

PROGRAM PENDETEKSI PERUBAHAN FUNGSI LAHAN MENGGUNAKAN METODE RIDGE REGRESSION DAN SUPPORT VECTOR MACHINE (STUDI KASUS: 95 KECAMATAN DI WILAYAH BEKASI, DEPOK DAN TANGERANG)

Christian¹, Janson Hendryli², Dyah Erny Herwindiati³, A. Sulaiman⁴

^{1,2,3}Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas

Tarumanagara, Jln. Letjen S. Parman No. 1, Jakarta, 11440, Indonesia

E-mail: ¹agek002@gmail.com, ²jansonh@fti.untar.ac.id, ³dyahh@fti.untar.ac.id

ABSTRAK

Tulisan ini membahas tentang perubahan fungsi lahan yang terjadi pada tingkat kecamatan di wilayah Bekasi, Depok dan Tangerang perlu dipertimbangkan ketika melakukan pengembangan di sekitar kota penyangga Jakarta. Program untuk mendeteksi perubahan penggunaan lahan menggunakan metode Ridge Regression dan Support Vector Machine bertujuan untuk melihat perubahan penggunaan lahan di wilayah Bekasi, Depok dan Tangerang dengan mengklasifikasikan jenis tanah menjadi 4 kelas yaitu kelas hijau, kelas sebagian hijau, kelas impervious, dan sebagian impervious menggunakan citra satelit Landsat 7 dan Landsat 8 pada band Biru, Hijau, Merah, NIR, SWIR-1, dan SWIR-2. Gambar Landsat yang digunakan akan melalui proses preprocessing menggunakan metode koreksi radiometrik Pengurangan Gelap untuk gambar Landsat 7 dan Landsat 8 dan metode gap fill untuk gambar Landsat 7. Setelah itu, pemotongan citra Landsat akan dilakukan ke tingkat kecamatan pada wilayah Bekasi, Depok dan Tangerang. Hasil klasifikasi akan digunakan untuk menentukan perubahan lahan dengan membandingkan dua gambar hasil klasifikasi dengan tahun yang berbeda. Hasil dari makalah ini menunjukkan bahwa model yang menggunakan metode mesin Support Vector memiliki akurasi gain yang lebih baik sebesar 83,00% untuk data Landsat 7 dan 8 dibandingkan dengan model yang menggunakan metode Ridge Regression, yang memiliki akurasi perolehan 61,96% untuk data Landsat 7 dan 61,28% untuk data Landsat 8.

Kata kunci—Bekasi, Klasifikasi, Depok, Citra Landsat, Perubahan Penggunaan Lahan, Koreksi Radiometrik, Remote Sensing, Tangerang.

ABSTRACT

This paper discusses about land use changes which happened at sub-districts in Bekasi, Depok and Tangerang regions need to be considered when carrying out development around the buffer cities of Jakarta. The program to detect land use change using the Ridge Regression and Support Vector Machine method aims to see land use change in Bekasi, Depok and Tangerang areas by classifying land types into classes of green, partially green, impervious, and partially impervious using Landsat satellite imagery 7 and Landsat 8 bands which are Blue, Green, Red, NIR, SWIR-1, and SWIR-2. The Landsat image used will go through preprocessing image first using the Dark Subtraction radiometric correction method for Landsat 7 and Landsat 8 images and the gap fill method for Landsat 7 images. After that, Landsat image cuts will be made to the sub-district level in Bekasi, Depok and Tangerang. The results of classification will be used to determine land changes by comparing the two images of classification results with different years. The results of this paper show that the model using the Support Vector machine method has a better gain accuracy of 83.00% for Landsat 7 and 8 data compared to models using the Ridge Regression method, which has a gain accuracy of 61.96% for Landsat data 7 and 61.28% for Landsat 8 data.

Keywords—Bekasi, Classification, Depok, Landsat Image, Land Use Change, Radiometric Correction, Remote Sensing, Tangerang.

1.PENDAHULUAN

Perkembangan jumlah penduduk yang terus meninggi di wilayah perkotaan menuntut kebutuhan hidup menjadi semakin meningkatsehingga banyak pembangunan yang dilakukan pada wilayah perkotaan untuk memenuhi tuntutan kebutuhan hidup masyarakat. Pembangunan kota yang dilakukan untuk mengembangkan sektor industri maupun ekonomi tidak terlepas dengan masalah perubahan fungsi lahan. Perubahan fungsi lahan dapat diartikan sebagai perubahan fungsi seluruh atau sebagian kawasan lahan dari fungsinya semula menjadi fungsi lain yang dapat memberikan dampak negatif terhadap lingkungan dan potensi lahan itu sendiri.[2]

Wilayah Bekasi, Depok dan Tangerang yang terletak berdekatan pada sisi selatan, timur, dan barat luar kota Jakarta merupakan kota yang memegang peranan penting sebagai kota penyangga Jakarta, mengingat di wilayah Bekasi, Depok dan Tangerang masih memiliki daerah yang luas berhamparan dengan lahan hijau, dan dapat dikembangkan menjadi kota strategis untuk kota Jakarta.[7] Wilayah Bekasi, Depok dan Tangerang yang memiliki aksesibilitas tinggi terhadap pusat kegiatan nasional cenderung mengalami penurunan kualitas lingkungan karena disebabkan oleh maraknya pembangunan yang dilakukan tanpa memikirkan faktor lingkungan.

