Prosiding Seminar Nasional Lingkungan Lahan Basah *p-ISSN 2623-1611*
Volume 7 Nomor 2 Halaman 216-223 April 2022 *e-ISSN 2623-1980*

IMPLEMENTASI ARTIFICIAL NEURAL NETWORK UNTUK MEMPREDIKSI TINGKAT GETARAN TANAH AKIBAT OPERASI PELEDAKAN PADA TAMBANG TERBUKA BATUBARA

Eko Santoso [1]*, Romla Noor Hakim [1], Juan Pariama [1]
[1] Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, ULM
Jln. A. Yani Km 36, Banjarbaru, Kalimantan Selatan 70714
**Corresponding author*: eko@ulm.ac.id

Abstrak. Aplikasi peledakan telah digunakan secara luas dan kontinu oleh beberapa industri pertambangan di Kalimantan Selatan. Oleh karena itu, kegiatan ini secara tidak langsung akan menghasilkan banyak data-data dalam kegiatan peledakan pada pembongkaran massa batuan. Penelitian ini mengkaji lebih dalam salah satu *big data* peledakan, yaitu dengan membangun sebuah jaringan saraf tiruan (*Artificial Neural Network*) guna memprediksi tingkat *ground vibration* sebagai efek peledakan. Metodologi pada penelitian ini merupakan pengamatan dan pengukuran langsung dilapangan berupa tingkat getaran tanah, geometri peledakan, pengukuran jarak peledakan dan penggunaan bahan peleak, serta identifikasi geologi daerah penelitian. Tahapan selanjutnya adalah pemrosesan validasi data dan menentukan desain arsitektur serta parameter konvergensi pada lembar kerja *Artificial Neural Network* (ANN). Hasil prediksi ground vibration melalui nilai *Peak Particel Velocity* (PPV) dari jaringan saraf tiruan yang telah dibuat, menghasilkan tingkat keakurasian sebesar 80,69%. Sedangkan tingkat akurasi hasil prediksi secara empiris metode *scale distance analysis* menggunakan pendekatan *U.S Bureau Of Mines* 76,82 %, *Langefors Kihlstrom* 76,63 % dan *Ambraseys-Hendorn* 77,01%. Pembuatan ANN terbukti efektif dan efisien dalam memprediksi dampak dari kegiatan peledakan melalui tingkat kecepatan dan keakuratannya. Sehingga dapat membantu dalam merekomendasi metode peledakan yang lebih ramah lingkungan, dimana tingkat getaran peledakan sesuai dengan baku mutu lingkungan.

Kata kunci: Getaran Peledakan, *Artificial Neural Network* (ANN), Scale Distance Analysis, Jarak, Isian Bahan Peledak

1. PENDAHULUAN

Metode peledakan merupakan salah satu metode penggalian yang umum dilakukan pada proses penambangan untuk memberaikan batuan pada tambang terbuka batubara E. Santoso, dkk (2020). Selain memberikan efek pemberaian pada batuan melalui tingkat fragmentasinya, kegiatan peledakan juga menimbulkan energi yang kurang menguntungkan bagi manusia dan infrastruktur pada lingkungan sekitar. Contoh dari dampak negatif yang dihasilkannya adalah energi sisa peledakan seperti adanya *air blast*, *fly rock*, *fumes* dan *ground vibration* atau getaran tanah menurut Konya, C.J. and E.J. Walter, (1990).

Kegiatan peledakan dilaksanakan secara secara luas dan kontinu oleh beberapa industri pertambangan batubara di Kalimantan Selatan. Oleh sebab itu, secara tidak langsung juga akan menghasilkan banyak data-data yang berkaitan dengan kegiatan peledakan. Data-data dari blast desain, kondisi massa batuan hingga pada data-data *blast result*, seperti tingkat fragmentasi, biaya, serta data dari dampak negatif peledakan yang ditimbulkan.

Kontrol terhadap getaran peledakan sangat perlu dilakukan guna memenuhi baku mutu lingkungan. Hal ini dilakukan karena dampaknya yang dapat mempengaruhi ketidaknyamanan pada manusia dan kerusakan pada infrastruktur bangunan sekitar. Tingkat getaran tanah akibat peledakan didefinisikan sebagai nilai puncak kecepatan partikel (Peak Particel Velocity/PPV), yaitu kecepatan puncak partikel batuan ketika bergerak meninggalkan posisi semula, Jimeno, C.L., E.L. Jimeno, and F.J.A. Carcedo, (1995).

