

Analisis Algoritma Fletcher-Reeves dalam Penentuan Model Terbaik untuk Prediksi Harapan Lama Sekolah di Sumatera Utara

Analysis of the Fletcher-Reeves Algorithm in Determining the Best Model for Predicting School Life Expectancy in North Sumatra

Jaya Tata Hardinata¹, Christa Voni Roulina Sinaga², Ferri Ojak Immanuel Pardede³, Juli Antasari Sinaga⁴
Universitas HKBP Nommensen Pematangsiantar, Indonesia

Article Info

Genesis Artikel:

Diterima, 23 Februari 2023

Direvisi, 30 Maret 2023

Disetujui, 14 April 2023

Kata Kunci:

JST

Prediksi

Harapan Lama Sekolah

Performance

Fletcher-Reeves

ABSTRAK

Harapan Lama Sekolah (HLS) yakni Lamanya sekolah (dalam tahun) yang diharapkan akan dirasakan oleh anak pada umur tertentu di masa mendatang. Diasumsikan bahwa peluang anak tersebut akan tetap bersekolah pada umur-umur berikutnya sama dengan peluang penduduk yang bersekolah per jumlah penduduk untuk umur yang sama saat ini Harapan . Lama Sekolah juga merupakan tolak ukur untuk evaluasi program pemerintah dalam peningkatan Sumber Daya Manusia yang unggul dalam persaingan kemajuan teknologi. Penulisan ini dilakukan untuk mengimplementasikan dan membuktikan bahwa Algoritma Fletcher-Reeves dapat digunakan untuk memprediksi Harapan Lama Sekolah di Sumatera Utara. Data penelitian adalah Lama Harapan Sekolah di Sumatera Utara yang terdiri dari 10 kabupaten/Kota, yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik Sumatera Utara dari tahun 2010 sampai tahun 2020. Penelitian ini menggunakan 5 model arsitektur yaitu 9-10-1, 9-15-1, 9-20-1, 9-25-1 dan 9-30-1. Dari kelima model arsitektur yang digunakan diperoleh satu model arsitektur terbaik 9-25-1 dengan MSE 0,0130650400. Berdasarkan model arsitektur terbaik ini akan digunakan untuk memprediksi Harapan Lama Sekolah di Sumatera Utara untuk 5 tahun yang akan datang, yakni tahun 2021 hingga tahun 2025.

ABSTRACT

Expected Length of School is the length of school (in years) that is expected to be felt by children at a certain age in the future. It is assumed that the probability that the child will remain in school at the following ages is the same as the probability of the population attending school per total population for the current age. Length of School is also a benchmark for evaluating government programs in improving Human Resources who excel in the competition of technological advances. This writing is done to implement and prove that the Fletcher-Reeves Algorithm can be used to predict Old School Expectations in North Sumatra. The research data is School Expectancy in North Sumatra which consists of 10 districts/cities, which was obtained from the Central Statistics Agency of North Sumatra from 2010 to 2020. This study uses 5 architectural models, namely 9-10-1, 9-15-1, 9-20-1, 9-25-1 and 9-30-1. From the five architectural models used, the best architectural model is 9-25-1 with an MSE of 0.0130650400. Based on this best architectural model, it will be used to predict the Expectation of Long Schools in North Sumatra for the next 5 years, from 2021 to 2025

This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



Penulis Korespondensi:

Jaya Tata Hardinata,
Program Studi Ilmu Komputer,
Universitas HKBP Nommensen Pematangsiantar, Indonesia
Email: Jayatatahardinata@uhnp.ac.id

1. PENDAHULUAN

Harapan Lama Sekolah (HLS) dijabarkan sebagai lamanya (tahun) pendidikan formal yang diharapkan akan ditempuh oleh anak pada umur tertentu di masa yang akan datang [1]. Harapan Lama Sekolah juga merupakan tolak ukur untuk evaluasi

program pemerintah dalam peningkatan Sumber Daya Manusia yang unggul dalam persaingan kemajuan teknologi sehingga program kerja pemerintah yang mewajibkan minimal wajib belajar 12 tahun dapat terealisasi. Metode prediksi yang digunakan pada makalah ini adalah algoritma Fletcher-Reeves yang merupakan salah satu metode Jaringan Saraf Tiruan yang sering digunakan untuk prediksi data. Akan tetapi pada makalah ini bukan membahas tentang hasil Harapan Lama Sekolah (HLS) di masa yang akan datang, tetapi membahas kemampuan dari algoritma Fletcher-Reeves untuk melakukan prediksi berdasarkan dataset Harapan Lama Sekolah (HLS) yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik.

