

PREDIKSI KELEMBAPAN TANAH PADA TINGKAT KECAMATAN DI WILAYAH BOGOR DENGAN METODE CNN LSTM

Mitchell Ryu Sopany¹, Dyah Erny Herwindiati², Janson Hendryli³

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

E-mail: ¹mitchell.535180039@stu.untar.ac.id, ²dyahh@fti.untar.ac.id, ³jansonh@fti.untar.ac.id

Abstrak

Kelembapan tanah pada kecamatan di wilayah Bogor perlu diperhatikan sebagai acuan sumber air bersih untuk mencukupi kebutuhan air bersih yang tinggi di wilayah Jakarta. Aplikasi prediksi kelembapan tanah dibuat menggunakan bahasa pemrograman Python dengan metode CNN LSTM bertujuan untuk memprediksi kelembapan tanah pada tingkat kecamatan wilayah Bogor dalam kelompok kelembapan tanah tinggi, kelembapan tanah rendah, dan kering menggunakan data citra satelit Landsat 8. Citra satelit Landsat 8 dilakukan preprocessing dengan transformasi menjadi bernilai 8 bit dan pemotongan tiap kecamatan dalam wilayah Bogor terhadap band 2, 3, 4, 5, 6, dan 7. Prediksi kelembapan tanah dilakukan menggunakan metode CNN LSTM dengan input berupa nilai kelembapan tanah menggunakan nilai NDVI citra satelit Landsat 8. Output berupa citra prediksi kelembapan tanah yang dikelompokkan pada kelembapan tanah tinggi, kelembapan tanah rendah, dan kering. Hasil penelitian menunjukkan model prediksi kelembapan tanah memiliki nilai rata-rata R2 Score 0.7422, MAE 0.0798, dan MSE 0.0416 sehingga model dapat memprediksi kelembapan tanah dengan baik.

Kata kunci--- CNN LSTM, Kelembapan Tanah, Landsat 8, NDVI, Prediksi

Abstract

Soil Moisture in Bogor District is important to be noticed as a clean water source to adequate high demand of clean water in Jakarta Province. Soil moisture forecasting application is made using Python programming language with CNN LSTM method to forecast soil moisture in Bogor District and classified the result into high soil moisture, low soil moisture, and dry using Landsat 8 satellite image. Landsat 8 satellite image will go through preprocessing step by transforming into 8 bit value and split into each Bogor District for band 2, 3, 4, 5, 6, and 7. Soil moisture forecasting is performed by CNN LSTM Method with soil moisture value processed from Landsat 8 satellite image NDVI value as the input. Output of application is soil moisture prediction that have gone through classification into high soil moisture, low soil moisture, and dry. The result is model have an average accuracy value of R2 Score 0.7422, MAE 0.0798, and MSE 0.0416 therefore the model is good to forecast the soil moisture.

Keywords--- CNN LSTM, Forecast, Landsat 8, NDVI, Soil Moisture

1. PENDAHULUAN

Air bersih merupakan kebutuhan manusia dalam bertahan hidup, salah satu sumber air bersih merupakan dari air tanah, sehingga air tanah sangat penting perannya dengan jumlah 1% dari keseluruhan air bumi [1]. Kebutuhan air bersih terutama pada daerah DKI Jakarta menjadi

masalah karena potensi air tanah yang rendah tetapi pemakaian dan penyedotan air tanah dilakukan secara berlebihan oleh masyarakat Jakarta. Usaha untuk memenuhi kebutuhan air bersih Jakarta dilakukan dengan menggunakan daerah Bogor yang menjadi sumber air bersih yang berasal dari gunung Salak dan mengalir sampai di Jakarta. Air tanah dihubungkan dengan kelembapan tanah untuk mengukur banyaknya air tanah pada suatu daerah. Kelembapan tanah didapatkan melalui rumus dengan nilai *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) yang dapat dihitung menggunakan citra satelit Landsat 8 pada band 4 dan band 5.