Pendekatan secara empiris telah banyak dilakukan untuk memprediksi tingkat getaran peledakan, yaitu dengan cara membuat hubungan antara tingkat getaran dengan scale distance. Dimana *scale distance* sendiri didefiniskan sebagai jarak permuatan bahan peledak. Seperti yang dikembangkan oleh U.S Bureau Of Mines, Langefors Kihlstrom (1978), Ambraseys-Hendorn (1968) dan lain lian. Berangkat dari adanya big data (banyak data) yang dapat dikumpulkan pada kegiatan peledakan, maka pendekatan baru melaui sebuah jaringan saraf

© Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Universitas Lambung Mangkurat

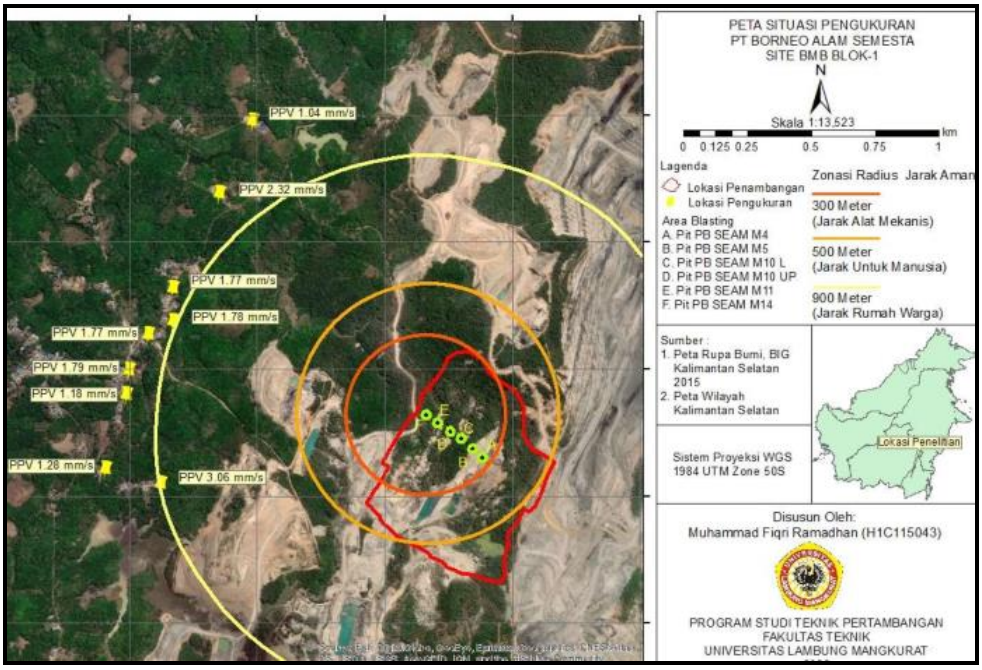
tiruan (*Artificial Neural Network*) di aplikasikan pada penelitian ini guna memprediksi tingkat getaran tanah akibat kegiatan peledakan pada tambang terbuka batubara. Pada penelitian sebelumnya, Khandewall dan Singh (2006) dan Yuliadi (2011), telah berhasil membuktikan dengan sangat baik penggunaan *Artificial Neural Network* (ANN) untuk memprediksi Getaran Tanah akibat proses peledakan. Studi kasus pada penelitian ini diambil dari data-data peledakan pada tambang terbuka batubara di Kalimantan Selatan. Harapannya penelitin ini dapat digunakan oleh industri, pemerintah serta kalangan akademisi untuk lebih memahami karakteristik peledakan pada tambang terbuka batubara di Kalimantan Selatan. Sebagai *tools* guna memprediksi dampak yang ditimbulkan oleh peledakan secara cepat dan akurat, khususnya pada tingkat getaran tanah yang dihasilkan. Aplikasi ANN ini nantinya akan sangat membantu juga dalam memberikan suatu rekomendasi pelaksanaan kegiatan peledakan yang terkontrol dan kegiatan peledekan yang lebih ramah lingkungan. Sesuai dengan kondisi geologi regional dan infrastruktur masyarakat sekitar tambang di Kalimantan Selatan.

