

STUDI KARAKTERISTIK SOIL DAN IMPLEMENTASI TERHADAP PENERAPAN *MACHINE LEARNING* SEBAGAI PENDEKATAN BARU DALAM EKSPLORASI ENDAPAN RESIDUAL NIKEL LATERIT BLOK Y

STUDY OF SOIL CHARACTERISTICS AND IMPLEMENTATION OF MACHINE LEARNING APPLICATION A NEW APPROACH IN EXPLORATION OF RESIDUAL NICKEL LATERITE DEPOSIT BLOCK Y

Veggy Vireni Ramli^{1*}, Unggul Prabowo², TyasAditama³

¹Teknik Geologi, Fakultas Teknologi Mineral, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta
E-mail: veggyvireniramli@gmail.com

Abstract

The research area is located in block Y, Central Sulawesi Province, the area is composed mostly of ophiolite complex formations (Ku) and Matano formations (Km). The presence of laterite nickel deposits is generally characterized by the presence of a dark yellow to slightly black soil/soil color. The purpose of this study was to determine the characteristics of the soil from a physical and chemical perspective and to apply machine learning as a new approach to the exploration of laterite nickel deposits. This research method is qualitative (problem formulation and literature review) and quantitative (data collection and chemical/studio analysis). Both methods are integrated with geological data. Observation of soil characteristics in the study area was divided into 3, namely non-laterite soil, Ni laterite, and soil from limestone. The train and validation data are processed with the CNN algorithm with 5 convolution layers and 1 fully connected layer. Brown to gray black non-laterite soils contain chemical elements Ni 0.11 and Fe 14.1, reddish black laterite Ni contains 0.66 and Fe 34.3, while dark black to gray limestone soils contain Ni 0.00 and Fe 0.30. The result of model training has an accuracy rate of 88.05%. The model results from this data training can be further developed for early exploration of the presence of laterite nickel deposits using drones or mobile apps.

Keywords: exploration, machine learning, nickel, soil.

Abstrak

Daerah penelitian berada di blok Y, Provinsi Sulawesi Tengah, daerah tersebut disusun oleh sebagian besar formasi kompleks ofiolit (Ku) dan formasi Matano (Km). Keberadaan endapan nikel laterit umumnya dicirikan dengan kehadiran warna tanah/soil merah kekuningan gelap hingga agak hitam. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui karakteristik soil dari segi fisik maupun kimia dan menerapkan *machine learning* sebagai pendekatan baru eksplorasi endapan nikel laterit. Metode penelitian ini kualitatif (perumusan masalah dan pengkajian literatur) dan kuantitatif (pengambilan data dan analisis kimia/studio). Kedua metode diintegrasikan dengan data geologi. Pengamatan karakteristik soil di daerah penelitian dibagi menjadi 3 yakni *soil non laterit*, laterit Ni, dan *soil* dari batugamping. Data *train* dan *validation* tersebut diolah dengan *algorithm CNN* dengan 5 *layer konvolusi* dan 1 *fully connected layer*. Soil non laterit coklat hingga abu-abu hitam kandungan unsur kimia Ni 0.11 dan Fe 14.1, laterit Ni hitam kemerahan kandungan Ni 0.66 dan Fe 34.3, sedangkan Soil batugamping hitam gelap hingga abu-abu kandungan Ni 0.00 dan Fe 0.30. Hasil pelatihan model tingkat akurasi sebesar 88,05 %. Hasil model dari pelatihan data ini dapat dikembangkan lebih lanjut untuk ekplorasi awal keberadaan endapan nikel laterit menggunakan *drone* ataupun *mobile apps*.

Kata kunci: eksplorasi, *machine learning*, nikel, tanah.

PENDAHULUAN

Endapan nikel laterit merupakan suatu bahan galian hasil pelapukan residual batuan ultramafik dan tersebar luas daerah bagian timur Indonesia. Endapan ini terbentuk oleh pelapukan intensif pada batuan ultramafik dan terakumulasi di zona pemerayaan supergen (Kusuma R dkk, 2019). Salah satu faktor yang mempengaruhi pembentukan endapan nikel laterit adalah morfologi, batuan asal dan tingkat pelapukan (Kurniadi dkk., 2017). Selain itu, proses laterisasi juga dikontrol oleh tingkat pelapukan yang tinggi (Lintjewas L dkk., 2019).

