

APLIKASI ALGORITMA CNN (CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK) SEBAGAI LANGKAH PENGAMBILAN KEPUTUSAN DALAM PENGELOLAAN SUMBER DAYA TAMBANG

Zakiyah*

Program Studi Statistika, Universitas Terbuka, Tangerang Selatan

Penulis korespondensi: 044845085@ecampus.ut.ac.id

ABSTRAK

Pengelolaan sumber daya tambang merupakan aspek penting dalam perekonomian global yang dapat mempengaruhi keberlanjutan lingkungan dan keuntungan ekonomi. Sebagai sarana yang dapat menunjang ketercapaian aspek penting tersebut, algoritma *Convolutional Neural Network* (CNN) menawarkan solusi inovatif untuk mendukung pengambilan keputusan yang lebih baik dalam pengelolaan sumber daya tambang. Penelitian ini bertujuan untuk menginvestigasi penggunaan CNN dalam pengelolaan sumber daya tambang, dengan fokus pada aspek pengambilan keputusan yang efektif. CNN adalah salah satu algoritma *machine learning* yang populer dan memiliki kemampuan untuk memproses data berdimensi tinggi dengan efisiensi tinggi, sehingga menjadikannya alat yang potensial untuk analisis data tambang. Metode yang digunakan dalam penelitian ini melibatkan pengumpulan data tambang yang relevan, pemrosesan data menggunakan CNN, dan evaluasi hasil untuk menilai akurasi dan efektivitas algoritma dalam mendukung pengambilan keputusan. Aspek-aspek yang dieksplorasi adalah deteksi anomali, klasifikasi jenis mineral, dan prediksi hasil tambang berdasarkan data historis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa CNN dapat diterapkan secara efektif dalam pengelolaan sumber daya tambang, dan memberikan wawasan yang berguna bagi para pengambil keputusan. CNN menunjukkan kemampuan yang signifikan dalam memproses data tambang kompleks, serta menghasilkan prediksi yang akurat dan dapat diandalkan. Kesimpulannya, aplikasi CNN dalam pengelolaan sumber daya tambang menawarkan pendekatan yang cerdas dan efisien untuk meningkatkan kualitas pengambilan keputusan. Dengan kemajuan teknologi ini, diharapkan pengelolaan sumber daya tambang dapat dilakukan dengan lebih responsif dan berkelanjutan, sejalan dengan kebutuhan industri modern.

Kata kunci: CNN, Tambang, Berkelanjutan

1 PENDAHULUAN

Pengelolaan sumber daya tambang seringkali menimbulkan kesalahpahaman karena dampak yang ditimbulkannya. Stigma yang muncul di masyarakat adalah kegiatan pertambangan merusak fungsi hutan akibat dari pembukaan lahan, di mana sebenarnya pembukaan lahan tambang tidak dilakukan secara sembarangan, melainkan telah melewati berbagai tahapan. Pemilihan metode penambangan juga banyak disalahpahami berkaitan dengan biaya operasional yang dikeluarkan. Secara umum, tambang terbuka sebagai salah satu metode penambangan disalahpahami sebagai cara paling efektif untuk menghasilkan barang-barang tambang dengan biaya operasi rendah. Faktanya, pemilihan metode disesuaikan dengan karakteristik endapan, lingkungan, dan keselamatan kerja, bukan sekadar menimbang biaya. Dua pemikiran tersebut menggiring

kesalahpahaman yang menyatakan bahwa semua kegiatan pertambangan mengganggu keseimbangan lingkungan (Ekawan, 2012).

Terlepas dari pandangan-pandangan negatif, pengelolaan sumber daya tambang merupakan sektor vital dalam perekonomian global yang berdampak signifikan terhadap pertumbuhan ekonomi dan kesejahteraan masyarakat. Namun, kegiatan pertambangan berpotensi menimbulkan dampak buruk bagi lingkungan apabila tidak dikelola secara bijak dan berkelanjutan. Pengambilan keputusan yang tepat dan efektif dalam pengelolaan sumber daya tambang sangat krusial untuk memaksimalkan keuntungan ekonomi dengan tetap memperhatikan dampak lingkungan yang ditimbulkannya. Proses pengambilan keputusan ini seringkali menjadi kompleks karena melibatkan analisis data yang besar dan beragam, serta pertimbangan faktor-faktor yang saling berkaitan.

