

**PENINGKATAN KINERJA ALGORITMA NEURAL NETWORK
BERBASIS PARTICLE SWARM OPTIMIZATION UNTUK
MEMPREDIKSI KELAHIRAN PREMATUR
STUDI KASUS RSUPN CIPTO
MANGUNKUSUMO
JAKARTA**

Kresna Ramanda

Teknik Informatika, STMIK Nusa Mandiri
Jalan Kramat raya no 25, Jakarta Pusat
<http://www.nusamandiri.ac.id>
rama.ramanda@gmail.com

Abstrak – Persalinan prematur, didefinisikan sebagai persalinan pada wanita hamil dengan usia kehamilan 20-36 minggu. Penelitian yang berhubungan dengan kelahiran prematur sudah pernah dilakukan oleh peneliti yaitu dengan menggunakan metode neural network. Namun penelitian tersebut hanya menyajikan tentang hasil sensitivitas dan spesifisitas. Hasil Penelitian yang menggunakan metode neural network dalam memprediksi kelahiran prematur mempunyai nilai akurasi yang dihasilkan masih kurang akurat dan hanya sebatas menyajikan tentang hasil sensitivitas dan spesifisitas. Dalam penelitian ini dibuatkan model algoritma neural network dan model algoritma neural network berbasis particle swarm optimization untuk mendapatkan arsitektur dalam memprediksi kelahiran prematur dan memberikan nilai akurasi yang lebih akurat pada data set pasien RSUPN Cipto Mangunkusumo. Setelah dilakukan pengujian dengan dua model yaitu algoritma neural network dan algoritma neural network berbasis particle swarm optimization maka hasil yang didapat adalah algoritma neural network menghasilkan nilai akurasi sebesar 94,60% dan nilai AUC sebesar 0,973 namun setelah dilakukan penambahan yaitu algoritma neural network berbasis particle swarm optimization nilai akurasi sebesar 95,20 % dan nilai AUC sebesar 0,979. Sehingga kedua metode tersebut memiliki perbedaan tingkat akurasi yaitu sebesar 0,60 % dan perbedaan nilai AUC sebesar 0,006.

Kata Kunci: Kelahiran prematur, Neural network, Particle Swarm Optimization

1. PENDAHULUAN

Persalinan prematur didefinisikan sebagai persalinan pada wanita hamil dengan usia kehamilan 20 – 36 minggu [6]. (*Health Technology Assessment Indonesia*, 2009) melakukan pengkajian terhadap prediksi persalinan prematur. Dengan hasil menunjukkan persalinan prematur perlu diprediksi dan ditatalaksana untuk mengurangi morbiditas dan mortalitas neonatal akibat kelahiran prematur. Penelitian tentang prediksi kelahiran prematur telah dilakukan dengan melalui algoritma *Neural Network*. Dari hasil penelitian akhir yang diuji menggunakan algoritma *Neural Network* menunjukkan bahwa algoritma *Neural Network* efektif dalam menciptakan model umum. Secara khusus, sensitivitas meningkat menjadi 35,6 % untuk memprediksi kelahiran prematur dengan spesifisitas 88,6 % , dan menurun sedikit menjadi 37,3 % untuk memprediksi risiko tinggi kelahiran prematur dengan spesifisitas 92,2 % [3]. *Particle swarm optimization* (PSO) merupakan algoritma optimasi yang efektif yang dapat memecahkan masalah yang ada pada algoritma *neural network* yang pada umumnya menggunakan algoritma *backpropagation* [8]. *Particle swarm optimization*

memiliki perbandingan lebih untuk pemilihan fitur dan memiliki kinerja lebih unggul untuk banyak masalah optimasi dengan lebih cepat dan tingkat konvergensi yang lebih stabil [7]. Penelitian ini dibatasi pada peningkatan algoritma *neural network* dan optimasi bobot atribut dengan *particle swarm optimization* dengan cara menganalisis sejumlah atribut yang menjadi bobot atribut (*attribute weight*) untuk prediksi pasien berpotensi melahirkan prematur.

