

## **Prediksi Penyakit Ginjal Kronis Menggunakan Hibrid Jaringan Saraf Tiruan *Backpropagation* dengan *Particle Swarm Optimization***

### ***Prediction of Chronic Kidney Disease Using Backpropagation Artificial Neural Network with Particle Swarm Optimization Hybrid***

**Sheren Afryan Tiastama\*<sup>1</sup>, Tri Ginanjar Laksana<sup>2</sup>, Amalia Beladinna Arifa<sup>3</sup>**

<sup>1,2,3</sup>S1 Teknik Informatika, Institut Teknologi Telkom Purwokerto

e-mail: sherenafryan@gmail.com<sup>1</sup>, anjarlaksana@ittelkom-pwt.ac.id<sup>2</sup>, amalia@ittelkom-pwt.ac.id<sup>3</sup>

#### **Abstrak**

Peningkatan jumlah pasien penderita ginjal kronis dari tahun ke tahun, namun tidak diikuti dengan sumber daya manusia dan sarana prasarana yang memadai dalam penanganannya memerlukan informasi mengenai perkiraan jumlah pasien penyakit ginjal kronis. Prediksi terhadap jumlah pasien penderita penyakit ginjal kronis perlu dilakukan sebagai bentuk antisipasi dalam mempersiapkan sumber daya manusia dan sarana prasarana dengan lebih baik yang akan berpengaruh terhadap tingkat pertahanan hidup pasien. Penelitian ini menggunakan kombinasi algoritma jaringan saraf tiruan *backpropagation* dan *particle swarm optimization* dalam memprediksi jumlah pasien penderita penyakit ginjal kronis. Jaringan saraf tiruan memiliki kemampuan dalam melakukan prediksi terhadap data *time series* seperti jumlah pasien penderita ginjal kronis dari tahun ke tahun. Namun, jaringan saraf tiruan *backpropagation* memiliki titik lemah yaitu kecepatan konvergensi yang lambat akibat dari penentuan bobot yang tidak optimal. Pada penelitian ini, algoritma *particle swarm optimization* memiliki peran dalam mengoptimalkan nilai bobot yang akan digunakan pada algoritma jaringan saraf tiruan *backpropagation*. Data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu data jumlah pasien penderita penyakit ginjal kronis di RSUD Banyumas pada tahun 2011-2020. Penelitian ini menggunakan Matlab R2019a sebagai *software* dalam melakukan prediksi penyakit ginjal kronis. Hasil pengujian menunjukkan akurasi prediksi berdasarkan nilai *Mean Squared Error* sebesar 0,0370 menggunakan arsitektur jaringan saraf tiruan 12-16-1, nilai *learning rate* yaitu 0.005, 1250 *epoch*, dan 50 *swarm*.

**Kata Kunci:** Backpropagation, Jaringan Saraf Tiruan, Particle Swarm Optimization, Penyakit Ginjal Kronis, Prediksi

#### **Abstract**

The number of Chronic Kidney Disease patient increased year by year while it doesn't following by sufficient human resources and infrastructure needs the information of Chronic Kidney Disease patient prediction. Prediction of Chronic Kidney Disease patient is necessary to be done as an anticipation for preparing the better human resources and infrastructure that will effect to patient survival rate. In this study, backpropagation artificial neural network and particle swarm optimization combination used to predict the number of Chronic Kidney Disease patient. Artificial Neural Network has the ability in time series data prediction, such as the number of Chronic Kidney Disease year by year. But, backpropagation artificial neural network has a weakness in weight inisialization which taken unoptimally that could cause bad convergence speed. Particle swarm optimization will resolve the backpropagation artificial neural network weakness by weights optimization that will used in backpropagation artificial neural network. The Artificial Neural Network and Particle Swarm Optimization have several parameters, such as the number of hidden layer neuron, learning rate, and swarm. This research is using RSUD Banyumas Chronic Kidney Disease patient data in 2011 until 2020. Matlab R2019a used in this research as a software to predict chronic kidney disease patient data. The test results shows the prediction accuracy based on Mean Squared Error value is 0,0370 using 12-16-1 artificial neural network architecture, 0.005 learning rate, 1250 epochs and 50 swarms.

