

PEMETAAN KECAMATAN DI WILAYAH BOGOR BERDASARKAN TIPE LAHAN DENGAN METODE GRADIENT BOOSTING

Venezia Valen Susilo¹, Dyah Erny Herwindiati², Janson Hendryli³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Tarumanagara
Jln. Letjen S. Parman No. 1, Jakarta, 11440, Indonesia

E-mail: ¹venezia.535180028@stu.untar.ac.id, ²dyahh@fti.untar.ac.id, ³jansonh@fti.untar.ac.id

Abstrak

Kabupaten Kota Bogor merupakan tempat Gunung Salak, sumber mata air Jakarta, berada sehingga untuk air sampai di Jakarta, air harus melalui Bogor terlebih dahulu. Hal ini mengakibatkan perubahan terhadap lahan di Bogor akan berpengaruh pada proses aliran air dari Gunung Salak ke Jakarta. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu sistem yang dapat digunakan untuk memantau perubahan fungsi lahan di Bogor. Sistem ini, diharapkan dapat memberi informasi tentang alih fungsi lahan secara periodik yang terjadi di daerah Bogor dan diharapkan dapat membantu pihak-pihak yang terkait dalam penanganan dampak-dampak yang terjadi akibat alih fungsi lahan. Data yang diperlukan adalah citra Landsat 8 band 2, 3, 4, 5, 6, dan 7 yang telah melalui proses pra-pemrosesan untuk kemudian diklasifikasikan dengan menggunakan model yang dibangun dengan metode Gradient Boosting Regression untuk klasifikasi. Model dibangun dengan nilai learning rate 0.1 dan banyak pohon 50. Akurasi yang didapat dari model ini adalah 99.3349% untuk data latih, 99.1658% untuk data validasi, dan membutuhkan waktu 13.91376 detik.

Kata kunci—Bogor, Landsat, Gradient Boosting Regression, klasifikasi citra

Abstract

Bogor Regency is where Mt. Salak, Jakarta's water source, is located, therefore for the water to reach Jakarta, it needs to pass through Bogor first. This fact causes every land change happens there will affect how the water run from Mt. Salak to Jakarta. That is why there's a need for a system to monitor the land changes that happens in Bogor. This system is made in hope to give information about the land changes that happens periodically in Bogor. This information is expected to help the parties that related with the maintenance of the effects of the land changes. The data that is used is Landsat 8 imagery from band 2, 3, 4, 5, 6, and 7 that had been through pre-processing and to be classified with a model that was developed with the Gradient Boosting Regression method for classification. The model was made with learning rate 0.1 and 50 trees. This model reached the accuracy of 99.3349% for the training data, 99.1658% for the validation data, and took 13.91376 seconds to complete.

Keywords—Bogor, Landsat, Gradient Boosting Regression, image classification

1. PENDAHULUAN

Semakin berkembangnya populasi dan ekonomi, semakin meningkat juga kebutuhan lahan di Jakarta. Hal ini menyebabkan menipisnya sisa lahan yang tersedia di Jakarta. Maraknya perkembangan perkantoran dan perumahan pun memaksa terjadinya alih fungsi lahan dari lahan hijau menjadi lahan *impervious* atau lahan terbangun. Hal ini membuat persentase lahan

impervious meningkat dan menurunnya persentase lahan hijau. Dalam pasal 29 ayat 2, Undang-undang nomor 26 tahun 2007 tentang Penataan Ruang disebutkan proporsi ruang terbuka hijau pada wilayah kota paling sedikit 30 persen dari luas wilayah kota.

Proses alih fungsi lahan hijau ini tidak akan bisa berlanjut lebih lama lagi karena berbagai alasan seperti terbatasnya lahan hijau yang tersisa dan juga betapa pentingnya lahan hijau untuk kehidupan. Lahan hijau memiliki peran utama sebagai paru-paru Bumi dan juga area resapan air. Menipisnya lahan hijau di daerah perkotaan berakibat pada menurunnya tingkat oksigen di udara dan berkurangnya daerah resapan air sehingga bisa berakibat banjir.

Selain berkurangnya daerah resapan air, menurunnya sumber air di Jakarta juga dapat dipengaruhi oleh darah yang harus dilalui air dari mata air untuk sampai ke Jakarta. Untuk mencapai Jakarta, air dari Gunung Salak di Bogor harus melalui beberapa daerah terlebih dahulu seperti Kota Bogor, Depok, dan Tangerang melalui sungai Ciliwung. Sehingga perubahan yang terjadi pada lahan di daerah-daerah tersebut akan berpengaruh pada proses mengalirnya air dari Gunung Salak ke Jakarta. Bila terjadi masalah di daerah-daerah tersebut, Jakarta, sebagai tujuan akhir dari sungai Ciliwunglah yang akan menerima akibatnya.