Oleh karena itu, untuk mengatasi ketidakseimbangan lahan hijau dan lahan terbangun (*impervious*), diperlukan solusi seperti penertiban pembangunan dengan melihat keadaan fungsi lahan pada daerah yang akan dilakukan pembangunan. Hal tersebut dapat dilakukan dengan melakukan pengamatan dan evaluasi terhadap perubahan fungsi lahan wilayah pembangunan untuk mengetahui apakah pembangunan yang dilakukan tepat sasaran atau akan menimbulkan permasalahan yang baru.

Pada tulisan ini akan dibahasmengenai aplikasi untuk mendeteksi perubahan fungsi lahan pada wilayah Bekasi, Depok dan Tangerang dalam tingkat kecamatan. Pengamatan berdasarkan tingkat kecamatan bertujuan agar informasi mengenai perubahan fungsi lahan dapat lebih tepat sasaran sehingga dapat diketahui nantinya perubahan fungsi lahan pada suatu kecamatan secara periodik.

Metode yang digunakan untuk menyusun aplikasi ini adalah metode Regresi Ridge dan *Support Vector Machine* (SVM). Regresi Ridge merupakan modifikasi dari metode kuadrat terkecil yang menghasilkan penduga bias dari koefisien regresi.[6] Regresi Ridge mengurangi dampak multikolinieritas dengan menentukan penduga yang bias tetapi mempunyai varians yang lebih kecil dari varians penduga Regresi Linear Berganda. *Support Vector Machine* adalah metode pembelajaran mesin yang dapat melakukan klasifikasi dengan konsep mencari hyperplane terbaik yang berfungsi sebagai pemisah dua kelas atau lebih pada data.[1]

Sistem yang dirancang akan menerima masukan (*input*) berupa data citra satelit Landsat 7 dengan *band* 1, 2, 3, 4, 5, 7 dan data citra satelit Landsat 8 dengan *band* 2, 3, 4, 5, 6, 7. Sebelum diolah, data citra yang diperoleh akan melalui tahap *pre-processing* untuk memperbaiki kualitas citra dari efek hamburan atmosfer. Selain itu, proses transformasi akan dilakukan terhadap citra Landsat 8 untuk mengkonversikan citra Landsat 8 dari 16 bit menjadi 8 bit sehingga memiliki rentang nilai digital number yang sama yaitu 0-256 seperti citra Landsat 7. Kemudian nilai dari setiap piksel pada citra tersebut akan diolah menggunakan metode Regresi Ridge dan SVM untuk membentuk model terbaik dalam mengklasifikasikan lahan menjadi 4 kelas yaitu lahan hijau, hijau sebagian, *impervious* dan *impervious* sebagian.

Tujuan dari melakukan penelitian ini adalah untuk mengetahui perubahan fungsi lahan yang terjadi sehingga dapat menjadi bahan pertimbangan untuk mempertimbangkan pembangunan yang dilakukan tepat sasaran atau akan menimbulkan permasalahan yang baru.

2. DATA REMOTE SENSING DAN SATELIT LANDSAT

Sistem penginderaan jauh (*remote sensing*) adalah pengukuran atau akuisisi data dari sebuah objek atau fenomena oleh sebuah alat yang tidak secara fisik melakukan kontak dengan objek tersebut.[4] Alat yang dimaksud dalam pengertian di atas adalah alat pengindera atau sensor. Pada umumnya sensor dibawa oleh wahana berupa pesawat, balon udara, satelit. Hasil perekaman oleh alat yang dibawa oleh suatu wahana ini selanjutnya disebut sebagai data penginderaan jauh.

Teknologi penginderaan jauh satelit dipelopori oleh NASA Amerika Serikat dengan diluncurkannya satelit sumber daya alam yang pertama, yang disebut ERTS-1 (Earth Resources Technology Satellite) pada tanggal 23 Juli 1972, menyusul ERTS-2 pada tahun 1975, satelit ini membawa sensor RBV (Retore Beam Vidcin) dan MSS (Multi Spectral Scanner). Satelit ERTS-1, ERTS-2 yang kemudian setelah diluncurkan berganti nama menjadi Landsat 1, Landsat 2, diteruskan dengan seri-seri berikutnya, yaitu Landsat 3, 4, 5, 6, 7, dan 8. Pada tulisan ini, menggunakan data satelit Landsat 7 dan 8 untuk melakukan klasifikasi wilayah kecamatan.

