



Metode Pengukuran Cepat Kandungan Nutrisi Tanaman Kelapa Sawit dengan Metode Penginderaan Jauh dan Kecerdasan Buatan

Michael Hadisaputra Ariyanto¹, Kestriilia Rega Prilianti¹, Hendry Setiawan¹, Prasetyo Mimboro²

¹Program Studi Teknik Informatika, Universitas Ma Chung, Villa Puncak Tidak N-01

²PT Perkebunan Nusantara IV

e-mail: kestrilia.rega@machung.ac.id¹

ABSTRAK

Kata Kunci:

Artificial Neural Network
Kelapa Sawit
NPK
Penginderaan Jauh
Drone
Satelit

Kelapa Sawit merupakan komoditas perkebunan yang penting untuk mendukung perekonomian domestik Indonesia. Kelapa sawit merupakan salah satu komoditas ekspor yang potensial untuk Indonesia. Oleh karena itu tanaman kelapa sawit harus mempunyai kualitas yang tinggi disamping dengan produktivitas yang baik dan pengelolaan yang efisien. Prediksi nutrisi tanaman kelapa sawit dapat dilakukan secara efisien dengan memanfaatkan teknologi penginderaan jauh menggunakan citra multispektral. Pada penelitian ini dikembangkan sistem prediksi kandungan nutrisi tanaman kelapa sawit untuk unsur Nitrogen (N), Fosfat (P) dan Kalium (K). Citra multispektral yang digunakan diperoleh melalui *drone* dan satelit sentinel-2. Sistem dikembangkan dengan mereapkan metode *Artificial Neural Network* (ANN). Data masukan adalah indeks vegetasi NDVI, nilai RGB dan nilai reflektansi pada 10 band citra satelit. Hasil prediksi dievaluasi dengan menggunakan *Mean Absolute Error*. Berdasarkan hasil eksperimen, didapatkan model ANN dapat melakukan prediksi Nitrogen dengan hasil MAE sebesar 0.0528%. Sedangkan Fosfat didapatkan hasil MAE sebesar 0.0223%. Untuk Kalium didapatkan hasil MAE sebesar 0.0667%.

ABSTRACT

Keyword:

Artificial Neural Network
Kjeldahl Method
UAV
Satellite

Palm oil is an important plantation commodity to support Indonesia's domestic economy. Palm oil is one of the potential export commodities for Indonesia. Therefore, oil palm plants must have high quality in addition to good productivity and efficient management. Prediction of oil palm plant nutrition can be done efficiently by utilizing remote sensing technology using multispectral imagery. In this study, a prediction system for the nutrient content of oil palm plants was developed for the elements Nitrogen (N), Phosphate (P) and Potassium (K). The multispectral images used were obtained through drones and sentinel-2 satellites. The system was developed by applying the Artificial Neural Network (ANN) method. The input data are NDVI vegetation index, RGB value and reflectance value in 10 satellite image bands. Prediction results are evaluated using Mean Absolute Error. Based on the experimental results, the ANN model can predict Nitrogen with an MAE result of 0.0528%. While Phosphate obtained MAE results of 0.0223%. For potassium, the MAE result is 0.0667%.



PENDAHULUAN

Tanaman kelapa sawit merupakan salah satu komoditas perkebunan yang berperan penting dalam pembangunan ekonomi Indonesia. Indonesia merupakan penghasil kelapa sawit terbesar di dunia, kelapa sawit sendiri telah membuka lapangan pekerjaan bagi 16 juta tenaga kerja. Selain itu tanaman kelapa sawit merupakan komoditas utama dalam ekspor [1]. Volume ekspor dan harga komoditas andalan dari Indonesia sendiri sedang mengalami peningkatan seperti untuk CPO (minyak kelapa sawit) mengalami peningkatan sebesar 6,85%. Kelapa sawit sendiri memiliki sifat tahan oksidasi dan memiliki kemampuan melarutkan bahan kimia yang tidak larut oleh bahan pelarut lainnya. Pada tahun 2018, luas areal perkebunan kelapa sawit sebesar 14,33 juta hektar dengan produksi mencapai 42,9 juta ton. Selanjutnya diperkirakan pada tahun 2019, luas areal perkebunan kelapa sawit meningkat sebesar 1,88 persen menjadi 14,60 juta hektar dengan peningkatan produksi CPO sebesar 12,92 persen menjadi 48,42 juta ton [2].