Data berupa citra satelit Landsat 8 diproses terlebih dahulu dengan tahap *preprocessing* yaitu melakukan *transformasi* nilai menjadi 8 bit, dan melakukan *cropping* citra sesuai dengan kecamatan. Prediksi kelembapan tanah pada daerah Bogor dilakukan menggunakan metode *Convolutional Neural Networks Long Short-Term Memory* (CNN LSTM) untuk mempelajari fitur dari beberapa bulan terakhir, dan menghasilkan prediksi tingkat kelembapan tanah pada daerah Bogor di tingkat kecamatan. Pada penelitian ini dilakukan prediksi kelembapan tanah pada tingkat kecamatan di daerah Bogor menggunakan nilai kelembapan tanah yang didapatkan dengan NDVI pada citra hasil *preprocessing*, dan dengan menggunakan metode CNN LSTM.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Sistem Rancangan

Sistem prediksi kelembapan tanah pada tingkat kecamatan di wilayah Bogor dirancang untuk melakukan prediksi kelembapan tanah pada setiap kecamatan didalam wilayah Bogor menggunakan citra satelit Landsat 8 band 2, 3, 4, 5, 6, dan 7 sebagai input sistem. Sistem melakukan pelatihan dan pengujian menggunakan data citra satelit dengan metode CNN LSTM dalam melakukan prediksi kelembapan tanah pada urutan data berikutnya. Output dari sistem berupa citra hasil prediksi kelembapan tanah yang diklasifikasikan menjadi 3 kelompok utama, yaitu kelembapan tanah tinggi untuk daerah dengan nilai prediksi kelembapan tanah 60% ~ 100%, kelembapan tanah rendah untuk daerah dengan nilai prediksi kelembapan tanah 20% ~ 60%, dan kering untuk daerah dengan nilai prediksi kelembapan tanah 0% ~ 20%.

Citra input merupakan citra satelit Landsat 8 yang didapatkan melalui website *United States Geological Survey* melalui link <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Citra satelit Landsat 8 terdiri dari 11 Band dengan panjang *wavelength* rekaman yang berbeda-beda [2], dalam penelitian ini digunakan Band 2, 3, 4, 5, 6, dan 7 untuk dimasukkan pada sistem. Citra satelit Landsat 8 memiliki rentang nilai 16 bit pada masing-masing piksel yang mewakili daerah dengan ukuran 30 meter x 30 meter. Citra satelit Landsat 8 dilakukan tahap *preprocessing* terlebih dahulu untuk dapat dimasukkan ke dalam sistem. Tahap *preprocessing* pada citra satelit Landsat 8 adalah transformasi nilai 16 bit menjadi 8 bit, sehingga citra dapat dibaca dan digunakan dalam menghitung nilai NDVI, dan pemotongan citra menjadi kecamatan pada wilayah Bogor menggunakan *shapefile* sehingga pembelajaran, pengujian, dan prediksi dapat dilakukan terhadap kecamatan pilihan.

2.2. Landsat 8

Landsat 8 adalah satelit yang diluncurkan pada program Landsat untuk mengambil citra bumi dari luar angkasa. Program Landsat disebut juga *Earth Resources Observation Satellites Program* dan dimulai pada tahun 1966 dengan satelit pertamanya yang berhasil diluncurkan pada 1972. Landsat 8 merupakan satelit ke-8 yang diluncurkan pada Februari 2013. Pengambilan citra bumi dilakukan dengan *cycle* orbit bumi selama 16 hari dengan menggunakan instrumen OLI untuk menangkap *Band* 1 – 9, dan TIRS untuk *Band* 10 dan 11. Keterangan pada setiap *Band* yang diambil dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Spesifikasi *Band* Landsat 8

Bands	Wavelength (micrometers)	Resolution (meters)
Band 1 – Visible	0.43 – 0.45	30
Band 2 – Visible	0.45 – 0.51	30
Band 3 – Visible	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	10.6 – 11.19	100
Band 11 – TIRS 2	11.5 – 12.51	100

2.3. NDVI

Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) merupakan satuan dalam mengukur konsentrasi vegetasi hijau yang tersebar di permukaan bumi. NDVI memiliki nilai dinataranya -1 sampai dengan +1 dan dihitung dengan menggunakan *Band near-infrared* dan *Band red* pada citra satelit. Citra satelit Landsat 8 memiliki *Band near-infrared* pada Band 5, dan *Band red* pada Band 4. Rumus menghitung NDVI dengan menggunakan citra satelit Landsat 8 adalah sebagai berikut:

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

Keterangan:

NIR = Citra Band 5 pada Landsat 8

Red = Citra Band 4 pada Landsat 8

Nilai NDVI dapat dibagi menjadi beberapa kelompok berdasarkan nilainya, nilai < 0.2 dikelompokkan dalam area bebatuan, berpasir, atau salju, nilai 0.2 sampai 0.5 merupakan area ladang, sawah, dan padang hijau, dan nilai ≥ 0.6 merupakan area hutan [3].