2. METODE

Penelitia ini dimulai dengan kegiatan pengumpulan data (*collecting data*) pada kegiatan peledakan di tambang terbuka batubara di Kalimantan Selatan. Tahapan rekapitulasi data pada program excel dilanjutkan dengan proses validasi big data yang didapatkan melalui program SPSS, guna meminimalisir adanya anomali dari data-data tersebut. Pemanfaaatan model back propagation pada metode artificial neural network untuk memprediksi nilai petaran tanah pada kegiatan peledakan memanfaatkan programa Matrix Laboratory (MATLAB) seperti yang telah dilakukan oleh E. Santoso, dkk (2021).

2.1 Pengumpulan Data Lapangan

Collecting data pada penelitian mencakup data primer dan sekunder. Pada data primer, pengambilan datanya dilaksanakan di Pit PB1 Blok-1 BMB yang dilakukan penambangan oleh PT Borneo Alam Semesta, sedangkan untuk data sekundernya sendiri didapatkan dari beberapa perusahaan tambang yang ada di Kalimantan Selatan. Penggunaan alat sesimograph (*Blastmate* III) digunakan sebagai perekaman tingkat getaran tanah akibat peledakan dengan berbagai variasi jarak pengambilannya di area sekitar peledakan, seperti terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Pengambilan Data Lapangan

Kagiatan perekaman tingkat getaran peledakan dilakukan bervariasi pada jarak 500 meter sampai dengan jarak 1.500 meter. Selanjutnya pengambilan data desain peledakan di Pit aktif penambangan, untuk mendapatkan data jumlah pemakaian bahan peledakan perbarisnya. Data-data faktor batuan dan informasi geologi regional daerah penelitian juga diambil, agar mendapatkan gambaran parameter apa saja yang mempengaruhi keberhasilan suatu proses peledakan pada lokasi penelitian.

2.2 Pengolahan Data Lapangan

Setelah rekapitulasi data-data lapangan pada program Excel tahapan selanjutnya adalah pengolahan dan validasi data lapangan seperti terlihat pada Tabel 1, yaitu melaui uji statisik deskriptif dan inferensia melalui program SPSS. Melalui uji statistik tersebut, anomali data yang didapatkan dapat dihilangkan, sehingga bias data dapat diminimalisir untuk tahapan selanjutnya, yaitu pembuatan model ANN.

Tabel 1. Statistik data parameter peledakan sebagai inputan pada permodelan ANN

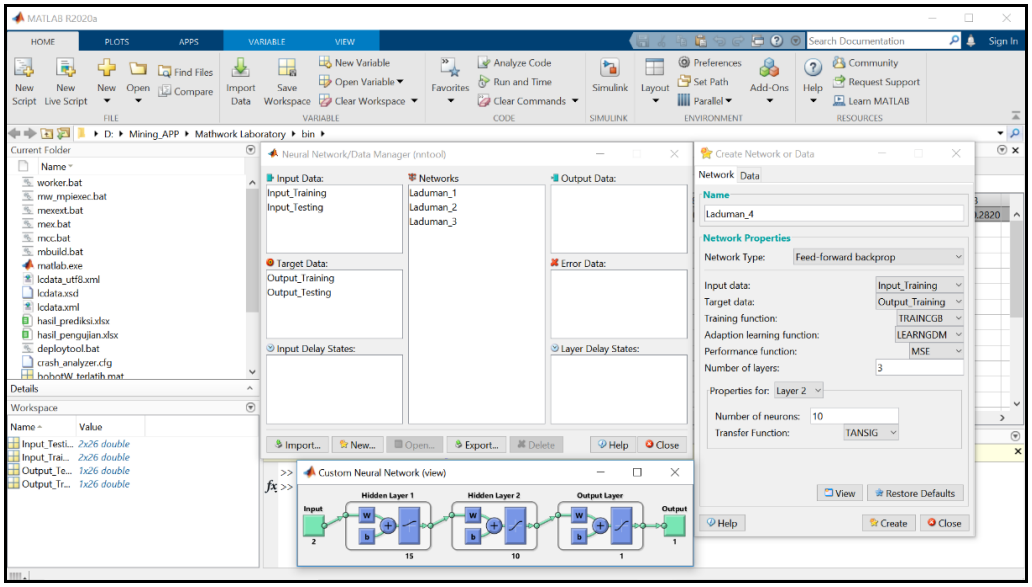
Parameter Peledakan	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Dev	PDF
Jarak (meter)	67	500	2120	1229,3	211,6	Normal
Berat Handak/waktu tunda (Kg)	67	176	296	265,6	19,3	Normal
Nilai PPV (mm/s)	67	0,5	3,06	1,47	0,68	Normal

