

# **APLIKASI ARTIFICIAL NEURAL NETWORK UNTUK KONTROL KONSUMSI BAHAN BAKAR MINYAK ALAT BERAT PADA KEGIATAN ROCKBREAKING**

## **ARTIFICIAL NEURAL NETWORK APPLICATION FOR HEAVY EQUIPMENT FUEL CONSUMPTION CONTROL ON ROCK BREAKING ACTIVITY**

Mulyanto Soerjodibroto<sup>1</sup>, Victor Amrizal<sup>1</sup>, Wishnu Prabowo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta, Indonesia

Email: mulyanto@uinjkt.ac.id

### **ABSTRAK**

Aplikasi *artificial intelligence (AI) software* dalam kegiatan penambangan baik sekedar untuk otomasi peralatan, analisa dan pemrosesan data, identifikasi pola dan fitur data, sampai dengan penentuan solusi telah banyak dilakukan perusahaan tambang. Hal ini terutama karena secara alami kegiatan pertambangan selalu terlibat dengan medan kerja yang mempunyai tingkat ketidak pastian dan kondisi alam yang sangat bervariasi. Salah satu aplikasi AI adalah untuk kontrol konsumsi BBM. Pemanfaatan AI untuk mengontrol pemakaian BBM pada kegiatan *Rock Breaking* pada *quarry* batu kapur di daerah Sukabumi menghasilkan prediksi konsumsi BBM pada tingkat penyimpangan sebesar 0.17, yang masih masuk dalam kategori baik. Dengan hasil prediksi yang baik, perencanaan alokasi BBM untuk setiap alat pada setiap kondisi *working front* dapat dilakukan dengan tepat untuk menghindari pemborosan konsumsi BBM. Akurasi prediksi AI akan dapat ditingkatkan dengan penambahan jumlah dan variasi data untuk masukan pada tahap “*machine learning*”.

**Kata Kunci :** *Aplikasi AI, kontrol konsumsi BBM, rock breaking*

**DOI:** 10.15408/jipl.v2i2.29289

### **ABSTRACT**

*Applications of artificial intelligence (AI) software in mining activities, both for equipment automation, data analysis and processing, identification of patterns and features data, upto determining solutions have been carried out by several mining companies. This is mainly due to mining activities naturally are always facing uncertainty and natural variability conditions. One of the AI applications is to control fuel consumption. Utilization of AI in aimed to control fuel consumption in Rock Breaking activities in limestone quarry in the Sukabumi area, resulting a deviation rate of 0.17 for fuel consumption prediction, which is fall in “ the good category”. Using a good predictions, fuel allocation planning for each equipment in each working front condition can be done precisely to avoid wasting fuel consumption. The prediction accuracy of AI can be improved by increasing the volume and variety of data to be assigned for "machine learning" phase.*

**Keywords :** *Artificial intelligence application, fuel consumption, rock breaking*

## PENDAHULUAN

Perusahaan tambang secara alami selalu di kelilingi oleh berbagai ketidakpastian (*inherent uncertainties*) yang menimbulkan resiko sejak awal eksplorasi bahkan sampai pada tahap penutupan tambang. Resiko karena ketidak pastian berpotensi mengganggu operasi perusahaan baik secara teknis maupun finansial, bila tidak di kelola dengan baik. Salah satu cara untuk mengurangi resiko ketidak pastian ini adalah dengan aplikasi sistem digital baik berupa otomatisasi peralatan kerja maupun aplikasi perangkat lunak untuk membantu analisis data, pemrosesan data, dan mempelajari pola maupun fitur dari data yang volume dan variasinya nya sangat banyak. Kebutuhan aplikasi teknologi digitalisasi dalam kegiatan pertambangan ini juga sudah di simpulkan dalam studi (Ernst & Young, 2018) yang mengatakan bahwa digitalisasi menduduki ranking 2 dalam kaitan kebutuhan industri pertambangan untuk dapat tetap siap menghadapi tantangan kedepan.

