



Penerapan Algoritma Conjugate Gradient Polak Ribiere Dalam Memprediksi Angka Harapan Hidup Di Jawa Timur

Santa Maria Sopiana Silalahi¹, Lise Pujiastuti²

¹Program Studi Teknik Informatika, STIKOM Tunas Bangsa, Pematang Siantar, Indonesia

²Program Studi Sistem Informasi, STMIK Antar Bangsa, Tangerang, Indonesia

E-mail : ¹santasilalahi14@gmail.com, ²lise.pujiastuti@gmail.com

Article Info

Article history:

Received Aug 30, 2023

Revised Sept 5, 2023

Accepted Sept 7, 2023

Kata Kunci:

Kunci pertama
Kunci kedua
Kunci ketiga
Kunci keempat
Kunci kelima

Keywords:

First keyword
Second keyword
Third keyword
Fourth keyword
Fifth keyword

ABSTRAK

Angka Harapan Hidup (AHH) merupakan salah satu indikator yang digunakan untuk menilai derajat kesehatan penduduk. Menurut Statistics Indonesia, angka harapan hidup pada saat lahir (*life expectancy at birth*) ialah rata-rata tahun hidup yang akan dijalani oleh bayi yang baru lahir pada suatu tahun tertentu. Tujuan penelitian ini adalah untuk memprediksi angka harapan hidup dengan metode *Conjugate Gradient-Backpropagation Polak Ribiere* (TrainCGP). *Conjugate Gradient-Backpropagation Polak Ribiere* (TrainCGP) algoritma yang arah pencariannya berdasar pada arah konjugasi dan lebih cepat konvergen. Ide dasar dari *conjugate gradient* adalah untuk mencari arah konjugasi negatif arah gradien dan arah pencarian terakhir sebagai pencarian baru, arah untuk mempercepat kecepatan pelatihan dan meningkatkan akurasi pelatihan. Data penelitian diambil dari website Badan Pusat Statistik tahun 2017-2022. Model prediksi yang akan dianalisis menggunakan algoritma *Conjugate Gradient Polak Ribiere* diantaranya: 5-10-1, 5-55-1, 5-65-1 dan 5-75-1. Berdasarkan analisis melalui perhitungan dari proses pelatihan dan pengujian menggunakan aplikasi Matlab-2011b, diperoleh hasil model arsitektur 5-55-1 merupakan model terbaik dengan MSE sebesar 0,00000078 dibandingkan dengan model lain.

ABSTRACT

Life Expectancy (AHH) is one of the indicators used to assess the health status of the population. According to Statistics Indonesia, life expectancy at birth is the average number of years of life that a newborn will live in a given year. The purpose of this study was to predict life expectancy using Polak Ribiere's Conjugate Gradient-Backpropagation (TrainCGP) method. Conjugate Gradient-Backpropagation Ribiere Pattern (TrainCGP) algorithm whose search direction is based on the direction of conjugation and converges faster. The basic idea of conjugate gradient is to look for the negative conjugate direction of the gradient direction and the last search direction as a new search, the direction to speed up training speed and improve training accuracy. The research data was taken from the website of the Central Bureau of Statistics for 2017-2022. The prediction models that will be analyzed using Polak Ribiere's Conjugate Gradient algorithm include: 5-10-1, 5-55-1, 5-65-1 and 5-75-1. Based on the analysis through calculations from the training and testing process using the Matlab-2011b application, the architectural model 5-55-1 is the best model with an MSE of 0.00000078 compared to other models.

This is an open access article under the [CC BY-NC](#) license.



Corresponding Author:

Santa Maria Sopiana Silalahi,
Program Studi Teknik Informatika, STIKOM Tunas Bangsa
Jl. Jend. Sudirman, Blok A No. 1,2&3, Siantar Barat, Pematang Siantar, Indonesia
Email: santasilalahi14@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Angka harapan hidup penduduk adalah rata-rata kesempatan atau waktu hidup yang tersisa. Usia harapan hidup bisa diartikan pula dengan banyaknya tahun yang ditempuh penduduk yang masih hidup sampai umur tertentu (Afriliansyah & Zufahmi, 2020). Angka harapan hidup dapat pula didefinisikan sebagai data yang menggambarkan usia kematian pada suatu populasi (Oktavia et al., 2020). Dalam hal ini berdasarkan serangkaian *Age Specific Rate* atau rata-rata umur spesifik dari kematian, besar kecilnya usia harapan hidup suatu generasi sangat dipengaruhi oleh banyaknya penduduk yang mampu melewati umur tertentu, dan banyaknya penduduk yang dilahirkan hidup dari suatu generasi sampai mencapai umur tertentu (Sinaga et al., 2020). Angka Harapan Hidup (AHH) merupakan alat untuk mengevaluasi kinerja pemerintah dalam meningkatkan kesejahteraan penduduknya, dan meningkatkan derajat kesehatan pada khususnya (Muda et al., 2019). Harapan hidup berbeda dengan lama hidup, lama hidup atau panjang hidup yakni jumlah tahun maksimum penduduk untuk dapat hidup. Berbeda dengan harapan hidup, lama hidup antara penduduk suatu negara atau daerah dengan daerah lainnya tidak berbeda karena umur manusia ada batas maksimumnya.

Kecerdasan buatan (*Artificial Intelligent*) merupakan salah satu bagian dari ilmu komputer yang mempelajari bagaimana membuat mesin komputer dapat melakukan pekerjaan seperti dan sebaik yang dilakukan oleh manusia bahkan bisa lebih baik daripada yang dilakukan manusia (Solikhun et al., 2017). Menurut John McCarthy dalam Dahria (2008), *Artificial Intelligence* (AI) adalah untuk mengetahui dan memodelkan proses-proses berpikir manusia dan mendesain mesin agar dapat menirukan perilaku manusia. Cerdas, berarti memiliki pengetahuan dan pengalaman, Penalaran, bagaimana membuat keputusan dan mengambil tindakan moral yang baik.

Salah satu teknik yang baik digunakan untuk prediksi adalah jaringan syaraf tiruan *Backpropagation* (Wanto, 2018). Jaringan Syaraf Tiruan adalah merupakan salah satu representasi buatan dari otak manusia yang selalu mencoba untuk mensimulasikan proses pembelajaran pada otak manusia tersebut (Edi Ismanto, 2017). *Backpropagation neural network* adalah salah satu model jaringan saraf tiruan dengan arsitektur *multilayer* yang sering digunakan dengan mencari bobot optimal pada jaringan saraf tiruan (SAWITRI et al., 2018). Namun algoritma *backpropagation* ini cenderung lambat mencapai konvergen. Metode *backpropagation* merupakan salah satu metode yang bersifat terawasi (Siskus & Arianto, 2020). Jaringan syaraf tiruan adalah sistem pemrosesan informasi yang mempunyai karakteristik menyerupai sistem syaraf pada manusia (Susasimy & Sulistijanti, 2021). Dalam penelitian ini digunakan metode *Back Propagation Neural Network Conjugate Gradient* (BPNN-CG) dikarenakan dalam memecahkan permasalahan yang terkait dengan efisiensi pada pembahasan dalam skala yang besar. BPNN-CG ini digunakan untuk mendapatkan akurasi yang tinggi dari hasil analisis (Mahmudi, 2020).

Dalam hal ini kita menggunakan metode Algoritma *Conjugate Gradient Polak Ribiere* dalam memprediksi angka harapan hidup di Jawa Timur. Jawa Timur adalah sebuah provinsi di bagian timur pulau Jawa, Indonesia. Dengan Ibu kotanya Surabaya dengan luas wilayahnya 47.922 km² (Anggreini et al., 2017). Peramalan merupakan prediksi nilai di masa depan dengan menggunakan data di masa lalu dan masa sekarang (garuda3030715). Prediksi (peramalan) merupakan hal yang sangat penting dalam kehidupan manusia, karena dengan melakukan prediksi, maka suatu masalah akan dapat diperkecil dampak yang akan terjadi kedepannya (Wanto, 2017). Algoritma *Conjugate gradient* merupakan teknik perulangan sederhana dan kuat untuk menyelesaikan masalah minimalisasi linier dan nonlinier.

