembagian 3 (tiga) jenis kelas lahan yang dapat dilihat pada **Gambar 8** dibawah ini.



Gambar 8. Plot Data Pelatihan

Dari gambar plot data pelatihan diatas, dapat terlihat dan disimpulkan bahwa data pelatihan yang dijalankan paling banyak memiliki labeling atau lahan yang bertanda Hijau dengan total data yang cukup banyak yaitu 1658 data. Selanjutnya untuk labeling atau lahan yang bertanda Kering menempati posisi di urutan kedua dengan total data yaitu 926 data, dan yang terakhir adalah labeling atau lahan yang bertanda Setengah Hijau dengan total data yaitu 367 data. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa lahan Hijau > Kering > Setengah Hijau. Hal ini dapat terjadi karena wilayah Bogor memiliki daerah yang berlahan Hijau lebih banyak dibandingkan dengan daerah yang berlahan Setengah Hijau atau Kering. Sedangkan untuk wilayah Depok memiliki lebih banyak daerah yang berlahan Kering. Oleh karena itu, lahan Setengah Hijau memiliki jumlah data yang lebih sedikit dibandingkan dengan 2 (dua) lahan lainnya.

Selain plot data pelatihan, terdapat juga gambar confusion matrix yang akan ditampilkan sebagai salah satu kesimpulan akhir dari penelitian ini. Confusion Matrix sendiri adalah susunan yang berisi kombinasi yang berbeda-beda antara nilai prediksi yang dilakukan oleh komputer atau sistem dengan nilai actual (nilai asli) nya. Berikut ditampilkan gambar dari confusion matrix data pelatihan yang dapat dilihat pada **Gambar 9** dibawah ini.



Gambar 9. Confusion Matrix Data Pelatihan



Dari gambar confusion matrix data pelatihan diatas, dapat terlihat dan disimpulkan bahwa kotak diagonal yang memiliki warna biru tua (baris 1 kiri, baris 2 tengah, dan baris 3 kanan) merupakan kotak yang memperlihatkan nilai akurasi tepat antara prediksi yang dilakukan oleh komputer atau sistem dengan kondisi lahan aslinya, dimana prediksi lahan hijau dan benar kondisi aslinya adalah lahan hijau, begitupun dengan lahan kering dan setengah hijau. Sedangkan, untuk kotak-kotak lainnya yang berada di samping kotak diagonal tersebut (berwarna biru muda) merupakan kotak yang memperlihatkan nilai kesalahan atau error antara prediksi yang dilakukan oleh komputer atau sistem dengan kondisi aslinya, contohnya adalah prediksi lahan hijau namun kondisi aslinya adalah lahan kering.

Dalam kasus pada penelitian ini yang dapat dilihat pada **Gambar 9** diatas, terlihat bahwa kotak-kotak diagonal memiliki nilai atau persentase yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan kotak-kotak yang menunjukkan nilai kesalahan atau error. Dengan nilai akurasi dari prediksi lahan yang hijau dan benar kondisi aslinya adalah lahan hijau mencapai 91%, selanjutnya prediksi lahan yang kering dan benar kondisi aslinya adalah lahan kering mencapai 81%, dan terakhir untuk prediksi lahan yang setengah hijau dan benar kondisi aslinya adalah lahan setengah hijau mencapai 68%. Sedangkan, untuk kotak-kotak yang menunjukkan nilai kesalahan atau error memiliki kisaran mulai dari 4% hingga 20%. Dari perbandingan persentase ini, dapat disimpulkan bahwa akurasi dari model akan memiliki hasil yang bagus dan cukup memuaskan.

Akurasi untuk lahan yang hijau memiliki nilai atau persentase jauh lebih tinggi dibandingkan dengan lahan kering dan lahan setengah hijau dapat dikarenakan dataset pelatihan yang dimiliki dan digunakan juga lebih banyak mempelajari mengenai lahan yang hijau. Begitupun dengan lahan kering yang akurasinya lebih tinggi dibandingkan dengan lahan setengah hijau, dikarenakan komputer atau sistem lebih banyak mempelajari pelatihan untuk lahan yang kering. Hal ini telah terbukti dari **Gambar 8** yang menunjukkan jumlah data pelatihan dari masing-masing jenis lahan tersebut dimana lahan hijau > lahan kering > lahan setengah hijau.