Secara konvensional, pengambilan keputusan dalam pengelolaan tambang bergantung pada pengalaman, intuisi, dan analisis data manual yang relatif terbatas. Seiring perkembangan industri, teknologi kecerdasan buatan/*Artificial Intelligence* (AI), khususnya dalam bidang *machine learning* menawarkan potensi besar untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas proses pengambilan keputusan dalam pengelolaan tambang. Salah satu *machine learning* yang menjanjikan adalah *Convolutional Neural Network* (CNN) yang dikenal dengan kemampuannya dalam memproses data gambar dan data berdimensi tinggi. *Machine learning* ini telah menunjukkan kinerja yang unggul dalam berbagai aplikasi, termasuk pengolahan citra, pengenalan pola, dan prediksi.

Penelitian ini berfokus pada investigasi penerapan algoritma CNN sebagai alat pendukung pengambilan keputusan dalam pengelolaan sumber daya tambang seperti deteksi anomali data geologi, klasifikasi jenis mineral berdasarkan citra, dan prediksi hasil tambang sesuai data historis. Tujuan utama penelitian ini adalah untuk memaparkan akurasi dan efektivitas CNN dalam meningkatkan kualitas pengambilan keputusan pada industri pertambangan berdasarkan penelitian-penelitian yang relevan. Dengan demikian, diharapkan penelitian ini dapat memberikan gambaran umum mengenai teknologi mutakhir yang menawarkan kemudahan dalam praktik pertambangan yang berkelanjutan dan efisien.

2 METODE

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah studi pustaka yang memuat potensi perkembangan CNN dalam berbagai sektor termasuk industri tambang. Studi pustaka didapatkan dari berbagai artikel pada jurnal-jurnal ilmiah dan situs resmi yang membahas isu tambang. Melalui langkah pengumpulan sumber informasi mengenai pemanfaatan *machine learning* CNN, penelitian ini dilakukan untuk melihat efektivitas CNN sebagai kemajuan teknologi dalam bidang pertambangan. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi pengantar terhadap penelitian berikutnya di masa mendatang mengenai pengembangan CNN sebagai alat pengambilan keputusan yang *robust* dalam pengelolaan sumber daya tambang.

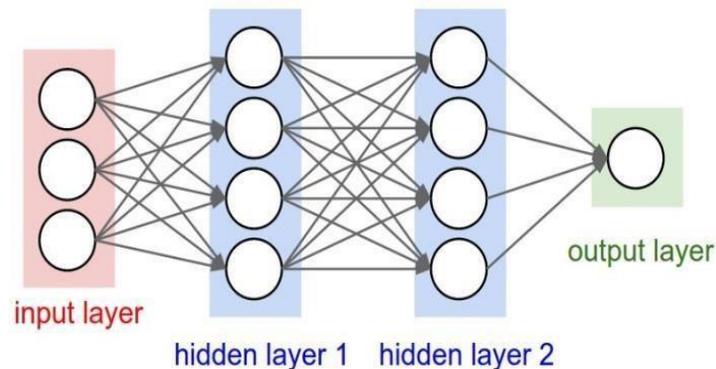
3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Machine learning merupakan salah satu bagian dari kecerdasan buatan yang dikenal sebagai pengembangan teknologi dengan kemampuan belajar atau seolah-olah memiliki kecerdasan manusia dalam menyelesaikan tugas. Secara spesifik, *machine learning* dapat didefinisikan

sebagai teknik atau metode untuk mengoptimalkan suatu performa sistem yang berkaitan dengan kegiatan mempelajari data sampel atau data inputan histori. Kinerja *machine learning* didukung oleh *statistical learning theory* yang merupakan sebuah teknik untuk dapat memprediksi, menyimpulkan, serta mendapatkan pengetahuan dari data input secara rasional dan non-paranormal. Kemudian muncul istilah *deep learning*, yaitu perkembangan dari salah satu bidang *machine learning* yang menerapkan sifat jaringan saraf tiruan dengan memanfaatkan banyak *layer* pengolahan informasi non-linear untuk klasifikasi. Salah satu metode dalam *deep learning* adalah *Convolutional Neural Network* (CNN) (Alia, 2023).