Hasil produksi yang tinggi merupakan salah satu harapan dari para petani sawit, salah satu cara yang sering digunakan untuk memastikan produksi tinggi yaitu melakukan pemupukan dengan baik. Ketika pemupukan dilakukan dengan baik maka tanaman tersebut dapat menjadi sehat sehingga tanaman tersebut dapat bertahan pada waktu yang cukup lama. Salah satu langkah yang terpenting dalam melakukan pemupukan yaitu mencari tahu nutrisi yang diperlukan bagi tanaman untuk tumbuh. Metode yang efisien untuk mengevaluasi nutrisi dari tanaman dapat dilakukan dengan menggunakan *multispectral satellite imagery* [3]. Oleh karena itu digunakan metode penginderaan jarak jauh untuk melakukan prediksi nutrisi pada tanaman kelapa sawit. Metode penginderaan jarak jauh dipilih karena prediksi ini dapat dilakukan dengan cepat, tidak merusak tanaman kelapa sawit dan hasilnya dapat diperoleh secara *real-time*.

Citra satelit merupakan salah satu citra yang dapat digunakan untuk metode penginderaan jauh. Citra satelit sentinel-2 sangat sering digunakan oleh para peneliti maupun praktisi karena penggunaan citra satelit sentinel-2 tidak dipungut biaya dan dapat diunduh secara terbuka. Satelit Sentinel-2 pertama kali diluncurkan pada tahun 2015 dan merupakan bagian dari *European Space Agency's Copernicus* program yang bekerja sama dengan *European Commission*. Citra Sentinel-2 merupakan citra beresolusi tinggi dengan *swath* yang lebar [4]. Sentinel-2 melakukan pengambilan data pada tempat yang sama setiap 10 hari sekali, Sentinel-2 dapat digunakan untuk melakukan kajian-kajian seperti evaluasi tutupan lahan, vegetasi, tanah dan air. Citra Sentinel-2 direkam pada 13 band spektral.

Unmanned Aerial Vehicle (UAV) seperti *drone* merupakan teknologi yang dapat digunakan untuk pemetaan pada penginderaan jauh yang lazim digunakan saat ini. Teknologi ini memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan teknologi lainnya, seperti lebih murah, sederhana dan dapat berpindah tempat dengan mudah [5]. Dengan kelebihan tersebut maka akan terdapat banyak hal yang



dapat dilakukan dengan menggunakan UAV contohnya pemantauan untuk lokasi yang susah dijangkau (tempat terpencil atau tidak dapat dilewati).

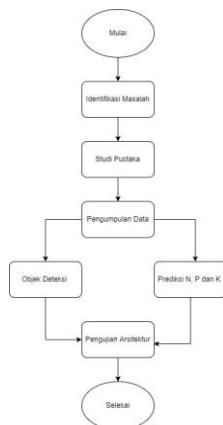
Artificial Neural Network (ANN) atau yang sering disebut Jaringan syaraf tiruan (JST) merupakan suatu sistem pemrosesan informasi dengan karakteristik yang menyerupai sistem saraf pada manusia. ANN biasanya digunakan untuk memecahkan masalah untuk *training* data yang cukup besar. ANN juga dapat melakukan toleransi kesalahan sehingga dapat dilakukan prediksi dengan cukup baik. Metode ANN juga dapat menghubungkan model dengan hubungan yang kompleks antara masukan dan keluaran sehingga dapat ditemukan pola-pola pada data. [5]