2. LANDASAN TEORI

a. Kelahiran Prematur

Persalinan prematur didefinisikan sebagai persalinan pada wanita hamil dengan usia kehamilan 20 – 36 minggu, dengan kontraksi uterus empat kali tiap 20 menit atau delapan kali tiap 60 menit selama enam hari, dan diikuti oleh satu dari beberapa hal berikut: ketuban pecah dini (*premature rupture of membrane*, PROM), dilatasi serviks ≥ 2 cm, penipisan serviks $> 50\%$, atau perubahan dalam hal dilatasi dan penipisan serviks pada pemeriksaan secara serial [6]. Persalinan prematur, terutama yang terjadi sebelum usia kehamilan 34 minggu, menyebabkan $\frac{3}{4}$ dari keseluruhan mortalitas pada neonatus. Angka

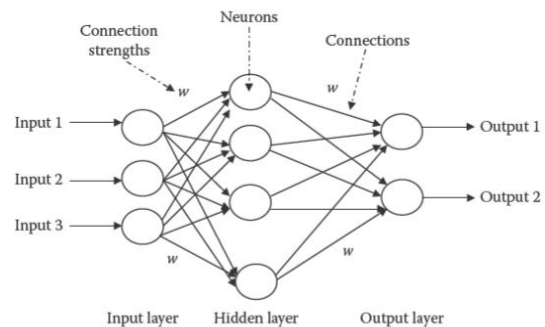
kematian bayi prematur dan sangat prematur (usia kehamilan <32 minggu) lebih tinggi 15 dan 75 kali lipat dibandingkan dengan bayi yang lahir aterm. Bayi prematur yang bertahan hidup akan mengalami morbiditas serius jangka pendek, seperti sindrom distress pernapasan, displasia bronkopulmoner, perdarahan intraventriculer, retinopati akibat prematuritas, dan jangka panjang, seperti gangguan perkembangan dan gangguan syaraf.

b. Data Mining

Data mining sering disebut *knowledge discovery in database*, yaitu kegiatan yang meliputi pengumpulan, pemakaian data histori untuk menemukan keteraturan, pola dan hubungan dalam set data berukuran besar [10]. Data mining merupakan teknologi baru yang sangat berguna untuk membantu perusahaan-perusahaan menemukan informasi yang sangat penting dari gudang data mereka. Beberapa aplikasi data mining fokus pada prediksi, mereka meramalkan apa yang akan terjadi dalam situasi baru dari data yang menggambarkan apa yang terjadi di masa lalu [13].

c. Algoritma Neural Network

Neural network adalah suatu sistem pemroses informasi yang memiliki karakteristik menyerupai dengan jaringan saraf biologi pada manusia. *Neural network* didefinisikan sebagai sistem komputasi di mana arsitektur dan operasi diilhami dari pengetahuan tentang sel saraf biologis di dalam otak, yang merupakan salah satu representasi buatan dari otak manusia yang selalu mencoba menstimulasi proses pembelajaran pada otak manusia tersebut [1]. *Neural Network* (NN) atau Jaringan Syaraf Tiruan (JST) adalah suatu usaha untuk meniru fungsi otak manusia. Otak manusia diyakini terdiri dari jutaan unit pengolahan kecil, yang disebut *neuron*, yang bekerja secara paralel. *Neuron* saling terhubung satu sama lain melalui koneksi *neuron*. setiap individu *neuron* mengambil *input* dari satu set *neuron*. Ini kemudian memproses *input* tersebut dan melewati *output* untuk satu set *neuron*. Keluaran dikumpulkan oleh *neuron* lain untuk diproses lebih lanjut. Para otak manusia adalah jaringan kompleks *neuron* dimana koneksi tetap melanggar dan membentuk. Banyak model mirip dengan otak manusia telah diusulkan [11].