**Keywords:** Artificial Neural Network, Backpropagation, Chronic Kidney Disease, Particle Swarm Optimization, Prediction

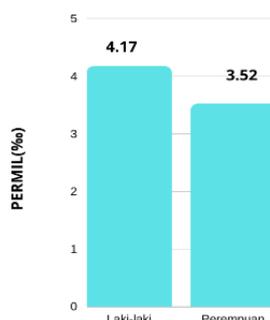
#### **Pendahuluan**

Penyakit ginjal kronis (PGK) termasuk dalam jenis penyakit tidak menular yang memiliki prevalensi yang terus meningkat dari tahun ke tahun bersamaan dengan pertumbuhan jumlah penduduk usia lanjut [1].

---

\*) Penulis Korespondensi : sherenafryan@gmail.com

Penyakit ginjal kronis dilihat dari kaca mata global mengalami peningkatan jumlah prevalensi sebesar 87% dari tahun 1990 sampai 2016 [2]. Pada Gambar 1.1 catatan riskesdas 2018, ditunjukkan bahwa prevalensi penyakit ginjal kronis pada laki-laki sebesar 4,17%, sementara prevalensi penyakit ginjal kronis pada perempuan sebesar 3,52% [3]. Di Indonesia, penyakit ginjal kronis menduduki peringkat kedua penyakit dengan biaya tertinggi yang mana penyakit ginjal kronis memiliki beberapa faktor resiko penyakit, diantaranya yaitu diabetes mellitus, hipertensi, dan obesitas[1]. Penyakit ginjal kronis masih menjadi permasalahan global yang memiliki peningkatan prevalensi dari tahun ke tahun.



Gambar 1. Prevalensi Penyakit Ginjal Kronis di Indonesia Tahun 2018

Penderita ginjal kronis memerlukan pelayanan dialisis dalam usaha perawatan, dimana pelayanan dialisis tersebut memerlukan sumber daya manusia yang sesuai standar dan unit hemodialisis yang memadai sesuai dengan standar sarana dan prasarana [1]. Namun, keterbatasan pada unit pelayanan hemodialisis dan sumber daya manusia masih menjadi kendala sehingga menyebabkan kenaikan jumlah daftar tunggu pasien di rumah sakit [1]. Efisiensi sebuah rumah sakit bergantung pada pengalokasian sumber daya manusia dan unit sarana dan prasarana, prediksi jumlah pasien dapat mengatasi kendala keterbatasan sumber daya manusia dan unit sarana prasarana yang dibutuhkan [4]. Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan prediksi jumlah pasien dengan penyakit ginjal kronis yang diperlukan sebagai informasi untuk penyediaan sumber daya manusia dan sarana prasarana yang lebih baik demi meningkatkan pelayanan dan kualitas hidup pasien penderita penyakit ginjal kronis.

Prediksi dapat dilakukan menggunakan algoritma jaringan saraf tiruan, teknik yang sudah acap digunakan yaitu *backpropagation* [5]. Jaringan saraf tiruan *backpropagation* merupakan metode jaringan saraf tiruan *multi-layer* yang dapat menyelesaikan permasalahan yang kompleks[6]. Namun, jaringan saraf tiruan *backpropagation* memiliki titik lemah yaitu kecepatan konvergensi yang lambat akibat dari pemilihan bobot yang tidak optimal [7], dimana nilai *output* dan target saling berjauhan [8]. Hal ini dapat menyebabkan kegagalan dalam pencarian solusi yang optimal [7]. Kelemahan tersebut dapat diatasi dengan algoritma pendekatan optimasi seperti Algoritma Genetika (GA), *Ant Colony Optimization* (ACO) dan *Particle Swarm Optimization* (PSO) [9].

