

Multi Variable Regresi Sebagai Prediksi Area Terdampak Kebakaran Hutan

Wachid Daga Suryono*, Wheny Lebdo Pratitis, Yoga Asmara, Aziz Wahyudi
Magister Teknik Informatika, Universitas Amikom Yogyakarta
*wachiddaga@students.amikom.ac.id,

Info Artikel

Abstrak

Kata Kunci :

kebakaran hutan, regresi, prediksi

Keywords :

fire forest, regression, prediction

Tanggal Artikel

Dikirim : 8 Januari 2022

Direvisi : 22 Februari 2022

Diterima : 30 Mei 2022

Kebakaran hutan merupakan masalah serius yang harus ditangani dengan cepat, karena dikhawatirkan akan terus terjadi jika tidak dilakukan upaya pengendalian. Dampak dari kebakaran hutan mengakibatkan kerusakan pada lingkungan, kerugian ekonomi dan masalah sosial yang dapat menjadi hambatan dalam pembangunan dan pengembangan suatu wilayah. Oleh karena itu, diperlukan upaya dalam pengendalian terhadap kebakaran hutan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memprediksi luas area terdampak kebakaran hutan berdasarkan data dari Sipongi luas area kebakaran di Indonesia mulai tahun 2016 sampai 2021. Metode yang digunakan adalah Multiple Linier Regression (MLR) dengan variabel predictor yang digunakan adalah Matriks titik panas Terra/Aqua, SNPP, NOAA20, dan Landsat8. Prediksi dilakukan secara time series, menggunakan data luas area kebakaran periode 2016-2021 pada masing-masing wilayah di Indonesia dan matriks titik panas. Berdasarkan hasil analisis dari beberapa skenario yang sudah dilakukan, menunjukkan hasil prediksi luas area yang terdampak kebakaran hutan.

Abstarct

Forest fires are a serious problem that must be dealt with quickly, because it is feared that they will continue to occur if control measures are not taken. The impact of forest fires causes damage to the environment, economic losses and social problems that can become obstacles in the development and development of an area. Therefore, efforts are needed to control forest fires. The purpose of this study is to predict the area affected by forest fires based on data from Sipongi, the area of fire in Indonesia from 2016 to 2021. The method used is Multiple Linear Regression (MLR) with predictor variables used are Terra/Aqua hotspot matrix, SNPP, NOAA20, and Landsat8. Predictions are carried out in a time series, using data on the area of fire for the 2016-2021 period in each region in Indonesia and a hotspot matrix. Based on the results of the analysis of several scenarios that have been carried out, it shows the prediction results of the area affected by forest fires.

1. PENDAHULUAN

Hutan menurut Pasal 1 angka 1 Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P.32/MenLHK/Setjen/Kum.1/3/2016 tentang Pengendalian Kebakaran Hutan dan Lahan (Permen LH dan Kehutanan) adalah suatu kesatuan ekosistem berupa hamparan lahan berisi sumber daya alam hayati yang didominasi pepohonan dalam persekutuan alam lingkungannya, yang satu dengan lainnya tidak dapat dipisahkan[1]. Indonesia merupakan salah satu negara yang hampir di seluruh provinsinya memiliki wilayah hutan. Luas wilayah hutan yang dimiliki oleh Indonesia per tahun 2020 kurang lebih sekitar 95,6 juta hektar[2]. Oleh karena itu, pelestarian dan perlindungan terhadap hutan-hutan di Indonesia harus dijadikan sebagai salah satu fokus utama pemerintah dalam

rencana pembangunannya. Namun dewasa ini, laju deforestasi di Indonesia masih cukup tinggi, yaitu sekitar 115,46 ribu hektare per tahun 2020[2]. Tingginya laju deforestasi tersebut tentu dapat mengancam keberadaan dan kelestarian hutan yang ada di Indonesia. Salah satu penyumbang terbesar dari tingginya laju deforestasi tersebut adalah adanya kebakaran hutan dan lahan.