Gambar 1. Arsitektur Artificial Neural Network (Shukla, 2010:42)

d. Particle Swarm Optimization

Particle Swarm Optimization (PSO) adalah teknik optimasi berbasis populasi yang dikembangkan oleh Eberhart dan Kennedy pada tahun 1995, yang terinspirasi oleh perilaku sosial kawanan burung atau ikan [8]. *Particle swarm optimization* dapat diasumsikan sebagai kelompok burung yang mencari makanan disuatu daerah. Burung tersebut tidak tahu dimana makanan tersebut berada, tapi mereka tahu seberapa jauh makanan itu berada, jadi strategi terbaik untuk menemukan makanan tersebut adalah dengan mengikuti burung yang terdekat dari makanan tersebut [9]. *Particle swarm optimization* digunakan untuk memecahkan masalah optimasi.

e. Pengujian K-Fold Cross Validation

Cross Validation adalah teknik validasi dengan membagi data secara acak kedalam *k* bagian dan masing-masing bagian akan dilakukan proses klasifikasi [5]. Dengan menggunakan *cross validation* akan dilakukan percobaan sebanyak *k*. Data yang digunakan dalam percobaan ini adalah data training untuk mencari nilai *error rate* secara keseluruhan. Secara umum pengujian nilai *k* dilakukan sebanyak 10 kali untuk memperkirakan akurasi estimasi. Dalam penelitian ini nilai *k* yang digunakan berjumlah 10 atau *10-fold Cross Validation*.

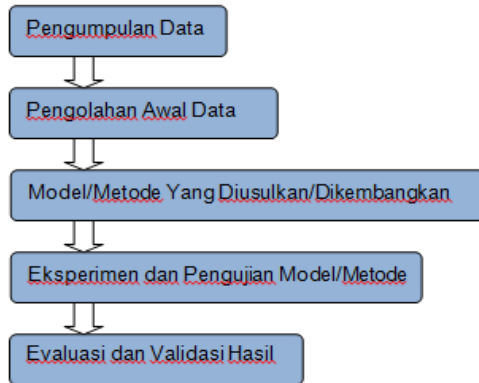
3. METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian yang umum digunakan ada empat yaitu Action Reserch Experiment, Case Study, dan Survey [4]. Penelitian adalah mencari melalui proses yang metodis untuk menambahkan pengetahuan itu sendiri dan dengan yang lainnya, oleh penemuan fakta dan wawasan tidak biasa. Pengertian lainnya, penelitian adalah sebuah kegiatan yang bertujuan untuk membuat kontribusi orisinal terhadap ilmu pengetahuan [4].

Dalam sebuah penelitian, pendekatan metode yang digunakan untuk memecahkan masalah, diantaranya: mengumpulkan data, merumuskan hipotesis atau proposisi, menguji hipotesis, hasil penafsiran, dan kesimpulan yang dapat dievaluasi secara independen oleh orang lain [2]. Sedangkan terdapat empat metode penelitian yang umum

digunakan, diantaranya: *Action Research*, *Experiment*, *Case Study*, dan *Survey* [4].

Penelitian ini menggunakan penelitian percobaan. Penelitian percobaan melibatkan penyelidikan perlakuan pada parameter atau variabel tergantung dari penelitiannya dan menggunakan tes yang dikendalikan oleh si peneliti itu sendiri, dengan metode penelitian sebagai berikut:



Gambar 2. Tahapan Penelitian

3.1. Pengumpulan Data

Data yang didapat dari RSUPN Cipto Mangunkusumo Jakarta adalah data pasien gynecologi dengan jumlah data sebanyak 500 *record*, terdiri dari 11 variabel atau atribut. Variabel tersebut ada yang tergolong *variable predictor* atau *prediksi* yaitu *variable* yang dijadikan sebagai penentu kelahiran prematur, dan *variabel tujuan* yaitu variabel yang dijadikan sebagai hasil kelahiran. Adapun variabel *predictor* yaitu usia, sistol, diastol, riwayat darah tinggi, riwayat keguguran, riwayat prematur, stress (trauma), konsumsi rokok, kehamilan ganda, keputihan.