Dalam ilmu matematika, *Conjugate gradient* adalah algoritma yang digunakan untuk solusi numerik dari sistem persamaan linear tertentu, yaitu matriks yang simetris dan bernilai positif (Conjugate et al., 2018). *Conjugate Gradient* merupakan metode optimasi yang dapat meminimasi suatu fungsi, dimana arah pencariannya berdasarkan arah konjugasi yang nilainya *orthogonal* (Wisesty, n.d.). Algoritma *conjugate gradient* akan bekerja pada sistem di mana matriks A simetris, dan pasti positif (tidak perlu dominan secara diagonal dalam kasus ini). Definitif positif berarti bahwa untuk setiap x yang tidak semuanya nol (McClarren, 2018). Algoritma *Conjugate gradient* sering diimplementasikan sebagai algoritma iteratif, terutama untuk penyebaran sistem yang terlalu besar untuk ditangani oleh implementasi langsung atau metode langsung lainnya seperti dekomposisi Cholesky (Ginantra et al., 2022). Penyebaran Sistem sering muncul ketika memecahkan persamaan diferensial parsial atau masalah optimasi secara numerik. Algoritma *Conjugate gradient* juga dapat digunakan untuk memecahkan masalah optimasi yang tidak terbatas seperti minimalisasi energi seperti yang dikembangkan oleh (Hestenes and Stiefel, 1952; Straeter, 1971).

Algoritma *Conjugate gradient* biasanya jauh lebih efisien daripada metode berbasis *gradient descent*, karena waktu penyelesaian yang lebih cepat dan iterasi yang tidak terlalu banyak (Berisha and Nagy, 2014). *Neural Network* atau Jaringan Saraf Tiruan merupakan salah satu sistem tiruan yang memproses informasi yang dilakukan dengan cara mendesain dengan menirukan cara kerja manusia dalam proses belajarnya sehingga menyelesaikan suatu permasalahan melalui proses belajar pada perubahan bobot sinapsisnya (Fitri, 2019). Penelitian ini dibuat untuk untuk menyelesaikan masalah tingkat kesejahteraan masyarakat di Jawa Timur. Dengan adanya penelitian diharapkan mampu membantu pemerintah untuk meningkatkan faktor-

faktor yang kemungkinan untuk meningkatkan angka harapan hidup di Jawa Timur untuk mensejahterakan masyarakatnya

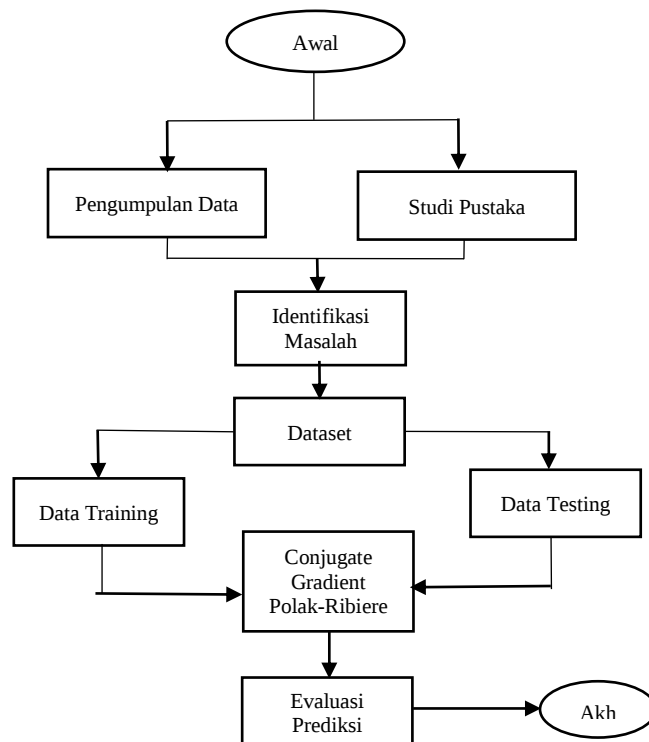
2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan data sekunder. Data yang digunakan adalah data Angka Harapan Hidup di Provinsi Jawa Timur. Sedangkan untuk periode data yang digunakan mulai dari tahun 2017-2022 (5 Tahun). Studi literatur untuk menghimpun data atau sumber yang berhubungan dengan topik yang didapat dari berbagai sumber, jurnal, maupun internet. Kemudian pengambilan sampel data dari Badan Pusat Statistik (BPS) kota Jawa Timur, lalu di proses menggunakan metode Algoritma *Conjugate Gradient Polak-Ribiere*. Model terbaik dinilai dari nilai MSE terkecil yang dihasilkan.