2.3 Pembuatan Model ANN

Persamaan empiris berdasarkan pendekatan scale distance analysis telah banyak dikembangkan untuk memprediksi tingkat getaran peledakan. Seperti yang dikembangkan oleh USBM (Duval & Fogelson, 1962), Ambraseys-Hendorn (1968), Langefors-Kihlstrom (1978). Yaitu dengan cara membuat grafik hubungan antara tingkat getaran peledakan dengan *scale distance*. Dimana *scale distance* sendiri didefiniskan sebagai perbandingan antara jarak (jarak antara lokasi peledakan dengan loaksi perekaman tingkat getaran peledakan) terhadap jumlah bahan peledak perbaris atau perwaktu tundanya.

Pembuatan Model ANN pada penilitian ini dikembangkan berdasarkan persamaan empiris, seperti yang telah disebutkan sebelumnya, yaitu dengan pendekatan scale distance sebagai inputan utamanya dengan target out punya adalah nilai PPV hasil peledakan. Pembuatan arsitektur ANN pada penelitian menggunakan bantuan program MATLAB R2020a (Gambar 2). Dari sekian banyak data inputan pada program ANN, dilakukan pengkategorian baik berupa tipe dan rasio terhadap data yang dibuat dalam pembagian rasio 80:20 juga rasio 50:50 untuk data latih, data target dan data uji sebagai persiapan proses menuju data prediksi yang menjadi data akhir atau data keluaran.

Ada beberapa model arsitektur yang dibuat pada penelitian ini, dimana nantinya hasil prediksi dari masing-masing arsitektur akan di bandingkan dengan kondisi aktual. Dengan melihat keakurasian prediksi dan nilai mean sum square error terkecil, maka arsitektur tersebut yang nantinya akan menjadi model memori ANN atau logika pemrograman sebagai dasar perintah pemograman dalam bentuk format executable.

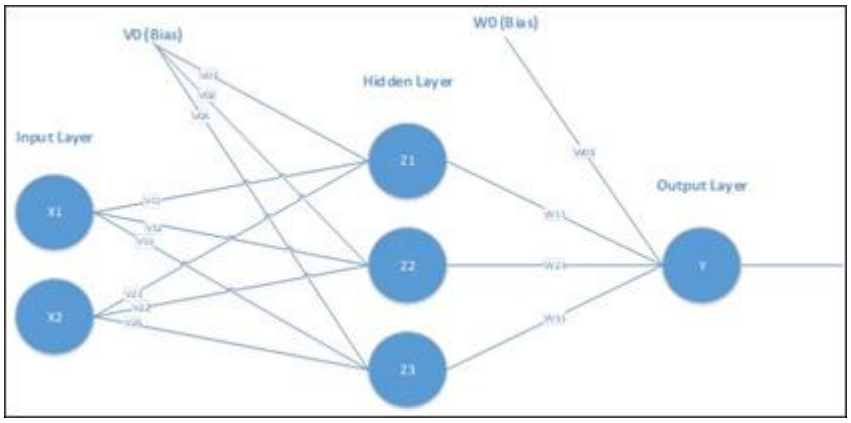


Gambar 2. Proses pembuatan ANN pada program MATLAB R2020a

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Prediksi PPV Berdasarkan Pendekataan ANN