3.2. Pengolahan Awal Data

Untuk mendapatkan data yang berkualitas, beberapa teknik yang dilakukan sebagai berikut [12]:

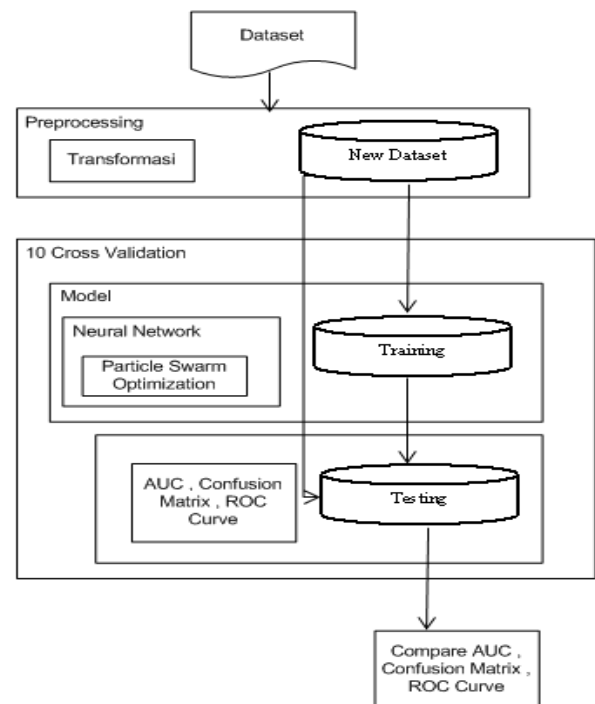
- Data validation, untuk mengidentifikasi dan menghapus data yang ganjil (*outlier/noise*), data yang tidak konsisten, dan data yang tidak lengkap (*missing value*). Data pasien yang ada akan diidentifikasi apakah ada data yang ganjil (*outlier/noise*), data yang tidak konsisten, dan data yang tidak lengkap (*missing value*).
- Data *integration and transformation*, untuk meningkatkan akurasi dan efisiensi algoritma. Data yang digunakan dalam penulisan ini bernilai kategorikal. Data ditransformasikan kedalam *software Rapidminer*.
- Data *size reduction and discretization*, untuk memperoleh data set dengan jumlah atribut dan *record* yang lebih sedikit tetapi bersifat informatif. Pada tahap ini data untuk algoritma neural network digunakan data kategorikal yang telah ditransformasikan kedalam bentuk angka.

Tabel 1. Tabel Atribut yang digunakan

No	Atribut	Nilai
1	Usia	0= Tidak Rawan ; 1= Rawan
2	Sistol	0= Rendah; 1= Normal; 2= Tinggi
3	Diastol	0= Rendah; 1= Normal; 2= Tinggi
4	Riwayat Darah Tinggi	0= Tidak; 1= Ya
5	Riwayat Keguguran	0= Tidak; 1= Ya
6	Riwayat Prematur	0= Tidak; 1= Ya
7	Stress Trauma	0= Tidak; 1= Ya
8	Konsumsi Rokok	0= Tidak; 1= Ya
9	Kehamilan Ganda	0= Tidak; 1= Ya
10	Keputihan	0= Tidak; 1= Ya
11	Hasil	Prematur ; Tidak_prematur

3.3. Model Yang Diusulkan

Metode yang diusulkan yaitu penerapan metode *neural network* dan *neural network* berbasis PSO memprediksi kelahiran prematur. Dimulai dari pembagian dataset dengan metode 10 *cross validation* yaitu data testing dan data training, kemudian data training diproses dengan metode *neural network* dan *neural network* berbasis PSO, sehingga menghasilkan model *evaluation* yang diukur dengan nilai *AUC*, *Confusion Matrix* dan *ROC curve* dapat dilihat pada Gambar 3.2:



Gambar 3. Model yang diusulkan

3.4. Percobaan dan Pengujian Metode

Pada penelitian kali ini yang digunakan adalah penelitian eksperimen (percobaan). Penelitian percobaan melibatkan penyelidikan hubungan kausal menggunakan tes dikendalikan oleh si peneliti itu sendiri. Dalam penelitian percobaan digunakan

spesifikasi perangkat lunak dan perangkat keras sebagai alat bantu dalam penelitian pada Tabel 3.2:

Tabel 2. Spesifikasi perangkat lunak dan perangkat keras

Perangkat Lunak	Perangkat Keras
Sistem Operasi Windows Xp	Intel Pentium dual Core
Data Mining : RapidMiner 5.3	Memory : 2 GB
	Harddisk :250 GB

Untuk memilih arsitektur *neural network* yang tepat, agar menghasilkan nilai akurasi dan nilai AUC yang terbesar, diperlukan pengaturan (*adjustment*) untuk parameter-parameter *neural network*. Berikut ini adalah parameter parameter yang membutuhkan pengaturan:

- Training cycle, learning rate, dan momentum
- Hidden Layer
- Arsitektur neural network

3.5. Evaluasi dan Validasi Hasil

Model yang diusulkan pada penelitian tentang prediksi kelahiran prematur adalah dengan menerapkan *neural network* dan *neural network* berbasis *Particle swarm optimization*. Penerapan algoritma *neural network* dengan menentukan nilai *training cycle* terlebih dahulu. Setelah didapatkan nilai akurasi dan AUC terbesar, nilai *training cycle* tersebut akan dijadikan nilai yang akan digunakan untuk mencari nilai akurasi dan AUC tertinggi pada *learning rate* dan momentum. Setelah ditemukan nilai yang paling tinggi dari *training cycle*, *learning rate* dan momentum selanjutnya adalah menentukan ukuran (size) pada hidden layer tersebut. Sedangkan penerapan algoritma *neural network* berbasis *Particle swarm optimization* berdasarkan pada nilai *training cycle* pada algoritma tersebut. Setelah ditemukan nilai akurasi yang paling ideal dari parameter tersebut langkah selanjutnya adalah menentukan nilai *learning rate* dan momentum. Setelah ditemukan nilai akurasi yang paling ideal dari parameter tersebut langkah selanjutnya adalah menentukan *hidden layer* dan *neuron size* sehingga terbentuk struktur algoritma yang ideal untuk pemecahan masalah tersebut.

4. ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1. Metode Neural Network

Penelitian ini melakukan uji coba pada nilai *training cycles* ditentukan dengan cara memasukkan nilai range dari 100 sampai dengan 1500 untuk *training cycles*, serta nilai 0.1 sampai dengan nilai 0.9 untuk *learning rate* dan nilai 0.0 sampai dengan 0.9 untuk *momentum*,serta dengan percobaan penentuan nilai *neuron size* terhadap 1 hidden layer dengan menggunakan data training.

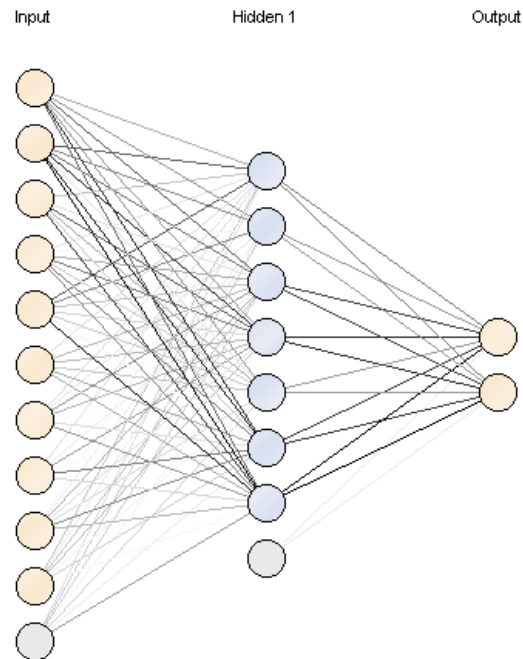
Tabel 3. Pemberian nilai terbaik terhadap training model algoritma neural network

Nilai	Data Set
	RSUPN Cipto Mangunkusumo
Hidden Layer Size	7
Training Cycles	300
Learning Rate	0,1

Momentum	0,5
Accuracy	94,60
Auc	0,973

Berdasarkan data penelitian diatas maka dapat terlihat bahwa dengan satu *hidden layer* dengan *neuron size* 7, mendapatkan nilai accuracy sebesar 94.60% dan nilai AUC sebesar 0.973 untuk data set pasien RSUPN Cipto Mangunkusumo.