Kebakaran hutan dan lahan (karhutla) merupakan peristiwa yang sering terjadi setiap tahun di Indonesia. Penyebab kebakaran hutan dan lahan secara garis besar dikarenakan oleh dua hal yaitu faktor alam dan faktor manusia. Faktor alam terjadi karena adanya fenomena iklim global yang menyebabkan musim kemarau yang sangat panas sehingga membuat hutan menjadi kering dan mudah terbakar. Sedangkan faktor manusia terjadi karena kelalaian dan keegoisan masyarakat. Kebakaran hutan dan lahan dianggap sebagai sebuah potensi ancaman terhadap pembangunan berkelanjutan karena dampak langsungnya terhadap ekosistem dan kehidupan manusia, mulai dari pencemaran kabut asap sampai degradasi dan deforestasi hutan sehingga menyebabkan kerugian di berbagai sektor[3]. Menurut data Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), selama kurun waktu 2016 sampai 2021 luas areal kebakaran hutan dan lahan (karhutla) Indonesia mengalami penurunan. Hingga 31 Juli tahun 2021, luas area karhutla 160.104 Ha, sementara pada periode yang sama tahun lalu luas area karhutla mencapai 296.942 Ha. Artinya, luas area karhutla mengalami penurunan 85,46%[4]. Kendati demikian, untuk meminimalisir bertambahnya karhutla perlu dilakukan upaya pencegahan, salah satunya dengan melakukan prediksi pada area yang terdampak kebakaran. Banyak teknik data mining dan machine learning telah dikembangkan untuk prediksi area yang terbakar.

Beberapa penelitian tentang prediksi kebakaran hutan sudah dilakukan sebelumnya menggunakan berbagai macam metode, misalnya penelitian oleh Dihni menyajikan penerapan teknik machine learning regression untuk memprediksi area kebakaran hutan yang terbakar[5]. Algoritma yang digunakan untuk prediksi adalah Linear regression, Ridge regression and Lasso regression. Berdasarkan dari tiga algoritma prediksi yang digunakan linier regresi memiliki hasil yang paling baik dengan akurasi yang diperoleh sebesar 100%. Penelitian selanjutnya Fitriyani melakukan komparasi algoritma Linier Regresi, K-NN dan SVM untuk menghasilkan algoritma terbaik dalam estimasi area kebakaran hutan[6]. Menggunakan 12 atribut sebagai variabel predictor dan 1 atribut sebagai variable target. Atribut terdiri dari sumbu x, sumbu y, bulan, hari, data meteorologi (*temp, relative, humidity, wind, rain*) dan empat indeks cuaca kebakaran yaitu *fine fuel moisture code* (FFMC), *duff moisture code* (DMC), *drought code* (DC), dan *initial spread index* (ISI). Hasil RMSE pada 3 algoritma, dimana hasil terbaik ada pada algoritma LR atau Linear Regression sebesar 1.496, algoritma K-NN atau K-Nearest Neighbor sebesar 1.981 dan algoritma SVM atau Support Vector Machine mendapat nilai RMSE 3.088.

Penelitian Agwil menggunakan pendekatan Multivariate Adaptive Regression Splines (MARS) untuk memprediksi luas area kebakaran hutan[7]. Variabel prediksi yang digunakan sebagai predictor antara lain koordinat sumbu x spasial suatu lokasi dalam peta, koordinat sumbu y spasial suatu lokasi dalam peta, bulan, hari, indeks FFMC, indeks DMC, indeks DC, indeks ISI, temperatur, kelembaban relatif, kecepatan angin dan curah hujan dengan hasil masing-masing 100%, 90.9%, 73.5%, 34.5%, 25,1%, 23.1%, 19.6%, 17.9% dan 5.7%. Berdasarkan penelitian diperoleh nilai $R^2 = 0,958$ yang berarti variabel predictor yang berkontribusi dalam model MARS dapat menjelaskan keragaman variabel respon dalam penelitian ini yaitu luas area kebakaran hutan sebesar 95.8%. Dari 12 variabel predictor yang diteliti pada penelitian ini ternyata hanya 9 variabel predictor yang berkontribusi terhadap model MARS, yaitu FFMC, hari, temperatur, DMC, kelembaban relatif, bulan, koordinat sumbu y spasial suatu lokasi dalam peta, DC, dan koordinat sumbu x spasial suatu lokasi dalam peta.