Pada penelitian yang dilakukan oleh Kaliana (2018) terungkap bahwa prediksi nutrisi N, P dan K pada daun kelapa sawit menggunakan Satelit Sentinel-2 dengan metode *Multispectral satellite imagery* berhasil dilakukan. Berdasarkan Hasil yang didapatkan dapat disimpulkan bahwa prediksi nutrisi pada daun kelapa sawit N, P dan K menggunakan Sentinel-2 satelit dapat menjadi salah satu alternatif yang lebih cepat, murah dan tidak merusak tanaman dibandingkan dengan analisis menggunakan laboratorium. Pada penelitian terdahulu juga diberikan hasil dari prediksi nutrisi N, P dan K yang diambil secara langsung dari lokasi kelapa sawit yang diprediksi dengan menggunakan laboratorium. Dikarenakan analisis dengan menggunakan laboratorium perlu mengambil sampel dari daun kelapa sawit.

Atas laporan keberhasilan model ANN pada penelitian-penelitian tersebut, maka pada penelitian ini didemonstrasikan prediksi nutrisi tanaman kelapa sawit secara otomatis dengan menggunakan metode ANN pada citra UAV dan citra satelit pada perkebunan sawit PT Perkebunan Nusantara (PTPN) IV.

METODE

Jurnal ini bertujuan untuk mengembangkan arsitektur *Deep Learning* dalam melakukan prediksi nutrisi pada tanaman kelapa sawit menggunakan citra satelit. Alur penelitian dari proyek ini dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Alur Penelitian



Pada penelitian ini dibutuhkan dua perangkat yaitu perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras yang digunakan yaitu Laptop dan Komputer. Sedangkan untuk perangkat lunak yang akan digunakan yaitu *Google colab, Python, Keras dan Tensorflow*.

Penelitian jurnal ini akan menggunakan data yang telah disediakan oleh PT perkebunan Nusantara (PTPN) sebagai salah satu *partner* dari kelompok riset *Precision Agriculture* Universitas Ma Chung. Dataset yang diberikan dari PTPN merupakan dataset yang diambil menggunakan *Drone*. Dataset yang diperoleh berupa citra yang diambil menggunakan *Drone* dari perkebunan milik PTPN. Dataset yang diberikan juga memberikan nilai nutrisi dari tanaman kelapa sawit yang ada. Nutrisi yang diberikan yaitu nutrisi untuk nitrogen, fosfor dan kalium. Nilai independen yang akan digunakan yaitu nilai NDVI, RGB dan citra band satelit, dengan nilai dependen yaitu nilai nutrisi Nitrogen, Fosfor dan Kalium yang nantinya akan diprediksi.

Pihak PTPN Memberikan total 6 citra UAV dari bulan yang berbeda yaitu dari bulan Agustus 2021 hingga bulan Januari 2022. Pengambilan citra UAV berasal dari lokasi yang sama yaitu (Gunung Bayu, Sumatera Utara). Seperti pada tabel 1 berikut.

Tabel 1. Citra UAV dari PTPN

No	Nama File	Bulan	Tahun
1	AFD_IV_08_300M	Agustus	2021
2	AFD_IV_09_300M	September	2021
3	AFD_IV_10_300M	Oktober	2021
4	AFD_IV_11_300M	November	2021
5	AFD_IV_12_300M	Desember	2021
6	AFD_IV_01_300M	Januari	2022

Dataset objek deteksi yang diperoleh dari pihak PTPN juga memiliki data yang dipisah per-blok berdasarkan citra UAV utama. Titik dari kelapa sawit akan dipisah dengan cara membedakan warna titik tanaman kelapa sawit untuk tiap bloknya seperti pada gambar 2 adalah contoh untuk gambar UAV tanaman kelapa sawit pada UAV agustus 2021 dengan titik tanaman kelapa sawit yang dibedakan warna untuk tiap bloknya, tiap blok tanaman kelapa sawit akan disertakan rata-rata nutrisi per blok tanaman kelapa sawit titik tersebut. Total blok tanaman kelapa sawit yang akan digunakan yaitu sebanyak 32 blok.