Tabel 1 Perbedaan Landsat 7 dan 8

Landsat-7 ETM+ Bands (µm)			Landsat-8 OLI and TIRS Bands (µm)		
			30 m Coastal/Aerosol	0.435 - 0.451	Band 1
Band 1	30 m Blue	0.441 - 0.514	30 m Blue	0.452 - 0.512	Band 2
Band 2	30 m Green	0.519 - 0.601	30 m Green	0.533 - 0.590	Band 3
Band 3	30 m Red	0.631 - 0.692	30 m Red	0.636 - 0.673	Band 4
Band 4	30 m NIR	0.772 - 0.898	30 m NIR	0.851 - 0.879	Band 5
Band 5	30 m SWIR-1	1.547 - 1.749	30 m SWIR-1	1.566 - 1.651	Band 6
Band 6	60 m TIR	10.31 - 12.36	100 m TIR-1	10.60 - 11.19	Band 10
			100 m TIR-2	11.50 - 12.51	Band 11
Band 7	30 m SWIR-2	2.064 - 2.345	30 m SWIR-2	2.107 - 2.294	Band 7
Band 8	15 m Pan	0.515 - 0.896	15 m Pan	0.503 - 0.676	Band 8
			30 m Cirrus	1.363 - 1.384	Band 9

3. PREPROCESSING DATA DAN KLASIFIKASI TUTUPAN LAHAN

Pada penelitian ini menggunakan preprocessing radiometrik yang bertujuan untuk memperbaiki kualitas visual citra dengan memperbaiki nilai piksel yang tidak sesuai dengan nilai pantulan atau pancaran spektral objek yang sebenarnya. Koreksi radiometrik dilakukan atas dasar pertimbangan dalam mengurangi piksel yang tidak sesuai akibat faktor gangguan eksternal pada atmosfer sebagai sumber kesalahan utama. Biasanya gangguan eksternal pada atmosfer dapat berupa serapan, hamburan, dan pantulan yang menyebabkan nilai piksel yang didapatkan saat proses akuisisi citra tidak sesuai dengan piksel kondisi objek yang sebenarnya. Koreksi radiometrik yang dilakukan adalah proses dark subtraction untuk mengurangi kegelapan pada citra yang digunakan dan transformasi ukuran piksel untuk citra Landsat 8.

Klasifikasi tutupan lahan (*land cover mapping*) yang dilakukan pada penelitian ini ada 4 kelas yaitu kelas hijau, kelas hijau sebagian, kelas *impervious* sebagian, dan kelas *impervious*. Deskripsi gambar kelas lahan dapat dilihat seperti pada Gambar 1.

Lahan *impervious* merupakan permukaan tanah yang tidak dapat serap air atau tidak dapat ditembus oleh air dan juga telah mengalami substitusi penutup lahan alamiah ataupun semi alamiah penutup lahan buatan yang biasanya bersifat kedap air dan relatif permanen.[2] Pada penelitian ini, lahan *impervious* dibagi menjadi dua kelas, yaitu kelas *impervious* dan kelas *impervious* sebagian. Kelas *impervious* meliputi lahan terbangun seperti jalan raya, jembatan, dan bangunan industri. Kelas *impervious* sebagian meliputi lahan terbangun seperti permukiman.

Lahan bukan *impervious* atau lahan hijau merupakan lahan yang belum mengalami substitusi penutupan lahan dan bersifat mampu menyerap air seperti hutan, perkebunan, pertanian, sabana, taman, ruang terbuka hijau. Dalam penelitian ini, lahan bukan *impervious* dibagi menjadi dua kelas, yaitu kelas lahan hijau dan kelas lahan hijau sebagian. Kelas lahan hijau meliputi hutan, sawah, sabana dan perkebunan. Kelas lahan hijau sebagian meliputi ruang terbuka hijau dan taman.

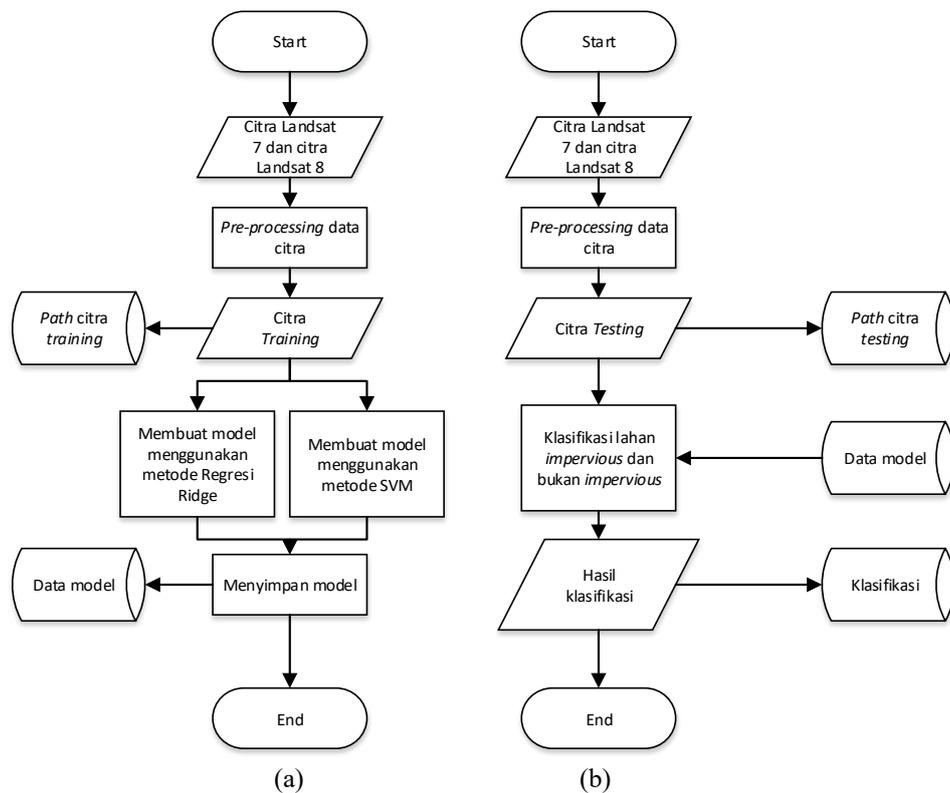


Gambar 1(a) Lahan Hijau (b) Lahan Hijau Sebagian
(c) Lahan Impervious Sebagian (d) Lahan Impervious