Berdasarkan penelitian tersebut, maka dilakukan penelitian untuk memprediksi luas area yang terdampak kebakaran hutan dengan metode yang berbeda yaitu MLR (*Multiple Linier Regression*). Metode tersebut bisa digunakan untuk memperhitungkan adanya hubungan kausalitas atau sebab-akibat (*cause and effect*) pada suatu kejadian [9][10].

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian adalah tahapan atau proses yang disusun secara sistematis dan logis dalam melakukan suatu penelitian yang berguna untuk mencapai target yang diharapkan. Dalam penelitian ini pendekatan yang dilakukan yaitu penelitian kuantitatif yaitu penelitian dilaksanakan berdasarkan data pengamatan populasi dan

sampel. Teknik pengambilan sampel dilakukan dengan mengabil wilayah tertentu yang mana selanjutnya diterapkan untuk menguji hipotesa. Adapun tahapan yang akan dilakukan adalah sebagai berikut.

2.1 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan studi pustaka informasi terkait prediksi area kebakaran yang diperoleh dari berbagai macam sumber seperti buku, jurnal, karya ilmiah, serta data-data dari internet. Pada tahap pengumpulan data, sumber data yang digunakan berasal dari data public website Sipongi dengan link access <https://sipongi.menlhk.go.id/> periode 2016 sampai 2021 atau selama kurun waktu lima tahun. Data digunakan untuk membentuk model prediksi yakni data prediktan dan prediktor. Dimana data prediktan (Y) yaitu data luas area terbakar seluruh provinsi di Indonesia. Sedangkan data prediktor (X) terdiri dari data empat atribut matriks titik panas tahunan antara lain Terra/Aqua, SNPP, NOAA20 dan Landsat 8. Kedua variabel inilah yang nantinya digunakan untuk mencari luas area yang terbakar.

2.2 Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan sebelum data tersebut di proses untuk diolah data mining dengan menggunakan *tools*, dari semua data yang telah dikumpulkan tidak semua *record* data ataupun atribut data digunakan pada penelitian ini karena harus melewati beberapa tahap pengolahan data awal atau pemrosesan data. Berikut merupakan tahapan dari pemrosesan data tersebut:

1. Pembersihan Data

Sebuah data dikatakan tidak bersih jika mengandung nilai kosong, noise data ataupun inkonsisten data. Data yang masih mentah harus diolah untuk dihilangkan dari data yang kosong, noise ataupun inkonsisten data, cara pembersihan data bisa dilakukan dengan cara mengisi data tersebut atau menghilangkan data tersebut sehingga data dapat digunakan. Berikut merupakan data-data yang akan dihilangkan atau tidak digunakan pada penelitian ini:

- Menghapus tanda baca atau simbol,
- Menghilangkan huruf atau string pada kolom number,
- Penyeragaman font huruf atau angka,
- Menghilangkan tanda koma (,) dan mengganti titik (.) pada kolom number.

2. Pra-Pemrosesan Data

Setelah dilakukan pembersihan data, tahapan selanjutnya adalah pelaksanaan *pre-processing* terhadap data yang telah didapatkan. Tahapan ini meliputi pelaksanaan filterisasi data dimana dilakukan pengeliminasian terhadap variabel yang tidak dibutuhkan. Pengolahan data awal memastikan data luas area kebakaran dan matrik titik panas tahunan yang dipilih telah tepat untuk dilakukan penelitian dan proses data. Proses selanjutnya dilakukan seleksi data untuk dijadikan atribut penelitian. Kemudian data diolah dengan menggunakan teknik data mining menggunakan algoritma regresi *Multiple Linier Regression* dengan bantuan *tools excel*.