Lokasi penelitian berada pada Blok Y di Kabupaten Morowali. Geologi regional pada lembar Lasusua-Kendari (Rosmana dkk, 1993) menunjukkan bahwa lokasi penelitian masuk kedalam batuan Ofiolit (Ku). Formasi tersebut tersusun oleh Peridotit, Hazburgit, Dunit, gabro, dan serpentinit. Keberadaan batuan ultramafik (serpnetinit) pada formasi Ku menjadi sebuah hal penting terbentuknya endapan nikel laterit. Keberadaan endapan nikel laterit umumnya dicirikan dengan kehadiran warna tanah merah kekuningan gelap hingga agak hitam. Arifin M, dkk (2015) menyatakan bahwa warna soil laterit coklat kemerahan, teksture butiran clay – softsand merupakan laterit prospek di daerah kecamatan Bahodopi, Kabupaten Morowali. Manifestasi warna dari endapan nikel laterit merupakan efek daripada proses oksidasi unsur besi pada zona limonit. Biasanya hasil dari endapan nikel laterit kehadiran ferricrite atau biji besi hitam yang cukup keras.

Algoritma *Convolution Neural Network* (CNN) merupakan suatu teknik sekaligus metode yang umumnya digunakan dalam mengolah citra digital atau gambar. Salah satu pemanfaatan dari machine learning adalah *image processing* atau pengolahan citra digital. *Image Processing* dimanfaatkan untuk membantu manusia dalam mengenali atau mengklasifikasi objek dengan cepat, tepat, dan dapat melakukan proses dengan banyak data secara bersamaan.

Oleh Karena itu, penelitian ini bermaksud melakukan studi karakteristik soil pada Blok Y. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui karakteristik soil dari segi fisik maupun kimia dan menerapkan *machine learning* dan diketahui akurasi sebagai pendekatan baru eksplorasi

endapan nikel laterit. model *machine learning* hasil dari proses CNN, diharapkan dapat membantu perusahaan, geologist khususnya untuk eksplorasi awal agar lebih efisien dan efektif, maupun masyarakat untuk mengenali soil dari hasil endapan nikel laterit.

Karakteristik soil khususnya penciri endapan nikel laterit menjadi kunci utama dalam keberhasilan suatu eksplorasi. Karakteristik soil merupakan manifestasi awal dalam melakukan deliniasi suatu daerah yang di indikasikan memiliki sumberdaya nikel laterit. Secara garis besar karakteristik soil endapan nikel laterit, dapat diamati melalui cerminan dan perbedaan warna. Warna soil endapan nikel laterit daerah Kabaena, Bombana umumnya berwarna coklat tua–merah kekuningan (Jafar, 2017). Warna soil endapan nikel laterit kecamatan Pomala umumnya berwarna coklat kemerahan (Kusuma, 2019). Warna soil endapan nikel laterit daerah Tinanggea umumnya berwarna coklat kehitaman hingga merah kehitaman (Raivel, R., & Firman, F., 2020).

Artificial Intelligence (AI) merupakan suatu bidang keilmuan yang membuat komputer menirukan kecerdasan dan kebiasaan manusia. *Machine learning* bekerja menggunakan algoritma yang dibuat berdasarkan pada hukum matematik yang bekerja layaknya otak manusia (Maulama dan Rochmawati, 2020). Seiring perkembangan teknologi komputerisasi telah banyak dilakukan dengan beragam aplikasi dan algoritma. Salah satu teknik untuk mengenali suatu citra digital atau gambar adalah dengan membedakan tekstur dan warna yang merupakan komponen dasar pembentuk citra. Proses tersebut dilakukan menggunakan *machine learning* dengan metode dan pendekatan CNN. Metode Deep Learning memiliki hasil paling signifikan dalam pengenalan citra adalah *Convolutional Neural Network* (CNN) (Fukushima, 1980 dalam Putri, 2020).