Pembuatan apliksi ANN guna memprediksi tingkat getaran tanah akibat kegiatan peledakan pada tambang terbuka batubara menggunakan MATLAB R2020a. Pada tahapan observasi awal, dilakukan pengujian data dengan menentukan arsitektural menggunakan toolbox yang disedaikan MATLAB dengan mempertimbangkan ragam faktor mulai dari tipe *training func, adaptive learning func, performance func, dan transfer func* sebagai syarat dalam menentukan perintah apa saja yang akan digunakan pada program aplikasi berbasis executable yang diperuntukan pada kasus ini. Arsitektur dari ANN yang dikembangkan (Gambar 3) pada tahapan awal yang tertuang dalam (Tabel 2) memiliki 2 variabel inputan, menggunakan 3 hidden layer, untuk mendapatkan 1 variabel ou put (nilai PPV).



Gambar 3. Arsitektur pada ANN Network

Tabel 2. Training Function of the ANN with 2 input (logsig) – 3 hidden (tansig) – 1 output (pureline)

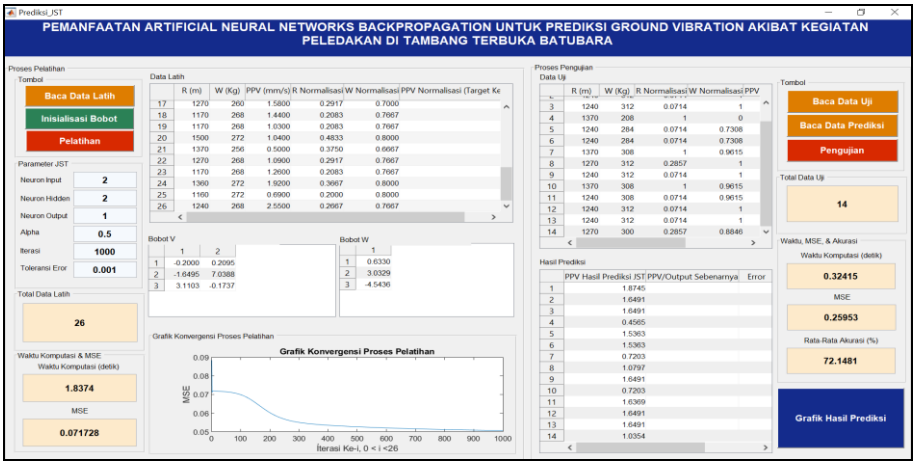
No	Name Of Training Function	50 : 50 for accuracy	80 : 20 for accuracy
1	Train Lavenberg-Marcquardt	50%	75%
2	Train BFG quasi-newton	50%	66%
3	Train Gradient Descent	62%	71%
4	Train Gradient Descent with Momentum	69%	82%
5	Train Gradient Descent with Adaptive Learning	74%	58%
6	Train Gradient Descent with Momentum and Adaptive Learning	44%	73%
7	Train Fletcher-Reeves	51%	84%
8	Train Polak-Ribiere	62%	66%
9	Train Powell-Beale	58%	69%
Adaptive Learning Function: LearnGDM			
Performance Function : MSE			

Dari tabel diatas dapat diambil formula pembangunan syntax program untuk aplikasi ANN dengan model BPNN pada hasil kegiatan peledakan yang berfokus terhadap nilai PPV di PT BAS merujuk pada pembagian kategori data dengan rekomendasi rasio 80 : 20 (80% jumlah data untuk dijadikan kelompok data latih atau data ajar dan 20% jumlah data untuk dijadikan data target atau data uji) dan pemilihan tipe training function sebagai dasar atau pola algoritma untuk optimalisasi program ANN-BPNN yang merujuk pada kelompok conjungate dan gradient descent. Penggunaan pola algoritma pada kelompok tersebut, dapat diartikan sebagai bentuk pengadaan pola alpha dan iteration yang menjadi acuan penting dalam pengadaan parameter pada program aplikasi yang dibuat.