4. KLASIFIKASI TUTUPAN LAHAN

Proses klasifikasi dilakukan pada tingkat kecamatan dengan menggunakan 2 tahapan yaitu tahap training dan tahap testing. Secara garis besar alur proses dan testing diilustrasikan pada Gambar 2.

Citra Landsat akan melalui proses pelatihan yang dilakukan menggunakan 2 metode yaitu metode *Ridge Regression* dan *Support Vector Machine* untuk melakukan pembentukan model dan kemudian akan dilakukan pengujian untuk mengukur tingkat akurasi model. Setelah mendapatkan model yang terbaik untuk kedua metode, maka akan dilakukan klasifikasi terhadap wilayah tingkat kecamatan pada kota Bekasi, kabupaten Bekasi, kota Depok, kabupaten Tangerang, kota Tangerang, dan kota Tangerang Selatan yang kemudian akan dilakukan pengamatan terhadap perubahan fungsi lahan yang terjadi pada tahun yang telah ditentukan.



Gambar 2 Alur Proses (a) Tahap Training (b) Tahap Testing

4.1 Tahap Training

Pada tahap training, akan dilakukan pembentukan model menggunakan 2 metode yaitu *Ridge Regression* dan *Support Vector Machine*. Pembentukan model pada kedua metode akan didasarkan pada nilai parameter citra band Landsat *red*, *green*, *blue*, *NIR*, *SWIR-1*, dan *SWIR-2* yang telah melalui proses koreksi radiometrik.

Data input yang digunakan pada proses pelatihan ini sebanyak 200.000 piksel dengan 4 kategori lahan yaitu lahan hijau, lahan hijau sebagian, lahan *impervious* sebagian, dan lahan *impervious*. Penentuan data input hijau diperoleh dari *overlapping* citra Landsat dengan Google Earth.

4.1.1 Model Regresi Ridge

Regresi Ridge adalah modifikasi dari metode kuadrat terkecil dengan menambahkan parameter ridge dalam menentukan nilai bobot model regresi yang menghasilkan penduga bias dari koefisien regresi.[5] Regresi Ridge mengurangi dampak multikolinieritas dengan menentukan penduga yang bias tetapi mempunyai varians yang lebih kecil dari varians penduga regresi linear berganda. Pada metode ini, nilai variabel akibat yang digunakan adalah *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) yaitu nilai yang menggambarkan tingkat kehijauan suatu tanaman yang didapatkan berdasarkan perhitungan dengan *band* merah dan *band* NIR (*Near-Infrared Radiation*) sebagai indikator keberadaan dan kondisi vegetasi.[9] Nilai NDVI berkisar dari -1 sampai 1. Nilai -1 menunjukkan bahwa suatu daerah ditutupi oleh air, nilai 1 menunjukkan bahwa suatu daerah ditutupi oleh vegetasi hijau. Ketika nilai NDVI mendekati nilai 0 dapat dikatakan bahwa suatu wilayah ditutupi oleh bangunan.

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

Keterangan:

NIR = Citra *band* 5 pada Landsat 8

Red = Citra *band* 4 pada Landsat 8

Bobot parameter regresi ridge yang akan digunakan pada persamaan regresi nantinya dapat dicari menggunakan persamaan di bawah ini:

$$B = (X^T X + \lambda I)^{-1} * (X^T Y) \quad (2)$$

Keterangan:

B = Koefisien parameter regresi

X = Variabel faktor penyebab

λ = Parameter ridge ($0 \leq \lambda \leq 1$)

I = Matriks identitas ($p \times p$)

Y = Variabel akibat

Algoritma dari Regresi Ridge, sebagai berikut:

1. Melakukan normalisasi variabel dengan metode *centering* dan *rescaling*, lalu menghitung matrik korelasi dari peubah penduga yang berupa $X'X = r_{xx}$ serta menghitung $X'Y = r_{yx}$ yang merupakan korelasi dari peubah penduga terhadap respon *Y*.
2. Menghitung nilai penduga b^R dengan berbagai kemungkinan tetapan bias $\lambda (\lambda > 0)$.
3. Menghitung nilai VIF (b_k) dari penduga ke *k* dengan berbagai kemungkinan nilai bias λ .
4. Menetapkan nilai tetapan bias λ dengan mempertimbangkan nilai konvergen VIF.
5. Menentukan nilai penduga parameter b^R yang paling baik dari nilai λ yang bersesuaian kemudian mentransformasikan kembali estimator regresi ridge ke bentuk awal.
6. Menghitung nilai *Y* dan menganalisis sumber keragamannya.