Karena hal tersebut, dibutuhkanlah suatu cara untuk melihat perubahan fungsi lahan dari lahan hijau menjadi lahan *impervious* maupun sebaliknya untuk menilai apakah suatu proyek pembangunan merupakan hal yang boleh untuk dilakukan atau akan membawa dampak lainnya pada lingkungan dan proses aliran air.

Pada jurnal ini akan dibahas mengenai sistem untuk menghitung dan memetakan kecamatan yang ada di daerah Bogor dari tahun 2014 sampai 2020. Lahan akan diklasifikasikan menjadi 3 kelas yaitu lahan hijau, hijau sebagian, dan *impervious*. Proses klasifikasi akan dilakukan dengan menggunakan metode Gradient Boosting Regression.

Sistem ini, diharapkan dapat memberi informasi tentang alih fungsi lahan secara periodik yang terjadi di daerah Bogor dan informasi yang didapat diharapkan mampu membantu pihak-pihak terkait untuk penanganan dampak-dampak yang terjadi akibat dari proses alih fungsi lahan. Dengan pemetaan yang akan dihasilkan, pihak-pihak tersebut bisa memantau daerah mana saja yang masih hijau, dan daerah mana yang sudah merupakan lahan terbangun.

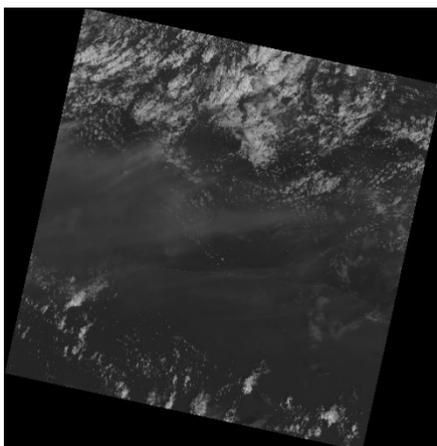
Penelitian sebelumnya yang pernah dilakukan yang menjadi referensi untuk jurnal ini adalah penelitian oleh Juni Handoko et al., mahasiswa program studi Teknik Informatika Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Tarumanagara, yang berjudul “*Gradient Boosting Tree for Land Use Change Detection Using Landsat 7 and 8 Imageries: A Case Study of Bogor Area as Water Buffer Zone of Jakarta*” [3]. Penelitian ini menghasilkan kesimpulan bahwa dengan menggunakan metode *Gradient Boosting Tree* untuk mengklasifikasikan jenis lahan memiliki tingkat *F1 Score* sebesar 69,04% dan membutuhkan waktu selama 23,64 detik untuk dibangun dengan menggunakan 90 pohon.

Selain itu, ada juga penelitian yang dilakukan oleh Christian (NPM 535160014), mahasiswa program studi Teknik Informatika Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Tarumanagara, 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)” [1]. Hasil penelitian ini adalah metode *Support Vector Machine* memiliki nilai *F1 Score* sebesar 83,00% pada data Landsat 7 dan Landsat 8 dalam melakukan klasifikasi lahan dan membutuhkan waktu selama 19 menit 53 detik sedangkan metode *Ridge Regression* memiliki nilai akurasi sebesar 61,96% dan *F1 Score* sebesar 55,93% pada data Landsat 7 serta nilai akurasi sebesar 61,28% dan *F1 Score* sebesar 55,66% pada data Landsat 8 dan membutuhkan waktu 26 detik.

2. METODE PENELITIAN

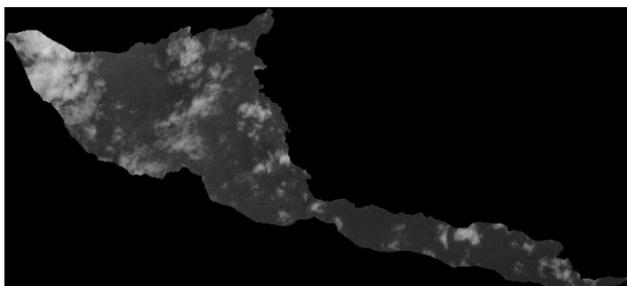
1.1. Data

Data yang digunakan dalam analisis merupakan data Landsat 8 yang berasal dari situs milik United States Geological Survey (USGS) yaitu, <https://earthexplorer.usgs.gov/> pada tahun 2014 sampai dengan 2020. Data yang diambil merupakan Citra Landsat 8 L1 dari tahun 2014 sampai 2020 yang ditangkap setiap 16 hari sekali pada path 122 dan row 65 untuk wilayah Bogor. Citra Landsat yang digunakan untuk daerah Bogor adalah 118,5 km². Contoh citra dapat dilihat pada Gambar 1.