Tabel 1. Data Angka Harapan Hidup Dari Tahun 2017-2022

Kabupaten/Kota Se Jawa Timur	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Kabupaten Pacitan	71,31	71,52	71,77	71,94	72,07	72,48
Kabupaten Ponorogo	72,27	72,43	72,65	72,77	72,85	73,2
Kabupaten Trenggalek	73,15	73,35	73,59	73,75	73,86	74,26
Kabupaten Tulungagung	73,53	73,74	73,95	74,08	74,16	74,54
Kabupaten Blitar	72,99	73,16	73,39	73,52	73,61	73,98
Kabupaten Kediri	72,25	72,37	72,54	72,61	72,65	72,97
Kabupaten Malang	72,12	72,26	72,45	72,55	72,61	72,95
Kabupaten Lumajang	69,5	69,7	69,94	70,1	70,21	70,61
Kabupaten Jember	68,54	68,74	68,99	69,15	69,28	69,68
Kabupaten Banyuwangi	70,19	70,34	70,54	70,65	70,72	71,06
Kabupaten Bondowoso	66,04	66,27	66,55	66,74	66,89	67,29
Kabupaten Situbondo	68,53	68,73	68,97	69,13	69,24	69,62
Kabupaten Probolinggo	66,47	66,71	67	67,2	67,36	67,78
Kabupaten Pasuruan	69,9	70,01	70,17	70,23	70,25	70,55
Kabupaten Sidoarjo	73,71	73,82	73,98	74,04	74,06	74,36
Kabupaten Mojokerto	72,1	72,24	72,43	72,53	72,59	72,93
Kabupaten Jombang	71,87	72,04	72,27	72,4	72,49	72,86
Kabupaten Nganjuk	71,11	71,25	71,44	71,54	71,6	71,95
Kabupaten Madiun	70,77	70,97	71,22	71,38	71,5	71,9
Kabupaten Magetan	72,16	72,3	72,49	72,59	72,65	72,97
Kabupaten Ngawi	71,74	71,92	72,16	72,3	72,41	72,81
Kabupaten Bojonegoro	70,83	71,07	71,36	71,56	71,72	72,16
Kabupaten Tuban	70,8	71,01	71,26	71,43	71,56	71,97
Kabupaten Lamongan	71,87	72,04	72,27	72,4	72,49	72,86
Kabupaten Gresik	72,36	72,46	72,61	72,66	72,67	72,99
Kabupaten Bangkalan	69,82	69,94	70,11	70,18	70,22	70,54
Kabupaten Sampang	67,67	67,79	67,96	68,03	68,07	68,38
Kabupaten Pamekasan	67,05	67,22	67,45	67,58	67,67	68,03
Kabupaten Sumenep	70,71	70,94	71,22	71,41	71,56	71,99
Kota Kediri	73,69	73,8	73,96	74,02	74,04	74,34
Kota Blitar	73,17	73,36	73,6	73,75	73,86	74,26
Kota Malang	72,77	72,93	73,15	73,27	73,36	73,75
Kota Probolinggo	69,86	70	70,19	70,29	70,35	70,68
Kota Pasuruan	71,02	71,18	71,4	71,52	71,6	71,96
Kota Mojokerto	72,86	73,01	73,21	73,32	73,39	73,74
Kota Madiun	72,48	72,59	72,75	72,81	72,83	73,13
Kota Surabaya	73,88	73,98	74,13	74,18	74,18	74,47
Kota Batu	72,25	72,37	72,54	72,61	72,65	72,97
Jawa Timur	70,8	70,97	71,18	71,3	71,38	71,74

Kerangka kerja penelitian yang digunakan untuk penyelesaian masalah pada penelitian ini disajikan pada gambar 1 berikut :



Gambar 1. Kerangka Kerja Penelitian

Pada aplikasi Matlab, *Conjugate gradient Polak-Ribiere* ditulis dengan “traincgp”. *Conjugate gradient Polak-Ribiere (traincgp)* dapat melatih jaringan apa pun asalkan bobotnya, input jaringan, dan fungsi transfer memiliki fungsi turunan. Parameter default *Conjugate Gradient Polak Ribiere* adalah sebagai berikut :

```

net.trainParam.epochs=1000;
net.trainParam.show=25;
net.trainParam.showCommandLine= false;
net.trainParam.showWindow= true;
net.trainParam.goal= 0;
net.trainParam.time= inf;
net.trainParam.min_grad= 1e-10;
net.trainParam.max_fail = 6;
net.trainParam.searchFcn = 'srchcha';
  