Dalam studi kali ini akan di *highlight* peranan AI dalam usaha mengurangi emisi gas buang *excavator* melalui peningkatan efisiensi konsumsi BBM pada operasi *Rock Breaking* tambang *quarry* batu kapur di daerah Sukabumi. Disini AI dipakai untuk simulasi pemakaian bbm untuk target produksi yang ditentukan dalam operasi *Rock Breaking* dengan mempertimbangkan variasi karakter batuan, cuaca, kondisi alat dan medan kerja. Efisiensi pemakaian BBM merupakan faktor penting untuk mengontrol biaya produksi dan juga emisi gas buang dari mesin pembakaran internal (ICE) kendaraan bermotor.

## METODE

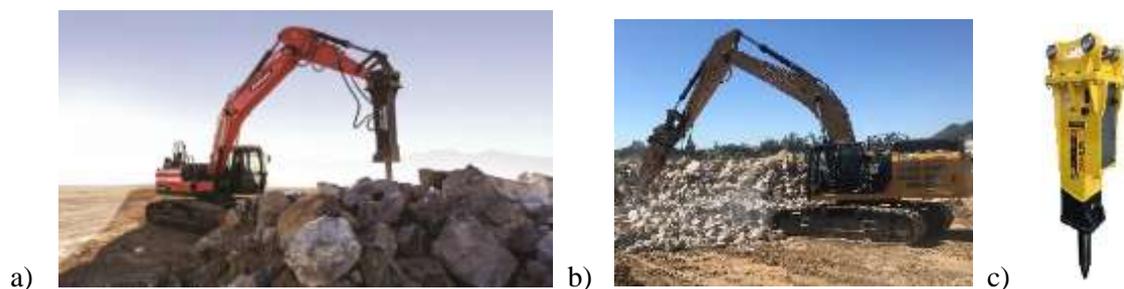
Penelitian ini dimulai dengan melakukan karakterisasi kegiatan *Rock Breaking* pada *quarry* batu kapur didaerah Sukabumi yang menggunakan alat utama 2 buah *Excavator* yang dilengkapi dengan *Hydraulic Breaker*. Tahapan ini dimaksudkan untuk identifikasi dan pengukuran parameter kerja yang mempunyai pengaruh terhadap efisiensi kerja mesin *Excavator + Breaker* baik dalam melakukan *Primary and/or Secondary Breaking* dimana menurut (Octaviani, 2019; Vukovic et al., 2017) dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti lama penggunaan mesin, tipe dan ukuran, umur, rasio gigi, dan berat alat. Parameter kerja yang di identifikasi terdiri atas kondisi mesin Eskavator, kondisi batuan pada front kerja, dan kondisi alam saat kegiatan berlangsung dicatat dan diamati untuk mendapatkan pola keterjadiannya (*the existences*). Data yang terkait dengan masing masing parameter dikumpulkan untuk di analisis untuk selanjutnya dipakai sebagai input pada *source layer node* dari model *Artificial Neural Network* yang dikembangkan. Data kondisi mesin eskavator menurut (Keputusan Menteri ESDM Nomor 1827 K/30/MEM/2018, 2018) diwakili oleh *Physical Availability* (PA), *Mechanical Availability* (MA), *Utilization Availability*, (UA) , *Effective Availabilty* (EA) dan *cycle time* kerja alat berat. Kondisi front kerja diwakili oleh data pembentuk *Rock Mass Rating* (RMR) yang terdiri dari kekuatan batuan (*Rock Strength*), Kondisi , jarak dan orientasi rekahan (*Condition, Spacing and Orientation of Discontinuity*) , dan Kondisi air tanah (*ground water condition*) . Sedang untuk kondisi cuaca dicatat jumlah hari dan lebatnya hujan. Input data ke *source layer nodes* selanjutnya diterima dan diproses dalam *hidden layer nodes* menghasilkan prediksi produktivitas dan konsumsi BBM untuk menghasilkan ratio konsumsi BBM per ton produk batu kapur. Besar kecilnya ratio yang dikutip dari (Amiruddin et al., 2020; Himawan et al., 2020) dapat mengetahui pencapaian target dan *fuel burn*-nya menjadi indicator tingkat emisi gas buang alat berat yang dipakai.