Gambar 2. Contoh Citra UAV Agustus 2021

Tabel 2. Cuplikan Tabel Nutrisi tanaman kelapa sawit berdasarkan blok

OID_	BLOCK_ID	N	P	K
1	16N	2.59	0.14	0.88
2	16M	2.9	0.151	0.86
3	14AF	2.14	0.141	0.54
4	14AE	2.61	0.15	1.33
5	14AD	2.42	0.14	0.98
6	14AC	2.17	0.159	1.4
7	13O	3.17	0.146	1.38
8	13N	2.62	0.146	0.99
9	13M	3.18	0.162	0.97
10	13L	2.54	0.141	0.69

Tabel 2 berisi tentang data nutrisi tanaman kelapa sawit N, P dan K pada tanaman kelapa sawit berdasarkan citra UAV yang didapatkan. Data tersebut akan digabungkan dengan data indeks vegetasi NDVI, citra RGB dan nilai reflektansi band Satelit sentinel-2.

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

Tabel 3. Cuplikan Tabel NDVI dengan Nutrisi tanaman kelapa sawit

OID_	BLOCK_ID	NDVI	N	P	K
1	16N	0.730685	2.59	0.14	0.88
2	16M	0.749342	2.9	0.151	0.86
3	14AF	0.767715	2.14	0.141	0.54
4	14AE	0.773735	2.61	0.15	1.33
5	14AD	0.74757	2.42	0.14	0.98
6	14AC	0.771719	2.17	0.159	1.4
7	13O	0.781965	3.17	0.146	1.38
8	13N	0.785627	2.62	0.146	0.99
9	13M	0.787679	3.18	0.162	0.97
10	13L	0.766165	2.54	0.141	0.69



Tabel 3 merupakan data nutrisi tanaman kelapa sawit yang telah digabungkan dengan hasil perhitungan NDVI dari citra UAV dan citra satelit sentinel-2. Data NDVI yang diambil merupakan data rata-rata dari semua titik tanaman kelapa sawit berdasarkan blok tersebut.

Tabel 4. Cuplikan Tabel RGB dengan Nutrisi tanaman kelapa sawit

OID_	BLOCK_ID	Red	Green	Blue	N	P	K
1	16N	104.79717	119.09954	91.744329	2.59	0.14	0.88
2	16M	94.657127	113.58867	83.735187	2.9	0.151	0.86
3	14AF	89.89415	110.18986	89.397617	2.14	0.141	0.54
4	14AE	91.035371	112.22064	89.452779	2.61	0.15	1.33
5	14AD	88.496424	106.75338	86.128639	2.42	0.14	0.98
6	14AC	83.897854	104.20621	82.812657	2.17	0.159	1.4
7	13O	96.471872	117.31624	88.416887	3.17	0.146	1.38
8	13N	95.812817	117.27315	91.20516	2.62	0.146	0.99
9	13M	95.771572	118.04362	94.744321	3.18	0.162	0.97
10	13L	93.85893	114.48737	87.681055	2.54	0.141	0.69

Tabel 4 merupakan data nutrisi tanaman kelapa sawit yang telah digabungkan dengan hasil perhitungan RGB dari citra UAV. Data RGB yang diambil merupakan data rata-rata dari semua titik tanaman kelapa sawit berdasarkan blok tersebut.

Tabel 5. Cuplikan Tabel Satelit Sentinel-2 dengan Nutrisi tanaman kelapa sawit

OID_	BLOCK_ID	Band 1	Band 2	...	Band 11	Band 12	N	P	K
1	16P	1085.51	829.46	...	1896.69	765.01	1.72	0.14	0.72
2	00C	1099.23	855.57	...	2077.47	880.78	1.99	0.14	0.75
3	00D	1098.86	845.09	...	2064.63	871.65	2.81	0.16	0.88
4	05I	1097.59	828.8	...	1970.45	821.45	2.71	0.15	0.81
5	05J	1076.65	819	...	1907.15	776.32	2.55	0.15	0.76
6	05X	1075.41	815.22	...	1947.64	802.74	2.82	0.15	0.83
7	06F	1060.15	799.8	...	1824.33	776.29	2.37	0.15	0.76
8	06H	1041.37	771.2	...	1617.15	624.86	2.42	0.15	0.76
9	06I + 06L	1049.27	777.65	...	1624.97	624.51	2.51	0.15	1
10	06M	1030.37	758.69	...	1473.69	537.38	2.9	0.16	0.76