3. Transformasi Data

Pada fase ini data akan dikumpulkan dan dikelompokan untuk melakukan inisialisasi data yang dimana setiap data pada atribut akan disesuaikan dengan cara melakukan normalisasi data agar data tidak bias, serta penambahan data juga perlu dilakukan untuk mempermudah proses data mining serta melakukan proses diskritisasi data yaitu dengan mentransformasikan data dari kontinu ke diskrit, untuk mendapatkan data yang berkualitas. Berikut adalah hasil dari Transformasi Data sebagaimana yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Transformasi Data

Provinsi	Tahun	Luas (Y)	Landsat8 (X1)	NoAA20(X2)	Snpp (X3)	Terra Aqua (x4)
aceh	2016	9158.45	0	0	33	107
aceh	2017	3865.16	0	0	19	115
aceh	2018	1284.7	0	0	17	63
aceh	2019	730	0	13	11	38
aceh	2020	1078	17	1	6	19
aceh	2021	788	12	3	15	12

2.3 Model Prediksi

Model prediksi dibuat dengan menggunakan metode analisis regresi *Multiple Linier Regression*. *Multiple linier regression*/regresi linier berganda adalah teknik statistik yang dapat digunakan untuk menganalisis hubungan antara variabel dependen tunggal dan beberapa variabel independen. Variabel yang ingin kita prediksi dikenal sebagai variabel dependen, sedangkan variabel yang kita gunakan untuk memprediksi nilai variabel dependen dikenal sebagai variabel independen atau penjelasan. Tujuan dari analisis regresi berganda adalah untuk menggunakan variabel independen yang nilainya diketahui memprediksi nilai-nilai dependen tunggal. Setiap nilai prediktor ditimbang, bobot yang menunjukkan kontribusi relatif mereka terhadap prediksi keseluruhan. Model regresi linier berganda melibatkan lebih dari satu variabel bebas. Bentuk umum model regresi linier berganda dengan x variabel bebas [8] adalah seperti pada persamaan (1) berikut:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \beta_2 X_{i2} + \dots + \beta_p X_{ip} + \varepsilon_i \quad (1)$$

Dimana:

- Y_i adalah variabel tak bebas untuk pengamatan ke- i , untuk $i = 1, 2, \dots, n$.
- $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p$ adalah parameter.
- $X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{ip}$ adalah variabel bebas
- ε_i adalah sisa (error) untuk pengamatan ke- i yang diasumsikan berdistribusi normal saling bebas dan identik dengan rata-rata 0 (nol) dan variansi σ^2 .

Untuk mencari nilai β_0, β_1 dan β_2 seperti pada persamaan 2 berikut:

$$\widehat{\beta}_0 = \underline{Y} - \widehat{\beta}_1 \cdot \underline{X_{1i}} - \widehat{\beta}_2 \cdot \underline{X_{2i}}$$

$$\widehat{\beta}_1 = \frac{(\sum x_{1i} * y_i) * (\sum x_{2i}^2) - (\sum x_{2i} * y_i) * (\sum x_{1i} * x_{2i})}{(\sum x_{1i}^2) * (\sum x_{2i}^2) - (\sum x_{1i} * x_{2i})^2} \quad (2)$$

$$\widehat{\beta}_2 = \frac{(\sum x_{2i} * y_i) * (\sum x_{1i}^2) - (\sum x_{1i} * y_i) * (\sum x_{1i} * x_{2i})}{(\sum x_{1i}^2) * (\sum x_{2i}^2) - (\sum x_{1i} * x_{2i})^2}$$

Dimana:

- $x_i = X_i - \underline{X}$
- $y_i = Y_i - \underline{Y}$
- \underline{X} dan \underline{Y} adalah nilai rata-rata (average)