### Pemecahan Batuan (*Rock Breaking*)

Pemecahan atau pemberaian batuan dapat dilakukan dengan berbagai cara. Teknik yang umum dipakai di pertambangan adalah dengan menggunakan bahan peledak (*Rock Blasting*). Hanya bila ada larangan penggunaan bahan peledak karena alasan bahaya *fly rock*, getaran peledakan, gas peledakan, maka menurut (Al-Bakri & Hefni, 2021) dapat dipakai cara lain seperti penggunaan *Rock Breaker*, Teknik *splitting*, sampai cara manual. Untuk pekerjaan skala besar, alternatif dari *Rock Blasting* mengarah ke *Hydraulic Rock Breaking* menggunakan perangkat "*Breaker*" yang dipasang pada Eskavator atau *Loader*. *Hydraulic Breaker* menjadi salah satu cara pemecahan yang banyak digunakan dalam pertambangan, konstruksi, dan industri lansekap, karena lebih aman, lebih akurat, lebih sedikit

mengakibatkan getaran dan *noise*. Namun, seperti kebanyakan peralatan, masing-masing memiliki aplikasinya sendiri di mana kinerjanya akan lebih baik. Memilih alat yang tepat untuk pekerjaan itu bisa sangat melelahkan, tetapi bukan tidak mungkin. Inilah semua yang perlu di ketahui tentang (*Hydraulic Rock Breaker*) pemecah batu hidrolik.

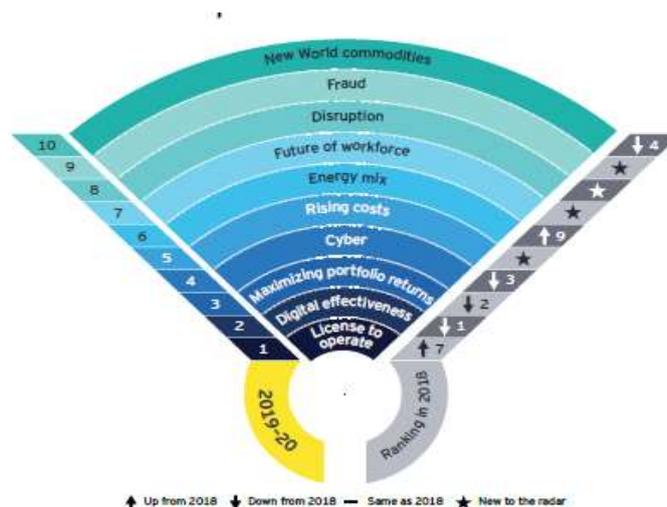
Menurut (Indonesianto, 2020), *Hydraulic Rock Breaker* yang dipasang pada “boom” excavator, mendapatkan tenaga dari penggerak diesel yang ada pada eskavator untuk menggerakkan “chisel” secara “rotary percussive” dengan frekuensi gerak yang tinggi (1600 – 2000 pukulan/menit). Mekanisme memukul dan sekaligus berputar yang menghasilkan gaya impact dan tusukan ini sangat efektif dalam memecah batuan sekaligus menghindarkan kemungkinan ujung pahat terjepit dalam rekahan batuan. Alat ini dapat berfungsi sebagai *Primary Breaker* membongkar bongkah batuan dari tempat asalnya, dan juga sebagai *Secondary Breaker* untuk reduksi ukuran bongkah batuan sebelum di masukan ke mesin peremuk (*Crusher*) seperti terlihat pada Gambar 1 a, b dan c di bawah ini.



**Gambar 1.** a). *Primary Rock Breaking*, b). *Secondary Rock Breaking*, c). *Breaker*

**Aplikasi AI Di Pertambangan.**

Studi dari konsultan (Ernst & Young, 2018) menyimpulkan bahwa *Digital Effectiveness* menjadi tantangan ke 2 dari 10 tantangan dan resiko yang dihadapi industry pertambangan. *Digital Effectiveness* merupakan kunci bagi perusahaan pertambangan untuk dapat tetap kompetitif dimasa depan. Digitalisasi di seluruh rantai usaha pertambangan dibutuhkan untuk menghadapi tantangan di zaman yang berubah dengan cepat.