2.4. Kelembapan Tanah

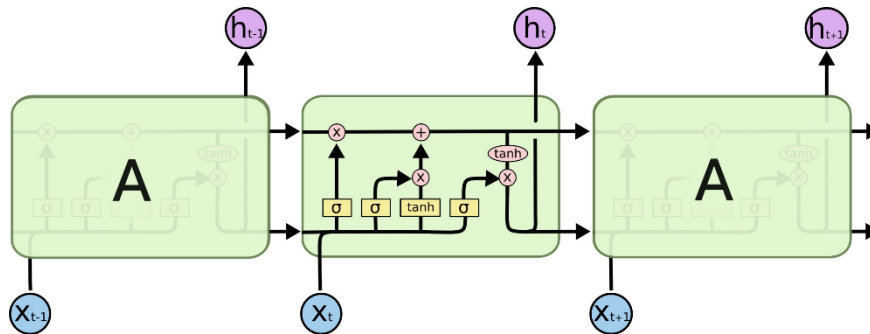
Kelembapan tanah merupakan banyaknya air yang terkandung di dalam pori-pori tanah baik sebagian atau seluruhnya. Kelembapan tanah sifatnya sangat dinamis karena penguapan melalui permukaan tanah, transpirasi, dan perkolasi [4]. Kelembapan tanah digunakan untuk mengukur tingkat air tanah pada suatu daerah, dengan jarak nilai antara 0% sampai 100%.

Korelasi antara lahan hijau dengan keberadaan sumber daya air memiliki nilai 0.73 yang tergolong kedalam korelasi positif kuat [5]. Perhitungan nilai kelembapan tanah menggunakan NDVI dengan nilai korelasi antara lahan hijau dengan keberadaan sumber daya air sehingga sistem dapat melakukan prediksi kelembapan tanah.

2.5. CNN LSTM

Convolutional Neural Network (CNN) merupakan kelas di dalam *Artificial Neural Network*. CNN menggunakan operasi matematika *convolution* dalam jaringannya. CNN bekerja dengan memakai proses konvolusi dan filter berukuran tertentu terhadap sebuah gambar atau citra [6]. Arsitektur CNN terdiri dari 4 lapisan yaitu *Convolution*, *ReLU*, *Pooling*, dan *Fully Connected Layer*.

Long Short-Term Memory networks (LSTM) merupakan arsitektur Recurrent Neural Networks (RNN) yang mampu mempelajari *long-term dependencies*. LSTM dibuat untuk mengatasi masalah memori jangka lama di dalam RNN. LSTM memiliki 4 lapisan didalam 1 modul yang saling berinteraksi [7]. Lapisan pada LSTM adalah *forget gate*, *input gate*, *cell input*, dan *output gate*. Struktur model LSTM dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Struktur Model LSTM

CNN LSTM adalah struktur gabungan antara CNN dan LSTM yang digunakan dalam penelitian ini. CNN digunakan berdampingan dengan LSTM untuk proses membaca citra dan pembelajaran fitur dari setiap piksel sehingga data citra yang diambil 16 hari sekali melalui Landsat 8 dapat mudah dibaca dan dipelajari oleh LSTM untuk menyimpan memori yang penting dari *pattern* yang muncul. CNN digunakan sebagai input sistem pertama kali, kemudian membaca *sub-sequence* dari *time step* sistem, kemudian output yang dihasilkan dimasukkan ke dalam LSTM untuk dibaca dan dipelajari *long-term dependencies* yang dimiliki pada setiap sekuens data.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil

Hasil dari penelitian ini akan dibahas menjadi beberapa bagian, yang terdiri dari data yang dipakai, daerah yang dipakai, sistem yang dibuat dan hasil prediksi sistem.