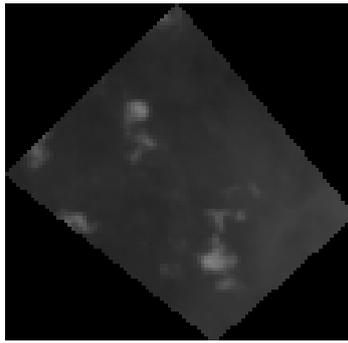
Gambar 1. Citra Satelit Landsat 8 yang diambil pada tanggal 1 Februari 2014 (Sumber: <https://earthexplorer.usgs.gov/>)

Data Landsat 8 yang ditangkap berukuran 16-bit sehingga data harus melalui tahapan pra-pemrosesan terlebih dahulu berupa transformasi menjadi 8-bit sehingga citra memiliki rentang nilai digital 0 – 256. Citra yang telah ditransformasi akan dipotong sesuai 195atas kecamatan, sehingga setiap kecamatan terdiri dari 6 citra, yaitu band 2 – 7. Data citra dipotong menjadi 41 gambar yaitu, 40 kecamatan di kabupaten Bogor dan 1 Kota Bogor. Data dipotong dengan menggunakan aplikasi ENVI dan shapefile 195atas wilayah didapatkan dari Bapak Dr. Sulaiman dari BPPT (Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi). Data citra yang sudah dipotong per kecamatan akan menjadi data uji. Contoh hasil pra-pemrosesan dapat dilihat di Gambar 2.



Gambar 2 Hasil Pra-Pemrosesan Citra Kecamatan Cigombong

Tahap pemotongan untuk data latih sedikit berbeda. Sebelum memotong citra, ditentukan terlebih dahulu wilayah yang memiliki lahan hijau, hijau sebagian, dan impervious. Jenis lahan dapat dilihat dengan citra asli di aplikasi Google Earth Pro. Setiap wilayah lahan tersebut akan dibuat poligonnya. Setelah membuat poligon, file poligon dikonversi menjadi shapefile dengan aplikasi ArcMap. Setelah shapefile jadi, citra yang sudah ditransformasi menjadi 8-bit akan dipotong berdasarkan shapefile yang sudah dibuat.



Gambar 3 Contoh data latih lahan hijau

1.2. Algoritma

Metode yang digunakan dalam aplikasi ini adalah metode klasifikasi menggunakan Gradient Boosting Regression. Gradient Boosting Regression merupakan salah satu metode pembelajaran mesin. Metode Gradient Boosting ini merupakan metode pembelajaran lemah yang digunakan untuk membuat model prediksi atau regresi. Model yang dibuat akan digunakan untuk mengklasifikasikan kecamatan-kecamatan di Bogor berdasarkan tipe lahannya yaitu lahan hijau, lahan hijau sebagian, dan lahan *impervious*. Metode ini dipakai karena memiliki beberapa kelebihan seperti fleksibilitasnya dengan berbagai macam fungsi *loss* dan juga karena setiap iterasi akan membuat model yang bergantung pada residual atau kesalahan yang terjadi di iterasi sebelumnya, sehingga tingkat residual akan menurun secara signifikan dari iterasi ke iterasi selanjutnya.

Pada jurnal ini, fungsi *loss* yang digunakan adalah fungsi logistik atau disebut juga *deviance loss*. Fungsi logistik didapat dengan mencari nilai log dari probabilitas suatu data untuk kelas tertentu. Persamaan probabilitasnya adalah:

$$p_k(x) = \frac{e^{f_k(x)}}{\sum_{l=1}^K e^{f_l(x)}} \quad (1)$$

Keterangan:

k = Kelas ke- k

K = Total kelas

$f(x)$ = Hasil prediksi

Setiap iterasi akan mengurangi residual dengan membuat pohon regresi yang bergantung dengan residual di iterasi sebelumnya. Persamaan mencari nilai tiap daun dari pohon regresi adalah:

$$y_{jkm} = \frac{K - 1}{K} \frac{\sum_{x_i \in R_{jkm}} r_{ikm}}{\sum_{x_i \in R_{jkm}} |r_{ikm}| (1 - |r_{ikm}|)} \quad (2)$$

Keterangan:

y_{jkm} = Nilai daun ke- j dari kelas ke- k dari pohon iterasi ke- m

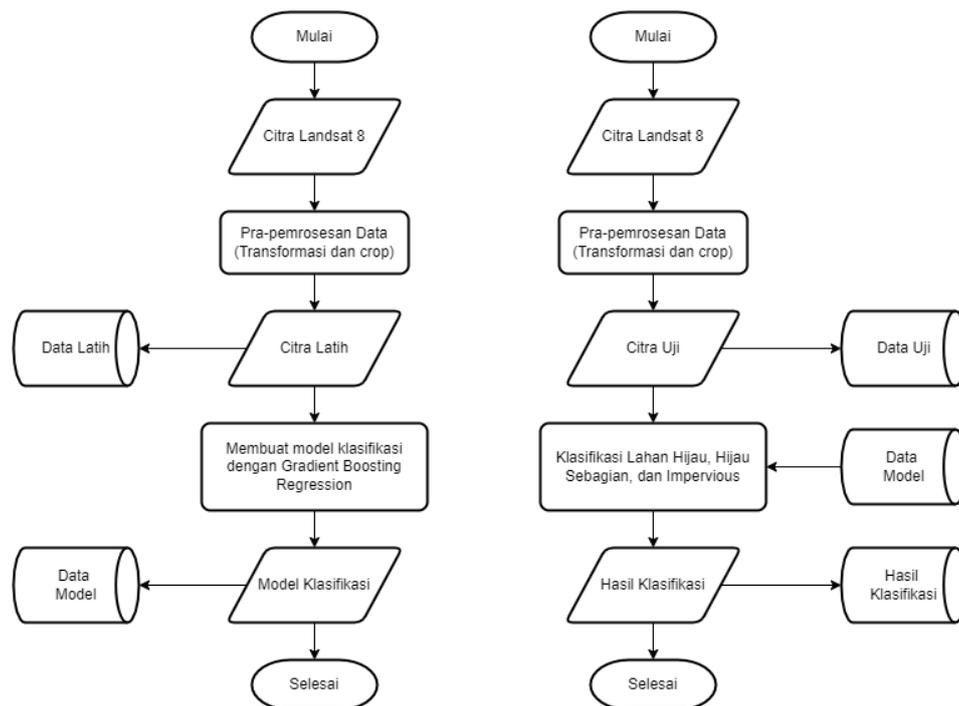
r_{ikm} = Residual data ke- i kelas ke- k iterasi ke- m

1. Algoritma klasifikasi dengan gradient boosting adalah:
2. Inisialisasi $f_{k0}(x) = 0, k = 1, 2, \dots, K$.
3. Untuk $m = 1$ sampai M :
 - a. Hitung probabilitas dengan **Persamaan (1)**.

- b. Untuk $k = 1$ sampai K :
 - i. Hitung $r_{ikm} = y_{ik} - p_k(x_i), i = 1, 2, \dots, N$.
 - ii. Buat pohon regresi sesuai target $r_{ikm}, i = 1, 2, \dots, N$. Buat daun bagian terminal $R_{jkm}, j = 1, 2, \dots, J_m$.
 - iii. Hitung nilai tiap daun dengan **Persamaan (2)**.
 - iv. Perbaharui $f_{km}(x) = f_{k,m-1}(x) + v \sum_{j=1}^{J_m} \gamma_{jkm} I(x \in R_{jkm})$.
4. Output $\hat{f}_k(x) = f_{kM}(x), k = 1, 2, \dots, K$.

1.1. Rancangan eksperimen

Diagram alir untuk proses pelatihan dan pengujian dapat dilihat pada **Gambar 4**.



Gambar 4 Diagram Alir proses pelatihan dan pengujian data

Citra Landsat 8 untuk wilayah Bogor dari tahun 2014 sampai 2020 diunduh sebagai data latih dan data uji. Dengan menggunakan aplikasi Google Earth Pro, dicari lahan yang merupakan lahan hijau, hijau sebagian, dan *impervious* untuk menentukan lahan uji. Setelah lahan didapatkan, lakukan proses pra-pemrosesan seperti yang telah dijelaskan pada subbab 2.1, yaitu dengan mengonversi menjadi citra 8-bit dan dipotong berdasarkan batasan area yang ditentukan dengan Google Earth Pro untuk data latih, dan berdasarkan batas wilayah kecamatan untuk data uji.

Data latih terdiri dari 5 set citra lahan hijau, 5 set citra lahan hijau sebagian, dan 5 set citra lahan *impervious*. Dari seluruh data latih, dilakukan pembagian yang akan menjadi data latih dan menjadi data validasi. Dataset dibagi dengan komposisi 35% data validasi dan 65% data latih. Setelah dataset latih dibagi, data latih akan digunakan untuk membangun model, dan data validasi akan digunakan untuk menguji akurasi model yang sudah dibangun. Data latih terdiri dari 15.589 piksel data lahan hijau, 29.374 piksel data lahan hijau sebagian, dan 18.484 piksel data lahan *impervious*. Data validasi terdiri dari 8.417 piksel data lahan hijau, 15.707 piksel data lahan hijau sebagian, dan 10.041 piksel data lahan *impervious*. Contoh data latih dapat dilihat di Tabel 1.

Tabel 1 Contoh Data Latih

Band 2	Band 3	Band 4	Band 5	Band 6	Band 7	Kelas
49	50	45	128	113	88	Hijau
51	54	48	135	117	92	Hijau
59	60	56	132	118	93	Hijau
64	64	75	102	134	147	Hijau Sebagian
64	63	73	106	136	144	Hijau Sebagian
61	59	70	101	129	138	Hijau Sebagian
56	70	86	129	137	142	Impervious
41	57	65	118	107	98	Impervious
44	59	64	78	72	72	Impervious

Data latih tersebut kemudian digunakan untuk membangun model Gradient Boosting Regression untuk klasifikasi. Dibangun beberapa model dengan mencoba beberapa nilai parameter. Model dibangun dengan parameter nilai *learning rate* 0.1 dan jumlah pohon berbeda-beda. Dari seluruh model yang dibangun, dipilih model yang dianggap paling akurat, namun efisien. Hasil pelatihan dapat dilihat pada Tabel 2.