Convolutional Neural Network (CNN)

termasuk dalam jenis deep learning karena kedalaman jaringannya. Deep learning adalah cabang dari machine learning yang dapat mengajarkan komputer untuk melakukan pekerjaan selayaknya manusia, seperti komputer dapat belajar dari proses training (Deng dan Yu, 2013). CNN merupakan operasi konvolusi yang menggabungkan beberapa lapisan pemrosesan, menggunakan beberapa elemen yang beroperasi secara paralel dan terinspirasi oleh sistem saraf biologis (Hu dkk., 2015). Secara garis besar bagian dari proses CNN dibagi menjadi 2 tahapan yakni *feature learning* dan lapisan klasifikasi (*classification*) (Utami dalam Putri, 2020).

Pengolahan citra digital merupakan sebuah cabang ilmu yang mempelajari tentang teknik-teknik mengelola citra. Citra yang dimaksud adalah gambar diam (foto) maupun gambar bergerak (Fauzi, 2019). Sedangkan digital yang mempunyai maksud bahwa pengolahan citra atau gambar dilakukan secara digital menggunakan komputer.

METODE

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode penelitian kualitatif dan kuantitatif. Metode tersebut integrasi dengan data geologi permukaan berupa hasil pemetaan geologi dan studi karakteristik soil. Metode kualitatif meliputi penemuan masalah kemudian mengkaji studi literatur untuk menyelesaikan masalah. Metode kuantitatif terletak pada pengambilan data dan mengolah data dengan menggunakan *Convolutional Neural Network*. Implementasi metode kualitatif dan kuantitatif dibagi beberapa tahap yaitu pengumpulan dan pembagian dataset, penyusunan arsitektur CNN, pengujian data, dan evaluasi data.

Pengumpulan Data

Pengumpulan data difokuskan pada pengambilan gambar atau citra digital soil daerah penelitian. Pembagian dataset dilakukan dengan membagi menjadi 3 kelas. Pengumpulan data sekunder salah satunya referensi tentang karakteristik soil laterit dilakukan dalam pendekatan secara geologi. Sifat dan karakteristik baik dari soil nikel laterit, non laterit dan soil batugamping menjadi dasar acuan dalam mengumpulkan data.

Analisis Dan Penyusunan Arsitektur

Proses pembuatan sistem klasifikasi CNN dimulai dari perancangan dan menyusun arsitektur CNN dengan jumlah layer 5 dan 1 *Fully connected layer* dengan jumlah neuron 32. Model algoritma CNN dibuat menggunakan bahasa pemrograman python dan dengan library *Tensorflow* dan *Keras* (Sari F dan Swanjaya D., 2020). CNN memiliki banyak lapisan karena merupakan sistem deep learning. Setelah dilakukan penyusunan arsitektur CNN dilakukan analisis serta pelatihan (*learning*) untuk mendapatkan model.



Gambar 1. Arsitektur CNN

Pengujian Model

Model yang telah dilakukan proses pelatihan kemudian dilakukan proses pengujian menggunakan data testing yang sudah dipersiapkan untuk mengetahui dan mengevaluasi nilai akurasi dan *loss* dari

Tabel 1. Komposisi unsur kimia hasil eksplorasi awal

Soil	Ni	Co	Fe	MgO	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃
Non Laterit	0.11	0.04	14.1	4.31	47.55	1.98	13.52	1.06
Laterit Ni	0.6	0.1	34.3	8.24	20.31	0.07	23.04	1.47
Soil Gamping	0.00	0.00	0.30	0.17	0.47	55.04	0.59	0.00

model yang sudah dibangun berdasarkan

data testing tersebut (Setiani L, 2020). Selain itu, proses pengujian model juga dilakukan untuk mengembangkan, mengetahui dan memperoleh model *machine learning* yang lebih baik.