**Gambar 2.** Tantangan yang dihadapi industri pertambangan (EY, 2018)

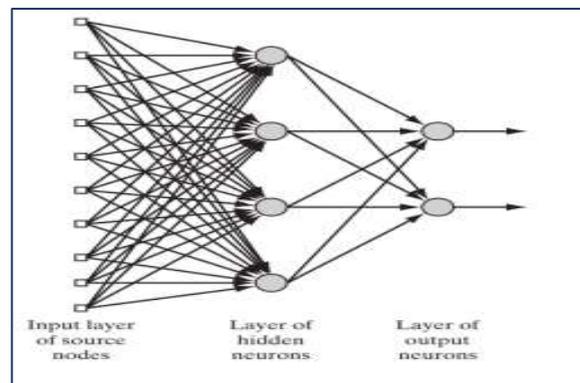
Saat ini penerapan *Artificial Intelligence* (AI) dalam industri pertambangan, lebih banyak pada otomatisasi proses pengerjaan tugas dalam jumlah besar dan berulang yang menurut (Ahmad, 2017; Grewal, 2014) dapat menggantikan hal yang biasa dilakukan oleh manusia. Aplikasi AI disini membuat mesin mampu beradaptasi dalam kondisi tertentu, yang tidak bisa dilakukan oleh mesin konvensional.

Penerapan teknologi otomatisasi pada mesin di areal pertambangan saat ini, mampu membuat proses penambangan lebih aman, akurat dan efisien.

Selanjutnya penerapan AI menurut dengan karakter *machine learning* atau pembelajaran mesin akan membuat sistem yang mampu bekerja atau beroperasi tanpa harus diprogram terlebih dahulu. Seperti misalnya, Aplikasi *Artificial Intelligence* bersama dengan perangkat lunak pemetaan geologis, akan sangat membantu analisis data, pemrosesan data, dan mempelajari pola maupun fitur dari kumpulan data besar eksplorasi (*exploration big data*) untuk karakterisasi badan bijih dan bahkan membuat blok2 bijih berdasar potensi kadar bijihnya. Selain sebagai pengguna, penelitian dan inovasi dalam kecerdasan buatan di sektor operasi dan teknologi industri pertambangan menunjukkan peningkatan, seperti yang dilaporkan dalam (Lempriere, 2017)

### AI Dalam *Rock Breaking*.

Usaha mengontrol pemakaian BBM dalam operasi *rock breaking* di *quarry* Batu Kapur PT. Cicatih Putra di Sukabumi ditujukan untuk efisiensi penggunaan BBM sekaligus mengurangi tingkat emisi gas buang (CO, CO<sub>2</sub>, SO) seperti yang dicanangkan pemerintah melalui (Kementerian ESDM, 2018). Usaha ini dilakukan dengan bantuan aplikasi AI, yang dikembangkan mengikuti prinsip *Multi layer Artificial Neural Network* (ANN) mengacu pada diagram dalam Gambar 3.



**Gambar 3.** *Multi Layer ANN*

Dengan mengikuti prinsip tersebut diatas, dikembangkan ANN untuk studi ini, sebut saja sebagai ANN-RB, yang di konstruksi menggunakan *Python Coding* dengan bantuan *Orange Datamining* untuk proses data, seperti yang disajikan dalam Lampiran 10a, dan Lampiran 10b.

Dalam mencari solusi , ANN akan pertama membaca pola data/informasi yang disajikan, dan, kedua seleksi data/informasi yang diambil secara dinamis sebagai dasar eksekusi fungsi data. Kemampuan adaptasi membuat ANN dapat menyesuaikan fungsinya terhadap perubahan kondisi yang dihadapi. Dengan dasar pola dan penyesuaian yang dilakukan, ANN dapat mengambil keputusan yang di butuhkan.