Pada penelitian sebelumnya, algoritma jaringan saraf tiruan *backpropagation* yang dikombinasikan dengan algoritma *Particle Swarm Optimization* (PSO) memiliki tingkat akurasi yang lebih baik dari kombinasi antara algoritma jaringan saraf tiruan *backpropagation* dan algoritma genetika [10], dimana algoritma *particle swarm optimization* memiliki kompleksitas yang lebih sederhana dibandingkan dengan algoritma genetika yang didalamnya terdapat operator genetik seperti *crossover* dan mutasi [11]. Algoritma *Particle Swarm Optimization* memiliki kemampuan dalam mengoptimalkan bobot untuk meningkatkan kecepatan konvergensi, sehingga dapat menghasilkan nilai akurasi yang lebih baik [12]. Pada penelitian lainnya, performa algoritma jaringan saraf tiruan *backpropagation* menunjukkan nilai MSE yang mendekati 0 yaitu 0,0281641257 dalam memprediksi volume ekspor dan impor migas di Indonesia[5]. Pada penelitian lain, algoritma jaringan saraf tiruan *backpropagation* dibuktikan mampu melakukan peramalan terhadap penjualan coklat dalam mendukung pengembangan agroindustri coklat di Kabupaten Blitar menggunakan data *time series* yaitu jumlah penjualan coklat dari tahun 2013-2017 yang menghasilkan nilai MSE sebesar 0,0001148 [13]. Namun, dalam penelitian lain, algoritma jaringan saraf tiruan *backpropagation* memerlukan algoritma optimasi dalam penentuan bobot terbaik pada jaringan[ 14].

Berdasarkan penelitian yang telah disebutkan sebelumnya, penulis mendapatkan kesimpulan berupa pernyataan bahwa penggunaan algoritma jaringan saraf tiruan *backpropagation* memerlukan algoritma optimasi dalam penentuan bobot untuk mencapai hasil prediksi yang lebih baik. Sehingga dalam penelitian ini, penulis melakukan prediksi terhadap pasien penyakit ginjal kronis menggunakan kombinasi algoritma

jaringan saraf tiruan *backpropagation* dan algoritma optimasi *particle swarm optimization* dengan penentuan akurasi berdasarkan nilai *Mean Square Error* (MSE).

**Metode Penelitian**

Data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu data jumlah pasien penyakit ginjal kronis di RSUD Banyumas dari tahun 2011 sampai dengan tahun 2020 yang berjumlah 120 data. Data tersebut dibagi dalam 2 bagian yaitu 108 data *training* dan 12 data *testing*. Data *training* merupakan jumlah pasien penyakit ginjal kronis pada bulan Januari sampai bulan Desember dari tahun 2011 sampai dengan tahun 2019. Sementara, data *testing* merupakan jumlah pasien penyakit ginjal kronis pada bulan Januari sampai dengan bulan Desember di tahun 2020. Data pelatihan dan data pengujian tersebut melalui proses normalisasi menggunakan rumus:

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

Dimana,

X' = data ternormalisasi

X = data aktual

a = nilai maksimum data asli

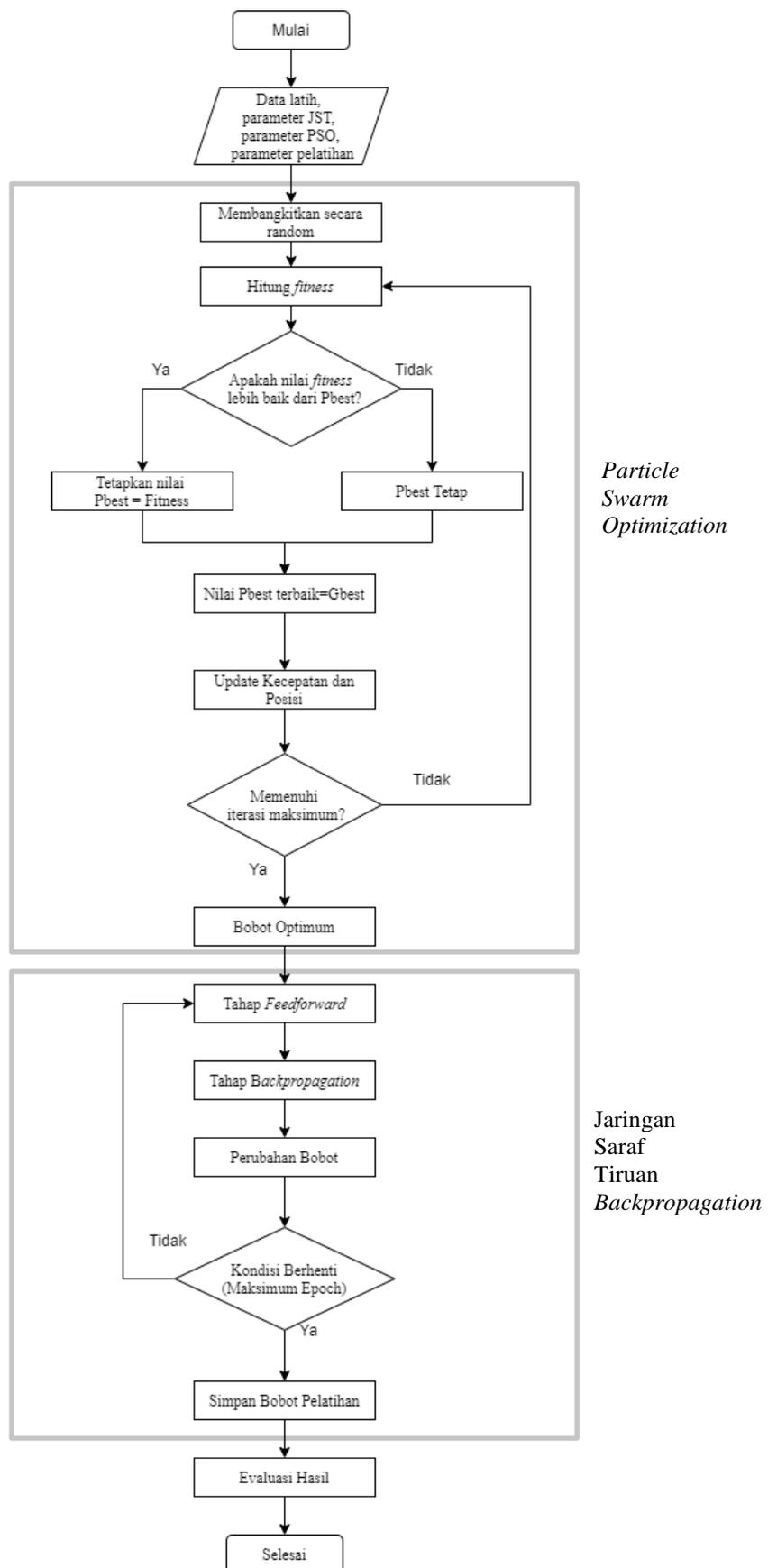
b = nilai minimum data asli

Data pasien penyakit ginjal kronis yang telah dinormalisasi dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Data Pasien Penyakit Ginjal Kronis Hasil Normalisasi

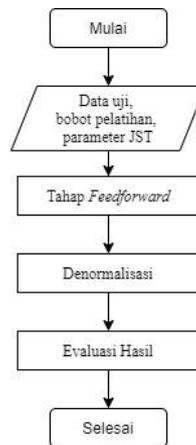
Tahun	Jumlah Pasien											
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12
2011	0,1208	0,1583	0,1333	0,1375	0,2208	0,1667	0,1292	0,1708	0,1250	0,2750	0,1375	0,2250
2012	0,1500	0,1875	0,1750	0,1708	0,1625	0,3375	0,2125	0,1625	0,1375	0,1750	0,1250	0,1625
2013	0,2333	0,1917	0,1500	0,1250	0,2958	0,1792	0,1917	0,3917	0,1208	0,1917	0,3167	0,2083
2014	0,1292	0,1167	0,1708	0,2542	0,1458	0,1417	0,1583	0,2000	0,1875	0,2208	0,1833	0,2333
2015	0,1375	0,2167	0,1667	0,2083	0,2042	0,1792	0,1708	0,1667	0,9000	0,1708	0,1500	0,1542
2016	0,1417	0,1292	0,2000	0,1583	0,1417	0,1583	0,1625	0,1083	0,1208	0,1542	0,1292	0,1125
2017	0,1292	0,1083	0,1125	0,1208	0,1083	0,1167	0,1167	0,1292	0,1417	0,1250	0,1042	0,1208
2018	0,1583	0,1125	0,1500	0,1000	0,1917	0,1042	0,1583	0,1167	0,1292	0,1625	0,1292	0,1333
2019	0,1417	0,1625	0,2000	0,1667	0,1250	0,1125	0,1417	0,1083	0,1750	0,1292	0,1625	0,2208
2020	0,1333	0,1583	0,4375	0,1667	0,1083	0,1208	0,2375	0,1375	0,1958	0,1167	0,1625	0,2625