Jaringan Syaraf Tiruan merupakan pemodelan data yang kuat yang mampu menangkap dan mewakili hubungan Input-Output yang kompleks, karena kemampuannya untuk memecahkan beberapa masalah relatif mudah digunakan, ketahanan untuk menginput data kecepatan untuk eksekusi, dan menginisialisasikan sistem yang rumit. Jaringan Syaraf Tiruan Fletcher-Reeves memiliki kelebihan karena pembelajarannya dilakukan berulang-ulang sehingga dapat mewujudkan sistem yang tahan akan kerusakan dan konsisten bekerja dengan baik. Pada jaringan syaraf, neuron-neuron akan dikumpulkan dalam lapisan-lapisan yang disebut dengan lapisan neuron. Biasanya neuron pada satu lapisan akan dihubungkan dengan lapisan sebelum atau sesudahnya terkecuali lapisan masukan dan lapisan keluaran. Dengan menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Fletcher-Reeves ini diharapkan dapat memberikan alternatif lain dalam memperkirakan dan memprediksi tingkat Harapan Lama Sekolah pada setiap tahunnya [2].

Perlu dilakukan penelitian mengenai hal ini, terutama menggunakan teknologi yang tersistem dan terkomputerisasi, karena telah banyak penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya dan terbukti mampu memecahkan banyak masalah yang sifatnya statistik, kelompok, rumit dan saling berkaitan [3]–[12]. Baik yang berkaitan dengan penunjang keputusan [13]–[21], Data Mining [22]–[31], hingga Machine Learning atau Jaringan Saraf Tiruan [32]–[41]. Bagian terakhir ini lah yang dianggap tepat untuk menyelesaikan masalah pada penelitian ini. Selain itu penelitian ini dilatar belakangi oleh penelitian sebelumnya yang dilakukan untuk memprediksi Ekspor Karet Remah berdasarkan negara tujuan utama dengan menggunakan lima arsitektur 7-10-1, 7-15-1, 7-20-1, 7-25-1, 7-30-1 (trancgf). Berdasarkan 5 (lima) model tersebut, setelah dilakukan pelatihan dan pengujian, model arsitektur terbaik adalah 7-15-1 (trancgf), dengan nilai MSE terendah dibandingkan model lain nya sebesar 0,00482054 [42].

Penerapan sistem ini diharapkan dapat membantu untuk mempermudah dalam menentukan pembelian produk dengan penataan yang sesuai, dimana hal ini sangat berguna bagi konsumen dalam membeli suatu produk yang diinginkan serta untuk mempermudah pemilik toko dalam menyiapkan stok barang yang diinginkan dan paling dicari oleh konsumen.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Pengumpulan Data

Pengumpulan data pada penelitian ini menggunakan metode kuantitatif yakni data Harapan Lama Sekolah di Sumatera Utara berdasarkan asal Kabupaten/Kota dari tahun 2010-2020 yang terdiri dari Simalungun, Asahan, Toba Samosir, Labuhan Batu, Langkat, Deli Serdang, Karo, Dairi, Pakpak Barat dan Pematangsiantar. Data diambil dari website Badan Pusat Statistik. Tabel 1. Harapan Lama Sekolah Wilayah Sumatera Utara.