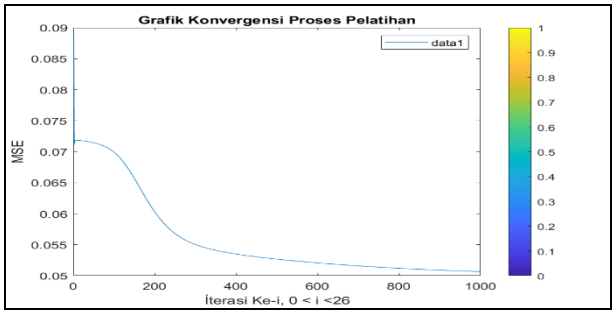
Dengan demikian proses tahapan lanjutan dilakukan dengan melakukan berbagai syntax yang di program berdasarkan kebutuhan dalam memperoleh ANN-BPNN. Pembuatan fungsi-fungsi ANN-BPNN, membuat rancangan interface atau antarmuka program, penambahan kode program berupa aktivasi fungsi callback pada tiap bagian yang diperlukan pada program sampai pada menjalankan program aplikasi untuk dikembali melakukan pelatihan, pengujian, dan prediksi data getaran tanah hasil kegiatan peledakan di PT BAS secara komputasi menghasilkan nilai rata-rata akurasi sebesar 80,69%.

Berikut tampilan interface atau antarmuka program seperti terlihat pada Gambar. 4, dimana terdapat bagian-bagian utama pada aplikasi yaitu:

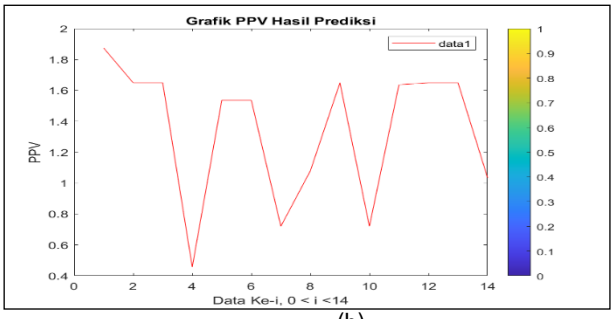
1. bagian proses pelatihan dengan mengaktifkan pembacaan data dalam format excel, insialisasi bobot pada tiap data masukan, dan proses pelatihan dengan parameter uji yang disediakan yang menghasilkan waktu,MSE dan grafik konvergensi.
2. bagian proses pengujian dengan mengaktifkan pembacaan data uji dan proses pengujian disertakan pembacaan data untuk prediksi yang menghasilkan informasi data berupa waktu, MSE, % akurasi, grafik perbandingan ppv aktual dengan ppv pengujian, serta grafik prediksi seperti terlihat pada Gambar 4.



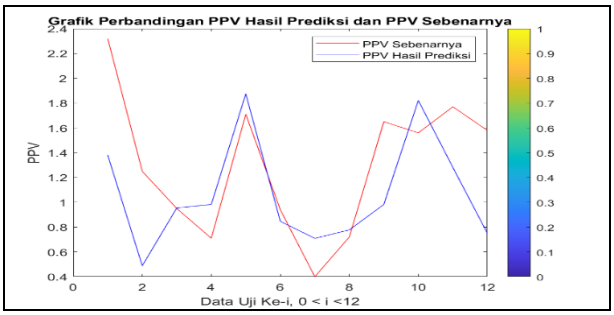
Gambar 3. Tampilan final interface aplikasi ANN yang dibuat



(a)



(b)



(c)

Gambar 4. Out put grafik dari ANN (a) Grafik konvergensi hasil pelatihan, (b) Grafik PPV hasil prediksi, (c) Grafik perbandingan PPV actual dengan PPV dari ANN