Tahapan penelitian yang dilakukan dalam memprediksi pasien penyakit ginjal kronis menggunakan hybrid jaringan saraf tiruan *backpropagation* dan *particle swarm optimization* terbagi dalam tahapan pada proses pelatihan dan tahapan pada proses pengujian. Tahapan pada proses pelatihan prediksi pasien penyakit ginjal kronis menggunakan hybrid jaringan saraf tiruan *backpropagation* dan *particle swarm optimization* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Tahap Pelatihan Prediksi Pasien Penyakit Ginjal Kronis Hibrid JST-PSO

Tahapan pada proses pengujian prediksi pasien penyakit ginjal kronis menggunakan hybrid jaringan saraf tiruan *backpropagation* dan *particle swarm optimization* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Tahap Pengujian Prediksi Pasien Penyakit Ginjal Kronis Hibrid JST-PSO

### Hasil dan Pembahasan

Pelatihan prediksi pasien penyakit ginjal kronis menggunakan kombinasi jaringan saraf tiruan dan *Particle Swarm Optimization* (JST-PSO) dilakukan sebanyak 20 percobaan dengan 5 pola *learning rate*, 4 pola jumlah neuron dalam *hidden layer*, 1 *hidden layer*, 12 *input*, 1 *output*, 5 pola *epoch*, fungsi aktivasi sigmoid biner, metode pelatihan *traingdx* pada matlab, dan 5 pola jumlah swarm. Pola *learning rate* yang digunakan yaitu 0.001, 0.002, 0.003, 0.004, dan 0.005. Pola jumlah neuron *hidden layer* yang digunakan yaitu 13,14,15, dan 16. Pola jumlah swarm yang digunakan yaitu 10,20,30,40, dan 50. Pola *epoch* yang digunakan yaitu 250, 500, 750, 1000, dan 1250. Proses pelatihan ini menghasilkan nilai prediksi pada data latih dan nilai MSE performansi jaringan saraf tiruan pada pelatihan. Nilai MSE yang dihasilkan dari masing-masing percobaan dimasukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pelatihan Prediksi Pasien Penyakit Ginjal Kronis Menggunakan JST-PSO

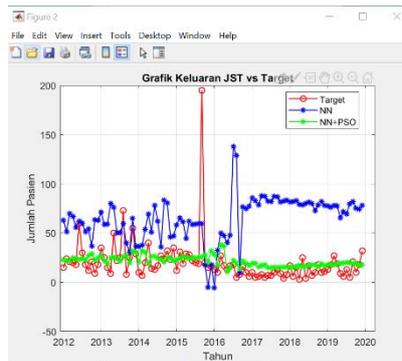
Percobaan	Learning Rate	Arsitektur	Jumlah Swarm	Epoch	MSE
1	0.001	12-13-1	10	250	0,0087
2	0.002	12-13-1	20	500	0,0081
3	0.003	12-13-1	30	750	0,0075
4	0.004	12-13-1	40	1000	0,0076
5	0.005	12-13-1	50	1250	0,0075
6	0.001	12-14-1	10	250	0,0080
7	0.002	12-14-1	20	500	0,0077
8	0.003	12-14-1	30	750	0,0077
9	0.004	12-14-1	40	1000	0,0074
10	0.005	12-14-1	50	1250	0,0077
11	0.001	12-15-1	10	250	0,0089
12	0.002	12-15-1	20	500	0,0080
13	0.003	12-15-1	30	750	0,0077
14	0.004	12-15-1	40	1000	0,0076
15	0.005	12-15-1	50	1250	0,0075
16	0.001	12-16-1	10	250	0,0082
17	0.002	12-16-1	20	500	0,0082
18	0.003	12-16-1	30	750	0,0078
19	0.004	12-16-1	40	1000	0,0079
20	0.005	12-16-1	50	1250	0,0073