```

Gambar 2. Parameter Default Conjugate Gradient Polak Ribiere

3. HASIL AND PEMBAHASAN

Hal pertama yang dilakukan yaitu melakukan pembagian data. Data dibagi menjadi 2 bagian yaitu data latih (*training*) dan data uji (*testing*). Pada penelitian ini, peneliti menggunakan dataset tahun 2017-2021 sebagai data latih dan tahun 2021 sebagai target. Lalu untuk data uji dimulai dari tahun 2018-2022 dan tahun 2022 sebagai target. Kemudian data ditransformasi dengan melakukan normalisasi.

Tabel 2. Data Angka Harapan Hidup Setelah di Transformasi.

Data Awal						
Normalisasi (2017-2021) / Target (2021)						
Data	Angka Harapan Hidup (Tahun)					Target
	2017	2018	2019	2020	2021	
1	0,617936	0,638575	0,663145	0,679853	0,692629	0,692629
2	0,712285	0,728010	0,749631	0,761425	0,769287	0,769287

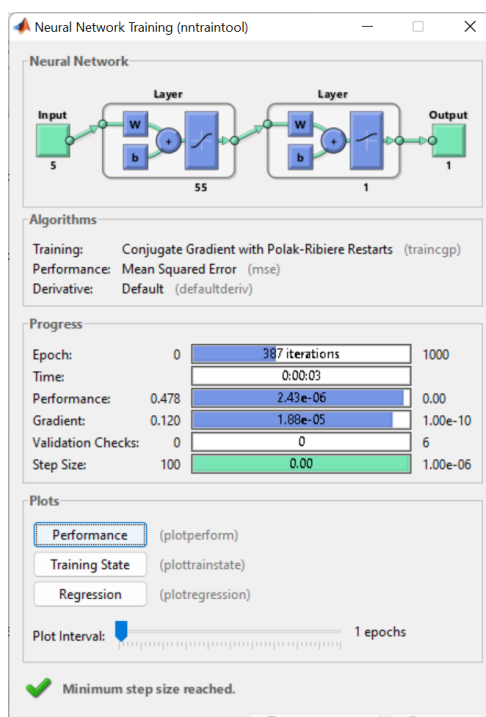
Data Awal						
Normalisasi (2017-2021) / Target (2021)						
Data	Angka Harapan Hidup (Tahun)					Target
	2017	2018	2019	2020	2021	
3	0,798771	0,818428	0,842015	0,857740	0,868550	0,868550
4	0,836118	0,856757	0,877396	0,890172	0,898034	0,898034
5	0,783047	0,799754	0,822359	0,835135	0,843980	0,843980
6	0,710319	0,722113	0,738821	0,745700	0,749631	0,749631
7	0,697543	0,711302	0,729975	0,739803	0,745700	0,745700
8	0,440049	0,459705	0,483292	0,499017	0,509828	0,509828
9	0,345700	0,365356	0,389926	0,405651	0,418428	0,418428
10	0,507862	0,522604	0,542260	0,553071	0,559951	0,559951
...	...	...	...	...	...	...
39	0,567813	0,584521	0,605160	0,616953	0,624816	0,624816

Penelitian ini menggunakan 4 pola arsitektur untuk *training* dan *testing* pada prediksi angka harapan hidup dengan menggunakan algoritma *Conjugate Gradient Polak-Ribiere*. Pola arsitekturnya yaitu 5-10-1, 5-55-1, 5-65-1 dan 5-75-1.