4.1.2. Model Support Vector Machine

Support Vector Machine (SVM) merupakan metode *supervised learning* yang dikembangkan oleh Guyon, Boser dan Vapnik untuk mengklasifikasikan suatu data berdasarkan prinsip *Structural Risk Minimization* (SRM).[8] SVM bertujuan untuk membuat *decision boundary* atau yang disebut dengan hyperplane terbaik dengan margin maksimum yang memisahkan input space pada dua buah kelas. Margin maksimum adalah pilihan yang aman karena jika terjadi sedikit kesalahan pada data, maka akan memberikan kemungkinan terkecil terjadi kesalahan klasifikasi. SVM menggunakan model linear sebagai *decision boundary* dengan bentuk umum sebagai berikut:

$$g(\vec{x}) = \text{sign}(\vec{w}^T \vec{x} + b) \quad (3)$$

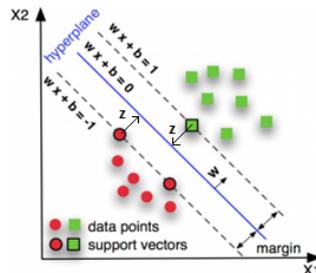
Keterangan:

$g(\vec{x})$ = Nilai target ($g(\vec{x}) \in \{1, -1\}$)

\vec{x} = vektor input

\vec{w} = vektor bobot

b = bias



Gambar 3 Konsep Support Vector Machine

Hyperplane yang dihasilkan membagi data menjadi dua kelas, yaitu kelas positif dan kelas negatif yang dimodelkan sebagai berikut:

$$g(\vec{x}) \geq 1, \forall \vec{x} \in \text{class 1}$$

$$g(\vec{x}) \leq -1, \forall \vec{x} \in \text{class 2}$$

Penentuan bidang pembatas terbaik dapat dirumuskan dengan:

$$\begin{aligned} \min \quad & \frac{1}{2} |w|^2 \\ \text{s.t. } & y_i(wx_i + b) \geq 1 \end{aligned} \quad (4)$$

Salah satu proses SVM adalah menggunakan proses sekuensial yang terdiri dari langkah-langkah berikut:

1. Melakukan inisialisasi α_i dan parameter yang lain, seperti $\lambda, \gamma, \epsilon$.
2. Melakukan perhitungan matriks hessian menggunakan persamaan berikut:
3. Menghitung nilai Error (E_i) dan α_i sehingga didapatkan nilai *support vector* terbaik. Proses ini dilakukan berulang kali hingga mencapai iterasi t dimana nilai α_i telah stabil.

$$D_{ij} = y_i y_j (K(x_i, x_j) + \lambda^2) \quad (5)$$

$$E_i = \sum_{j=1}^t \alpha_j D_{ij} \quad (6)$$

$$\delta \alpha_i = \min\{\max[\gamma(1 - E_i), -\alpha_i], C - \alpha_i\} \quad (7)$$

$$\alpha_i = \alpha_i + \delta \alpha_i \quad (8)$$

4. Mencari nilai bias menggunakan persamaan berikut:

$$b = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \alpha_i y_i K(x_i, x^+) + \sum_{i=1}^n \alpha_i y_i K(x_i, x^-) \quad (9)$$

5. Mencari perhitungan fungsi keputusan

$$g(\vec{x}) = \text{sign}(\vec{w}^T \vec{x} + b)$$

Pada penelitian ini, digunakan model SVM dengan 3 kernel yaitu kernel Linear, Polynomial dan RBF. Pemilihan 3 kernel dengan tujuan untuk mendapatkan model SVM yang terbaik untuk melakukan klasifikasi. Dari komputasi yang dilakukan di laboratorium, model kernel polynomial memberikan hasil yang terbaik. Model SVM dengan kernel polynomial inilah yang dilakukan untuk proses pemetaan lahan.

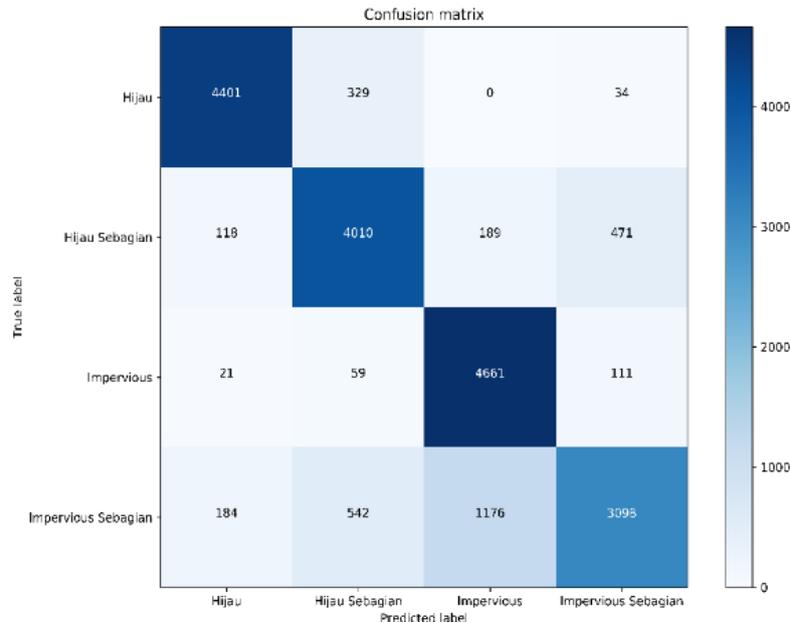
4.1.3 Evaluasi Model SVM Dengan Kernel Terbaik

Evaluasi nilai confusion matrix model SVM terbaik dapat dilihat pada Gambar 4. Semakin gelap warna biru pada kolom diagonal confusion matrix, semakin akurat lahan yang terprediksi dengan benar.