Tabel 1. Harapan Lama Sekolah Wilayah Sumatera Utara

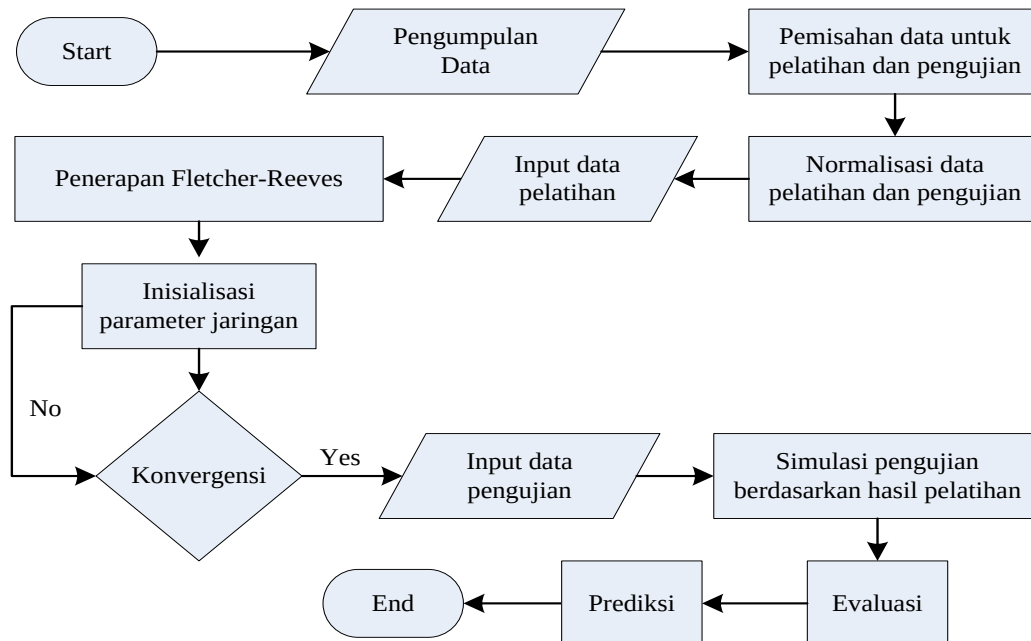
Wilayah	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Simalungun	11,73	11,74	11,75	11,76	11,77	11,78	12,70	12,71	12,75	12,77	12,78
Asahan	10,95	11,36	11,43	11,51	12,15	12,49	12,52	12,53	12,56	12,59	12,60
Toba Samosir	12,10	12,36	12,62	12,89	13,16	13,18	13,19	13,25	13,26	13,28	13,45
Labuhan batu	10,71	11,32	11,72	12,17	12,56	12,57	12,58	12,59	12,60	12,67	12,73
Langkat	10,77	11,23	11,37	12,21	12,69	12,70	12,71	12,72	12,75	12,81	13,05
Deli Serdang	11,10	11,14	11,61	11,77	12,11	12,52	12,69	12,90	13,32	13,34	13,35
Karo	11,39	11,84	11,86	11,87	11,89	12,22	12,65	12,71	12,73	12,75	12,76
Dairi	11,34	11,37	11,40	11,43	12,05	12,80	12,84	13,06	13,07	13,09	13,10
Pakpak Barat	12,34	12,75	13,17	13,76	13,78	13,80	13,81	13,82	13,83	13,85	13,86
Pematangsiantar	11,69	12,30	12,91	13,36	13,97	13,99	14,00	14,01	14,02	14,21	14,45

2.2. Flowchart Fletcher-Reeves

Tahapan-tahapan yang dilakukan pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 1. Berdasarkan gambar 1 dapat dijelaskan bahwa langkah pertama yang dilakukan dari tahapan penelitian adalah mengumpulkan dataset penelitian (Berdasarkan tabel 1). Langkah berikutnya memisahkan dataset penelitian menjadi 2 kelompok, yakni untuk data pelatihan dan pengujian. Tahapan berikutnya melakukan normalisasi data pelatihan dan pengujian dengan menggunakan rumus persamaan (1) [43]–[45]:

$$x' = \frac{0,8(x-b)}{(a-b)} + 0,1 \quad (1)$$

Dimana : X' adalah hasil data yang sudah di normalisasi, 0.8 dan 0.1 merupakan nilai default dari rumus normalisasi, X merupakan data yang akan di normalisasi, b adalah nilai terendah dari dataset dan a merupakan nilai tertinggi dari dataset.



Gambar 1. Flowchart Fletcher-Reeves

Selanjutnya data pelatihan yang sudah di normalisasi dimasukkan kedalam aplikasi Matlab 2011b untuk di proses, dilanjutkan dengan membuat jaringan saraf *multi layer* (input data pelatihan). Selanjutnya penerapan algoritma *Fletcher-Reeves*. Pembuatan jaringan saraf *multi layer* ini menggunakan fungsi tansig dan logsig. Tahapan selanjutnya adalah dilakukan inisialisasi parameter jaringan berdasarkan fungsi pelatihan yang digunakan (traingd). Kemudian memasukkan perintah untuk dilakukan proses pelatihan dan melihat hasil saat *performance* ditemukan. Apabila hasil pelatihan mencapai konvergensi, maka akan dilanjutkan memasukkan data pengujian yang sudah di normalisasi. Tetapi jika hasil pelatihan belum mencapai konvergensi, maka kembali ke tahap inisialisasi parameter jaringan. Tahapan berikutnya dilanjutkan dengan simulasi data uji berdasarkan hasil pelatihan. Apabila semua sudah dilakukan, tahapan akhir adalah melakukan evaluasi untuk melihat model arsitektur terbaik berdasarkan *Performance/MSE* pengujian yang paling rendah (kecil) [46].