Pada Tabel 2, dapat diketahui bahwa nilai MSE terbaik yaitu pada percobaan 20 dengan *learning rate* 0,005, arsitektur JST 12-16-1, dan *epoch* sebanyak 1250. MSE terbaik didapatkan dari MSE dengan nilai terkecil. Pada pelatihan ini, nilai MSE terkecil yang didapatkan yaitu 0,0073. Kemudian, dilakukan percobaan dengan parameter dari MSE terbaik menggunakan 5 pola swarm yaitu 10, 20, 30, 40, dan 50 yang ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai MSE Proses Pelatihan Berdasarkan Variasi Jumlah Swarm

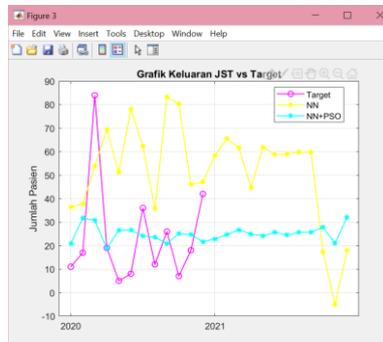
Learning Rate	Arsitektur	Jumlah Swarm	Epoch	MSE
0,005	12-16-1	10	1250	0,0079
0,005	12-16-1	20	1250	0,0077
0,005	12-16-1	30	1250	0,0077
0,005	12-16-1	40	1250	0,0074
0,005	12-16-1	50	1250	0,0073

Pada Tabel 3. dapat dilihat bahwa, nilai MSE terbaik dengan nilai terkecil ditunjukkan pada parameter *learning rate* 0,005, arsitektur 12-16-1, jumlah swarm sebesar 50, *epoch* 1250 dengan nilai 0,0073. Berdasarkan nilai MSE terbaik tersebut, maka nilai prediksi pasien penyakit ginjal kronis terhadap data latih menggunakan JST dan JST-PSO yang dihasilkan dalam bentuk grafik dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Perbandingan Nilai Prediksi dan Target Proses Pelatihan

Pengujian prediksi pasien penyakit ginjal kronis menggunakan JST-PSO dilakukan dengan menggunakan arsitektur terbaik dari nilai MSE terkecil pada proses pelatihan prediksi pasien penyakit ginjal kronis menggunakan JST yaitu arsitektur dengan jumlah input 12 (Januari-Desember), 1 hidden layer dengan 16 neuron, dan 1 output berupa hasil prediksi di tahun selanjutnya. Nilai prediksi pasien penyakit ginjal kronis terhadap data latih menggunakan JST dan JST-PSO yang dihasilkan dalam bentuk grafik dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Perbandingan Nilai Prediksi dan Target Proses Pelatihan

Pada Gambar 5. dapat dilihat perbandingan nilai prediksi dengan nilai target dalam menggunakan jaringan saraf tiruan *backpropagation* dan kombinasi jaringan saraf tiruan *backpropagation* dan *particle swarm optimization* pada proses pengujian berdasarkan nilai MSE terbaik penggunaan kombinasi algoritma