Dari percobaan terbaik diatas maka didapatkan arsitektur *neural network* seperti pada gambar berikut.



Gambar 4. Arsitektur Neural Network Yang Terbentuk pada data set pasien RSUPN Cipto Mangunkusumo

4.2. Metode Neural Network Berbasis Particle Swarm Optimization.

Pada penelitian prediksi kelahiran prematur menggunakan algoritma *neural network* berbasis *Particle Swarm Optimization*. *Particle Swarm Optimization* memiliki pencarian kinerja yang lebih baik untuk memecahkan banyak masalah optimasi dengan lebih cepat dan tingkat konvergensi yang stabil.

Berdasarkan hasil dari uji coba dengan menggunakan algoritma *neural network* maka data *training* tersebut akan diseleksi dengan attribute yang digunakan yaitu usia , sistol , diastol, riwayat darah tinggi, riwayat keguguran ,riwayat prematur,trauma,konsumsi rokok,kehamilan ganda,keputihan dan 1 atribut sebagai label yaitu hasil.

Tabel 4. Bobot Atribut dengan Metode Neural Network berbasis PSO

Atribute	Nilai
Usia	0,407
Sistol	0,196
Diastol	1
Riwayat Darah Tinggi	0,538
Riwayat Keguguran	0,283
Riwayat Prematur	0,464
Trauma	1
Konsumsi Rokok	1
Kehamilan Ganda	0
Keputihan	0

Dari hasil uji coba menggunakan algoritma *neural network* berbasis *particle swarm optimization* diperoleh beberapa atribut-atribut yang berpengaruh terhadap bobot atribut untuk data set pasien RSUPN Cipto Mangunkusumo yaitu: usia, sistol, diastol, riwayat darah tinggi, riwayat keguguran, riwayat prematur, trauma, konsumsi rokok. Berdasarkan hasil uji coba kehamilan ganda dan keputihan tidak berpengaruh terhadap bobot attribute.

Berdasarkan hasil model algoritma *neural network* berbasis *particle swarm optimization* dapat dilakukan uji coba pada nilai *training cycles* ditentukan dengan cara memasukkan nilai *range* dari 100 sampai dengan 1500 untuk *training cycles*, serta nilai 0.1 sampai dengan nilai 0.9 untuk *learning rate* dan nilai 0.0 sampai dengan 0.9 untuk *momentum*, serta dengan percobaan penentuan nilai *neuron size* terhadap 1 hidden layer dengan menggunakan data training.

Tabel 5. Pemberian nilai terbaik terhadap training model algoritma neural network berbasis PSO

	Nilai
Hidden Layer Size	6
Training Cycles	100
Learning Rate	0.4
Momentum	0.7
Accuracy	95,20%
Auc	0,979

Hasil terbaik pada percobaan diatas adalah dengan satu hidden layer dengan size 6 dengan *accuracy* yang dihasilkan sebesar 95,20% dan AUC-nya 0.979 untuk data set pasien RSUPN Cipto Mangunkusumo.