Tabel 2 Model SVM masing-masing kernel

Kernel	C	Gamma	F1 Score Pelatihan	F1 Score Pengujian
Linear	0.1	1/n_feature (default)	77.12	82.15
Polynomial	1	1/n_feature (default)	81.11	83.00

RBF	1	0.01	87.28	80.40
-----	---	------	-------	-------



Gambar 4 Confusion Matrix Model SVM Dengan Kernel Polynomial

4.2 Tahap Testing

Hasil proses training digunakan sebagai referensi untuk proses pemetaan lahan (*land cover mapping*). Tahap inilah yang disebut tahap testing, secara garis besar tahap ini diilustrasikan pada Gambar 2(b). Data proses testing menggunakan data Landsat dan data batas kecamatan. Data batas kecamatan diperlukan untuk melakukan *cropping* pada citra Landsat menjadi tingkat kecamatan. Data batas kecamatan diperoleh dari Badan Pusat Pengkajian Teknologi.

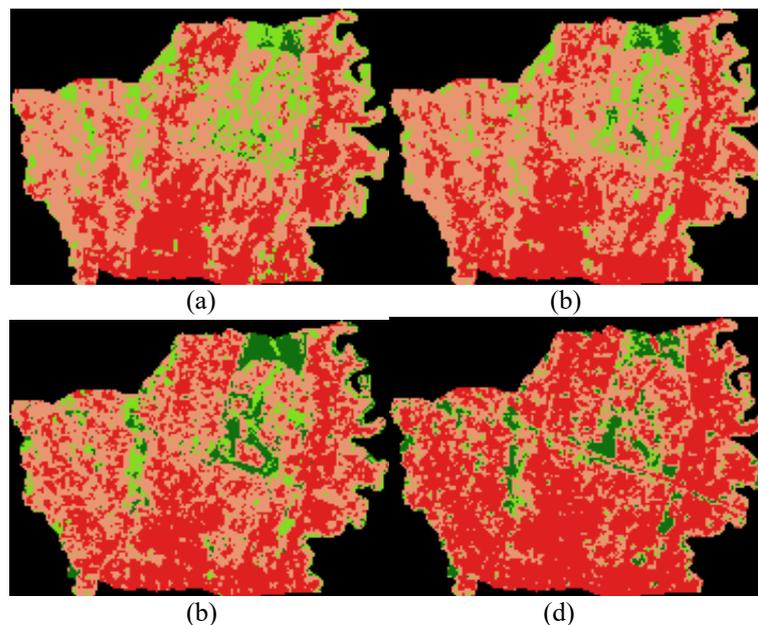
Pada penelitian ini dilakukan proses pemetaan lahan menjadi 4 kelas yaitu kelas hijau, kelas hijau sebagian, kelas *impervious* sebagian dan kelas *impervious* pada total 95 kecamatan di wilayah Bekasi, Depok dan Tangerang. Wilayah Bekasi terdiri dari kota Bekasi yang mencakup 12 kecamatan dan kabupaten Bekasi yang mencakup 23 kecamatan. Wilayah Depok terdiri dari kota Depok yang mencakup 11 kecamatan. Wilayah Tangerang terdiri dari kota Tangerang yang mencakup 13 kecamatan, kota Tangerang Selatan yang mencakup 7 kecamatan dan kabupaten Tangerang yang mencakup 29 kecamatan.

5. HASIL PEMETAAN DAN EVALUASI PEMETAAN

Hasil pemetaan salah satu kecamatan di kota Depok, yaitu kecamatan Beji ditunjukkan pada Gambar 5 dan kecamatan Tambun Utara ditunjukkan pada Gambar 8. Warna merah tua melambangkan lahan *impervious*, warna merah muda melambangkan lahan *impervious*

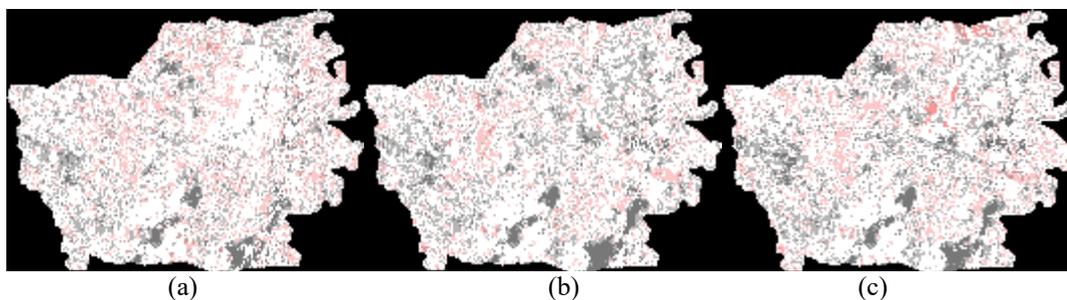
sebagian, sedangkan warna hijau muda melambangkan lahan hijau sebagian dan warna hijau tua melambangkan lahan hijau.