3.1.1. Data

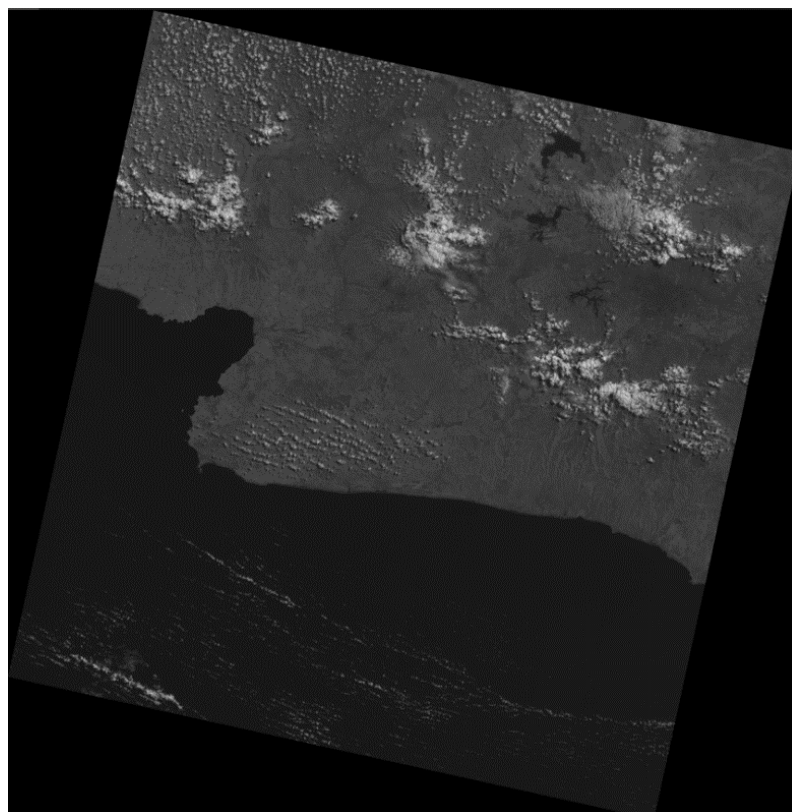
Data dalam penelitian ini adalah citra satelit Landsat 8 pada wilayah Bogor yang terdiri dari 40 kecamatan dan 1 kota Bogor. Data didapatkan melalui pembuatan akun dan pengunduhan citra satelit Landsat 8 melalui website <https://earthexplorer.usgs.gov/> dengan format data TIF. data yang diambil merupakan kumpulan citra satelit Landsat 8 pada Tahun 2018 dimulai dari Januari sampai dengan Desember. Berdasarkan data yang diperoleh, terdapat banyak citra yang tertutup awan dan menghasilkan citra yang tidak bisa dipakai sehingga citra - citra tersebut dipisahkan dan tidak dipakai. Daftar tanggal citra yang dipakai dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Data Citra Penelitian

File	Tanggal
LC08_L1TP_122065_20180316_20200901_02_T1	16-03-2018
LC08_L1TP_122065_20180401_20200901_02_T1	01-04-2018
LC08_L1TP_122065_20180417_20201015_02_T1	17-04-2018
LC08_L1TP_122065_20180519_20200901_02_T1	19-05-2018
LC08_L1TP_122065_20180604_20200831_02_T1	04-06-2018

File	Tanggal
LC08_L1TP_122065_20180620_20200831_02_T1	20-06-2018
LC08_L1TP_122065_20180706_20200831_02_T1	06-07-2018
LC08_L1TP_122065_20180722_20200831_02_T1	22-07-2018
LC08_L1TP_122065_20180807_20200831_02_T1	07-08-2018
LC08_L1TP_122065_20180823_20200831_02_T1	23-08-2018
LC08_L1TP_122065_20180908_20200830_02_T1	08-09-2018
LC08_L1TP_122065_20180924_20200830_02_T1	24-09-2018
LC08_L1TP_122065_20181010_20200830_02_T1	10-10-2018
LC08_L1TP_122065_20181026_20200830_02_T1	26-10-2018
LC08_L1TP_122065_20181111_20200830_02_T1	11-11-2018
LC08_L1TP_122065_20181127_20200830_02_T1	27-11-2018
LC08_L1TP_122065_20181213_20200830_02_T1	13-12-2018
LC08_L1TP_122065_20181229_20200830_02_T1	29-12-2018