2.4 Evaluasi

Pada evaluasi model penelitian ini menerapkan beberapa skenario percobaan. Percobaan langsung dilakukan dengan menggunakan metode regresi. Data dipecah berdasarkan provinsi berikut tahun kejadian dan juga jumlah hotspot (jumlah titik panas) juga berdasarkan tahun kejadian yang ada. titik hotspot dideteksi berdasarkan 4 satelit yang diberikan di web sipongi. Terdapat 4 satelit yang memberikan data-data terkait jumlah titik hotspot namun belum disertai dengan koordinat titik hotspot tersebut.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah melakukan analisis, proses selanjutnya adalah melakukan prediksi luas area yang terdampak kebakaran hutan. Dari hasil pengumpulan data maka sudah di dapat beberapa sampel data dari wilayah yang ada di Indonesia.

Telah dilakukan beberapa skenario untuk evaluasi. Sebagai contoh, digunakanlah provinsi Aceh diterapkan berbagai skenario. Skenario per provinsi untuk Aceh.

1. Y1 menjadi variabel dependen, X1 sebagai variabel independen
2. Y2 menjadi variabel dependen, X2 sebagai variabel independen
3. Y3 menjadi variabel dependen, X3 sebagai variabel independen
4. Y4 menjadi variabel dependen, X4 sebagai variabel independen
5. Y5 menjadi variabel dependen, X1 dan X2 sebagai variabel independen
6. Y6 menjadi variabel dependen, X1 dan X3 sebagai variabel independen

7. Y7 menjadi variabel dependen, X1 dan X4 sebagai variabel independen
8. Y8 menjadi variabel dependen, X2 dan X3 sebagai variabel independen
9. Y9 menjadi variabel dependen, X2 dan X4 sebagai variabel independen
10. Y10 menjadi variabel dependen, X3 dan X4 sebagai variabel independen
11. Y11 menjadi variabel dependen, X1, X2, dan X3 sebagai variabel independen
12. Y12 menjadi variabel dependen, X1, X2, dan X4 sebagai variabel independen
13. Y13 menjadi variabel dependen, X1, X3, dan X4 sebagai variabel independen
14. Y14 menjadi variabel dependen, X2, X3, dan X4 sebagai variabel independen
15. Y15 menjadi variabel dependen, X1, X2, X3, dan X4 sebagai variabel independen

dimana :

- Y = luas lahan yang terdampak kebakaran hutan
- X1 = satelit landsat
- X2 = satelit noaa20
- X3 = satelit snpp
- X4 = satelit terraqua

dari skenario tersebut, diterapkan kepada salah satu contoh provinsi yang seperti provinsi Aceh.

Tabel 2. Luas Kebakaran hutan di Provinsi Aceh berikut jumlah titik hotspot yang terdeteksi.

tahun	luas	landsat8	noaa20	snpp	terraqua
2016	9158.45	0	0	33	107
2017	3865.16	0	0	19	115
2018	1284.7	0	0	17	63
2019	730	0	13	11	38
2020	1078	17	1	6	19
2021	788	12	3	15	12

dan juga untuk keseluruhan provinsi :

Tabel 3. Luas Kebakaran hutan di Seluruh Provinsi di Indonesia berikut jumlah titik hotspot yang terdeteksi.

PROVINSI	Y	X1	X2	X3	X4
Aceh	788	12	15	3	12
Bali	3	0	0	0	16
Bangka Belitung	323	41	28	29	0
Banten	0	0	0	0	175
Bengkulu	55	9	5	0	11
DKI Jakarta	0	0	0	0	14
Gorontalo	118	0	0	0	0
Jambi	438	3	3	0	41
Jawa Barat	1299	3	3	2	487
Jawa Tengah	187	23	7	5	1013
Jawa Timur	13122	21	15	5	2256
Kalimantan Barat	19687	503	328	166	831
Kalimantan Selatan	5587	11	13	10	113
Kalimantan Tengah	3095	48	36	11	13
Kalimantan Timur	1251	46	23	21	10
Kalimantan Utara	1504	36	21	19	0
Kepulauan Riau	1588	34	23	1	58