Evaluasi Data

Model akan dievaluasi untuk mengetahui tingkat akurasi model dengan *confusion matrix recall* dan *precision*. *Recall* memiliki dua parameter untuk perhitungannya yaitu *true positive* yang merupakan output kelas positif yang ditebak sebagai kelas positif dan *true negative* yang merupakan output kelas positif yang ditebak sebagai kelas negatif. *True positif* akan dibagi dengan semua kelas output (*true positive* dan *true negative*) untuk mendapatkan hasil evaluasi pada model yang telah dibuat (Park dan Lee., 2017).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Fisik Soil Daerah Penelitian

Soil non laterit coklat hingga abu-abu gelap dengan ketebalan *top soil* 20 cm. Secara pemerian megaskopis mempunyai ciri-ciri yaitu warna coklat hingga abu-abu gelap, butiran clay – softsand dapat dilihat pada (Gambar 2).



Gambar 2. Soil Non Laterit

Soil nikel laterit dengan ketebalan *top soil* lebih dari 20 cm. Secara pemerian megaskopis mempunyai ciri-ciri yaitu warna hitam kemerahan hingga merah gelap - kekuningan, butiran clay - softsand. Beberapa tempat dijumpai kehadiran mineral ferricrite besi. Adapun gambar soil nikel

laterit dapat dilihat pada (Gambar 3).



Gambar 3. Soil Nikel Laterit

Soil batugamping ketebalan lebih dari 10 cm. Secara pemerian megaskopis mempunyai ciri-ciri yaitu warna hitam gelap hingga abu-abu, butiran clay - softsand. Soil ini merupakan produk pelapukan batugamping berlapis dapat dilihat pada (Gambar 4).





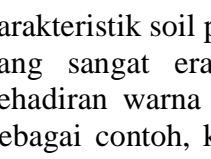
Gambar 4. Soil Batugamping

Karakteristik Kimia Soil Daerah Penelitian

Studi tentang karakteristik soil berdasarkan data geokimia dilakukan untuk menambah akurat studi karakteristik berdasarkan tinjauan aspek fisik. Pengamatan unsur kimia oksida dilakukan menggunakan alat epsilon 3. Adapun untuk hasil komposisi unsur kimia tersaji pada (Tabel 1).

Berdasarkan tabel tersebut dapat dilihat bahwa kandungan unsur kimia soil sangat erat korelasinya dengan masing-masing

Tabel 2. Feature Extraction yang dipelajari CNN

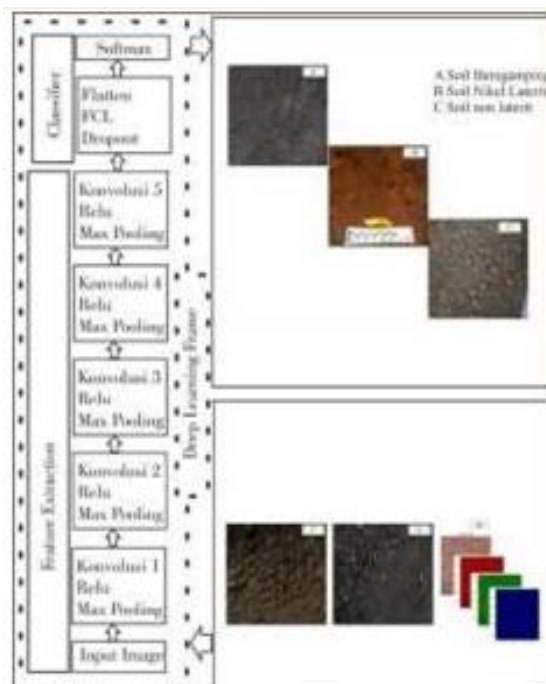
Label	Feature Extraction	Klasifikasi
	Warna : Coklat kehitaman, abu – abu kehitaman Tekstur: Halus bentuk dominan sama	Non Laterit
	Warna : hitam kemerahan, merah gelap kekuningan Tekstur : Kasar dan terkadang mempunyai bentuk	Soil Nikel Laterit
	Warna : Hitam gelap - abu abu Tekstur : halus dominan sama	Soil batugamping

karakteristik soil pada daerah penelitian. Korelasi yang sangat erat tersebut tercerminkan dari kehadiran warna penyusun masing-masing soil. Sebagai contoh, keberadaan soil nikel laterit Ni yang berwarna merah berkorelasi dengan kehadiran Fe tinggi dan kadar Ni tinggi.