3. HASIL DAN ANALISIS

3.1. Normalisasi

Data penelitian yang ada pada tabel 1 akan dinormalisasi menggunakan persamaan (1) untuk mempermudah perhitungan menggunakan aplikasi matlab. Data sebelum nya akan dibagi menjadi 2 (dua) bagian, yakni data training dan data testing. Data training menggunakan data tahun 2010-2018 dengan target tahun 2019. Sedangkan data testing menggunakan data tahun 2011-2019 dengan target tahun 2020.

Tabel 2. Normalisasi Data Training

No	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019 (t)
1	0,1562	0,1569	0,1577	0,1584	0,1592	0,1599	0,2286	0,2294	0,2324	0,2339
2	0,0979	0,1286	0,1338	0,1398	0,1876	0,2130	0,2152	0,2159	0,2182	0,2204
3	0,1838	0,2032	0,2227	0,2428	0,2630	0,2645	0,2652	0,2697	0,2705	0,2720
4	0,0800	0,1256	0,1554	0,1891	0,2182	0,2189	0,2197	0,2204	0,2212	0,2264
5	0,0845	0,1188	0,1293	0,1920	0,2279	0,2286	0,2294	0,2301	0,2324	0,2369
6	0,1091	0,1121	0,1472	0,1592	0,1846	0,2152	0,2279	0,2436	0,2750	0,2765
7	0,1308	0,1644	0,1659	0,1666	0,1681	0,1928	0,2249	0,2294	0,2309	0,2324
8	0,1271	0,1293	0,1315	0,1338	0,1801	0,2361	0,2391	0,2555	0,2563	0,2578
9	0,2018	0,2324	0,2638	0,3078	0,3093	0,3108	0,3116	0,3123	0,3131	0,3145
10	0,1532	0,1988	0,2443	0,2779	0,3235	0,3250	0,3258	0,3265	0,3272	0,3414

Tabel 3. Normalisasi Data Testing

No	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020 (t)
1	0,2450	0,2474	0,2498	0,2523	0,2547	0,4770	0,4795	0,4891	0,4940	0,4964
2	0,1532	0,1701	0,1894	0,3441	0,4263	0,4335	0,4360	0,4432	0,4505	0,4529
3	0,3949	0,4577	0,5230	0,5882	0,5931	0,5955	0,6100	0,6124	0,6172	0,6583
4	0,1435	0,2402	0,3489	0,4432	0,4456	0,4480	0,4505	0,4529	0,4529	0,4843
5	0,1218	0,1556	0,3586	0,4746	0,4770	0,4795	0,4819	0,4891	0,5036	0,5616
6	0,1000	0,2136	0,2523	0,3344	0,4335	0,4746	0,5254	0,6269	0,6317	0,6341
7	0,2692	0,2740	0,2764	0,2813	0,3610	0,4650	0,4795	0,4843	0,4891	0,4915
8	0,1556	0,1628	0,1701	0,3199	0,5012	0,5109	0,5640	0,5665	0,5713	0,5737
9	0,4891	0,5906	0,7332	0,7381	0,7429	0,7453	0,7477	0,7502	0,7550	0,7574
10	0,3804	0,5278	0,6366	0,7840	0,7888	0,7912	0,7937	0,7961	0,8420	0,9000

3.2. Perancangan Arsitektur Fletcher-Reeves

Setelah iterasi 1 Arsitektur jaringan *Fletcher-Reeves* yang digunakan untuk melakukan prediksi tahun 2021 sebanyak 5 arsitektur. Setiap arsitektur mempunyai jumlah *hidden layer* yang berbeda, jumlah neuron setiap layer tersembunyi berbeda-beda.

Tabel 4. Arsitektur *Fletcher-Reeves* untuk Prediksi Tahun 2021

No	Arsitektur Jaringan	Keterangan
1	9-10-1	Jumlah neuron input 9, Jumlah layer tersembunyi 10 neuron dan 1 neuron output
2	9-15-1	Jumlah neuron input 9, Jumlah layer tersembunyi 15 neuron dan 1 neuron output
3	9-20-1	Jumlah neuron input 9, Jumlah layer tersembunyi 20 neuron dan 1 neuron output
4	9-25-1	Jumlah neuron input 9, Jumlah layer tersembunyi 25 neuron dan 1 neuron output
5	9-30-1	Jumlah neuron input 9, Jumlah layer tersembunyi 30 neuron dan 1 neuron output