Citra yang digunakan terdiri dari *Band* 2, 3, 4, 5, 6, dan 7, yang selanjutnya melalui tahap *preprocessing* untuk transformasi nilai piksel 16 bit menjadi 8 bit dan pemotongan citra ke dalam wilayah Bogor. Tampilan citra satelit Landsat 8 sebelum tahap *preprocessing* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Citra Satelit Landsat 8

3.1.2. Daerah

Daerah yang digunakan dalam penelitian ini adalah wilayah Bogor yang terdiri dari 40 kecamatan dan 1 kota Bogor didalamnya. Bogor digunakan sebagai daerah yang memiliki hubungan dengan Daerah Aliran Sungai (DAS) yang mengalir dari gunung Salak, dan bermuara di Jakarta. Keterangan setiap kecamatan dan kota pada wilayah Bogor yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Data Daerah Penelitian Bogor

No.	Kecamatan Atau Kota	Luas Wilayah (km ²)	Ukuran Piksel Citra
1	Babakan Madang	43.76	264171
2	Bojong Gede	28.34	60060
3	Caringin	47.16	191026
4	Cariu	170.17	171387
5	Ciampea	33.04	74258
6	Ciawi	77.55	219705
7	Cibinong	46.62	99572
8	Cibungbulang	38.45	88928
9	Cigombong	96.07	210056
10	Cigudeg	177.61	357072
11	Cijeruk	47.92	77938
12	Cileungsi	133.31	152028
13	Ciomas	18.65	50052
14	Cisarua	47.07	180450
15	Ciseng	41.29	97090
16	Citeureup	68.81	124527
17	Dramaga	25.29	54405
18	Gunung Putri	60.87	247112
19	Gunung Sindur	49.39	71810
20	Jasinga	144.54	276540
21	Jonggol	158.86	333350
22	Kemang	33.61	90072
23	Klapa Nunggal	70.57	191296
24	Leuwiliang	91.03	250470
25	Leuwisadeng	35.4	71120
26	Megamendung	73.97	189244
27	Nanggung	159.3	362400
28	Pamijahan	124.86	299728
29	Parung	25.74	56250
30	Parung Panjang	71.34	117000
31	Ranca Bungur	22.67	47360
32	Rumpin	136.84	270686
33	Sukajaya	156.18	269739
34	Sukamakmur	92.38	430255
35	Sukaraja	62.43	230384
36	Tajur Halang	30.78	52324
37	Tamansari	34.32	95228
38	Tanjungsari	85.43	250920
39	Tenjo	83.22	230972
40	Tenjolaya	41.35	84812
41	Kota Bogor	118.5	259374
Total		3104.7	7251171

Citra satelit Landsat 8 *Band* 2, 3, 4, 5, 6, dan 7, masing-masing dipotong menggunakan *shapefile* yang didapatkan melalui bantuan narasumber pihak Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT).

3.1.3. Hasil Sistem

Sistem dibuat dengan bahasa pemrograman Python dan *Library* Keras. Sistem dimulai dengan menggunakan CNN yang dibagi menjadi Conv1D dengan *filter* bernilai 16 dan *kernel size* bernilai 1, kemudian MaxPooling1d dengan *pool size* bernilai 2, dan Flatten. Sistem kemudian

ditambahkan LSTM yang terdiri dari *layer* LSTM dengan unit sebanyak 64, dan *layer* Dense untuk menghasilkan 1 nilai prediksi pada 1 piksel citra. Struktur sistem yang dibuat dapat dilihat pada Tabel 4.