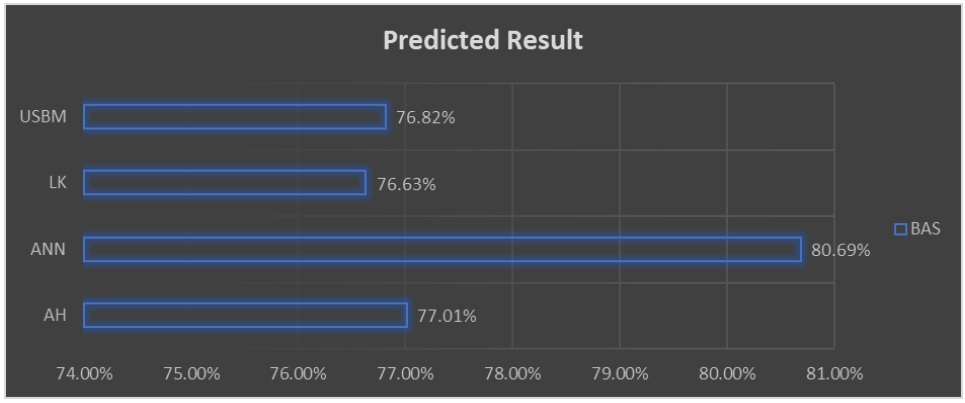
3.2. Analisis Sensitivitas

Aplikasi ANN yang telah dibangun, hasil prediksinya selain dibandingkan dengan tingkat getaran peledakan tanah atau PPV aktual, juga akan dibandingkan dengan hasil prediksi dari persamaan empiris yang secara umum banyak digunakan sampai saat ini menurut Das, Sinha and Ganguly (2019), seperti persamaan dari USBM (Duval & Fogelson, 1962), Ambraseys-Hendorn (1968), Langefors-Kihlstrom (1978). Pada Tabel 3, menampilkan informasi aktual antara jarak pengamatan, berat bahan peledak per delay dan PPV yang dihasilkan. Serta informasi hasil prediksi PPV secara empiris dan hasil pendekatan ANN.

Tabel 3. Hasil prediksdi PPV secara empiris dan ANN model

Jarak Pengamatan (m)	Berat Bahan Peledak/Delay (Kg)	PPV Aktual (mm/s)	Prediksi Persamaan Empiris PPV (mm/s)			Hasil Prediksi ANN (mm/s)
			USBM	Ambraseys-Hendorn	Langefors-Kihlstrom	
1240	312	1,42	1,36	1,32	1,39	1,48
1370	208	1,20	0,84	0,90	0,80	0,46
1240	284	1,38	1,26	1,25	1,27	1,41
1240	284	2,01	1,26	1,25	1,27	1,41
1370	308	0,49	1,15	1,11	1,18	0,65
1270	312	1,01	1,31	1,27	1,34	1,02
1240	312	1,41	1,36	1,32	1,39	1,48
1370	308	1,08	1,15	1,11	1,18	0,65
1240	308	1,43	1,34	1,31	1,37	1,47
1240	312	1,03	1,36	1,32	1,39	1,48
1240	312	1,03	1,36	1,32	1,39	1,48
1270	300	0,60	1,27	1,24	1,29	0,98

Berdasarkan tabel diatas, memberikan informasi jika hasil prediksi PPV berdasarkan pendekatan ANN model masih memiliki tingkat akurasi yang bervariasi. yaitu antara 70 % sampai dengan 90 % dengan rata-rata tingkat akurasinya sebesar 80, 69 %. Hasil prediksi berdasarkan pendekatan ANN model secara garis besar memiliki tingkat akurasi yang lebih baik jika dibandingkan dengan hasil prediksi berdasarkan tiga pendekatan secara empiris, seperti terlihat pada Gambar 5 berikut ini.



Gambar 5. Perbandingan tingkat akurasi PPV empiris vs ANN model

Bervariasi tingkat akurasi prediksi ANN model dalam memprediksi tingkat getaran peledakan atau PPV pada kegiatan peledakan, menutut Khandelwal dan Sing (2009) dapat disebabkan oleh jumlah ketersediaan data yang didapatkan. Serta menutut Khandelwal, Kumar dan Yellishetty (2011), Das, Sinha and Ganguly (2019) tingkat keakurasian dapat dipengaruhi oleh arsitektur ANN yang dibuat, dimana hasil yang lebih baik di dapatkan pada saat membuat ANN dengan input parameter yang lebih banyak. Ghasemi, Ataei dan Hashemolhosseni (2013) melalui penelitiannya juga mendapatkan kelemahan tingkat akurasi prediksi PPV berdasarkan pendekataan persamaan empiris karena keterbatasan dalam input parameter yang digunakan. Pada kondisi aktual factor-faktor seperti: jenis batuan, struktur geologi, jarak pengamatan, bahan peledaka yang digunakan,

geometri peledakan, kondisi massa batuan dan jenis bahan peledakan dapat mempengaruhi tingkat getaran tanah akibat peledakan yang dilaksanakan.