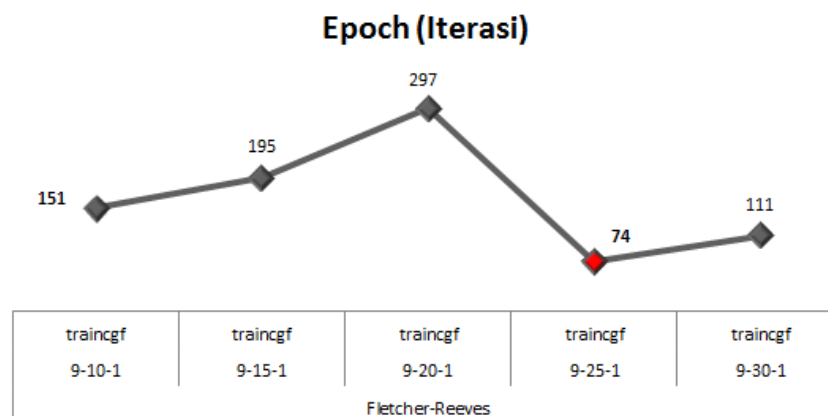
3.3. Hasil Percobaan

Proses pengujian dilakukan menggunakan aplikasi *Matlab R2011b*, tahapan yang pertama yaitu menjalankan aplikasi *Matlab R2011b*. Pada pelatihan algoritma *Fletcher-Reeves* dengan beberapa simulasi/percobaan arsitektur yang berbeda tetapi parameter *Fletcher-Reeves* yang sama, proses pelatihan dan pengujian selesai pada iterasi yang berbeda-beda juga. Pada hasil pengujian data Harapan Lama Sekolah, jumlah epoch terkecil diperoleh pada arsitektur 9-25-1 yaitu 74 dengan MSE sebesar 0,0130650400.

Tabel 5. Perbandingan dari Masing-Masing Model Jaringan

Arsitektur	Algoritma	Fungsi Aktivasi	Fungsi Training	Epoch (Iterasi)	MSE Training	MSE Testing / Performance
9-10-1	Fletcher-Reeves	tansig','logsig'	traincgf	151	0,00000002	0,01306504
9-15-1				195	0,00000008	0,02549331
9-20-1				297	0,00000002	0,01306504
9-25-1				74	0,00000001	0,01306504
9-30-1				111	0,00000002	0,02313356

Berdasarkan table 2 maka dapat di sajikan grafik perbedaan dari masing-masing model, yang dapat dilihat pada gambar 2.

**Gambar 2.** Grafik Perbandingan Epoch (Iterasi) dari Masing-Masing Model Arsitektur Jaringan

4. KESIMPULAN

Lama Sekolah juga merupakan tolak ukur untuk evaluasi program pemerintah dalam peningkatan Sumber Daya Manusia yang unggul dalam persaingan kemajuan teknologi. Penulisan ini dilakukan untuk mengimplementasikan dan membuktikan bahwa Algoritma Fletcher-Reeves dapat digunakan untuk memprediksi Harapan Lama Sekolah di Sumatera Utara. Data penelitian adalah Lama Harapan Sekolah di Sumatera Utara yang terdiri dari 10 kabupaten/Kota, yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik Sumatera Utara dari tahun 2015 sampai tahun 2020. Penelitian ini menggunakan 5 model arsitektur yaitu 9-10-1, 9-15-1, 9-20-1, 9-25-1 dan 9-30-1. Dari kelima model arsitektur yang digunakan diperoleh satu model arsitektur terbaik 9-25-1 dengan MSE 0,0130650400. Berdasarkan model arsitektur terbaik ini akan digunakan untuk memprediksi Harapan Lama Sekolah di Sumatera Utara untuk 5 tahun yang akan datang, yakni tahun 2021 hingga tahun 2025.