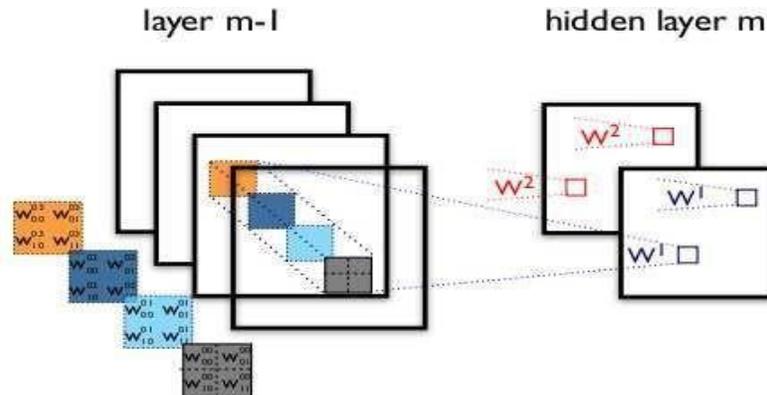
Convolutional Neural Network (CNN) adalah pengembangan dari *Multilayer Perceptron* (MLP) yang didesain untuk mengolah data dua dimensi. CNN termasuk dalam jenis *Deep Neural Network* (DNN) karena kedalaman jaringan yang tinggi dan banyak diaplikasikan pada data citra. Tetapi pada kasus klasifikasi citra, MLP kurang sesuai untuk digunakan karena tidak menyimpan informasi spasial dari data citra dan menganggap setiap piksel adalah fitur yang independen sehingga memberikan hasil yang kurang baik.

Cara kerja CNN memiliki kesamaan pada MLP, namun setiap *neuron* dalam CNN dipresentasikan dalam bentuk dua dimensi, tidak seperti MLP yang setiap *neuron* hanya berukuran satu dimensi.



Gambar 1. Arsitektur MLP Sederhana (Suartika *et al.*, 2016)

Sebuah MLP seperti pada Gambar 1 memiliki i *layer* (kotak merah dan biru) dengan masing-masing *layer* berisi j_i *neuron* (lingkaran putih). MLP menerima input data satu dimensi dan mempropagasikan data tersebut pada jaringan hingga menghasilkan *output*. Setiap hubungan antar *neuron* pada dua *layer* yang bersebelahan memiliki parameter bobot satu dimensi yang menentukan kualitas mode. Selanjutnya di setiap data input pada *layer* dilakukan operasi linear dengan nilai bobot yang ada, kemudian hasil komputasi akan ditransformasi menggunakan operasi non linear yang disebut sebagai fungsi aktivasi.



Gambar 2. Proses Konvolusi pada CNN (Suartika *et al.*, 2016)

Tahapan yang dilaksanakan dalam CNN adalah data yang dipropagasikan pada jaringan merupakan data dua dimensi, sehingga operasi linear dan parameter bobot pada CNN berbeda. Operasi linearnya menggunakan operasi konvolusi, sedangkan bobotnya tidak lagi satu dimensi saja, melainkan berbentuk empat dimensi yang merupakan kumpulan kernel konvolusi seperti pada Gambar 2. Dimensi bobot pada CNN adalah:

$$\text{neuron input} \times \text{neuron output} \times \text{tinggi} \times \text{lebar}$$

Karena sifat proses konvolusi, CNN hanya dapat digunakan pada data yang memiliki struktur dua dimensi seperti citra dan suara.

Jaringan Saraf Tiruan/*Artificial Neural Network* (ANN) terdiri dari berbagai *layer* dengan beberapa *neuron* pada masing-masing *layer*. Kedua hal tersebut tidak dapat ditentukan menggunakan aturan yang pasti dan berlaku berbeda-beda pada setiap data. Misalnya pada kasus MLP, sebuah jaringan tanpa *hidden layer* dapat memetakan persamaan linear apapun, sedangkan jaringan dengan satu atau dua *hidden layer* dapat memetakan sebagian besar persamaan pada data sederhana. Namun pada data yang lebih kompleks, MLP memiliki keterbatasan. Ketika jumlah *hidden layer* di bawah tiga, terdapat pendekatan untuk menentukan jumlah *neuron* pada masing-masing *layer* untuk mendekati hasil optimal. Penggunaan *layer* di atas dua pada umumnya tidak direkomendasikan karena akan menyebabkan *overfitting* serta kekuatan *backpropagation* berkurang secara signifikan. Seiring berkembangnya *deep learning*, ditemukan solusi bahwa untuk mengatasi kekurangan MLP dalam menangani data kompleks, diperlukan fungsi yang dapat mentransformasi data input menjadi bentuk yang lebih mudah dimengerti oleh MLP. Hal tersebut memicu berkembangnya *deep learning* di mana dalam satu model diberi beberapa *layer* untuk melakukan transformasi data sebelum data diolah menggunakan metode klasifikasi, sekaligus mendorong perkembangan model *neural network* dengan jumlah *layer* di atas tiga. Namun mengingat fungsi *layer* awal sebagai metode ekstraksi fitur, jumlah *layer* dalam sebuah DNN pun tidak memiliki aturan universal dan berlaku berbeda-beda tergantung dataset yang digunakan. Oleh karena itu, jumlah *layer* pada jaringan serta jumlah *neuron* pada masing-masing *layer* dianggap sebagai *hyperparameter* dan dioptimasi menggunakan pendekatan *searching* (metode pencarian guna menemukan data/informasi yang sedang dicari di dalam sebuah kumpulan data yang memiliki tipe data sama).