4. SIMPULAN

ANN model yang dibuat pada penelitian ini dengan menggunakan dua parameter utamanya yaitu parameter jarak dan jumlah bahan peledak perbaris atau perwaktu tundanya. Dengan tingkat keakurasian model ANN rata-rata sebesar 80,69% dan tingkat akurasi pendekataan empiris dengan persamaan dari U.S Bureau Of Mines sebesar 76,82 %, Langefors Kihlstrom 76,63 % dan Ambraseys-Hendorn 77,01%. Pembuatan ANN terbukti efektif dan efisien dalam memprediksi dampak dari kegiatan peledakan melalui tingkat kecepatan dan keakuratannya. Sehingga dapat membantu dalam merekomendasi metode peledakan yang lebih ramah lingkungan, dimana tingkat getaran peledakan sesuai dengan baku mutu lingkungan.

Penelitia ini menyediakan research dasar guna mengidentifikasi parameter-parameter yang signifikan didalam meningkatkan performa dan tingkat keakurasian dalam pembuatan ANN model. Penggunaan dari ANN model yang dibuat pada penelitia ini, kedepannya dapat dikembangkan lagi dengan melakukan training data yang lebih banyak lagi, dengan berbagai pendekatan dan dari berbagai data peledakan pada lokasi tambang terbuka batubara lainnya di Kalimantan Selatan.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada Universitas Lambung Mangkurat, LPPM dan Fakultas Teknik sebagai sponsor penelitian, atas pendanaan dan kesempatan untuk mempublikasikan artikel ini. Terima kasih kami ucapkan kepada PT. BAS dan PT. BMB karena telah bersedia sebagai tempat penelitian dan berbagi data selama penelitian ini dilaksanakan

6. DAFTAR PUSTAKA

Ambraseys, N.R. and Hendron, A.J. (1968). *Dynamic behavior of rock masses. Rock Mechanics in Engineering Practices.* Wiley, Londodn. Pp. 203-207.Ash, R.L. (1963). The mechanics of rock breakage, pt I-IV, Pit & Quarry, 56, pp 98-100, 112, 118-123.

Ghasemi, E., Ataei, M., and Hashemolhosseini, H. (2013). *Development of a fuzzy model for predicting ground vibration caused by rock blasting insurface mining.* Jurnal of Vibration and Control. Vol. 19, no. 5. Pp. 755-770.

Jimeno, C.L., Jimeno, E.L. and Carcedo, F.J.A. (1995). *Drilling and blasting of rocks*, A.A. Balkema, Rotterdam.

Khandelwal, M. and Singh, T. N. (2006). *Prediction of blast induced ground vibrations and frequency in opencast mine:neural network approach.* Jurnal of Sound and Vibration, vol. 289, no. 4-5. Pp. 71-725.

Khandelwal, M. and Singh, T. N. (2009). *Prediction of blast-induced ground vibration using artificial neural network.* International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, vol. 46, no. 7. Pp. 1214-1222.

Khandelwal, M. Kumar, D.L., and Yellishetty, M. (2011). *Aplicationof soft computing to predict blast-induced ground vibration.* Engineering with Computers, vol. 27, no. 2, pp. 117-125.

Konya, C.J. and Walter, E.J. (1990), Surface blast design, Prentice Hall, Englewood Cliffs

Langefors, U. (1965). *Fragmentation in rock blasting, Proc. 7th Symp. on Rock Mechanics*, Pennsylvania State University, Pennsylvania, 1-21

Santoso, E., Melati, S., dan Fikri, M. (2020). *Kajian Ambang Batas Getaran Peledakan di Areal Desa Sekitar Tambang Batubara dengan Metode Scale Distance Analysis. J. Geosapta*

Santoso, E., Hakim, R. N, dan Bimantoro, F.A. (2021). Kajian Prediksi Fragmentasi Batuan Hasil Kegiatan Peledakan Menggunakan Artificial Neural Network. *J. Geosapta*

Yuliadi. (2011). Kajian Prediksi Peak Particle Velocity Akibat Peledakan Di Kuari D Tambang Batugamping. Cibinong, Bogor. Halaman III: 15.

© Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Universitas Lambung Mangkurat