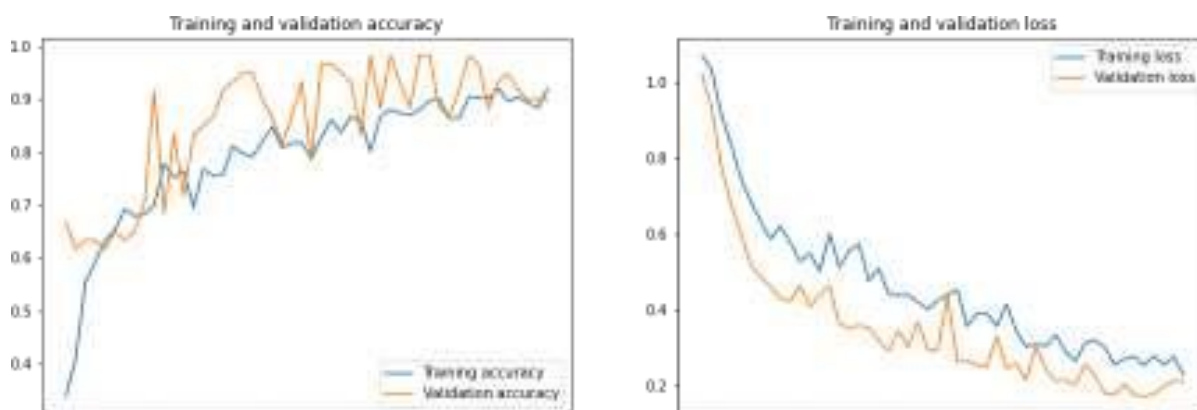
Berdasarkan hasil unsur kimia di dapatkan Ni soil non laterit 0.11, laterit Ni 0.6, dan soil batugamping 0.00.

Eksplorasi nikel

Proses identifikasi jenis soil hasil dari



Gambar 6. Rancangan Arsitektur CNN 5 layer dan ilustrasi.



Gambar 7. Grafik hasil training dan validation

endapan nikel laterit bisa dilakukan dengan panca indera penglihatan manusia dengan mengamati warna, bentuk, keberadaan mineral dan tekstur. Survey dalam eksplorasi nikel laterit meliputi kegiatan pekerjaan pengamatan tanah merah/red soil pada lokasi penelitian (Dipatunggoro A., 2010). Kegiatan survei awal biasanya dilakukan dengan grid lebih dari 50 meter (sesuai aturan perusahaan).

Dataset

Pengambilan data dilakukan menggunakan kamera handphone beresolusi 16 MP, format *Red Green Blue* (RGB), ekstensi .jpeg. Pengetahuan dasar dalam membedakan atau mengklasifikasikan antara soil nikel laterit, non laterit dan soil batugamping sangatlah diperlukan. Karena hal itu, sangatlah penting untuk proses selanjutnya dalam pengolahan data terutama waktu konvolusi layer yang memiliki tujuan untuk melakukan ekstraksi fitur (Tabel 1). Tabel 1 akan menjelaskan mengenai *feature extraction* pada citra digital soil yang akan diteliti termasuk juga warna dan texture dari masing-masing percontohan. Kemudian dilakukan pembagian dataset menjadi *data train* dan *data validation* dengan skenario 80 (*train*): 20 (*validation*), pada jumlah total 400 citra digital.

Arsitektur Convolution Neural Network

Desain dari arsitektur CNN 5layer dan 1 FCL yang dibuat pada penelitian ini ditunjukkan pada (gambar 6). Arsitektur terbagi dalam 2 tahapan, yakni *feature learning* dan *classification*. Pada desain arsitektur tersebut dilakukan pada input data citra digital dengan ukuran 227 x 227 dengan format RGB. Tiap input image atau citra digital tersebut nantinya akan dilakukan proses konvolusi pada layer yang dimiliki oleh arsitektur CNN Konvolusi adalah proses operasi untuk menghasilkan *feature map* dengan menggunakan kernel secara berulang (Wicaksono G dkk., 2020).