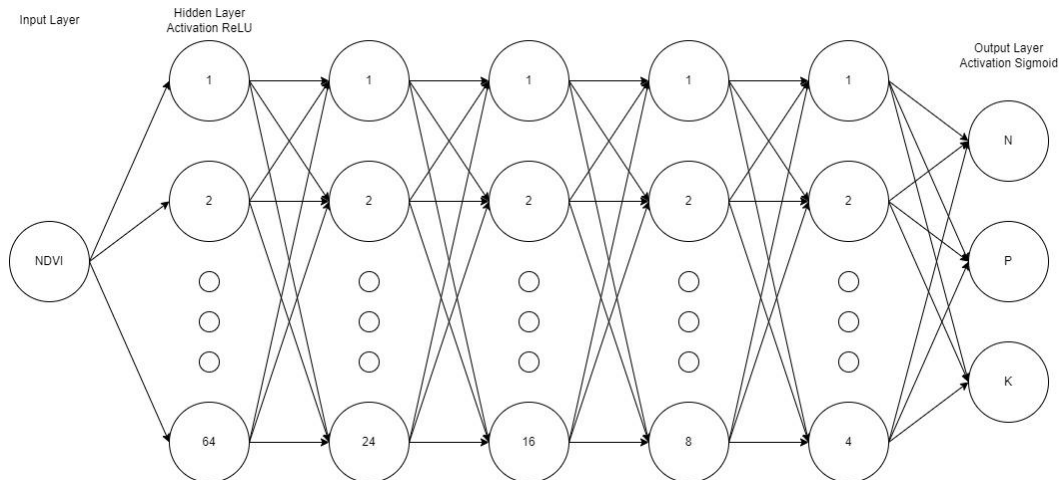
Tabel 5 merupakan data nutrisi tanaman kelapa sawit yang telah digabungkan dengan hasil perhitungan Reflektansi Satelit Sentinel-2 dari citra Satelit. Data Reflektansi Satelit Sentinel-2 yang diambil merupakan data rata-rata dari semua titik tanaman kelapa sawit berdasarkan blok tersebut.

Metric Error merupakan tingkat kesalahan dari hasil yang didapatkan untuk mengukur kesalahan hasil prediksi pada bagian *Deep Learning*. Contoh *metric error* yang akan digunakan yaitu *Mean Square Error (MSE)* dan *Mean Absolute Error (MAE)* merupakan nilai yang merepresentasikan hasil dari rata-rata kesalahan absolut antara hasil prediksi dan hasil sebenarnya. Perbedaan dari keduanya yaitu *Mean Square Error(MSE)* merupakan varian ditambahkan dengan kuadrat dari bias. *Mean Square Error(MSE)* dan *Mean Absolute Error(MAE)* akan lebih baik apabila nilai yang didapatkan mendekati nilai 0. *Mean Absolute Error(MAE)* lebih intuitif dalam memberikan rata-rata error keseluruhan data sedangkan *Mean Square Error(MSE)* lebih cocok untuk melihat seberapa konsisten model yang dibangun. MAE akan digunakan dalam menghitung akurasi prediksi model ANN yang dihasilkan sedangkan MSE akan digunakan untuk menghitung *loss*.