Setelah model dipilih, model tersebut akan menjadi model yang digunakan untuk melakukan klasifikasi pada data uji. Data uji yang telah melalui tahap pra-pemrosesan akan diklasifikasikan tiap pikselnya dengan model yang dipilih. Hasil klasifikasi merupakan tipe lahan piksel tersebut, 'hijau', 'hijau sebagian', atau 'impervious'. Piksel tersebut kemudian akan diberi warna sesuai tipe lahannya. Setiap piksel akan melalui proses yang sama hingga seluruh piksel terklasifikasi dan diberi warna. Hasil akhir proses pengujian adalah peta kecamatan tersebut berdasarkan tipe lahannya, dan juga luas tiap tipe lahan.

1.1. Metode evaluasi

Metode evaluasi yang digunakan untuk sistem ini adalah nilai F1%. Nilai F1 digunakan dengan menggunakan nilai akurasi yang didapat dari *confusion matrix*. *Confusion matrix* merupakan salah satu metode evaluasi untuk proses klasifikasi dengan membandingkan kelas asli dengan kelas hipotesa.

Tabel confusion matrix menggunakan 4 pembagian, yaitu True Positives (TP), True Negatives (TN), False Positives (FP), dan False Negatives (FN). True positives melambangkan jumlah data yang aslinya bernilai 'ya' dan terprediksi sebagai 'ya' oleh model. True negatives melambangkan jumlah data yang bernilai 'tidak' dan terprediksi 'tidak' oleh model. False positives melambangkan jumlah data yang bernilai 'tidak' namun terprediksi sebagai 'ya' oleh model. False negatives melambangkan jumlah data yang bernilai 'ya' namun terprediksi sebagai 'tidak'. Untuk menguji akurasi model, digunakan nilai F1 Score. Namun untuk menghitung nilai F1 score, harus dihitung terlebih dahulu precision dan recall. Precision adalah nilai yang menggambarkan seberapa besar dari hasil prediksi positif yang merupakan benar-benar positif. Sedangkan recall adalah seberapa besar data positif yang terprediksi secara benar dari seluruh data positif sesungguhnya. Rumus-rumus sebagai berikut [2]:

$$precision = \frac{TP}{TP + FP} \quad (3)$$

$$recall = \frac{TP}{TP + FN} \quad (4)$$

$$F1 = \frac{2}{\frac{1}{precision} + \frac{1}{recall}} \tag{5}$$

		True class	
		p	n
Hypothesized class	Y	True Positives	False Positives
	N	False Negatives	True Negatives

Gambar 5. Tabel Confusion Matrix

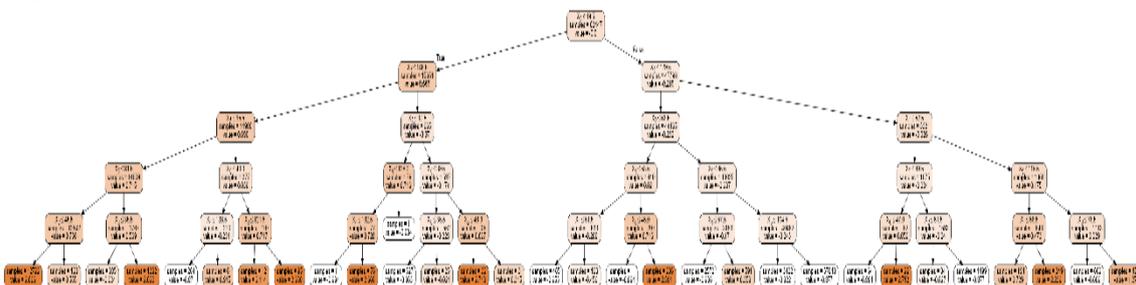
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Model yang dibangun semua diuji dengan data validasi dan dilihat berapa tingkat akurasi, dan berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk membangun model tersebut. Model-model dibangun dengan mencoba beberapa parameter, yaitu jumlah pohon tiap model. Hasil pelatihan tiap model dapat dilihat di Tabel 2.