Hasil Pelatihan

Proses pelatihan menggunakan jumlah 50 epoch, nilai learning rate 1e-4. Akurasi dari training model mencapai 92,05 %. Proses training disini menggunakan hyperparameter dari *Adaptive Movement Estimation* (Adam) dengan *learning rate* 10e-4 dengan input gambar sebesar 227 x 227 piksel. Dalam waktu pelatihan model 55 menit 19 detik. Accuracy adalah fungsi yang menggambarkan model CNN. Loss adalah fungsi yang menggambarkan kerugian yang berkaitan dengan probabilitas yang dihasilkan oleh model

Tabel 3. Hasil uji performa model

Soil nikel laterit	1.00	1.00	1.00	20
Non laterit	0.94	0.75	0.83	20

CNN. Hasil Pelatihan data menunjukkan bahwa terjadinya semakin banyak dan lama epoch menyebabkan kenaikan dari persentase akurasi dan di ikuti oleh penurunan kegagalan (loss). Berikut grafik hasil training seperti pada (Gambar 7).

Uji performa model

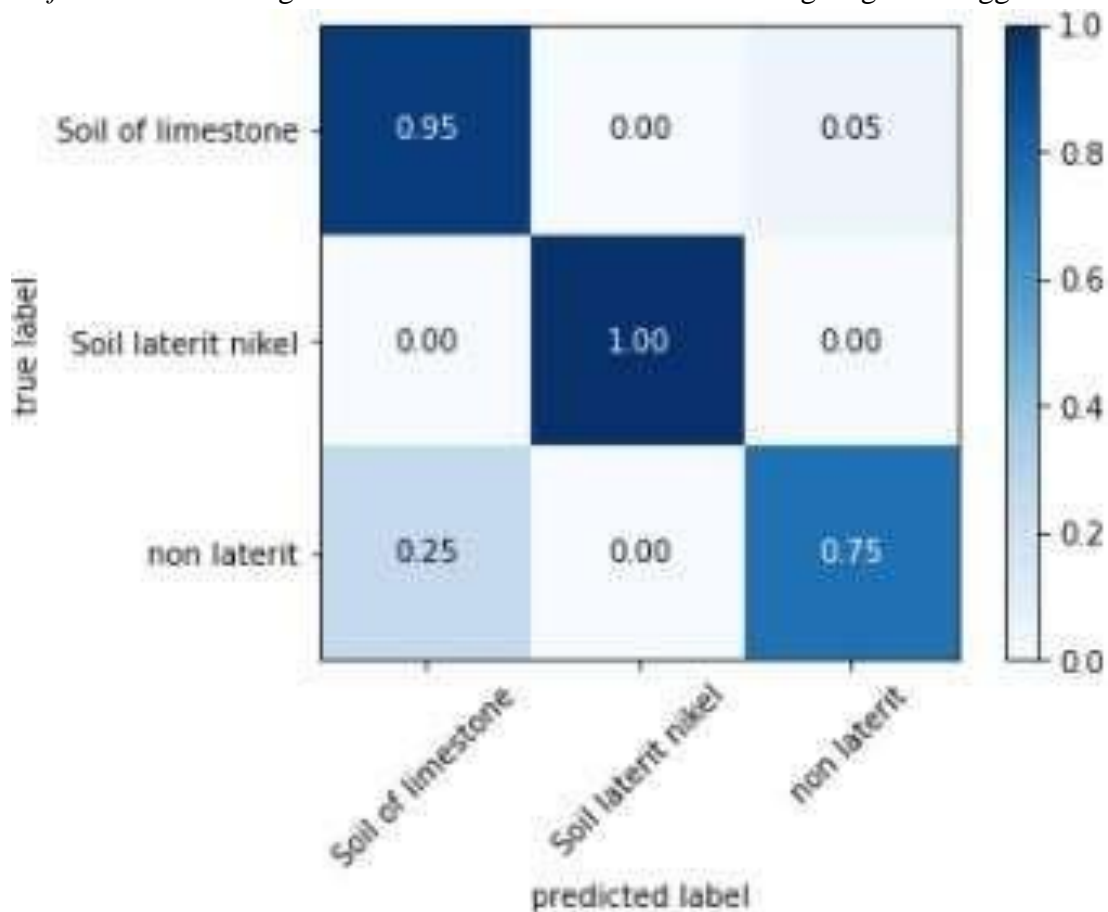
Uji performa model dilakukan dengan menggunakan *data validation* sebanyak 20 untuk masing – masing kelas. Uji performa model ini dilakukan secara otomatis dengan metode *confusion matrix* yang menghasilkan beberapa parameter meliputi *Precision*, *Recall*, *F1-Score* dan *support* (data). Semakin mendekati nilai 1 baik precision ataupun recall maka model yang telah dilatih dapat dinyatakan baik. Hal itu, karena model *machine learning* telah berhasil mempelajari semua pola serta *feature* yang terdapat di dalam citra.