Lampung	3195	0	0	5	221
Maluku	6414	16	34	23	11
Maluku Utara	95	3	6	0	0
Nusa Tenggara Barat	42379	91	162	144	722
Nusa Tenggara Timur	100851	228	237	264	647
Papua	7206	44	28	16	29
Papua Barat	44	1	0	1	0
Riau	8452	86	33	3	29
Sulawesi Barat	721	3	7	3	4
Sulawesi Selatan	647	10	0	8	82
Sulawesi Tengah	1833	16	26	9	0
Sulawesi Tenggara	1290	10	13	14	31
Sulawesi Utara	401	0	1	2	0
Sumatera Barat	1427	13	16	3	15
Sumatera Selatan	2927	31	11	9	123
Sumatera Utara	3051	24	12	12	67
Yogyakarta	0	4	2	0	21

3.1. Perhitungan Algoritma MLR

no	y	y1	y2	y3	y4	y5	y6	y7	y8	y9	y10	y11	y12	y13	y14	y15
1	9158,45	0	0	6594,16	5467,04	0	6911,08	5452	7077,72	5638,67	6440,95	7317,9	5617,14	6789,62	6945,98	7259,07
2	3865,16	0	0	3796,64	5875,79	0	3979,11	5859,62	4075,05	6060,25	4553,98	4213,34	6037,12	4326,13	4574	4361,39
3	1284,7	0	0	3396,99	3218,91	0	3560,26	3210,05	3646,1	3319,96	3442,84	3769,83	3307,29	3559,21	3663,05	3766,37
4	730	0	939,196	2198,05	1941,57	718,258	2303,69	1936,22	276,596	840,571	2183,94	492,49	767,429	2281,43	376,618	508,744
5	1078	1090,75	72,2458	1198,94	970,782	1031,03	28,6209	1124,64	1126,65	911,878	1163,88	127,959	1227,72	180,896	1106,95	192,974
6	788	769,94	216,737	2997,35	613,126	854,539	2274,62	721,929	2736,53	364,232	2347,53	2133,89	575,902	2058,9	2309,67	2041,79

Gambar 2. Hasil Perhitungan luas yang sebenarnya dengan luas yang diprediksi provinsi aceh sesuai skenario.