Tabel 3. Pola Arsitektur

Conjugate Gradient Polak-Ribiere				
Arsitektur	Epoch	Waktu	MSE	Accuracy
5-10-1	136	00:01	0,0000056415	90%
5-55-1	460	00:04	0,0000005021	100%
5-65-1	418	00:05	0,0000007782	100%
5-75-1	302	00:02	0,0000017272	97%

Model arsitektur terbaik yang diperoleh dari hasil perhitungan yaitu 5-55-1. Hasil pelatihan model terbaik disajikan pada Gambar 2 berikut :



Gambar 2. Hasil pelatihan dengan model terbaik

Menggunakan arsitektur model terbaik, diperoleh hasil prediksi Angka Harapan Hidup di Kota Jawa Timur sebagai berikut :

Tabel 3. Hasil Prediksi

Kabupaten/Kota Se Jawa Timur	Hasil Estimasi		
	2023	2024	2025
Kabupaten Pacitan	72,73	73,09	73,55
Kabupaten Ponorogo	73,36	73,59	73,87
Kabupaten Trenggalek	74,30	74,31	74,33
Kabupaten Tulungagung	74,51	74,48	74,44
Kabupaten Blitar	74,06	74,14	74,22
Kabupaten Kediri	73,16	73,42	73,76
Kabupaten Malang	73,15	73,40	73,75
Kabupaten Lumajang	71,10	71,76	72,70
Kabupaten Jember	70,28	71,14	72,31
Kabupaten Banyuwangi	71,49	72,09	72,91
Kabupaten Bondowoso	68,18	69,50	71,26
Kabupaten Situbondo	70,23	71,10	72,28
Kabupaten Probolinggo	68,62	69,80	71,45
Kabupaten Pasuruan	71,04	71,75	72,70
Kabupaten Sidoarjo	74,39	74,40	74,39
Kabupaten Mojokerto	73,13	73,39	73,74
Kabupaten Jombang	73,07	73,34	73,71
Kabupaten Nganjuk	72,27	72,71	73,31
Kabupaten Madiun	72,23	72,67	73,29
Kabupaten Magetan	73,16	73,43	73,77
Kabupaten Ngawi	73,03	73,30	73,69
Kabupaten Bojonegoro	72,44	72,88	73,42
Kabupaten Tuban	72,30	72,72	73,32
Kabupaten Lamongan	73,07	73,34	73,71
Kabupaten Gresik	73,18	73,42	73,77
Kabupaten Bangkalan	71,04	71,73	72,69
Kabupaten Sampang	69,14	70,23	71,73
Kabupaten Pamekasan	68,83	69,99	71,57
Kabupaten Sumenep	72,31	72,74	73,33
Kota Kediri	74,38	74,38	74,38
Kota Blitar	74,30	74,31	74,33
Kota Malang	73,84	73,97	74,11
Kota Probolinggo	71,15	71,84	72,76
Kota Pasuruan	72,27	72,73	73,32
Kota Mojokerto	73,84	73,98	74,12
Kota Madiun	73,30	73,54	73,84
Kota Surabaya	74,47	74,46	74,43
Kota Batu	73,16	73,42	73,76
Jawa Timur	72,08	72,57	73,22

4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis dari penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Angka harapan hidup mengalami kenaikan setiap tahunnya. Ini dapat digunakan sebagai acuan untuk pemerintah untuk meningkatkan faktor-faktor yang dapat mensejahterakan masyarakat terutama untuk pemerintah provinsi Jawa Timur.
2. Dari hasil pelatihan dan pengujian pada *Microsoft Excel* dan *Matlab 2011* dapat dilihat bahwa model terbaik adalah 5-55-1 yang kemudian digunakan sebagai pedoman untuk melakukan prediksi. Model terbaik diambil dari jumlah MSE terkecilnya. Hasil akurasi pada model 5-55-1 juga tinggi yaitu 100%.
3. Algoritma *Conjugate Gradient Polak Ribiere* terbukti dapat diimplementasikan dalam melakukan prediksi angka harapan hidup.

ACKNOWLEDGEMENTS

Terima kasih disampaikan kepada pihak-pihak yang telah mendukung dan ikut membantu dalam menyelesaikan penelitian ini.