jaringan saraf tiruan *backpropagation* dan *particle swarm optimization*. Nilai prediksi penyakit ginjal kronis yang dihasilkan oleh kombinasi algoritma jaringan saraf tiruan *backpropagation* dan *particle swarm optimization* lebih dekat dengan nilai target, dibandingkan dengan nilai prediksi yang dihasilkan oleh algoritma jaringan saraf tiruan *backpropagation*. Hal ini menunjukkan bahwa algoritma *particle swarm optimization* mampu membuat algoritma jaringan saraf tiruan *backpropagation* meraih nilai target lebih dekat dengan nilai prediksi dibandingkan algoritma jaringan saraf tiruan *backpropagation* saja, dengan kata lain, selisih antara nilai target dengan nilai prediksi yang dihasilkan oleh kombinasi algoritma jaringan saraf tiruan *backpropagation* dan *particle swarm optimization* lebih kecil dibandingkan dengan selisih antara nilai target dengan nilai prediksi yang dihasilkan oleh algoritma jaringan saraf tiruan *backpropagation*. Hal ini menunjukkan bahwa pada proses pengujian, algoritma *particle swarm optimization* mampu membuat algoritma jaringan saraf tiruan *backpropagation* mencapai kekonvergenan lebih cepat dibandingkan dengan algoritma jaringan saraf tiruan *backpropagation* saja. Nilai prediksi pasien penyakit ginjal kronis pada tahun 2021 menggunakan hibrid jaringan saraf tiruan *backpropagation* dan *particle swarm optimization* dapat dilihat pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Nilai Prediksi Pasien Penyakit Ginjal Kronis Tahun 2021

Tahun	Bulan	Prediksi	Target
2021	Januari	22.86748697	
	Februari	24.75321181	
	Maret	26.75226088	
	April	24.85357517	
	Mei	24.16347312	
	Juni	25.60547182	
	Juli	24.49134931	
	Agustus	25.68443298	
	September	25.61627702	
	Oktober	27.87944193	
	November	20.99675005	
	Desember	32.12110565	

## Kesimpulan

Cara mengatasi kelemahan pada jaringan saraf tiruan *backpropagation* (JST) dalam menghasilkan informasi pasien penyakit ginjal kronis dapat dilakukan melalui penerapan algoritma *particle swarm optimization* (PSO) pada penentuan bobot yang akan digunakan pada jaringan saraf tiruan *backpropagation*. Hal ini dibuktikan dengan perbandingan performansi berupa nilai MSE yang dihasilkan pada pengujian algoritma JST dan kombinasi algoritma JST dan PSO menggunakan parameter *learning rate* sebesar 0,005, 50 swarm, dan 1250 epoch sebagai parameter dalam nilai MSE terbaik pada pelatihan kombinasi algoritma JST dan PSO. Nilai MSE pada pengujian algoritma JST yaitu sebesar 0,0990, sementara nilai MSE pada pengujian kombinasi algoritma JST dan PSO lebih baik yaitu sebesar 0,0370. Nilai akurasi yang berupa nilai MSE dari kombinasi algoritma jaringan saraf tiruan *backpropagation* dan *particle swarm optimization* yaitu sebesar 0,0370 pada penggunaan arsitektur 12-16-1, *learning rate* 0,005, 50 swarm, dan 1250 epoch.

## Daftar Pustaka

- [1] "Situasi Penyakit Ginjal Kronis," *Pusat Data dan Informasi Kementerian Kesehatan RI*, 2017. <https://pusdatin.kemkes.go.id> (diakses Jun 19, 2020).
- [2] Y. Xie *dkk.*, "Analysis of the Global Burden of Disease study highlights the global, regional, and national trends of chronic kidney disease epidemiology from 1990 to 2016," *Kidney Int.*, vol. 94, no. 3, hlm. 567–581, Sep 2018, doi: 10.1016/j.kint.2018.04.011.
- [3] "Hasil Riskesdas 2018," *Kesehatan Masyarakat Kementerian Kesehatan*, 2018. [https://kesmas.kemkes.go.id/assets/upload/dir\\_519d41d8cd98f00/files/Hasil-riskesdas-2018\\_1274.pdf](https://kesmas.kemkes.go.id/assets/upload/dir_519d41d8cd98f00/files/Hasil-riskesdas-2018_1274.pdf). (diakses Jun 19, 2020).