Tabel 2 Tabel hasil akurasi model Gradient Boosting

Banyak pohon	Akurasi (Data Latih)	Akurasi (Data Validasi)	Waktu (detik)
10	0.978486	0.977872	3.08069
20	0.985484	0.984721	5.755840
30	0.989456	0.988204	8.3177196
50	0.993349	0.991658	13.91376
60	0.994641	0.992683	16.19372
85	0.996611	0.993590	23.31680
100	0.997478	0.994146	25.9046752

Dapat dilihat pada Tabel 2 bahwa dengan menggunakan lebih banyak pohon, tingkat akurasi meningkat, namun waktu yang dibutuhkan untuk membangun model pun bertambah. Dengan mempertimbangkan tingkat akurasi dan waktu yang dibutuhkan, model dengan menggunakan 50 pohonlah yang dipilih. Dapat dilihat bahwa model dengan 50 pohon dapat mencapai tingkat akurasi di atas 99%, lebih tepatnya 99.3349% untuk data latih, 99.1658% untuk data validasi, dan hanya membutuhkan waktu sekitar 13 detik. Hasil precision, recall, dan F1 dapat dilihat pada Tabel 3, dan modelnya bisa dilihat pada Gambar 6.

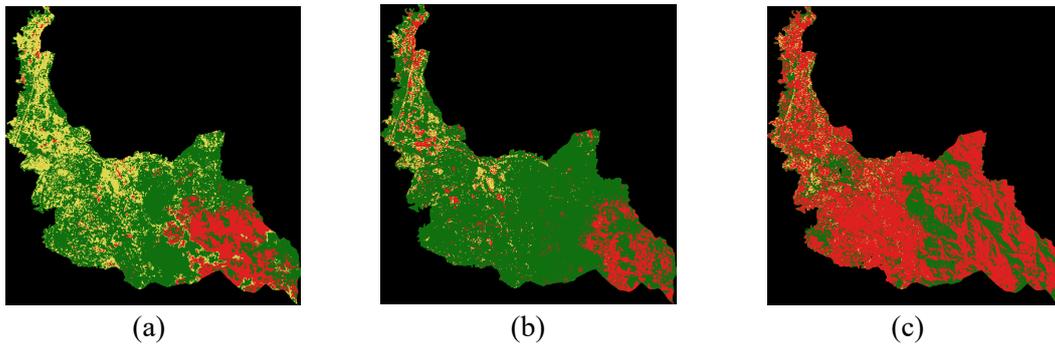


Gambar 6 Model Gradient Boosting

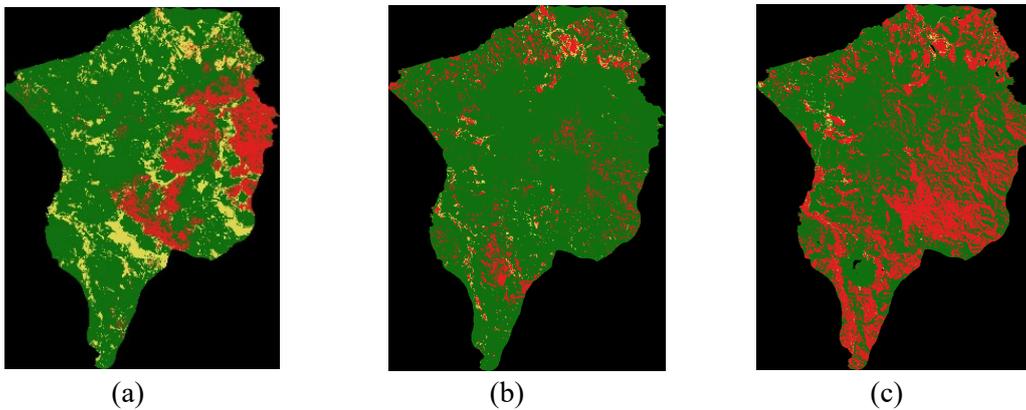
Tabel 3 Tabel Akurasi F1 model

Jenis Lahan	Precision	Recall	F1 Score
Hijau	0.9929	0.9907	99.18 %
Hijau Sebagian	0.9916	0.9947	99.31 %
<i>Impervious</i>	0.9907	0.9878	98.92 %

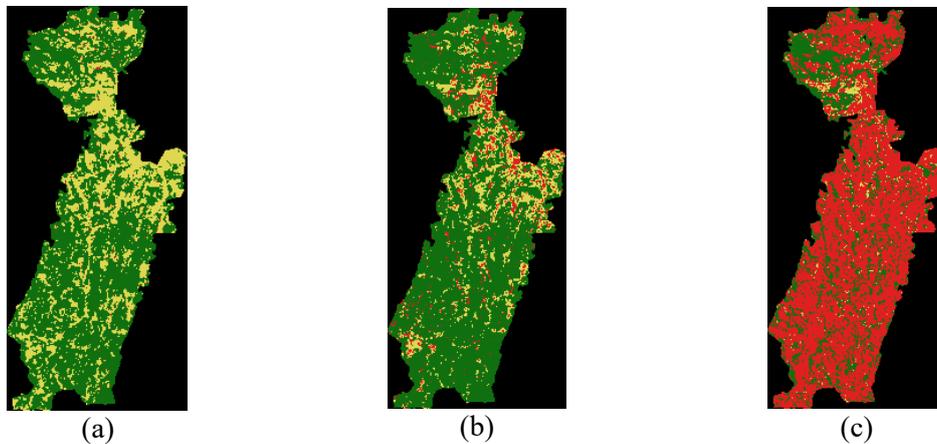
Setelah model ditetapkan, model digunakan untuk menguji data uji. Citra Landsat 8 yang telah melalui tahap pra-pemrosesan dan dipotong sesuai batas wilayah kecamatan di Bogor akan diklasifikasikan dengan menggunakan model tersebut. Piksel yang diklasifikasikan sebagai lahan hijau akan diberi warna hijau tua. Piksel yang diklasifikasikan sebagai lahan hijau sebagian akan diberi warna hijau muda, dan piksel yang diklasifikasikan sebagai lahan *impervious* akan diberi warna merah. Beberapa contoh hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 7 sampai Gambar 10.