Confusion matrix digunakan untuk melihat

hasil kekeliruan model dalam memprediksi atau mengklasifikasikan terhadap citra digital yang umumnya dilakukan dengan visualisasi matrix tanpa normalisasi maupun telah dilakukan normalisasi (Gambar 8). Dilihat pada garis (matrix) diagonal yang semakin menunjukkan warna paling gelap. Kemudian jika garis (matrix) tersebut semakin memiliki warna pudar atau nilai kecil maka diartikan kesalahan model dalam memprediksi ataupun mengklasifikasikan semakin besar.

Penerapan Hasil Model *Machine Learning* Dalam Eksplorasi Nikel

Penerapan hasil model untuk eksplorasi awal keberadaan nikel laterit secara garis besar dibagi 2 macam, yakni penerapan langsung dan tidak langsung. Penerapan langsung menggunakan *mobile apps* dan tidak langsung menggunakan *semi*



Gambar 8. Hasil confusion matrix pada evaluasi model.

autonomus drone. Penerapan model pada *mobile apps* (perangkat handphone) dilakukan dengan melakukan pembuatan kerangka aplikasi dan konversi model menjadi format *.Tflite* agar diterapkan pada sistem android. Penerapan tidak langsung melalui perangkat *autonomus drone* dilakukan dengan mengadopsikan model kedalam komputer papan tunggal salah satunya *Raspberry Pi*.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dalam studi karakteristik soil pada daerah penelitian di dapat 3 perbedaan. Soil non laterit umumnya coklat hingga abu-abu hitam kandungan unsur kimia Ni 0.11 dan Fe 14.1, laterit Ni umumnya hitam kemerahan memiliki kandungan Ni 0.66 dan Fe 34.3, sedangkan Soil batugamping memiliki warna hitam gelap hingga abu-abu memiliki kandungan Ni 0.00 dan Fe 0.30.

Berdasarkan hasil pengembangan model *machine learning* menggunakan arsitektur CNN 5 layer konvolusi dan 1 Fcl diperoleh akurasi sebesar 88,05%. Skenario memiliki warna hitam gelap hingga abu-abu memiliki kandungan Ni 0.00 dan Fe 0.30. perbandingan data *train* dan *validation* 80%: 20%. Penerapan model *machine learning* dimasa depan dapat dilakukan secara langsung (*mobile apps*) maupun tidak langsung (*autonomus drone*) sebagai pendekatan baru dalam melakukan eksplorasi awal keberadaan endapan nikel laterit.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada pimpinan dan semua staf PT. GPM. atas persetujuan yang diberikan dalam melakukan pengambilan data penelitian di blok Y. Terimakasih penulis ucapkan kepada semua tim eksplorasi termasuk crew warga lokal telah membantu pengambilan data dan pemetaan eksplorasi awal nikel laterit.

DAFTAR PUSTAKA

Arifin M, Widodo S, Anshariah, (2015). Karakteristik Endapan Nikel Laterit

Pada Blok X Pt. Bintang delapan Mineral Kecamatan Bahodopi Kabupaten Morowali Provinsi Sulawesi Tengah, *Jurnal Geomine*, vol 01 hal 37-45.