no	Y	y1	y2	y3	y4	y5	y6	y7	y8	y9	y10	y11	y12	y13	y14	y15
1	788	1390,695	2912,18	905,921	215,031	4868,12	195,138	1260,8	-1355,9	2756,69	908,409	-1220,2	4723,96	163,831	-1492,6	-1421,6
2	3	0	0	0	286,709	0	0	151,132	0	75,7674	33,0578	0	63,1502	63,4663	70,6748	70,5178
3	323	4751,541	5436,07	8757,23	0	3553,63	8572,9	3920,44	10067,1	5039,75	8541,62	9927,27	3237,32	8149,59	9688,38	9616,37
4	0	0	0	0	3135,88	0	0	1653,01	0	828,706	361,57	0	690,706	694,163	773,006	771,288
5	55	1043,021	970,728	0	197,112	135,201	-802,39	964,488	-990,33	952,045	22,7272	-981,41	125,851	-799,49	-1003,9	-999,26
6	0	0	0	0	250,87	0	0	132,241	0	66,2965	28,9256	0	55,2565	55,533	61,8404	61,703
7	118	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	438	347,6737	582,437	0	734,691	795,123	-267,46	674,138	-594,2	734,127	84,7106	-566,86	919,97	-118,41	-450,42	-436,49
9	1299	347,6737	582,437	603,947	8726,69	795,123	575,863	4886,95	482,555	2846,15	1595,27	490,869	2680,28	2477,65	2594,3	2593,94
10	187	2665,499	1359,02	1509,87	18152,2	-2904,7	57,7666	11767,8	1305,42	6056,96	3565,67	1175,07	1042,63	3930,89	5687,7	5610,04
11	13122	2433,716	2912,18	1509,87	40425,9	2190,61	236,075	23317,7	-279,11	13383,1	6133,84	-244,94	10923,2	9048,79	9494,2	9490,29
12	19687	58293,29	63679,7	50127,6	14890,9	34870,8	25151,4	55946,5	24404,8	62972,2	50610,3	24211,6	34495,6	24810,3	23821,3	23721,9
13	5587	1274,804	2523,89	3019,74	2024,88	4040,53	3235,93	2119,2	2808,91	2674,99	3178,86	2850,57	4321,88	3552,4	3135,85	3156,84
14	3095	5562,779	6989,24	3321,71	232,951	5971,46	358,888	4712,58	-1208,2	6541,24	3266,78	-1094,7	5605,64	103,025	-1610,2	-1550,1
15	1251	5330,997	4465,35	6341,44	179,193	-746,58	4753,82	4493	6750,39	4187,15	6205,97	6549,51	-939,65	4413,14	6486,44	6382,35
16	1504	4172,085	4077,06	5737,5	0	1103,35	4802,04	3442,34	6069,77	3779,81	5596,23	5942,98	877,741	4483,34	5788,63	5723,18
17	1588	3940,302	4465,35	301,974	1039,32	2823,43	-2609,6	3798,95	-4017,2	4414,45	414,373	-3917,8	2793,24	-2541,6	-4048,1	-3996,3
18	3195	0	0	1509,87	3960,16	0	2108,31	2087,51	2691,88	1046,54	1929,3	2644,32	872,263	2943,95	3662,84	3635,9
19	6414	1854,26	6600,95	6945,39	197,112	14366,4	8271,77	1633,83	5648,41	6171,79	6797,12	5904,38	13950,9	8054,44	5249,95	5384,22
20	95	347,6737	1164,87	0	0	2482,75	-267,46	286,861	-1188,4	1079,95	0	-1106,2	2402,15	-281,04	-1263	-1220,1
21	42379	10546,1	31451,6	43484,2	12937,7	64059,2	52606,4	15521,3	45439,5	32577,6	43905,3	46196,5	64754,9	53878	46462,6	46854,8
22	100851	26423,2	46012,5	79721	11593,8	65492,2	90991,8	27912,9	95189,7	45721,7	79095	94920,7	65104,8	90362,1	94822,9	94683,5
23	7206	5099,215	5436,07	4831,58	519,659	2661,13	2823,82	4481,23	3068,17	5177,08	4772,54	3024,56	2465,93	2608,54	2831,19	2808,99
24	44	115,8912	0	301,974	0	-297,5	332,509	95,6205	538,377	0	294,539	519,702	-295,29	319,785	537,33	527,601
25	8452	9966,647	6406,8	905,921	519,659	-702,12	-6402,3	8497,29	-4921,1	6077,03	943,533	-5134,4	-7196,1	-6701,1	-5206,6	-5317,2
26	721	347,6737	1359,02	905,921	71,6771	3045,29	997,525	324,645	228,667	1278,88	891,88	300,567	2965,94	975,221	156,112	193,741
27	647	1158,912	0	2415,79	1469,38	-2975	2481,76	1730,76	4307,01	388,308	2525,73	4139,3	-2629,2	2696,18	4660,84	4572,66
28	1833	1854,26	5047,78	2717,76	0	9866,07	2368,5	1529,93	-304,33	4679,77	2650,85	-61,386	9523,47	2222,3	-637,2	-509,86
29	1290	1158,912	2523,89	4227,63	555,498	4338,03	5011,74	1249,02	4962,41	2486,68	4187,59	4975,19	4293,52	4974,67	4922,96	4929,71
30	401	0	194,146	603,947	0	562,542	843,325	0	878,687	179,991	589,077	877,936	548,002	826,93	864,153	863,794
31	1427	1506,586	3106,33	905,921	268,789	5133,16	105,983	1384,75	-1553,9	2950,89	914,607	-1409,2	4988,51	82,0502	-1689,9	-1614,1
32	2927	3592,628	2135,6	2717,76	2204,07	-3034,6	1031,18	4126,06	2666,66	2562,36	2904,98	2498,06	-2640,4	1304,99	3063,71	2974,97
33	3051	2781,39	2329,75	3623,68	1200,59	-389,52	2920,25	2927,76	4083,73	2477,17	3672,89	3968,99	-246,4	2979,02	4217,83	4157,74
34	0	463,565	388,291	0	376,305	-64,92	-356,62	580,843	-396,13	459,427	43,3884	-396,23	-2,2558	-291,42	-328,25	-328,45