Balaniuk *et al.* (2020) melakukan penelitian dengan mengeksplorasi kombinasi *free cloud computing*, *free open-source software*, dan metode *deep learning* untuk menganalisis masalah nyata berskala besar, meliputi identifikasi dan klasifikasi otomatis di seluruh negara terhadap permukaan dan bendungan tailing tambang di Brasil. Lokasi tambang dan bendungan yang terdaftar secara resmi diperoleh dari sumber data terbuka pemerintah Brasil. Citra satelit Multispektral Sentinel-2 yang diperoleh dan diproses di platform Google *Earth Engine*, digunakan untuk melatih dan menguji jaringan saraf dalam menggunakan *Application Programming Interface* (API) TensorFlow 2 dan platform Google *Colaboratory* (Colab). Jaringan saraf yang sepenuhnya konvolusional digunakan dengan cara yang inovatif untuk mencari bijih tambang yang tidak terdaftar dan bendungan tailing pada wilayah yang luas di daerah Brasil. Efisiensi pendekatan ini ditunjukkan dengan ditemukannya 263 tambang yang tidak memiliki izin pertambangan resmi. Eksplorasi ini menyoroti potensi serangkaian teknologi baru yang tersedia secara bebas untuk pembangunan alat sains data berbiaya rendah yang memiliki dampak sosial tinggi.

Magdalena *et al.* (2021) melakukan klasifikasi terhadap citra lahan yang diperoleh dari satelit SPOT-6 dengan menggunakan metode *Convolutional Neural Network* (CNN). Jenis lahan yang dilakukan klasifikasi berupa sawah, hutan, pemukiman, sungai dan bukit gundul dengan jumlah data yang digunakan adalah 350 citra lahan. Dari total data, sebanyak 75% digunakan sebagai data latih dan 25% digunakan sebagai data uji. Model CNN yang digunakan pada penelitian ini yaitu *basic CNN* dengan arsitektur yang terdiri dari 3 *hidden convolutional layer*, 1 *fully connected layer* dan 2 *stride*. Hasil performansi sistem yang diperoleh pada penelitian ini di antaranya adalah akurasi 95,45%, loss 0,2457, serta rata-rata dari masing-masing nilai *precision*, *recall* dan *f1-score* sebesar 0,92. Dengan demikian, diperoleh kesimpulan bahwa metode CNN dapat digunakan secara optimal dalam mengklasifikasikan 5 jenis tutupan lahan.

Johanes *et al.* (2024) memanfaatkan Google *Teachable Machine* untuk membuat suatu model *machine learning* tanpa perlu menulis kode. Aplikasi ini memanfaatkan *Convolutional Neural Network* (CNN) dalam prosesnya. Penelitian ini memanfaatkan *Teachable Machine* untuk membuat model *machine learning* yang dapat mengidentifikasi batuan mineral khususnya magnetit, kalsit, dan kuarsa. Prosedur penelitian dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu: pengumpulan sampel, klasifikasi sampel (dataset), pelatihan model (training), dan proses evaluasi. Pengumpulan data sampel berupa gambar batuan mineral diperoleh dan diunduh dari Google. Data tersebut kemudian dibagi menjadi tiga kelas mineral yaitu magnetit, kalsit, dan kuarsa yang digunakan sebagai input pada aplikasi *Teachable Machine*. Pelatihan model pada *Teachable Machine* menggunakan input epochs 100, *batch size* 64, dan *learning rate* 0.0001. Hasil pemodelan *Teachable Machine* kemudian dievaluasi dan menunjukkan bahwa model yang diperoleh dapat mengenali mineral magnetit, kalsit, dan kuarsa dengan akurasi, presisi, recall, spesifisitas, dan nilai F1 rata-rata sebesar 91.11% (86.67%), 87.30%, 86.67%, 93.33%, dan 86.50%. Penelitian ini menunjukkan bahwa pemanfaatan *Teachable Machine* membantu dalam melakukan identifikasi cepat, akurat dan mudah sehingga dapat memberikan kontribusi untuk mempercepat proses analisis batuan mineral, pengambilan keputusan, dan pengembangan strategi eksplorasi.