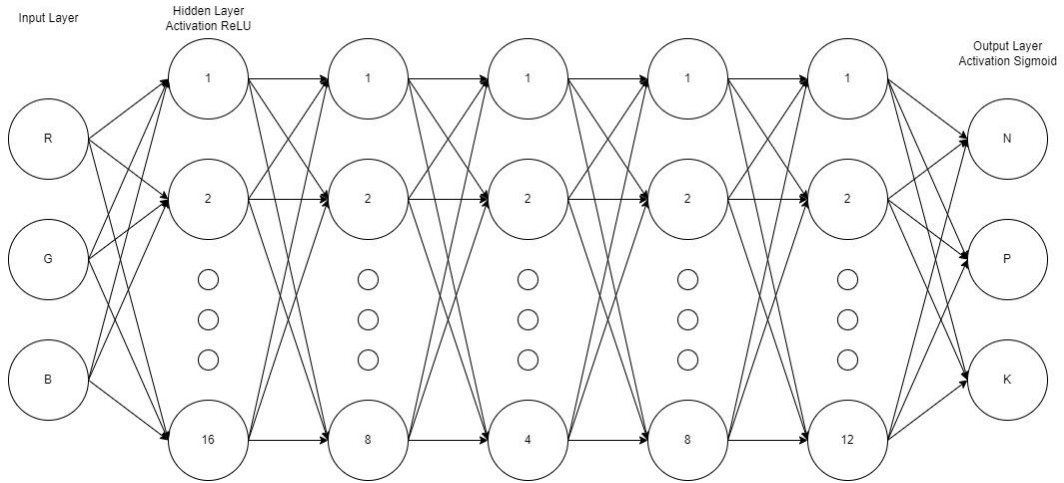
$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |y_i - \hat{y}_i| \quad (2)$$

$$MSE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |y_i - \hat{y}_i|^2 \quad (3)$$

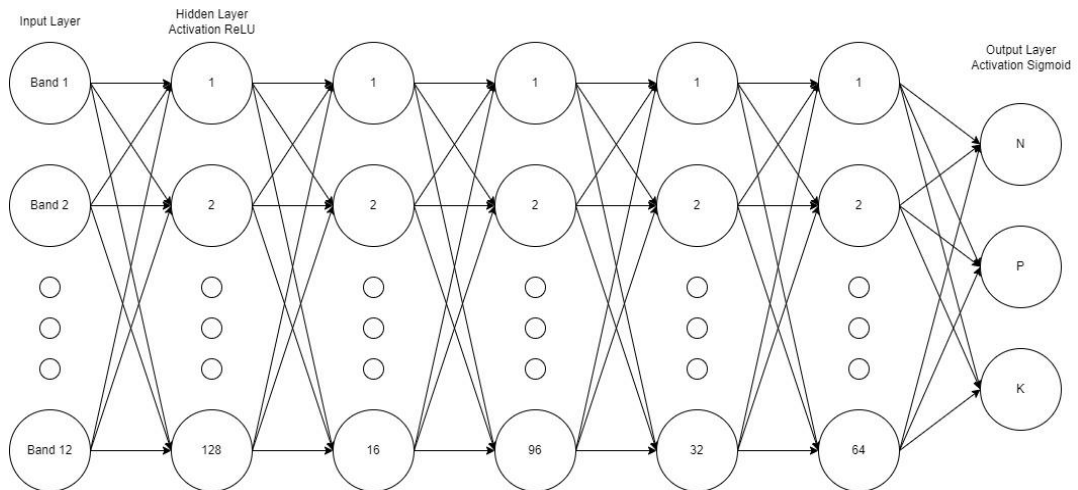
Training arsitektur *Artificial Neural Network* akan dilakukan berbeda untuk tiap percobaan akan dilakukan dengan menggunakan satu *hidden layer* hingga 5 *hidden layer* dengan node yang disesuaikan dengan nilai terbaik dari hasil *training ANN*. Sedangkan untuk *input layer* akan berjumlah 1 pada *input* indeks vegetasi NDVI dengan arsitektur seperti pada gambar 3, 3 pada citra RGB dengan arsitektur seperti pada gambar 4 dan 12 untuk band satelit dengan arsitektur seperti pada gambar 5 sedangkan untuk metrik evaluasi akan menggunakan *Mean Absolute Error* untuk akurasi dan *Mean Squared Error* untuk *Loss*. *Output layer* akan berjumlah 3 yaitu nutrisi N, P dan K. Semua data *input* dan *output* akan dinormalisasi terlebih dahulu sehingga didapatkan *input* dengan range 0-1 dan hasil *output* dengan range 0-1.