Gambar 3. Hasil Perhitungan luas yang sebenarnya dengan luas yang diprediksi seluruh provinsi sesuai skenario.

34 provinsi sesuai dengan kolom provinsi. Dari gambar tersebut, didapatkan bahwa rerata jarak paling kecil adalah 2782,9976 yang diperoleh pada y13 atau menggunakan skenario ke 13 dimana prediksi luas menggunakan kombinasi deteksi titik hotspot dari satelit landsat yang disimbolkan X1, satelit snpp yang disimbolkan X3, dan X4 untuk satelit terra aqua.

4. KESIMPULAN

Hasil Penelitian yang telah dilakukan didapat kesimpula yaitu hasil rerata jarak antara prediksi dan aktual yang paling dekat adalah menggunakan skenario ke 8 yang berarti menggunakan kombinasi satelit noaa20 dan snpp. Dan hasil rerata jarak antara prediksi dan aktual yang paling dekat untuk kasus tabel 3, adalah skenario ke 13 yang berarti menggunakan kombinasi variabel independen X1, X2 dan X3.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan, "Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No P.32/MenLHK/Setjen/Kum.1/3/2016," Menteri. Lingkung. Hidup dan Kehutan., p. 69, 2016.
- [2] K. L. H. & K. R. Indonesia, "Laju Deforestasi Indonesia Turun 75,03 %," 2021.
https://www.menlhk.go.id/site/single_post/3645/laju-deforestasi-indonesia-turun-75-03.
- [3] T. L., "Kebakaran hutan di Indonesia: penyebab, biaya dan implikasi kebijakan," Kebakaran hutan di Indones. penyebab, biaya dan implikasi Kebijak., vol. 38, no. 38, 2003, doi: 10.17528/cifor/001200.
- [4] V. A. Dihni, "Luas Kebakaran Hutan dan Lahan RI Mencapai 160.104 Ha Hingga Juli 2021," 2021.
<https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2021/09/28/luas-kebakaran-hutan-dan-lahan-ri-mencapai-160104-ha-hingga-juli-2021>.
- [5] M. Elshewey and A. M. Elshewey, "Machine Learning Regression Techniques to Predict Burned Area of Forest Fires," 2015.
- [6] F. Fitriyani, "Komparasi Algoritma Lr, K-Nn Dan Svm Untuk Estimasi Area Kebakaran Hutan," Infotronik J. Teknol. Inf. dan Elektron., vol. 3, no. 2, pp. 103–110, 2018, doi: 10.32897/infotronik.2018.3.2.6.
- [7] W. Agwil, I. R. Hg, and H. Yozza, "Prediksi Luas Area Kebakaran Hutan Berdasarkan Data Meteorologi Dengan Menggunakan Pendekatan Multivariate Adaptive Regression Splines," vol. 1, no. 1.
- [8] Kutner, M.H., Nachtsheim, C.J. and Neter, J. (2004) Applied Linear Regression Models. 4th Edition, McGraw-Hill/ Irwin, Chicago.
- [9] Draper, N. R., & Smith, H. (1998). Applied regression analysis (3rd ed.). New York: John Wiley & Sons, Inc.
- [10] Makridakis, S. G., Wheelwright, S. C., & Hyndman, R. J. (1997). Forecasting : Methods and applications. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.