REFERENCES

- Afriliansyah, T., & Zulfahmi, Z. (2020). Prediksi Angka Harapan Hidup Masyarakat Aceh dengan Model Terbaik Algoritma Cyclical Order. *Prosiding Seminar Nasional Riset Dan Information Science (SENARIS)*, 2, 441–449.
- Anggreini, D., Candra Hastari, R., & Pendidikan Matematika STKIP PGRI Tulungagung Jalan Mayor Sujadi Timur No, J. (2017). Penerapan Matriks Leslie pada Angka Kelahiran dan Harapan Hidup Wanita di Provinsi Jawa Timur. *Pendidikan Matematika*, 12(2), 109–122. <http://journal.uny.ac.id/index.php/pythagoras>PYTHAGORAS:Jurnal
- Conjugate, A., Sistem, P., Conjugate, A., & Conjugate, A. (2018). *Algoritma Conjugate gradient Polak Rebiere untuk Prediksi Data*. 1–36.
- Edi Ismanto, E. P. C. (2017). Jaringan Syaraf Tiruan Algoritma Backpropagation Dalam Memprediksi Ketersediaan Komoditi Pangan Provinsi Riau. *Rabit: Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi Univrab*, 2(2), 196–209. <https://doi.org/10.36341/rabit.v2i2.152>
- Ginantra, N. L. W. S. R., GS, A. D., Andini, S., & Wanto, A. (2022). Pemanfaatan Algoritma Fletcher-Reeves untuk Penentuan Model Prediksi Harga Nilai Ekspor Menurut Golongan SITC. *Building of Informatics, Technology and Science (BITS)*, 3(4), 679–685. <https://doi.org/10.47065/bits.v3i4.1449>
- Mahmudi, A. A. (2020). Optimasi Conjugate Gradient Pada Backpropagation Neural Network Untuk Prediksi Hasil Tangkap Ikan. *Saintekbu*, 12(2), 29–39. <https://doi.org/10.32764/saintekbu.v12i2.1031>
- Muda, R., Koleangan, R., & Kalangi, J. B. (2019). Pengaruh Angka Harapan Hidup, Tingkat Pendidikan dan Pengeluaran Perkapita Terhadap Pertumbuhan Ekonomi di Sulawesi Utara pada Tahun 2003-2017. *Jurnal Berkala Ilmiah Efisiensi*, 19(01), 44–55.
- Oktavia, R., Hardinata, J. T., & Irawan, I. (2020). Penerapan Metode Algoritma K-means Dalam Pengelompokan Angka Harapan Hidup Saat Lahir Menurut Provinsi. *Kesatria: Jurnal Penerapan ...*, 1(4), 154–161. <http://tunasbangsa.ac.id/pkm/index.php/kesatria/article/view/41>
- SAWITRI, M. N. D., SUMARJAYA, I. W., & TASTRAWATI, N. K. T. (2018). Peramalan Menggunakan Metode Backpropagation Neural Network. *E-Jurnal Matematika*, 7(3), 264. <https://doi.org/10.24843/mtk.2018.v07.i03.p213>
- Sinaga, S. P., Wanto, A., & Solikhun, S. (2020). Implementasi Jaringan Syaraf Tiruan Resilient Backpropagation dalam Memprediksi Angka Harapan Hidup Masyarakat Sumatera Utara. *Jurnal Infomedia*, 4(2), 81. <https://doi.org/10.30811/jim.v4i2.1573>
- Siskus, F., & Arianto, D. (2020). Prediksi Kasus Covid-19 Di Indonesia Menggunakan Metode Backpropagation Dan Fuzzy Tsukamoto. *Jurnal Teknologi Informasi*, 4(1), 120–127.
- Solikhun, S., Safii, M., & Trisno, A. (2017). Jaringan Saraf Tiruan Untuk Memprediksi Tingkat Pemahaman Sisiwa Terhadap Matapelajaran Dengan Menggunakan Algoritma Backpropagation. *J-SAKTI (Jurnal Sains Komputer Dan Informatika)*, 1(1), 24. <https://doi.org/10.30645/j-sakti.v1i1.26>
- Susasimy, L. C. D., & Sulistijanti, W. (2021). Peramalan Kurs Dolar Amerika Serikat dan Riyal Arab Saudi Terhadap Rupiah dengan Neural Network Conjugate Gradient Polak Ribiere. *Proceeding of The URECOL*, 136–147. <http://repository.urecol.org/index.php/proceeding/article/view/1679%0Ahttp://repository.urecol.org/index.php/proceeding/article/download/1679/1645>
- Wanto, A. (2018). Optimasi Prediksi Dengan Algoritma Backpropagation Dan Conjugate Gradient Beale-Powell Restarts. *Jurnal Nasional Teknologi Dan Sistem Informasi*, 3(3), 370–380. <https://doi.org/10.25077/teknosi.v3i3.2017.370-380>
- Wisesty, U. N. (n.d.). *Algoritma Conjugate Gradient Polak Ribiere Untuk*. 1–5.