Penggunaan *Neural Network* dengan perangkat lunak *Orange Datamining* sebagai penyelesaian dipilih karena sebelumnya telah dicoba menggunakan *Fuzzy Neural Network* oleh (Fullér, 1995; Kasabov, 1996) dengan perangkat lunak MATLAB R2022a namun memberikan hasil yang kurang memuaskan. Selain input data yang tidak bisa melebihi nilai maksimal maupun dibawah nilai minimal karena menggunakan prinsip derajat keanggotaan, serta nilai prediksi yang dihasilkan tidak konsisten jika dibandingkan dengan penggunaan *Neural Network*.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

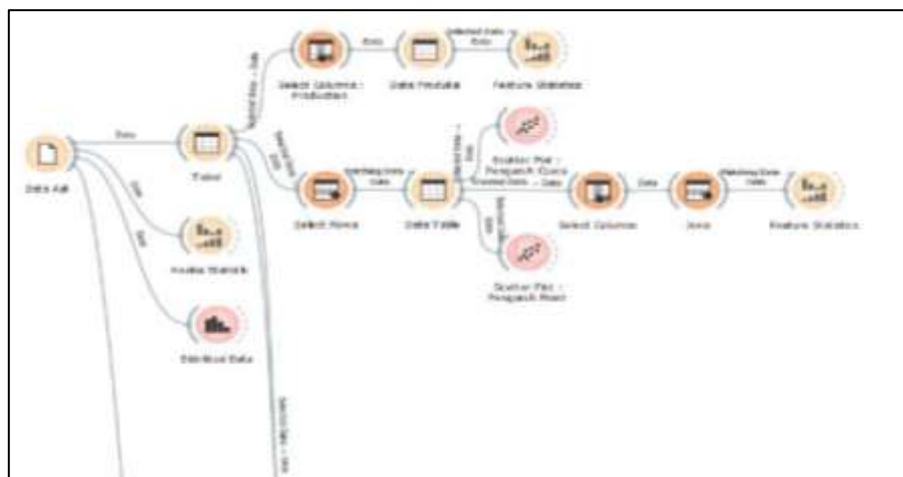
ANN-RB diperkenalkan dengan data set yang mencakup spesifikasi alat, kondisi cuaca, kategori front kerja dan *cycle time Rock Breaking* dengan perangkat *Breaker Soosan SB81TR-F* dan *TDR 1800* yang di pasang pada *Eskavator Doosan 225 LC* (Doosan, 2006, 2015). Operasi *Rock Breaking* dengan alat

ini dilakukan baik untuk pemecahan awal langsung ditempat asli batuan (*Primary Breaking*) dan juga untuk reduksi ukuran mencapai 30 - 50 cm (*Secondary breaking*).

Dalam pengolahan data dilakukan oversampling dengan bantuan *widjet Python Script* yang memungkinkan untuk menerapkan perintah oversampling dalam bentuk *Phyton Coding*, sehingga permasalahan *imbalance data* akibat perbedaan jumlah tercapai dan tidaknya target produksi dapat teratasi.

Sementara hidden layer untuk ANN di tentukan dengan cara trial and error, dengan mempertimbangkan beberapa faktor (Sulaiman, 2006; Suryanto et al., 2019) seperti nilai MAE (*Mean Absolut Error*), MAPE (*Mean Absolut Percentage Error*), dan  $R_2$  yang dihasilkan jika model diuji menggunakan metode *Cross Validation* dengan konfigurasi 5-folds dimana sebelumnya pernah dilakukan oleh (Soofastaei et al., 2018) dalam menguji modelnya untuk alat *dumprtruck*. Nilai tersebut menggunakan *widjet Test and Score*, sehingga dapat memudahkan kita untuk mendapatkan konfigurasi hidden layer yang sesuai. Input data yang akan digunakan ANN untuk prediksi hasil produksi di sajikan dalam Lampiran 7. Untuk memprediksi konsumsi bahan bakar, data set yang di input ke ANN-RB meliputi karakter alat, kondisi front kerja, kondisi cuaca, waktu operasi, dan *cycle time* (Lampiran 3, 4,5,6). Dengan data set tersebut ANN dapat melakukan prediksi ton produksi dan liter BBM yang digunakan seperti yang di sajikan dalam Lampiran 8.