4.3. Hasil Pengujian Metode.

a. Confusion Matrix

Berdasarkan data training yang diolah sebanyak 500 record pada data set pasien RSUPN Cipto Mangunkusumo diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 5. Nilai accuracy, sensitivity, specificity, ppv dan npv metode neural network

Pengujian	Nilai
Accuracy	94,60
Sensitivity	97,38

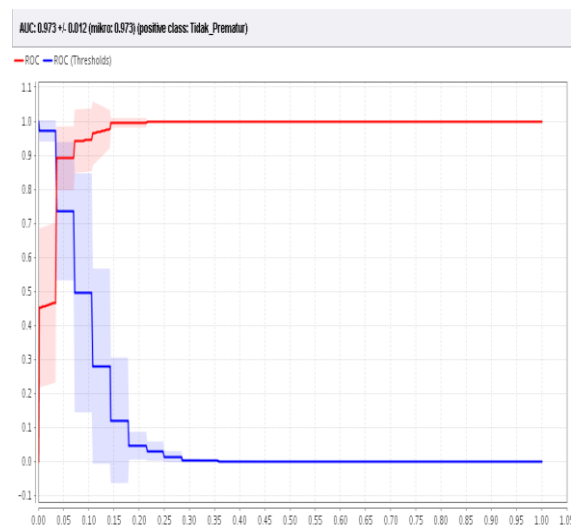
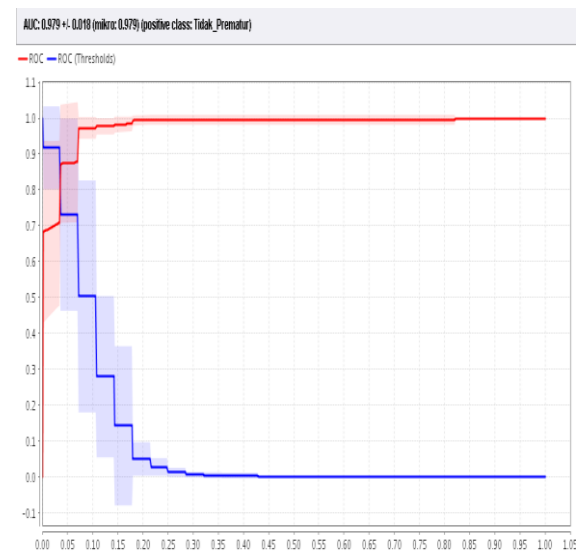
Specificity	91,42
PPV	92,86
Npv	96,82

Tabel 6. Nilai accuracy, sensitivity, specificity, ppv dan npv metode neural network berbasis PSO

Pengujian	Nilai
Accuracy	95,20
Sensitivity	96,72
Specificity	93,36
PPV	94,64
Npv	95,91

b. Evaluasi ROC Curve

Berikut adalah gambar grafik perbandingan antara *neural network* dan *neural network* berbasis PSO.

**Gambar 5. ROC Curve dengan metode neural network****Gambar 6. ROC Curve dengan metode neural network berbasis PSO**

Untuk evaluasi menggunakan ROC curve sehingga menghasilkan nilai AUC untuk model algoritma *Neural network* menghasilkan nilai 0,973 dengan diagnosa *Excellent classification*, sedangkan untuk algoritma *neural netwok* berbasis PSO menghasilkan nilai 0,979 dengan nilai *diagnosa Excellent classification*, dan selisih keduanya sebesar 0,006 untuk data set pasien RSUPN Cipto Mangunkusumo. Dengan demikian algoritma *Neural Network* berbasis PSO dapat memberikan solusi untuk permasalahan dalam prediksi hasil kelahiran prematur.

5. KESIMPULAN

1. Dari penelitian yang dilakukan, penentuan nilai parameter yang telah dioptimasi menggunakan *particle swarm optimization* terbukti mampu meningkatkan akurasi prediksi pada kelahiran prematur.
2. Dapat disimpulkan bahwa algoritma *neural network* berbasis *particle swarm optimization* lebih akurat dalam memprediksi kelahiran prematur.
3. Model yang terbentuk nantinya akan dikembangkan atau diimplementasikan kedalam sebuah aplikasi, sehingga dapat membantu dan memudahkan bagi para praktisi kesehatan dalam mendiagnosa kelahiran prematur.