Gambar 3. Arsitektur ANN NDVI



Gambar 4. Arsitektur ANN RGB



Gambar 5. Arsitektur ANN band satelit



HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini telah dibuat prediksi nutrisi tanaman kelapa sawit menggunakan ANN dengan tiga *input* yang berbeda yaitu RGB, NDVI dan Satelit. Pada tiap *input* akan dilakukan perhitungan MAE dan MSE untuk 5 jenis hidden layer yang berbeda setelah itu akan dilakukan pengambilan satu hasil MAE terbaik dari tiap *input*.

Tabel 6. Tabel Akurasi Model ANN dengan input RGB

Percobaan	Train	Test	Input Layer	Hidden Layer	Output Layer	MAE
1	90	10	12	1	3	0.0835
2	90	10	12	2	3	0.1369
3	90	10	12	3	3	0.1169
4	90	10	12	4	3	0.2009
5	90	10	12	5	3	0.0855

Berdasarkan hasil yang didapatkan pada percobaan kelima model seperti pada tabel 4 dapat dilihat ketika menggunakan *input* RGB dapat disimpulkan bahwa ANN dengan *input* RGB dapat melakukan prediksi dengan baik. Sedangkan untuk nilai terbaik MAE dan MSE didapatkan pada percobaan ke 4 dengan nilai MAE sebesar 0.0855 dan nilai MSE sebesar 0.0115.

Tabel 7. Tabel Akurasi Model ANN dengan input NDVI

Percobaan	Train	Test	Input Layer	Hidden Layer	Output Layer	MAE
1	90	10	12	1	3	0.0709
2	90	10	12	2	3	0.0582
3	90	10	12	3	3	0.0870
4	90	10	12	4	3	0.0754
5	90	10	12	5	3	0.0568

Berdasarkan hasil yang didapatkan pada percobaan kelima model seperti pada tabel 5 dapat dilihat ketika menggunakan *input* NDVI dapat disimpulkan bahwa ANN dengan *input* NDVI dapat melakukan prediksi dengan baik. Apabila melihat hasil MAE yang didapatkan maka dapat disimpulkan bahwa model percobaan kedua merupakan model percobaan yang terbaik diantara model lainnya dengan nilai MAE sebesar 0.0568 dan nilai MSE sebesar 0.0046.

Tabel 8. Tabel Akurasi Model ANN dengan input band satelit sentinel-2

Percobaan	Train	Test	Input Layer	Hidden Layer	Output Layer	MAE
1	90	10	12	1	3	0.0804
2	90	10	12	2	3	0.0840
3	90	10	12	3	3	0.0803



4	90	10	12	4	3	0.0840
5	90	10	12	5	3	0.0838

Berdasarkan hasil yang didapatkan pada percobaan kelima model seperti pada tabel 6 dapat dilihat ketika menggunakan *input* Band sentinel dapat disimpulkan bahwa ANN dengan *input* band sentinel dapat melakukan prediksi dengan baik. Berdasarkan hasil yang didapatkan maka dapat disimpulkan bahwa data percobaan kelima merupakan data percobaan terbaik dengan nilai MAE sebesar 0.0103 dan MSE sebesar 0.084.

Tabel 9. Tabel Ringkasan Perbandingan Akurasi Seluruh Model ANN yang dikembangkan

Input	Percobaan	MAE		
		Nitrogen	Phospat	Kalium
RGB	1	0.0747	0.0969	0.1365
RGB	2	0.0746	0.0410	0.1419
RGB	3	0.0751	0.0368	0.1385
RGB	4	0.0752	0.0426	0.1377
RGB	5	0.0750	0.0428	0.1392
NDVI	1	0.0866	0.1039	0.1537
NDVI	2	0.0528	0.0223	0.0667
NDVI	3	0.0817	0.0561	0.0682
NDVI	4	0.1297	0.0564	0.1397
NDVI	5	0.0801	0.0303	0.0571
Satelit	1	0.1372	0.0411	0.0678
Satelit	2	0.1407	0.0412	0.0613
Satelit	3	0.1373	0.0411	0.0616
Satelit	4	0.1380	0.0414	0.0696
Satelit	5	0.1488	0.0416	0.0674