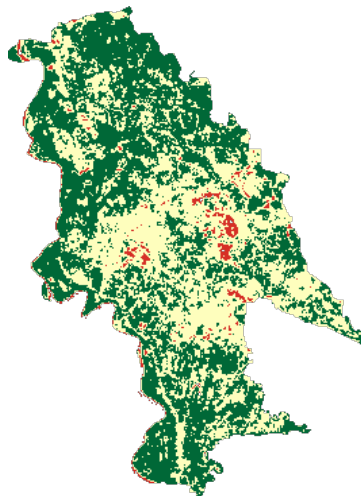
Tabel 4 Struktur Sistem Prediksi

Layer (type)	Output Shape	Param #
time_distributed (TimeDistri	(None, None, 2, 16)	32
time_distributed_1 (TimeDist	(None, None, 1, 16)	0
time_distributed_2 (TimeDist	(None, None, 16)	0
lstm (LSTM)	(None, 64)	20736
dense (Dense)	(None, 1)	65
Total params: 20,833		
Trainable params: 20,833		
Non-trainable params: 0		

Sistem melakukan pembelajaran dengan panjang step 8 dan *batch size* 64 selama 5 *epoch* untuk keseluruhan model yang akan memprediksi setiap wilayah di Bogor.

3.1.4. Hasil Prediksi

Sistem dengan menggunakan keseluruhan sekuens data citra satelit Landsat 8 pada kecamatan Rumpin menghasilkan model yang dapat melakukan prediksi kelembapan tanah. Hasil citra prediksi kelembapan tanah dievaluasi dengan citra sebenarnya yang diproses menjadi nilai kelembapan tanah dan dihitung nilai R2 Score, *Mean Absolute Error* (MAE), dan *Mean Squared Error* (MSE). Evaluasi dilakukan terhadap seluruh kecamatan dengan melakukan prediksi pada tanggal 13 Desember 2018 karena citranya yang tidak didominasi dengan awan pada beberapa kecamatan. contoh hasil citra prediksi dapat dilihat pada Gambar 3. Hasil Evaluasi setiap kecamatan dan kota dapat dilihat pada Tabel 5.



Gambar 3 Citra Prediksi Kelembapan Tanah Kecamatan Ciseng

Tabel 5 Hasil Evaluasi Sistem

No.	Kecamatan Atau Kota	R2 Score	MAE	MSE
1	Babakan Madang	0,666446	0,121834	0,063043
2	Bojong Gede	0,791527	0,045445	0,02147
3	Caringin	0,646858	0,100222	0,050717
4	Cariu	0,543606	0,129739	0,06502
5	Ciampea	0,878545	0,043958	0,021689
6	Ciawi	0,673986	0,061485	0,031649
7	Cibinong	0,738247	0,062126	0,029476
8	Cibungbulang	0,887312	0,04384	0,021665
9	Cigombong	0,540204	0,063282	0,033674
10	Cigudeg	0,680943	0,132024	0,071819
11	Cijeruk	0,678095	0,115464	0,055934
12	Cileungsi	0,809426	0,050585	0,023871
13	Ciomas	0,873943	0,033547	0,015992
14	Cisarua	0,287167	0,109556	0,065807
15	Ciseng	0,867528	0,051038	0,025099
16	Citeureup	0,726411	0,108129	0,053742
17	Dramaga	0,896759	0,040309	0,019946
18	Gunung Putri	0,760234	0,041212	0,019753
19	Gunung Sindur	0,795151	0,069508	0,03495
20	Jasinga	0,875123	0,056739	0,029159
21	Jonggol	0,829333	0,056923	0,028476
22	Kemang	0,868301	0,048048	0,024052
23	Klapa Nunggal	0,749189	0,084725	0,04675
24	Leuwiliang	0,796177	0,06441	0,038844
25	Leuwisadeng	0,83584	0,064826	0,034564
26	Megamendung	0,609166	0,119157	0,065373
27	Nanggung	0,54195	0,129966	0,078574
28	Pamijahan	0,710618	0,107806	0,05652
29	Parung	0,846146	0,055408	0,02723
30	Parung Panjang	0,767052	0,092483	0,045525
31	Ranca Bungur	0,900898	0,042965	0,021459
32	Rumpin	0,883248	0,047854	0,02589
33	Sukajaya	0,404449	0,213476	0,120065
34	Sukamakmur	0,652004	0,121565	0,065124
35	Sukaraja	0,852907	0,034571	0,017039
36	Tajur Halang	0,760448	0,083621	0,041376
37	Tamansari	0,808127	0,070435	0,034117
38	Tanjungsari	0,605	0,138897	0,073485
39	Tenjo	0,812077	0,075445	0,037943
40	Tenjolaya	0,758771	0,094603	0,046844
41	Kota Bogor	0,824835	0,046135	0,021919
Rata- rata		0,742294	0,079838	0,041601