- 
- [4] L. Yu, G. Hang, L. Tang, Y. Zhao, dan K. K. Lai, "Forecasting Patient Visits to Hospitals using a WD&ANN-based Decomposition and Ensemble Model," *EURASIA J. Math. Sci. Technol. Educ.*, vol. 13, no. 12, Nov 2017, doi: 10.12973/ejmste/80308.
- [5] Y. Andriani, H. Silitonga, dan A. Wanto, "Analisis Jaringan Syaraf Tiruan untuk prediksi volume ekspor dan impor migas di Indonesia," *Regist. J. Ilm. Teknol. Sist. Inf.*, vol. 4, no. 1, hlm. 30, Nov 2018, doi: 10.26594/register.v4i1.1157.
- [6] A. Pujiyanto, K. Kusriani, dan A. Sunyoto, "Perancangan Sistem Pendukung Keputusan Untuk Prediksi Penerima Beasiswa Menggunakan Metode Neural Network Backpropagation," *J. Teknol. Inf. Dan Ilmu Komput.*, vol. 5, no. 2, hlm. 157, Mei 2018, doi: 10.25126/jtiik.201852631.
- [7] N. Nikentari, H. Kurniawan, N. Ritha, dan D. Kurniawan, "Optimasi Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation Dengan Particle Swarm Optimization Untuk Prediksi Pasang Surut Air Laut," *J. Teknol. Inf. Dan Ilmu Komput.*, vol. 5, no. 5, hlm. 605, Okt 2018, doi: 10.25126/jtiik.2018551055.
- [8] I. P. Hairati, P. Deoranto, dan I. A. Dewi, "Peramalan Pemintaan Produk Keripik Tempe CV Aneka Rasa Dengan Metode Jaringan Syaraf Tiruan," *J. Ind.*, vol. 1, 10-21.
- [9] C. A. Caesar, L. Hanum, dan I. Cholissodin, "Perbandingan Metode ANN-PSO Dan ANN-GA Dalam Pemodelan Komposisi Pakan Kambing Peranakan Etawa (PE) Untuk Optimasi Kandungan Gizi," *J. Teknol. Inf. Dan Ilmu Komput.*, vol. 3, no. 3, hlm. 216, Sep 2016, doi: 10.25126/jtiik.201633200.
- [10] M. Badrul, "Optimasi Algoritma Neural Network dengan Algoritma Genetika dan Particle Swarm Optimization untuk Memprediksi Hasil Pemilukada," *Jurnal Pilar Nusa Mandiri*, vol. 13, no. 1, hlm. 11, 2017.
- [11] S. Wang, F. Zheng, dan L. Xu, "Comparison Between Particle Swarm Optimization and Genetic Algorithm in Artificial Neural Network For Life Prediction of NC Tools," *J. Adv. Manuf. Syst.*, vol. 07, no. 01, hlm. 1-7, Jun 2008, doi: 10.1142/S0219686708001073.
- [12] S. Nugraha, Harry Ganda Azhari, "Optimasi Bobot Jaringan Syaraf Tiruan Menggunakan Particle Swarm Optimization," vol. 8, no. 1, hlm. 25-36, Jan 2014.
- [13] H. Aprilianto, S. Kumalaningsih, dan I. Santoso, "Penerapan Jaringan Syaraf Tiruan Untuk Peramalan Penjualan Dalam Mendukung Pengembangan Agroindustri Coklat di Kabupaten Blitar," *HABITAT*, vol. 29, no. 3, hlm. 129-137, Des 2018, doi: 10.21776/ub.habitat.2018.029.3.16.
- [14] H. Haviluddin, Z. Arifin, A. H. Kridalaksana, dan D. Cahyadi, "Prediksi Kedatangan Turis Asing ke Indonesia Menggunakan Backpropagation Neural Networks," *J. Teknol. Dan Sist. Komput.*, vol. 4, no. 4, hlm. 485, Nov 2016, doi: 10.14710/jtsiskom.4.4.2016.485-490.