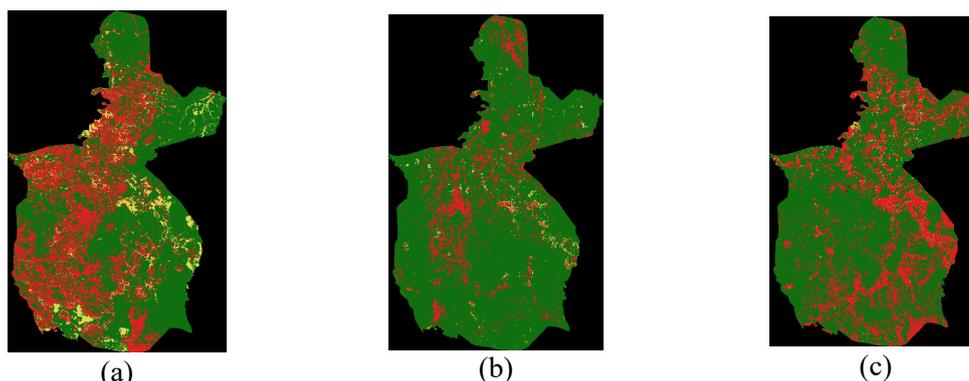
Gambar 7 Babakan Madang (a) 2015, (b) 2018, (c) 2020



Gambar 8 Cigudeg (a) 2015, (b) 2018, (c) 2020



Gambar 9 Dramaga (a) 2015, (b) 2018, (c) 2020



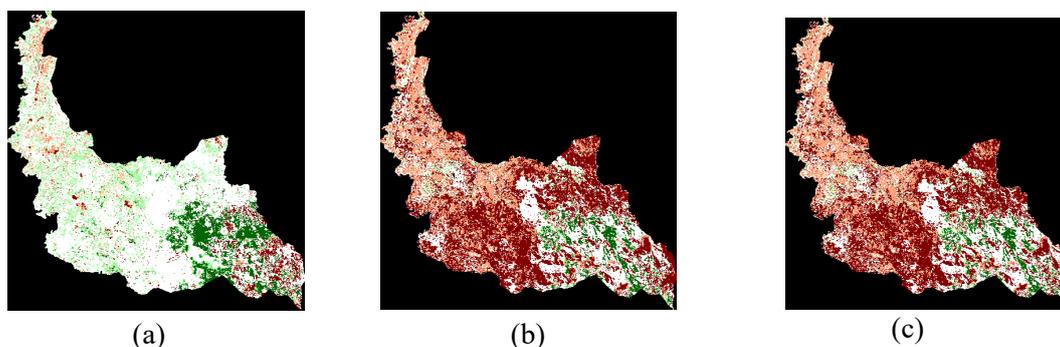
Gambar 10 Jasinga (a) 2015, (b) 2018, (c) 2020

Dari Gambar 7 sampai Gambar 10 dapat dilihat hasil pemetaan mampu menggambarkan tipe lahan dengan baik. Luas tiap tipe lahannya dapat dilihat di Tabel 4.

Tabel 4 Luas tiap tipe lahan hasil klasifikasi

Tahun	Kecamatan	Luas Hijau (m ²)	Luas Hijau Sebagian (m ²)	Luas Impervious (m ²)
2015	Babakan Madang	55.979.100	22.245.300	13.945.500
	Cigudeg	127.656.000	23.108.400	26.708.400
	Dramaga	17.334.900	8.096.400	192.600
	Jasinga	87.451.200	8.131.500	43.956.900
2018	Babakan Madang	72.281.700	6.356.700	13.531.500
	Cigudeg	154.858.500	4.026.600	18.587.700
	Dramaga	19.677.600	4.147.200	1.799.100
	Jasinga	120.011.400	1.968.300	17.559.900
2020	Babakan Madang	26.157.600	3.515.400	62.452.800
	Cigudeg	113.099.400	1.845.900	62.286.300
	Dramaga	6.546.600	765.900	18.297.900
	Jasinga	100.569.600	1.590.300	37.360.800