3.2. Pembahasan

Hasil sistem prediksi kelembapan yang dibuat dengan wilayah Bogor pada tingkat kecamatan memiliki hasil prediksi yang dapat dipercaya dengan tingkat kepercayaan R2 Score rata-rata pada 0,7422. Hasil evaluasi sistem prediksi juga menghasilkan rata-rata nilai MAE sebesar 0,0798 yang berarti kesalahan tebakan nilai tebakan atas setiap piksel kelembapan tanah berkisaran sekitar 7,98% dari skala 0% sampai 100%. Hasil evaluasi sistem terakhir memiliki rata-rata nilai MSE sebesar 0,0416 dengan arti kesalahan dengan nilai asli jarak kuadratnya adalah kurang lebih 0,0416 dari nilai sesungguhnya.

Hasil Evaluasi memiliki nilai maksimum pada R2 Score sebesar 0.9 pada kecamatan Ranca Bungur, dan nilai minimum pada R2 Score sebesar 0.29 pada kecamatan Cisarua. Hasil observasi data menunjukkan bahwa citra kecamatan Bungur dalam prediksi dan evaluasi memiliki jumlah awan yang bervolume kecil dan jarang ditemukan pada *sekuens* data sehingga hasil evaluasi yang dimilikinya tinggi. Hasil observasi data terhadap kecamatan Cisarua menunjukkan bahwa citra prediksi dan evaluasi, didominasi dengan awan yang padat pada sebagian besar sekuens data sehingga awan menutupi permukaan bumi dan menghasilkan hasil evaluasi yang kurang baik.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan pada penelitian ini adalah sistem prediksi kelembapan tanah dengan metode CNN LSTM dapat melakukan prediksi kelembapan tanah yang baik dengan nilai akurasi R2 Score rata-rata 0.7422. kelebihan yang dimiliki merupakan kecepatan proses pelatihan sampai prediksi dengan hasil yang baik dalam waktu yang cukup singkat menggunakan data yang tersedia secara publik melalui USGS. Kekurangan yang ada merupakan data citra yang tertutup awan sehingga data citra menjadi tidak lengkap dan membatasi proses pembelajaran dalam *sekuens* data karena kebenaran dan kelengkapan pembacaan citra yang tidak 100%.

Pengembangan selanjutnya dapat dilakukan dengan melengkapi dataset citra dan memperbaiki citra tertutup awan untuk meningkatkan kepercayaan dan hasil yang dibawakan oleh model. Meningkatkan model prediksi dengan mencoba konfigurasi model yang lain dan menggunakan metode lain dalam pembuatan model.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Darwis, H., 2018, *Pengelolaan Air Tanah*, Pena Indis, Yogyakarta.
- [2] Landsat Missions, 2013, Landsat 8, <https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-8>, diakses tanggal 13 Desember 2021.
- [3] Brown, Jesslyn, 2018, NDVI, the Foundation for Remote Sensing Phenology, <https://www.usgs.gov/special-topics/remote-sensing-phenology/science/ndvi-foundation-remote-sensing-phenology>, diakses tanggal 13 Desember 2021.
- [4] Caesar, P. Y., Isnawaty, A., Fid, 2016, Rancang bangun Prototype System Monitoring Kelembapan Tanah Melalui SMS Berdasarkan Hasil Penyiraman Tanaman “Studi Kasus Tanaman Cabai dan Tomat”, *Semantik*, No.1, Vol.2, Hal 97-110.
- [5] Aristiwijaya, Bayu, 2015, Identifikasi Potensi Sumber Air Dengan Citra Satelit Landsat 8 dan Sistem Informasi Geografis (Studi Kasus: Kabupaten Bojonegoro), Skripsi, Jurusan Teknik Geomatika, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- [6] Huang, Shih-Chia, Le, Trung-Hieu, 2021, *Principles and Labs for Deep Learning*, Academic Press, London.
- [7] DiPietro, Robert, Hager, Gregory D., 2020, *Handbook of Medical Image Computing and Computer Assisted Intervention*, Academic Press, London.