Walaupun model algoritma *neural network* yang digunakan sudah memberikan hasil yang lebih baik, namun ada beberapa hal yang dapat ditambahkan untuk penelitian selanjutnya, adapun saran-saran yang diusulkan:

- a. Adanya penelitian lebih lanjut dengan dataset yang lebih banyak dan lebih baik.
- b. Penelitian dapat dipergunakan untuk pihak rumah sakit sebagai bahan pertimbangan untuk memprediksi kelahiran prematur sehingga dapat meningkatkan akurasi dalam prediksi kelahiran prematur.
- c. Adanya penambahan atribut lain seperti berat badan dan hasil dari pemeriksaan USG dan pemeriksaan laboratorium lainnya.
- d. Dapat digunakan pada studi kasus lain, tidak hanya dalam bidang kesehatan tetapi juga pada bidang-bidang lainnya.
- e. Penelitian ini dapat dikembangkan dengan metode optimasi lain seperti *Ant Colony Optimization* (ACO), *Genetic Algorithm* (GA) dan lain-lain. Dan penelitian ini dapat juga dikembangkan dengan menggunakan metode klasifikasi lain seperti *Support Vector Machine*, *K-Nearest Neighbours*, *naïve bayes* dan lain-lain

DAFTAR REFERENSI

- [1]. Astuti, E. D. (2009). *Pengantar Jaringan Saraf Tiruan*. Wonosobo: Star Publishing.
- [2]. Berndtsson, M., Hansson, J., Olsson, B., & Lundell, B. (2008). *A Guide for Students in Computer Science and Information Systems*. London: Springer.
- [3]. Catley, C., Frize, M., Walker, R., Petriu, C. (2006). *Predicting High-Risk Prematur Birth Using Artificial Neural Networks*. IEEE TRANSACTIONS ON INFORMATION TECHNOLOGY IN BIOMEDICINE, VOL. 10, NO. 3, JULY 2006.540-549.
- [4]. Dawson, C. W. (2009). *Projects in Computing and Information System A Student's Guide*. England: Addison-Wesley.
- [5]. Han, J., & Kamber, M. (2007). *Data Mining Concepts and Technique*. Morgan Kaufmann publisher.
- [6]. Health Technology Assessment Indonesia, (2009). *Prediksi Persalinan Prematur*. Dirjen Bina Pelayanan Medik Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- [7]. Ling, S. H., Nguyen, H. T., & Chan, K. Y. (2009). *A New Particle Swarm Optimization Algorithm for Neural Network Optimization*. Network and System Security, third International Conference, 516-521.
- [8]. Park, T. S., Lee, J. H., & Choi, B. (2009). *Optimization for Artificial Neural Network with Adaptive inertial weight of particle swarm optimization*. Cognitive Informatics, IEEE International Conference, 481-485.
- [9]. Salappa, A., Doumpos, M., & Zopounidis, C. (2007). *Feature Selection Algorithms in Classification Problems: An Experimental Evaluation*. Systems Analysis, Optimization and Data Mining in Biomedicine, 199-212.
- [10]. Santosa, B., (2007). *Data mining teknik pemanfaatan data untuk keperluan bisnis*. Yogyakarta: Graha ilmu
- [11]. Shukla, A., Tiwari, R., & Kala, R. (2010). *Real Life Application of Soft Computing*. CRC Press.
- [12]. Vercellis, C. (2009). *Business Intelligence : Data Mining and Optimization for Decision Making*. John Wiley & Sons, Ltd
- [13]. Witten, I. H., Frank, E., & Hall, M. A. (2011). *Data Mining: Practical Machine Learning and Tools*. Burlington: Morgan Kaufmann Publisher.

Biodata Penulis

Kresna Ramanda, M.Kom, memperoleh gelar Sarjana Komputer (S.Kom), jurusan Sistem Informasi STMIK Nusa Mandiri Jakarta, lulus tahun 2012. Memperoleh gelar Magister Komputer (M.Kom) Program Pasca Sarjana Magister Ilmu Komputer STMIK Nusa Mandiri Jakarta, lulus tahun 2014.