Keberhasilan dari proses yang dijalankan ini pun tidak luput dari bantuan kernel linear dan kernel polinomial yang digunakan kedalam metode klasifikasi SVM pada saat melakukan proses pelatihan. Namun, diantara kedua kernel yang digunakan tersebut, dapat dipastikan terdapat beberapa perbedaan, seperti terdapat kernel yang memiliki hasil akurasi yang lebih tinggi dan nilai error yang lebih kecil, sehingga pada akhirnya kernel tersebut dianggap lebih cocok digunakan sebagai model akhir, karena maksimal dalam hal efisiensi dan juga yang terbaik untuk melakukan pengklasifikasian dalam penelitian ini. Oleh karena itu, sebagai hasil serta kesimpulan dari perbandingan antara akurasi dan nilai error dari SVM yang menggunakan kernel linear dan SVM yang menggunakan kernel polinomial, berikut akan ditunjukkan gambar yang berisi Score Model Pelatihan dari masing-masing kernel agar dapat dilihat perbandingan nya, gambar tersebut dapat dilihat pada **Gambar 10** dan **Gambar 11** dibawah ini.

Score Model Pelatihan

Kernel	:	linear
Hijau Precision	:	0.8866
Hijau Recall	:	0.9052
Hijau F1 Score	:	89.58
Setengah Hijau Precision	:	0.6364
Setengah Hijau Recall	:	0.6774
Setengah Hijau F1 Score	:	65.62
Kering Precision	:	0.8627
Kering Recall	:	0.808
Kering F1 Score	:	83.44
Macro Avg Precision	:	0.7952
Macro Avg Recall	:	0.7969
Macro Avg F1 Score	:	79.55
Timestamp	:	Wed, 30 Nov 2022 10:49:13 GMT

Gambar 10. Score Model Pelatihan Menggunakan Kernel Linear

Score Model Pelatihan

Kernel	:	poly
Hijau Precision	:	0.7325
Hijau Recall	:	0.9731
Hijau F1 Score	:	83.58
Setengah Hijau Precision	:	0.481
Setengah Hijau Recall	:	0.1751
Setengah Hijau F1 Score	:	25.68
Kering Precision	:	0.8421
Kering Recall	:	0.5507
Kering F1 Score	:	66.59
Macro Avg Precision	:	0.6852
Macro Avg Recall	:	0.5663
Macro Avg F1 Score	:	58.62
Timestamp	:	Wed, 30 Nov 2022 10:40:44 GMT

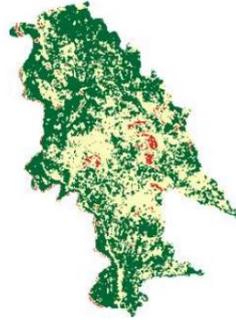
Gambar 11. Score Data Pelatihan Menggunakan Kernel Polinomial

Dari gambar Score Model data pelatihan diatas, dapat terlihat dan disimpulkan bahwa F1 score untuk lahan yang hijau, setengah hijau, dan kering lebih baik dan nilainya lebih tinggi saat menggunakan bantuan kernel linear

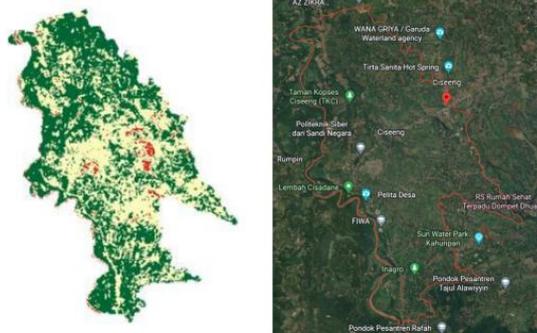


pada **Gambar 10** dibandingkan dengan bantuan dari kernel polinomial pada **Gambar 11**. Dengan hasil F1 score pada lahan yang hijau yaitu 89.58 di kernel linear dan 83.58 di kernel polinomial, F1 score pada lahan yang setengah hijau yaitu 65.62 di kernel linear dan 25.68 di kernel polinomial, dan terakhir adalah F1 score pada lahan kering yaitu 83.44 di kernel linear dan 66.59 di kernel polinomial. Waktu pelaksanaan untuk memulai pelatihan sampai terbentuknya sebuah model dari penelitian ini berkisar sekitar 10 hingga 20 menit.

Hasil akhir dari penelitian ini adalah menunjukkan klasifikasi ketersediaan air tanah, dimana data keasliannya didapat dari pihak BP DAS Ciliwung yang berupa data CAT (Cekungan Air Tanah). Berikut merupakan data Citra Klasifikasi Ketersediaan Air Tanah di kecamatan Ciseng Bogor dan perbandingan citra tersebut dengan kondisi asli yang didapat dari Google Earth dapat dilihat pada **Gambar 12** dan **Gambar 13** dibawah.



