

**PREDIKSI KUALITAS UDARA DARI DATA
PENGUKURAN DI JARINGAN SENSOR NIRKABEL
MENGUNAKAN ALGORITMA *PARTICLE SWARM
OPTIMIZATION* DAN JARINGAN SYARAF TIRUAN**



OLEH:

**FITRI MARETA
09111001057**

**JURUSAN SISTEM KOMPUTER
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2018**

**PREDIKSI KUALITAS UDARA DARI DATA
PENGUKURAN DI JARINGAN SENSOR NIRKABEL
MENGUNAKAN ALGORITMA *PARTICLE SWARM
OPTIMIZATION* DAN JARINGAN SYARAF TIRUAN**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer**



OLEH :

**FITRI MARETA
09111001057**

**JURUSAN SISTEM KOMPUTER
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2018**

LEMBAR PENGESAHAN

PREDIKSI KUALITAS UDARA DARI DATA PENGUKURAN
DI JARINGAN SENSOR NIRKABEL MENGGUNAKAN
ALGORITMA *PARTICLE SWARM OPTIMIZATION* DAN
JARINGAN SYARAF TIRUAN

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer

Oleh :

FITRI MARETA
09111001057

Mengetahui,
Ketua Jurusan Sistem Komputer



Rossi Passarella, S.T., M.Eng.
NIP. 197806112010121004

Indralaya, Agustus 2018

Pembimbing I,

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Reza', is written over the text of the supervisor's name.

Dr. Reza Firsandaya Malik, M.T.
NIP : 197604252010121001

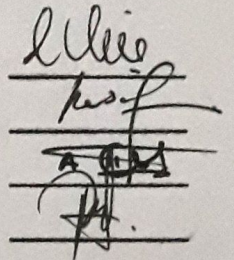
HALAMAN PERSETUJUAN

Telah diuji dan lulus pada:

Hari : Selasa
Tanggal : 31 Juli 2018

Tim Penguji :

1. Ketua : Sri Desy Siswanti, M.T.
2. Pembimbing : Dr. Reza Firsandaya Malik, M.T.
3. Anggota 1 : Ahmad Heryanto, M.T.
4. Anggota II : Rido Zulfahmi, M.T.



Mengetahui,
Ketua Jurusan Sistem Komputer




Rossi Passarella, S.T., M.Eng.
NIP. 197806112010121004

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Fitri Mareta
NIM : 09111001057
Program Studi : Sistem Komputer
Judul : Prediksi Kualitas Udara dari Data Pengukuran di Jaringan Sensor Nirkabel Menggunakan Algoritma *Particle Swarm Optimization* dan Jaringan Syaraf Tiruan
Hasil Pengecekan Software (*iThenticated/Turnitin*) : 19%

Menyatakan bahwa laporan skripsi saya merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil penjiplakan / *plagiat*. Apabila ditemukan unsur penjiplakan / *plagiat* dalam laporan tugas akhir ini, maka saya bersedia menerima saksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian, pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dan tidak ada paksaan oleh siapapun.



Indralaya, Agustus 2018



Handwritten signature of Fitri Mareta.

Fitri Mareta
NIM. 09111001057

HALAMAN PERSEMBAHAN

الرَّحِيمِ الرَّحْمَنِ اللَّهُ بِسْمِ

“sungguh atas kehendak Allah semua ini terwujud, tiada kekuatan kecuali dengan pertolongan Allah”

(QS. Al-Kahfi : 39)

Tugas Akhir ini saya persembahkan kepada

- **Kedua orang tua saya.**
- **Kakak-kakak saya dan keponakan saya yang tersayang.**
- **Teman dan sahabat saya yang tidak ada hentinya memberikan *support*.**
- **Keluarga besar Sistem Komputer 2011.**
- **Universitas Sriwijaya.**

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas limpahan berkah, rahmat, taufik dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dan menyusun laporan tugas akhir yang berjudul **“Prediksi Kualitas Udara dari Data Pengukuran di Jaringan Sensor Nirkabel Menggunakan Algoritma *Particle Swarm Optimization* dan Jaringan Syaraf Tiruan“**, dibuat dalam rangka memenuhi persyaratan untuk menyelesaikan pendidikan di jurusan Sistem Komputer Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.

Dalam penulisan Tugas Akhir ini penulis menyadari bahwa penulis banyak sekali mendapat dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

Oleh karena itu dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada :

1. Allah Subhanahu Wa Ta'ala karna berkat dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Nabi Muhammad Muhammad Shallallahu Alaihi Wasallam serta seluruh pengikutnya hingga akhir jaman
3. Terima kasih banyak kepada Kedua orang tua, kakak-kakak, dan keponakanku yang selalu memberikan semangat, dukungan dan doa yang terbaik, serta pertolongan baik moril maupun materil.
4. Terima kasih banyak kepada dosen pembimbingku bapak Dr. Reza Firsandaya Malik, M.T. yang telah membimbing mahasiswamu ini dari awal hingga dapat menyelesaikan skripsi.
5. Terima kasih banyak kepada dosen penguji bapak Ahmad Heryanto, M.T. dan bapak Rido Zulfahmi, M.T. selaku Dosen penguji sidang Tugas Akhir serta memberi banyak masukan untuk perbaikan tugas akhir ini
6. Terima kasih juga kepada teman-teman keluarga besar Sistem Komputer terutama SK 2011.
7. Kak Reza dan Mbak Iis selaku Admin Jurusan Sistem Komputer Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.