Gambar 5(a) merupakan hasil pemetaan tahun 2008 pada kecamatan Beji, sedangkan Gambar 5(b) hingga 5(d) adalah hasil pemetaan tahun 2011, 2014 dan 2017 pada lokasi yang sama.

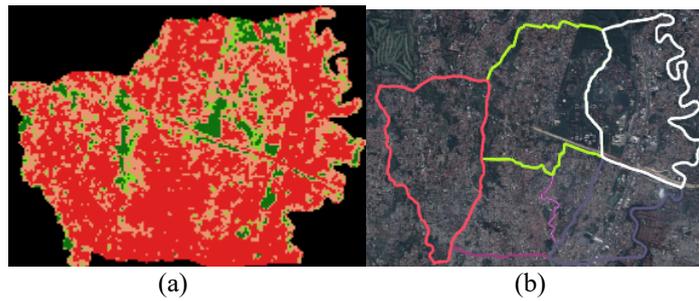


Gambar 5 Hasil Pemetaan Kecamatan Beji, Kota Depok
(a) Tahun 2008 (b) Tahun 2011 (c) Tahun 2014 (d) Tahun 2017

Pada Gambar 5, terlihat kecamatan Beji mengalami penambahan lahan *impervious* dari tahun 2008 menuju 2017. Perubahan lahan kecamatan Beji dari tahun 2008 ke 2011 ditunjukkan pada Gambar 6(a), perubahan lahan dari tahun 2008 ke 2014 ditunjukkan pada Gambar 6(b), dan perubahan lahan dari tahun 2008 ke 2017 ditunjukkan pada Gambar 6(c). Warna abu melambangkan degradasi pada wilayah dari tingkat lahan hijau menuju lahan yang tertutup bangunan, sedangkan warna coklat melambangkan gradasi lahan dari tingkat lahan yang tertutup bangunan menjadi lahan hijau. Tampak perubahan lahan menjadi *impervious* lebih luas pada tahun 2014 di kecamatan Beji.



Gambar 6 Perubahan Lahan Kecamatan Beji, Kota Depok
(a) Tahun 2008-2011 (b) Tahun 2008-2014 (c) Tahun 2008 - 2017

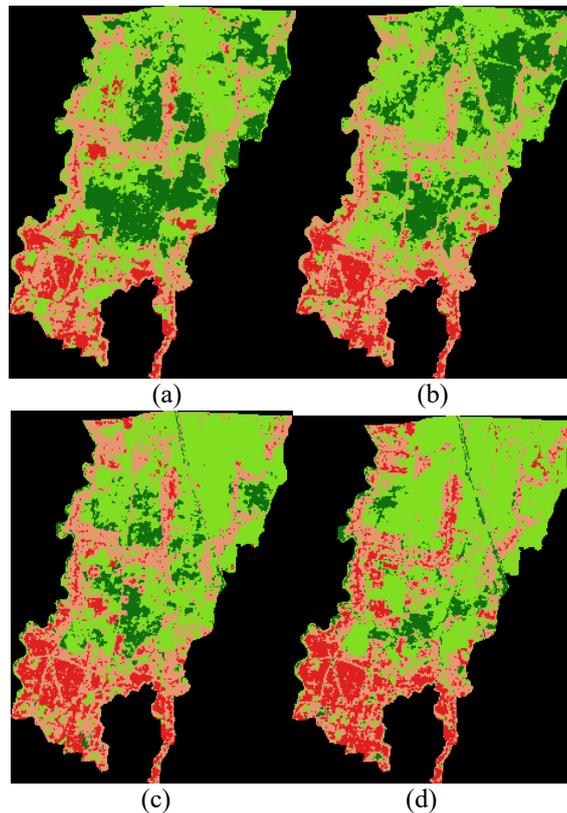


Gambar 7 Evaluasi Kecamatan Beji, Kota Depok

(a) Hasil Klasifikasi Tahun 2017 (b) Citra Google Earth Tahun 2017

Berdasarkan evaluasi *ground truth* yaitu evaluasi dengan kondisi nyata, hasil klasifikasi kecamatan Beji memiliki persamaan yang tidak terlalu jauh dengan keadaan wilayah aslinya, Gambar 7.

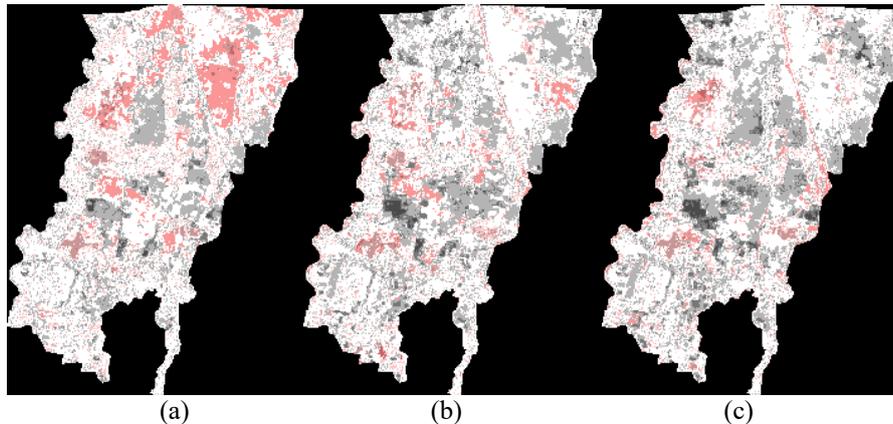
Gambar 8(a) merupakan hasil pemetaan tahun 2008 pada kecamatan Tambun Utara, sedangkan Gambar 8(b) hingga 8(d) adalah hasil pemetaan tahun 2011, 2014 dan 2017 pada lokasi yang sama.