Ihsan (2021) melakukan penelitian dengan berlandaskan pada masalah data radar di lokasi studi kasus, yaitu Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN). Sistem sebelumnya yang sudah dibangun menggunakan radar kapal untuk mendeteksi cuaca yang diberi

nama SANTANU. Terkadang saat pengamatan, terjadi gangguan-gangguan yang menyebabkan radar tidak menghasilkan data secara utuh sehingga sistem ini menghasilkan data yang tidak normal. Penelitian ini bertujuan untuk bisa mengenali data data yang tidak normal tersebut, sehingga jika dalam pengamatannya sering muncul data tidak normal dapat dilakukan penanganan pada radar cuaca tersebut. Hasil yang didapatkan dengan menggunakan algoritma CNN didapat nilai akurasi latih (*training accuracy*) sebesar 98.2% dan 96.6% pada akurasi validasi. Hasil ini menunjukkan data yang sudah diklasifikasi menggunakan algoritma CNN menghasilkan akurasi yang baik.

4 KESIMPULAN

Hasil studi pustaka menunjukkan bahwa penggunaan Google *Earth Engine* dapat memaksimalkan pengambilan dataset pada penelitian CNN sebagai alat pengambil keputusan dalam pengelolaan sumber daya tambang karena bersifat *open-source*. Selain itu, gambar yang dihasilkan mencakup seluruh area tambang, sehingga proses pengumpulan data dapat dilakukan dengan efisien. Pengklasifikasian jenis mineral berdasarkan citra dan prediksi hasil tambang sesuai data historis, *basic CNN* dengan arsitektur yang terdiri dari 3 *hidden convolutional layer*, 1 *fully connected layer* dan 2 *stride* dapat diterapkan karena terbukti efektif untuk mengidentifikasi tutupan lahan. Sebagai langkah yang memudahkan pemrograman dalam mengolah dataset menuju interpretasinya, dapat digunakan Google *Teachable* yang sesuai untuk peneliti dari beragam latar belakang dengan akurasi yang sudah terbukti signifikan. Kemudian, penelitian terkait deteksi gangguan radar menunjukkan CNN secara keseluruhan dapat mendeteksi anomali termasuk pada kegiatan tambang. Adapun pada deteksi anomali perlu dilakukan pengkajian lebih lanjut mengenai anomali yang sering terjadi pada area tambang.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Tuhan Y.M.E yang telah melimpahkan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan artikel ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada keluarga dan teman-teman yang telah memberikan dukungan selama masa penulisan artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Alia, L. S. (2023). *Klasifikasi Jenis Sampah Menggunakan Image Classification Convolutional Neural Network* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau).
- Balaniuk, R., Isupova, O., & Reece, S. (2020). Mining and Tailings Dam Detection in Satellite Imagery Using Deep Learning. *Sensors*, 20(23), 6936. <https://doi.org/10.3390/s20236936>.
- Ekawan, R. (2012). *Kesalahpahaman di Pertambangan*. Jakarta: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Ihsan, C. N. (2021). Klasifikasi Data Radar Menggunakan Algoritma Convolutional Neural Network (CNN). *DoubleClick : Journal of Computer and Information Technology*, Vol. 4, No. 2, February 2021, Pages 115-121. <https://doi.org/10.25273/doubleclick.v4i2.8188>.
- Johannes, A., Bukit, M., Betan, A. D., & Tarigan, J. (2024). Google Teachable Machine: Pemanfaatan Machine Learning Berbasis CNN Untuk Identifikasi Cepat Batuan Mineral Kalsit, Kuarsa dan Magnetit. *J-Icon : Jurnal Komputer Dan Informatika*, 12(2), 102-109. <https://doi.org/10.35508/jicon.v12i2.15170>.
- Magdalena, R., Saidah, S., Pratiwi, N. K. C., & Putra, A. T. (2021). Klasifikasi Tutupan Lahan Melalui Citra Satelit SPOT-6 dengan Metode Convolutional Neural Network

(CNN). *JEPIN (Jurnal Edukasi dan Penelitian Informatika)*, 7(3), 335-339.
<https://doi.org/10.26418/jp.v7i3.48195>.

Suartika E. P, I Wayan, Wijaya Arya Yudhi, S. R. (2016). Klasifikasi Citra Menggunakan Convolutional Neural Network (CNN) Pada Caltech 101. *Jurnal Teknik ITS*, 5(1), 76.
<http://repository.its.ac.id/48842/>.