REFERENSI

- [1] A. J. Mahya, "Analisis Pengaruh Angka Harapan Lama Sekolah, Rata-Rata Lama Sekolah, Dan Pengeluaran Per Kapita Terhadap Indeks Pembangunan Manusia Di Provinsi Jawa Tengah," *Prismatika: Jurnal Pendidikan dan Riset Matematika*, vol. 3, no. 2, pp. 126–140, 2021.
- [2] A. Sudarsono, "Jaringan Syaraf Tiruan Untuk Memprediksi Laju Pertumbuhan Penduduk Menggunakan Metode," *Media Infotama*, vol. 12, no. 1, pp. 61–69, 2016.
- [3] N. L. W. S. R. Ginantra *et al.*, "Performance One-step secant Training Method for Forecasting Cases," *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1933, no. 1, pp. 1–8, 2021.
- [4] A. Wanto *et al.*, "Epoch Analysis and Accuracy 3 ANN Algorithm using Consumer Price Index Data in Indonesia," in *Proceedings of the 3rd International Conference of Computer, Environment, Agriculture, Social Science, Health Science, Engineering and Technology (ICEST)*, 2021, no. 1, pp. 35–41.
- [5] T. Afriliansyah *et al.*, "Implementation of Bayesian Regulation Algorithm for Estimation of Production Index Level Micro and Small Industry," *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1255, no. 1, pp. 1–6, 2019.
- [6] J. Wahyuni, Y. W. Paranthi, and A. Wanto, "Analisis Jaringan Saraf Dalam Estimasi Tingkat Pengangguran Terbuka Penduduk Sumatera Utara," *Jurnal Infomedia*, vol. 3, no. 1, pp. 18–24, 2018.
- [7] E. Hartato, D. Sitorus, and A. Wanto, "Analisis Jaringan Saraf Tiruan Untuk Prediksi Luas Panen Biofarmaka di Indonesia," *Jurnal semanTIK*, vol. 4, no. 1, pp. 49–56, 2018.
- [8] B. K. Sihotang and A. Wanto, "Analisis Jaringan Syaraf Tiruan Dalam Memprediksi Jumlah Tamu Pada Hotel Non Bintang," *Jurnal Teknologi Informasi Techno*, vol. 17, no. 4, pp. 333–346, 2018.
- [9] I. S. Purba and A. Wanto, "Prediksi Jumlah Nilai Impor Sumatera Utara Menurut Negara Asal Menggunakan Algoritma Backpropagation," *Jurnal Teknologi Informasi Techno*, vol. 17, no. 3, pp. 302–311, 2018.
- [10] R. E. Pranata, S. P. Sinaga, and A. Wanto, "Estimasi Wisatawan Mancanegara Yang Datang ke Sumatera Utara Menggunakan Jaringan Saraf," *Jurnal semanTIK*, vol. 4, no. 1, pp. 97–102, 2018.
- [11] A. Wanto, "Prediksi Produktivitas Jagung Di Indonesia Sebagai Upaya Antisipasi Impor Menggunakan Jaringan Saraf Tiruan Backpropagation," *SINTECH (Science and Information Technology) Journal*, vol. 2, no. 1, pp. 53–62, 2019.
- [12] I. S. Purba *et al.*, "Accuracy Level of Backpropagation Algorithm to Predict Livestock Population of Simalungun Regency in Indonesia," *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1255, no. 1, pp. 1–6, 2019.
- [13] A. Wanto and E. Kurniawan, "Seleksi Penerimaan Asisten Laboratorium Menggunakan Algoritma AHP Pada AMIK-STIKOM Tunas Bangsa Pematangsiantar," *Jurnal Informatika dan Komputer (JIKO)*, vol. 3, no. 1, pp. 11–18, 2018.