Untuk perubahan alih fungsi lahan, citra lahan yang diambil pada suatu tanggal akan dibandingkan dengan citra lahan yang diambil pada tanggal lain. Bila jenis lahan tidak berubah, piksel akan diberi warna putih. Perubahan jenis dari lahan hijau ke hijau sebagian akan diberi warna krem, hijau ke *impervious* akan diberi warna merah, hijau sebagian ke hijau akan diberi warna hijau muda, hijau sebagian ke *impervious* akan diberi warna pink, *impervious* ke hijau akan diberi warna hijau tua, dan *impervious* ke hijau sebagian akan diberi warna oranye. Hasil pemetaan perubahan alih fungsi lahan dapat dilihat pada Gambar 11 dan Tabel 5.



Gambar 11 Perubahan fungsi lahan Babakan Madang (a) 2015-2018, (b) 2018-2020, (c) 2015-2020

Tabel 5 Perubahan luas alih fungsi lahan

Tahun		Jenis lahan awal	Jenis lahan akhir	Luas (m ²)
Awal	Akhir			
2015	2018	Hijau	Hijau Sebagian	763.200
			<i>Impervious</i>	4.768.200
		Hijau Sebagian	Hijau	12.908.700
			<i>Impervious</i>	3.869.100
		<i>Impervious</i>	Hijau	8.925.300
			Hijau Sebagian	126.000
2018	2020	Hijau	Hijau Sebagian	1.799.100
			<i>Impervious</i>	47.458.800
		Hijau Sebagian	Hijau	176.400
			<i>Impervious</i>	4.942.800
		<i>Impervious</i>	Hijau	2.975.400
			Hijau Sebagian	478.800
2015	2020	Hijau	Hijau Sebagian	943.200
			<i>Impervious</i>	36.298.800
		Hijau Sebagian	Hijau	2.934.000
			<i>Impervious</i>	16.767.900
		<i>Impervious</i>	Hijau	4.510.800
			Hijau Sebagian	45.000

Dari Gambar 11(c) dapat dilihat bahwa peta didominasi warna merah, dan dari Tabel 5 ditunjukkan bahwa alih fungsi yang paling banyak terjadi adalah peralihan fungsi lahan hijau menjadi *impervious*, dengan total luas 36.298.800 m².

4. KESIMPULAN

Dari hasil pelatihan dan pengujian, dapat disimpulkan bahwa metode Gradient Boosting merupakan metode yang sangat baik dalam melakukan klasifikasi tipe lahan untuk citra satelit Landsat 8. Model Gradient Boosting terbaik didapatkan dengan membangun 50 pohon dengan *learning rate* 0.1. model mampu mengklasifikasikan lahan hijau dengan nilai F1 99.18 %, lahan hijau sebagian dengan F1 99.31%, dan lahan *impervious* dengan F1 98.92%. model memerlukan waktu 13,9 detik untuk dibangun. Sistem ini diharapkan mampu membantu pihak-pihak yang akan melakukan pembangunan di Bogor untuk lebih memperhatikan alih fungsi lahan di Bogor dan sisa lahan hijau yang ada.

Tahapan pra-pemrosesan yang dilakukan hanya mengonversi citra 16-bit menjadi 8 bit dan dipotong sesuai batas wilayah, namun terdapat faktor eksternal yang mempengaruhi citra satelit yaitu, awan. Awan yang menutupi lahan di Bumi akan mengacaukan proses klasifikasi, sehingga disarankan untuk melakukan penghapusan awan dan atmosfer sebelum citra digunakan untuk klasifikasi demi hasil yang lebih maksimal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan untuk rekan kerja Mitchell Ryu Sopany dan Cindy Maharani, alumni UNTAR Christian dan Steven, karena telah membantu dalam proses pengumpulan dan pra-pemrosesan data. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada kedua dosen pembimbing, ibu Dyah, E. H. dan bapak Janson H. yang telah menuntun penulis dalam pengembangan jurnal ini dari awal hingga akhir.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Christian, 2020. *Program Pendeteksi Perubahan Fungsi Lahan Menggunakan Metode Ridge Regression dan Support Vector Machine (Studi Kasus: 95 Kecamatan Di Wilayah Bekasi, Depok, dan Tangerang)*, Jakarta: s.n.
- [2] Fawcett, T., 2006. *An Introduction to ROC Analysis. Pattern Recognition Letters* , Issue 27, p. 861–874.
- [3] Handoko, J., Herwindiati, D. E. & Hendryli, J., 2020. *Gradient Boosting Tree for Land Use Change Detection Using Landsat 7 and 8 Imageries: A Case Study of Bogor Area as Water Buffer Zone of Jakarta. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Issue 581.
- [4] Hastie, T., Tibshirani, R. & Friedman, J. H., 2009. *The Elements of Statistical Learning*. 2nd ed. New York: Springer.