Dengan menggunakan konfigurasi *hidden layer* (3,2,6,12) ANN-RB membuat prediksi untuk produksi, dan (2,4,15) untuk prediksi konsumsi bahan bakar eskavator. Konfigurasi tersebut dipilih karena memiliki hasil MAE dan MAPE paling rendah namun dengan hasil  $R_2$  yang paling tinggi. Dengan konfigurasi itu ANN-RB pertama kali melakukan analisis data seperti terlihat dalam Gambar 4. Selanjutnya untuk pengolahan data dan prediksi dilakukan seperti terlihat dalam diagram alir Lampiran 10a, dan 10b.



**Gambar 4.** Diagram alir Analisa data ANN-RB

Model produksi yang diuji mendapatkan nilai MAE dan  $R_2$  berturut-turut 38,097.729 dan 0.381 melalui *widjet Test and Score*, sedangkan perhitungan MAPE secara manual mendapatkan hasil *error* sebesar 21.36%. Berdasarkan kriteria hasil oleh (Azman Maricar, 2019), hasil prediksi ini masuk dalam kategori kemampuan prediksi “layak”.

**Tabel 1.** Kategori Keberhasilan Prediksi berdasar nilai MAPE

Range MAPE	Arti Nilai
< 10%	Kemampuan model peramalan sangat baik
10 – 20%	Kemampuan model peramalan baik
20 – 50%	Kemampuan model peramalan layak
>50%	Kemampuan model peramalan buruk

Model konsumsi bahan bakar yang diuji mendapatkan nilai MAE dan  $R_2$  berturut-turut 8.857 dan 0.784 melalui *widget Test and Score*, sedangkan perhitungan MAPE secara manual mendapatkan hasil *error* sebesar 17.80%, sehingga kemampuan peramalan masuk kategori “baik”. Dengan bekal hasil prediksi, alokasi BBM eskavator untuk setiap keadaan lapangan dapat ditentukan dengan lebih tepat.

## PENUTUP

Simpulan pada penelitian ini adalah ANN dapat membantu dalam analisis data, pemrosesan data, dan mempelajari pola maupun fitur dari kumpulan data pertambangan, khususnya untuk kegiatan “*Rock Breaking*”. Akurasi prediksi yang dilakukan ANN, walau belum mencapai ketepatan sempurna, namun dinilai dari kemampuan produksi ANN yang di coba disini masuk dalam kategori “layak” untuk aspek produksi, dan “baik” untuk aspek penggunaan BBM. Saran pada penelitian ini adalah agar ANN mampu menghasilkan prediksi yang lebih baik perlu dilakukan a. Formulasi fungsi dalam *hidden layer*, yang lebih mendekati kondisi aktual dengan melibatkan parameter aktual sebanyak mungkin; dan b. Perlu penambahan jumlah dan kualitas *actual sample* yang mewakili setiap kondisi *working front* dan eskavator yang akan dipakai.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terlaksananya penelitian ini hanya dimungkinkan oleh perkenan yang diberikan oleh PT. Cicatih Putra Sukabumi yang memberikan kesempatan kepada kami untuk mempelajari karakter kerja dan mengumpulkan data *Rock Breaking* pada *quarry* batu kapur di desa Gunung Guruh, Sukabumi. Apresiasi juga patut disampaikan kepada DR. Nashrul Hakiem dan DR. Ambran Hartono yang mendorong pelaksanaan penelitian ini. Tidak lupa terima kasih disampaikan kepada tim peneliti yang telah bekerja sama tanpa kenal bosan untuk selalu melakukan *review* dan koreksi untuk perbaikan penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, A. (2017). Mengenal Artificial Intelligence, Machine Learning, Neural Network, dan Deep Learning. *Jurnal Teknologi Indonesia*. [www.teknoindonesia.com](http://www.teknoindonesia.com)
- Al-Bakri, A., & Hefni, M. (2021). *A review of some nonexplosive alternative methods to conventional rock blasting*. 13(1), 431–442. <https://doi.org/doi:10.1515/geo-2020-0245>
- Amiruddin, M. F., Saismana, U., & Riswan. (2020). ANALISIS KEGIATAN PRODUKTIVITAS TERHADAP FUEL RATIO ALAT ANGKUT DAN ALAT GALI MUAT PADA PIT 2 DI PT PRO SARANA CIPTA. In *JURNAL HIMASAPTA* (Vol. 5, Issue 2).
- Azman Maricar, M. (2019). Analisa Perbandingan Nilai Akurasi Moving Average dan Exponential Smoothing untuk Sistem Peramalan Pendapatan pada Perusahaan XYZ. *Jurnal Sistem Dan Informatika*, 13(2), 36–45.
- Doosan. (2006). *Shop Manual DX225LC Serial Number 5001 and Up* (K1015439E ed.). DOOSAN Infracore America Corporation.
- Doosan. (2015). *Operation & Maintenance Manual DX225LC-3 Serial Number 1001 and Up Serial Number 50001 and Up (Europe Only)* (950106th-00365ANA-1st ed.). DOOSAN Infracore America Corporation.
- Ernst, & Young. (2018). *Top 10 business risks facing mining and metals in 2019-20*.
- Fullér, R. (1995). *Neural Fuzzy Systems* (1st ed.). Abo Akademi University.
- Grewal, D. S. (2014). A Critical Conceptual Analysis of Definitions of Artificial Intelligence as Applicable to Computer Engineering. *Journal of Computer Engineering (IOSR-JCE)*, 16(2), 9–13. [www.iosrjournals.org](http://www.iosrjournals.org)
- Himawan, M. R., Nurhakim, & Annisa. (2020). ANALISIS OPTIMALISASI FUEL RATIO PERALATAN MEKANIS DALAM AKTIFITAS PENGGALIAN DAN PENGANGKUTAN OVERBURDEN PT MADHANI TALATAH NUSANTARA. In *JURNAL HIMASAPTA* (Vol. 4, Issue 2).
- Indonesianto, Y. (2020). *Pemindahan Tanah Mekanis* (9th ed.). Teknik Pertambangan ITNY.