- [14] A. Wanto and H. Damanik, "Analisis Penerapan Sistem Pendukung Keputusan Terhadap Seleksi Penerima Beasiswa BBM (Bantuan Belajar Mahasiswa) Pada Perguruan Tinggi Menggunakan Metode Simple Additive Weighting (SAW) (Studi Kasus : AMIK Tunas Bangsa Pematangsiantar)," in *Prosiding Seminar Nasional Rekayasa (SNTR) II*, 2015, no. 2, pp. 323–333.
- [15] M. Widyasuti, A. Wanto, D. Hartama, and E. Purwanto, "Rekomendasi Penjualan Aksesoris Handphone Menggunakan Metode Analytical Hierarchy Process (AHP)," *Konferensi Nasional Teknologi Informasi dan Komputer (KOMIK)*, vol. I, no. 1, pp. 27–32, 2017.
- [16] R. Watrionthos, W. A. Ritonga, A. Rengganis, A. Wanto, and M. Isa Indrawan, "Implementation of PROMETHEE-GAIA Method for Lecturer Performance Evaluation," *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1933, no. 1, p. 012067, 2021.
- [17] S. R. Ningsih, D. Hartama, A. Wanto, I. Parlina, and Solikhun, "Penerapan Sistem Pendukung Keputusan Pada Pemilihan Objek Wisata di Simalungun," in *Seminar Nasional Teknologi Komputer & Sains (SAINTEKS)*, 2019, pp. 731–735.
- [18] D. N. Batubara, A. Padillah, Chairunnisa, A. Wanto, and Saifullah, "Penerapan Metode VIKOR Untuk Menentukan Susu Lansia Terbaik," in *Seminar Nasional Sains dan Teknologi Informasi (SENSASI)*, 2021, pp. 586–591.
- [19] F. Fania, M. Azzahra, D. Hartama, A. Wanto, and A. Rahim, "Rekomendasi Pemilihan Calon Peserta MTQ Terbaik Tahun 2019 dengan Teknik Additive Ratio Assessment (ARAS)," in *Seminar Nasional Sains dan Teknologi Informasi (SENSASI)*, 2021, pp. 608–612.
- [20] A. Wulandari, R. P. Saragih, Maslina Manurung, A. Wanto, and rfan S. Damanik, "Sistem Pendukung Keputusan pada Pemilihan Masker Wajah Facial mask Berdasarkan Konsumen dengan Metode Analytical Hierarchy Process," in *Seminar Nasional Ilmu Sosial dan Teknologi (SANISTEK)*, 2021, pp. 197–201.
- [21] M. A. Amri, D. Hartama, A. Wanto, Sumarno, and H. S. Tambunan, "Penerapan Metode Fuzzy Mamdani dalam Penentuan Penerima BLT-DD di Mekar Sari Raya," *KOMIK (Konferensi Nasional Teknologi Informasi dan Komputer)*, vol. 4, no. 1, pp. 269–277, 2020.
- [22] N. A. Febriyati, A. D. GS, and A. Wanto, "GRDP Growth Rate Clustering in Surabaya City uses the K- Means Algorithm," *International Journal of Information System & Technology*, vol. 3, no. 2, pp. 276–283, 2020.
- [23] M. A. Hanafiah and A. Wanto, "Implementation of Data Mining Algorithms for Grouping Poverty Lines by District/City in North Sumatra," *International Journal of Information System & Technology*, vol. 3, no. 2, pp. 315–322, 2020.
- [24] A. Pradipta, D. Hartama, A. Wanto, S. Saifullah, and J. Jalaluddin, "The Application of Data Mining in Determining Timely