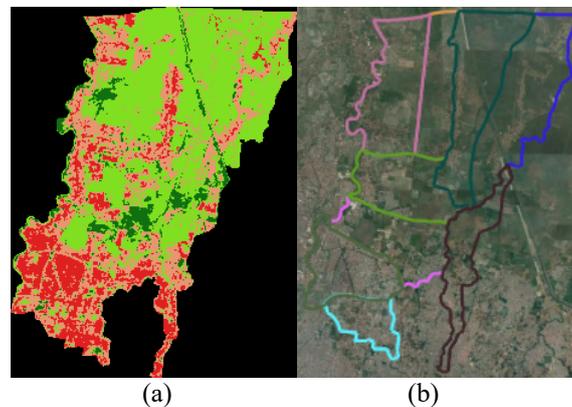
Gambar 8 Hasil Pemetaan Kecamatan Tambun Utara, Kabupaten Bekasi

(a) Tahun 2008 (b) Tahun 2011 (c) Tahun 2014 (d) Tahun 2017

Pada Gambar 8, terlihat kecamatan Tambun Utara mengalami penambahan lahan *impervious* dan pengurangan lahan hijau yang cukup luas dari tahun 2008 menuju 2017. Perubahan lahan kecamatan Tambun Utara dari tahun 2008 ke 2011 ditunjukkan pada Gambar 9(a), perubahan lahan dari tahun 2008 ke 2014 ditunjukkan pada Gambar 9(b), dan perubahan lahan dari tahun 2008 ke 2017 ditunjukkan pada Gambar 9(c). Tampak perubahan lahan menjadi *impervious* lebih luas pada tahun 2017 di kecamatan Tambun Utara.



Gambar 9 Perubahan Lahan Kecamatan Tambun Utara, Kabupaten Bekasi
(a) Tahun 2008-2011 (b) Tahun 2008-2014 (c) Tahun 2008-2017



Gambar 10 Evaluasi Kecamatan Tambun Utara, Kabupaten Bekasi
(a) Hasil Klasifikasi Tahun 2017 (b) Citra Google Earth Tahun 2017

Berdasarkan evaluasi *ground truth* yaitu evaluasi dengan kondisi nyata, hasil klasifikasi kecamatan Tambun Utara memiliki persamaan yang tidak terlalu jauh dengan keadaan wilayah aslinya, Gambar 10.

6. KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapat dari hasil pengujian yang telah dilakukan yaitu:

1. Model SVM memberikan hasil yang baik untuk pemetaan lahan dan mengukur perubahan fungsi lahan melalui data satelit *remote sensing*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anto Satriyo Nugroho, Support Vector Machine, https://www.academia.edu/24381027/Support_Vector_Machine_Teori_dan_Aplikasinya_dalam_Bioinformatika_1, 19 Agustus 2019.
- [2] Anni Ratna, Klasifikasi Persentase Impervious Surface Area Menggunakan Metode Backpropagation, <https://studylibid.com/doc/890656/klasifikasi-persentase-impervious-surface-area>, 22 Agustus 2019.

- [3] Eka Fitriyaningsih, Tinjauan terhadap Alih Fungsi Tanah Pertanian ke non-Pertanian di Kecamatan Tomoni, Kabupaten Luwu Timur, (Makassar: Universitas Hasanudin Makassar, 2017), h. 15-16.
- [4] Flysh Geost, Penginderaan Jauh, <https://www.geologinesia.com/2016/06/pengertian-komponen-dan-manfaat-penginderaan-jauh.html>, 24 Agustus 2019.
- [5] John Neter, William Wasserman, Michael, H.K. Applied Linear Statistical Models (Regression, Analysis of Variance, and Experimental Designs, 3rd Edition). Tokyo: Toppan Company, LTD, 1990.
- [6] Preshant Gupta, Regularization in Machine Learning, <https://towardsdatascience.com/regularization-in-machine-learning-76441ddcf99a>, 19 Agustus 2019.
- [7] Roni Yudianto, Spektrum Antara Jakarta dan Penyangga, <https://papua.bisnis.com/read/20180115/432/726366/spektrum-antara-jakarta-penyangga>, 20 September 2019.
- [8] Soentanto P. N, Hendryli Janson, Herwindiati D. E, Object and Human Action Recognition From Video Using Deep Learning Models
- [9] Symphony GEO, NDVI-Normalized Difference Vegetation Index, <http://www.symphonygeo.com/blog/18-ndvi-normalized-difference-vegetation-index>, 24 Agustus 2019