Gambar 12. Citra Klasifikasi Ketersediaan Air Tanah Ciseng



Gambar 13. Perbandingan Citra Klasifikasi Dengan Kondisi Asli di Google Earth

Dari gambar perbandingan diatas, terbukti bahwa kondisi asli dari Kecamatan Ciseng memiliki lahan yang cenderung hijau dibandingkan setengah hijau dan kering seperti yang terlihat pada Google Earth, bahwa kebanyakan lahan masih berwarna hijau tua yang menandakan wilayah tersebut merupakan lahan yang memiliki banyak ketersediaan air tanah seperti hutan dan lainnya.

Dalam penelitian sejenis seperti penelitian dengan judul “Prediksi Kelembapan Tanah Pada Tingkat Kecamatan di Bogor, Depok, dan Tangerang Selatan dengan Data Remote Sensing”, didapatkan juga hasil bahwa lahan di wilayah Bogor kecamatan Ciseng memiliki lahan yang lebih banyak hijau dibandingkan dengan lahan kering. Pada penelitiannya, lahan yang hijau terbukti memiliki kelembapan tanah yang lebih tinggi dibandingkan dengan lahan kering. Perbedaannya dalam penelitian yang dilakukan ini, membuktikan bahwa lahan hijau memiliki ketersediaan air tanah yang lebih banyak dibandingkan dengan lahan setengah hijau atau kering.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapat dari penelitian ini adalah metode klasifikasi Support Vector Machine terbukti dapat melakukan klasifikasi ketersediaan air tanah di daerah Bogor dan Depok dan dapat mengelompokkan hasil klasifikasi nya menjadi 3 kelas yang berbeda, yaitu kelas dengan lahan hijau, lahan setengah hijau, atau lahan kering. Selain itu, pada penelitian ini ditemukan fakta bahwa akurasi dari model yang menggunakan bantuan kernel linear menghasilkan hasil yang lebih baik dan efisien dibandingkan dengan model yang menggunakan bantuan kernel polinomial, dengan akurasi dari kernel linear sebesar 84.7% dan akurasi kernel polinomial sebesar 74.36%. Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi seluruh masyarakat terutama yang berada di kawasan Jakarta agar dapat mengetahui daerah mana yang memiliki ketersediaan air tanah yang berlimpah dan dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan aktivitas sehari-hari. Diharapkan juga pemerintah atau pihak yang berwenang dapat segera melakukan reboisasi (penanaman kembali) lahan yang bersifat setengah hijau atau kering, guna agar lahan tersebut



dapat kembali menjadi lahan hijau dan menghasilkan air tanah yang lebih banyak dibandingkan sebelumnya dan dapat dimanfaatkan oleh masyarakat setempat. Mengingat beberapa keterbatasan dalam penelitian ini, terdapat saran untuk penelitian selanjutnya dapat memperbaiki beberapa poin seperti menggunakan data Citra Satelit Landsat 9 yang lebih lengkap dan up-to-date serta menggunakan tahapan pre-processing untuk melakukan koreksi terhadap citra yang tertutup awan menggunakan metode seperti Koreksi Radiometrik sehingga dataset yang digunakan lebih akurat.

UCAPAN TERIMAKASIH

Tulisan ini adalah bagian akhir dari hasil penelitian mahasiswa Fakultas Teknologi Informasi, Program Studi Teknik Informatika, Universitas Tarumanagara. Mengucapkan terima kasih kepada Prof., Dr., Ir., Dyah Erny Herwindiati M.Si., dan Janson hendryli S.Kom., M.Kom., atas saran berharga dalam penelitian ini. Terima kasih juga diucapkan kepada pihak BP DAS Citarum Ciliwung atas penyediaan data untuk menunjang penelitian ini.