- Graduation Using the C45 Algorithm,” *IJISTECH (International Journal of Information System & Technology)*, vol. 3, no. 1, pp. 31–36, 2019.
- [25] N. Arminarahmah, A. D. GS, G. W. Bhawika, M. P. Dewi, and A. Wanto, “Mapping the Spread of Covid-19 in Asia Using Data Mining X-Means Algorithms,” *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 1071, no. 1, pp. 1–7, 2021.
- [26] T. H. Sinaga, A. Wanto, I. Gunawan, S. Sumarno, and Z. M. Nasution, “Implementation of Data Mining Using C4.5 Algorithm on Customer Satisfaction in Tirta Lihou PDAM,” *Journal of Computer Networks, Architecture, and High-Performance Computing*, vol. 3, no. 1, pp. 9–20, 2021.
- [27] I. I. P. Damanik, S. Solikhun, I. S. Saragih, I. Parlina, D. Suhendro, and A. Wanto, “Algoritma K-Medoids untuk Mengelompokkan Desa yang Memiliki Fasilitas Sekolah di Indonesia,” in *Prosiding Seminar Nasional Riset Information Science (SENARIS)*, 2019, vol. 1, no. September, pp. 520–527.
- [28] F. S. Napitupulu, I. S. Damanik, I. S. Saragih, and A. Wanto, “Algoritma K-Means untuk Pengelompokkan Dokumen Akta Kelahiran pada Tiap Kecamatan di Kabupaten Simalungun,” *Building of Informatics, Technology and Science (BITS) Volume*, vol. 2, no. 1, pp. 55–63, 2020.
- [29] S. Sintia, P. Poningsih, I. S. Saragih, A. Wanto, and I. S. Damanik, “Penerapan Algoritma Apriori Dalam Memprediksi Hasil Penjualan Sparepart PC (Studi Kasus : Toko Sentra Computer),” in *Prosiding Seminar Nasional Riset Information Science (SENARIS)*, 2019, vol. 1, pp. 910–917.
- [30] S. F. Damanik, A. Wanto, and I. Gunawan, “Penerapan Algoritma Decision Tree C4.5 untuk Klasifikasi Tingkat Kesejahteraan Keluarga pada Desa Tiga Dolok,” *Jurnal Krisnadana Volume*, vol. 1, no. 2, pp. 21–32, 2022.
- [31] H. J. Damanik, E. Irawan, I. S. Damanik, and A. Wanto, “Penerapan Algoritma Naive Bayes untuk Penentuan Resiko Kredit Kepemilikan Kendaraan Bermotor,” in *Prosiding Seminar Nasional Riset Information Science (SENARIS)*, 2019, vol. 1, pp. 501–511.
- [32] Muttaqin *et al.*, *Biometrika: Teknologi Identifikasi*. 2020.
- [33] R. D. Dana, A. R. Dikananda, D. Sudrajat, A. Wanto, and F. Fasya, “Measurement of health service performance through machine learning using clustering techniques,” *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1360, no. 1, pp. 1–6, 2019.
- [34] Y. Andriani, A. Wanto, and H. Handrizal, “Jaringan Saraf Tiruan dalam Memprediksi Produksi Kelapa Sawit di PT. KRE Menggunakan Algoritma Levenberg Marquardt,” *Prosiding Seminar Nasional Riset Information Science (SENARIS)*, vol. 1, no. September, pp. 249–259, 2019.
- [35] I. C. Saragih, D. Hartama, and A. Wanto, “Prediksi Perkembangan Jumlah Pelanggan Listrik Menurut Pelanggan Area Menggunakan Algoritma Backpropagation,” *Building of Informatics, Technology and Science (BITS)*, vol. 2, no. 1, pp. 48–54, 2020.
- [36] A. Wanto, S. D. Rizki, S. Andini, S. Surmayanti, N. L. W. S. R. Ginantra, and H. Aspan, “Combination of Sobel+Prewitt Edge Detection Method with Roberts+Canny on Passion Flower Image Identification,” *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1933, no. 1, pp. 1–8, 2021.
- [37] M. Syafiq, D. Hartama, I. O. Kirana, I. Gunawan, and A. Wanto, “Prediksi Jumlah Penjualan Produk di PT Ramayana Pematangsiantar Menggunakan Metode JST Backpropagation,” *JURIKOM (Jurnal Riset Komputer)*, vol. 7, no. 1, p. 175, 2020.
- [38] M. Situmorang, A. Wanto, and Z. M. Nasution, “Architectural Model of Backpropagation ANN for Prediction of Population-Based on Sub-Districts in Pematangsiantar City,” *International Journal of Information System & Technology*, vol. 3, no. 1, pp. 98–106, 2019.
- [39] A. Wanto *et al.*, “Forecasting the Export and Import Volume of Crude Oil, Oil Products and Gas Using ANN,” *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1255, no. 1, pp. 1–6, 2019.
- [40] P. Parulian *et al.*, “Analysis of Sequential Order Incremental Methods in Predicting the Number of Victims Affected by Disasters,” *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1255, no. 1, pp. 1–6, 2019.
- [41] A. Wanto *et al.*, “Analysis of Standard Gradient Descent with GD Momentum And Adaptive LR for SPR Prediction,” 2018, pp. 1–9.
- [42] R. Sinaga, M. M. Situmorang, D. Setiawan, A. Wanto, and A. P. Windarto, “Akurasi Algoritma Fletcher-Reeves untuk Prediksi Ekspor Karet Remah Berdasarkan Negara Tujuan Utama,” *Journal of Informatics Management and Information Technology*, vol. 2, no. 3, pp. 91–99, 2022.
- [43] W. Saputra, J. T. Hardinata, and A. Wanto, “Implementation of Resilient Methods to Predict Open Unemployment in Indonesia According to Higher Education Completed,” *JITE (Journal of Informatics and Telecommunication Engineering)*, vol. 3, no. 1, pp. 163–174, Jul. 2019.
- [44] Safruddin, E. Efendi, R. M. Ch, and A. Wanto, “Pemanfaatan Algoritma BFGS Quasi-Newton untuk Melihat Potensi Perkembangan Luas Tanaman Kopi di Pulau Sumatera,” *Jurnal Media Informatika Budidarma*, vol. 7, no. 1, pp. 473–483, 2023.
- [45] N. L. W. S. R. Ginantra, A. D. GS, S. Andini, and A. Wanto, “Pemanfaatan Algoritma Fletcher-Reeves untuk Penentuan Model Prediksi Harga Nilai Ekspor Menurut Golongan SITC,” *Building of Informatics, Technology and Science (BITS)*, vol. 3, no. 4, pp. 679–685, 2022.
- [46] A. Wanto *et al.*, “Analysis of the Backpropagation Algorithm in Viewing Import Value Development Levels Based on Main Country of Origin,” *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1255, no. 1, pp. 1–6, 2019.