Berdasarkan hasil terbaik tiap *Input* dapat disimpulkan bahwa model ANN dengan *input* NDVI dengan proporsi data *train* 90% dan data *test* 10% dengan *hidden layer* sebanyak 5 dan teknik optimasi *adam* merupakan model ANN terbaik dengan nilai MAE sebesar 0.0568 dan MSE sebesar 0.0046 dalam melakukan prediksi nutrisi tanaman kelapa sawit.

SIMPULAN

Telah ditunjukkan metode *Artificial Neural Network* untuk melakukan prediksi nutrisi Nitrogen, Fosfor dan Kalium pada tanaman kelapa sawit dengan menggunakan penginderaan jarak jauh. Model ANN akan menggunakan *optimizer adam* dengan *accuracy Mean Absolute Error* dan *Loss Mean Squared Error*, sedangkan untuk *hidden layer* dan node dari *hidden layer* akan dilakukan *trial and error* untuk mendapatkan hasil terbaik untuk tiap *input* yang digunakan.



Berdasarkan hasil yang didapatkan untuk *input* NDVI terbaik didapatkan MAE untuk nitrogen sebesar 0.0528, sedangkan untuk fosfat sebesar 0.0223 dan untuk Kalium sebesar 0.1385. Untuk *input* RGB terbaik didapatkan MAE untuk nitrogen sebesar 0.0751, sedangkan untuk fosfat sebesar 0.0368 dan untuk Kalium sebesar 0.1385 dan untuk *input* satelit sentinel-2 terbaik didapatkan MAE untuk nitrogen sebesar 0.1373, sedangkan untuk fosfat sebesar 0.0411 dan untuk Kalium sebesar 0.0616. Sehingga dapat disimpulkan bahwa *input* NDVI untuk metode *Artificial Neural Network* merupakan *input* terbaik dalam melakukan prediksi tanaman kelapa sawit menggunakan penginderaan jarak jauh. Dapat disimpulkan juga bahwa metode *Artificial Neural Network* dengan penginderaan jarak jauh dapat melakukan prediksi nutrisi tanaman kelapa sawit

DAFTAR RUJUKAN

- [1] J. H. V. Purba and T. Sipayung, "Perkebunan Kelapa Sawit Indonesia Dalam Perspektif Pembangunan Berkelanjutan," *Masyarakat Indonesia*, vol. 43, no. 1, pp. 81-94, 2017.
- [2] B. P. S. Statistik Kelapa Sawit Indonesia 2019, S. S. T. Perkebunan, Ed., Jakarta: Badan Pusat Statistik, 2019.
- [3] M. Rendana, S. A. Rahim, T. Lihan, W. M. R. Idris and Z. A. Rahman, "A Review of Methods for Detecting Nutrients Stress of Oil Palm in Malaysia," *Journal of Applied Environmental and Biological Sciences*, vol. 5, pp. 60-64, 2015.
- [4] ESA., "Sentinel-2 User Handbook," 2015.
- [5] H. Putra and N. U. Walmi, "Penerapan Prediksi Produksi Padi Menggunakan Artificial Neural Network Algoritma Backpropagation," *JURNAL NASIONAL TEKNOLOGI DAN SISTEM INFORMASI*, vol. 6, no. 2, pp. 100-107, 2020.
- [6] I. Kaliana, K. B. Seminar, Sudrajat and D. I. Rusiawan, "Nutrient Content Prediction of Leaves in Oil Palm Plantation using Sentinel-2 Satellite Imagery," *Smart Agriculture for Environmentally and Consumer Friendly Food Production*, pp. 100-107, 2019.