REFERENCES

- [1] F. R. Harahap, "Dampak Urbanisasi Bagi Perkembangan Kota di Indonesia", *Journal Society*, Vol. 11, No. 1, p. 36, 2018.
- [2] H. Nazar, A. Kasry, Z. Saam, "Kebijakan Pengendalian Pencemaran sumber Air Bersih Perumahan Sederhana di Kota Pekanbaru (Kasus di Kecamatan Tampan)", *Journal of Environmental Science*, Vol. 1, p. 67, 2010.
- [3] R. A. P. Rini, "Ketersediaan Mata Air dan Air Tanah Terus Berkurang", Tersedia di <https://www.tribunnews.com/kesehatan/2022/03/22/ketersediaan-mata-air-dan-air-tanah-terus-berkurang>.
- [4] M. R. Sopany, D. E. Herwindiati, J. Hendryli, "Prediksi Kelembapan Tanah Pada Tingkat Kecamatan di Bogor, Depok, dan Tangerang Selatan dengan Data Remote Sensing", *Computatio : Journal of Computer Science and Information Systems*, Vol. 6, No. 1, pp. 1-9, 2022.
- [5] C. Christian, J. Hendryli, D. E. Herwindiati, "Program Pendeteksi Perubahan Fungsi Lahan Menggunakan Metode Ridge Regression Dan Support Vector Machine (Studi Kasus: 95 Kecamatan Di Wilayah Bekasi, Depok Dan Tangerang)", *Computatio : Journal of Computer Science and Information Systems*, Vol. 4, No. 1, pp. 9-20, 2020.
- [6] M. B. Wiyono, T. N. Adji, L. W. Santosa, "Analisis Ketersediaan Airtanah dengan Metode Statis di Pulau Pasaran", *Media Komunikasi Geografi*, Vol. 21, No. 2, pp. 223-233, 2020.
- [7] D. Budi, D. E. Herwindiati, J. Hendryli, "Land Use Change Using Least Absolute Shrinkage and Selection Operator Regression in Jakarta's Buffer Cities", *Symposium on Computer Applications & Industrial Electronics (ISCAIE)*, Vol. 11, No. 1, pp. 30-35, 2021.
- [8] T. Widodo, "Kajian Ketersediaan Air Tanah Terkait Pemanfaatan Lahan di Kabupaten Blitar", *Jurnal Pembangunan Wilayah dan Kota*, Vol. 9, No. 2, pp. 122-133, 2013.
- [9] D. E. Herwindiati, J. Hendryli, L. Haryanto, "Impervious Surface Mapping Using Robust Depth Minimum Vector Variance Regression", *European Journal of Sustainable Development*, Vol. 6, No. 3, pp. 29-39, 2017.
- [10] Anonymous, "Letak Geografis", Tersedia di <https://www.kotabogor.go.id/index.php/page/detail/9/letak-geografis>.
- [11] Anonymous, "Geografi", Tersedia di <https://www.depok.go.id/geografi>.
- [12] N. I. Fawzi, V. N. Husna, *Landsat 8 - Sebuah Teori dan Teknik Pemrosesan Tingkat Dasar*. Elmarkazi, 2021, p. 5.
- [13] R. Yudistira, A. I. Meha, S. Y. J. Prasetyo, "Perubahan Konversi Lahan Menggunakan NDVI, EVI, SAVI dan PCA pada Citra Landsat 8 (Studi Kasus : Kota Salatiga)", *Indonesia Journal of Computing and Modeling*, Vol. 1, pp. 25-30, 2019.
- [14] A. R. Huete, "A soil-adjusted vegetation index (SAVI)", *Remote Sensing of Environment*, Vol. 25, No. 3, pp. 295-309, 1988.
- [15] N. D. Mutmainna, M. Achmad, S. Suhardi, "Pendugaan Lengan Tanah Inceptisol Pada Tanaman Hortikultura Menggunakan Citra Landsat 8", *Jurnal Agritechno*, Vol. 10, No. 2, pp. 135-151, 2017.
- [16] K. Supribadi, N. Khakhim, T. H. Purwanto, "Analisis Metode Support Vector Machine (Svm) untuk Klasifikasi Penggunaan Lahan Berbasis Penutup Lahan pada Citra Alos Avnir-2", *Majalah Geografi Indonesia*, Vol. 28, No. 1, pp. 71-80, 2014.
- [17] P. A. Octaviani, Y. Wilandari, D. Ispriyanti, "PENERAPAN METODE KLASIFIKASI SUPPORT VECTOR MACHINE (SVM) PADA DATA AKREDITASI SEKOLAH DASAR (SD) DI KABUPATEN MAGELANG", *Jurnal Gaussian* Vol. 3, No. 4, pp. 811-820, 2014.
- [18] R. Diani, "Analisis Pengaruh Kernel Support Vector Machine (SVM) pada Klasifikasi Data Microarray untuk Deteksi Kanker", *Indonesian Journal on Computing*, Vol. 2, No. 1, pp. 109-118, 2017.
- [19] M. A. Alkromi, "Komparasi Algoritma Klasifikasi untuk dataset iris dengan rapid miner", *Jurnal STMIK Widya Pratama*, Vol. 1, No. 1, pp. 23-30, 2015.
- [20] Trivusi, "Apa itu Kernel Trick? Pengertian dan Jenis-jenis Fungsi Kernel SVM", Tersedia di <https://www.trivusi.web.id/2022/04/fungsi-kernel-svm.html>.