Fauzy, A. R. (2019). Implementasi Metode Region Convolutional Neural Network Dalam Mendiagnosa Anomali Pneumonia Pada Foto Thorax (Doctoral dissertation, Universitas Komputer Indonesia).

Hidayatullah, A., (2013), Identifikasi Tingkat Kematangan Buah Tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill) Menggunakan Metode pengolahan citra digital dan jaringan saraf tiruan, *Skripsi*, Yogyakarta: UGM.

Jafar, N. (2017). Identifikasi Sebaran Nikel Laterit Berdasarkan Hasil Test Pit Kecamatan Kabaena Kabupaten Bombana Provinsi Sulawesi Tenggara. *Jurnal Geomine*, 5(2).

Park, K. and Lee, J., (2017). *Classification of apple leaf conditions in hyperspectral images for diagnosis of Marssonina blotch using mRMR and deep neural network*, *Comput. Electron. Agric.*, vol. 148, pp. 179–187, 201.

Kusuma R A I, Kamaruddin H, Rosana M F, dan Yuningsih E T, (2019), *Geokimia Endapan Nikel Laterit di Tambang Utara, Kecamatan Pomalaa, Kabupaten Kolaka, Provinsi Sulawesi Tenggara*. *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral*, 20(2), hal 85–92.

Kurniadi, A., Rosana, M. F., & Yuningsih, E. T. (2017). Karakteristik Batuan Asal Pembentukan Endapan Nikel Laterit Di Daerah Madang dan Serakaman Tengah. *Geoscience*

Journal, 2(3), 221- 234.

[ini- faktanya](#)

- Lintjewas, L., Setiawan, I., & Al Kausar, A. (2019). Profil Endapan Nikel Laterit di Daerah Palangga, Provinsi Sulawesi Tenggara. *RISSET Geologi dan Pertambangan*, 29(1), 91-104.
- Maulama F dan Rochmawati N, (2020), *Klasifikasi Citra Buah Menggunakan Convolutional Neural Network*. JINACS (Journal of Informatics and Computer Science).1(II). hal : 104-108.
- Putri, O. N. (2020). Implementasi Metode CNN dalam Klasifikasi Gambar Jamur pada Analisis Image Processing (Studi Kasus: Gambar Jamur dengan Genus Agaricus dan Amanita). *Skripsi*. UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA.
- Raivel, R., & Firman, F. (2020). Karakteristik Endapan Nikel Laterit di Bawah Molasa Sulawesi Daerah Tinanggea, Sulawesi Tenggara. *Jurnal GEOMining*, 1(1), 25-37.
- Rusmana E, Sukido, D Sukarno & T.O. Simandjuntak. (1993). Peta geologi lembar Lasusua-Kendari, Sulawesi.
- Sari F D dan Swanjaya D, (2020). *Implementasi Convolutional Neural Network Untuk Identifikasi Penyakit Daun Gambas*. *Seminar Nasional Inovasi Teknologi* 137-142.
- Setiani L J,(2020) Implementasi Convolutional Neural Network Dengan Arsitektur Resnet50 Untuk Identifikasi Jenis Sampah Plastik, *Skripsi*, Universitas Atmajaya Yogyakarta, Yogyakarta.
- Umah, A. (2021). RI Punya Harta Karun Tambang Terbesar di Dunia, Ini Faktanya, Diakses dari <https://www.cnbcindonesia.com/news/20210506192530-4-243907/ri-punya-harta-karun-tambang-terbesar-di-dunia>
- Wicaksono G, Andryana S, Benrahman, (2020). Aplikasi Pendeteksi Penyakit Pada Daun Tanaman Apel Dengan Metode Convolutional Neural Network. *JOINTECS (Journal of Information Technology and Computer Science*. 5(1), hal : 09 – 16.
- Winarto, E. G., Rahmayati, R., & Lawi, A. (2021). Implementasi Arsitektur Inception Resnet-V2 untuk Klasifikasi Kualitas Biji Kakao. *Proceeding KONIK (Konferensi Nasional Ilmu Komputer)*, 5,132-137.