- Kasabov, N. K. (1996). *Foundations of Neural Networks, Fuzzy Systems, and Knowledge Engineering*. A Bradford Book.
- Kementerian ESDM. (2018). *INVENTARISASI EMISI GRK SEKTOR ENERGI*. [www.esdm.go.id](http://www.esdm.go.id)
- Keputusan Menteri ESDM Nomor 1827 K/30/MEM/2018, Pub. L. No. 1827 K/30/MEM/2018 (2018).
- Lempriere, M. (2017). *The Minerless Mine: Ericsson's Kankberg Project Is a Glimpse into the Future of Automation*. MINING TECH. <https://www.mining-technology.com/features/featurethe-minerless-mine-ericssons-kankberg-project-is-a-glimpse-into-the-future-of-automation-5925612/>
- Octaviani, B. P. (2019). *ANALISA KEWAJARAN ATAS PENGGUNAAN BAHAN BAKAR PADA ALAT GALI-MUAT DAN ALAT ANGKUT MENGGUNAKAN UJI DUA-UJUNG*.
- Soofastaei, A., Karimpour, E., Knights, P., & Kizil, M. (2018). Energy-efficient loading and hauling operations. In *Green Energy and Technology* (Vol. 0, Issue 9783319541983, pp. 121–146). Springer Verlag. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-54199-0\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-319-54199-0_7)
- Sulaiman, W. (2006). *Analisis Regresi Menggunakan SPSS: Contoh Kasus Dan Pemecahannya: Vol. ANDI*.
- Suryanto, A. A., Muqtadir, A., & Artikel, S. (2019). *PENERAPAN METODE MEAN ABSOLUTE ERROR (MEA) DALAM ALGORITMA REGRESI LINEAR UNTUK PREDIKSI PRODUKSI PADI*. 1, 11.
- Vukovic, M., Leifeld, R., & Murrenhoff, H. (2017). Reducing fuel consumption in hydraulic excavators-a comprehensive analysis. *Energies*, 10(5). <https://doi.org/10.3390/en10050687>