8. Civitas akademika Jurusan Sistem Komputer Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.

Penulis menyadari bahwa baik isi maupun penyajian laporan ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu Penulis mengharapkan saran dan kritik yang sifatnya membangun untuk perbaikan laporan ini. Penulis berharap semoga Laporan Tugas Akhir ini dapat menambah pengetahuan serta dapat menunjang perkembangan ilmu pengetahuan khususnya bagi Penulis maupun pembaca khususnya mahasiswa / mahasiswi Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya..

Indralaya, Agustus 2018

Penulis

AIR QUALITY PREDICTION FROM MEASUREMENT DATA IN WIRELESS SENSOR NETWORK USING PARTICLE SWARM OPTIMIZATION ALGORITHM AND ARTIFICIAL NEURAL NETWORK

Fitri Mareta (09111001057)

Department of Computer Engineering, Faculty of Computer Science
Sriwijaya University
Email: maretafitri94@gmail.com

Abstract

This research was conducted to predict the level of air quality with parameters of Carbon Monoxide (CO), Particulate Material (PM_{2.5}), Sulfur Dioxide (SO₂), Nitrogen Dioxide (NO₂) and Ozone (O₃) by implementing Particle Swarm Optimization algorithm as an optimization algorithm in determination of the initial weight of the Artificial Neural Network (JSN-PSO) based on the Air Pollution Standard Index (ISPU) value of the measurement data in Wireless Sensor Network. In addition, this study also calculates the accuracy of the prediction results with actual data in testing data. A total of 120 air pollution index data record in New York City in April 2014-2017 taken from the United States Environmental Protection Agency (EPA) was used for the training and testing process in this study. Artificial Neural Network System with Multi Layer Perceptron architecture (MLP) in the form of initialization parameter values consisting of 6 input nodes in the input layer (CO, CO₂, O₃, SO₄, PM-2.5, air quality index on the same day), 3 nodes in the hidden layer, and 1 node in the output layer (prediction of air pollution index in the next day). The test was simulated using Matlab R2015a software. The results of the test show that the JSN-PSO algorithm can produce a prediction of air quality level that is close to the target value with an average level of accuracy between the predicted values and actual data based on the ISPU value output is 81.92%.

Keyword: Wireless Sensor Network, Particle Swarm Optimization, Artificial Neural Networks, JSN-PSO, Predictions, Air Pollution Standard Index (ISPU), Level of Accuracy

**PREDIKSI KUALITAS UDARA DARI DATA PENGUKURAN
DI JARINGAN SENSOR NIRKABEL MENGGUNAKAN ALGORITMA
PARTICLE SWARM OPTIMIZATION DAN JARINGAN SYARAF TIRUAN**

Fitri Mareta (09111001057)

Jurusan Sistem Komputer, Fakultas Ilmu komputer

Universitas Sriwijaya

Email: maretafitri94@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini dilakukan untuk memprediksi tingkat kualitas udara dengan parameter Karbon monoksida (CO), Partikulat Material (PM-2,5), Sulfur Dioksida (SO₂), Nitrogen Dioksida (NO₂) dan Ozon (O₃) dengan mengimplementasikan algoritma *Particle Swarm Optimization* sebagai algoritma optimasi dalam penentuan bobot awal pada Jaringan Syaraf Tiruan (JSN-PSO) berdasarkan nilai Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) dari data pengukuran di Jaringan Sensor Nirkabel. Selain itu penelitian ini juga menghitung tingkat akurasi hasil prediksi dengan data aktual pada data testing. Sebanyak 120 data *record* berupa data indeks pencemaran udara di kota New York pada bulan April tahun 2014-2017 yang diambil dari *United States Environmental Protection Agency* (EPA) digunakan untuk proses *training* dan *testing* pada penelitian ini. Sistem Jaringan Syaraf Tiruan dengan arsitektur *Multi Layer Perceptron* (MLP) diberikan masukan berupa nilai parameter inisialisasi yang terdiri dari 6 *node* pada *input layer* (CO, CO₂, O₃, SO₄, PM-2,5, Indeks kualitas udara dihari yang sama), 3 *node* pada *hidden layer*, dan 1 *node* pada *output layer* (prediksi indeks pencemaran udara dihari berikutnya). Pengujian dilakukan menggunakan perangkat lunak Matlab R2015a. Hasil dari pengujian menunjukkan bahwa algoritma JSN-PSO dapat menghasilkan nilai prediksi tingkat kualitas udara yang mendekati nilai target dengan tingkat akurasi rata-rata antara nilai hasil prediksi dengan data aktual berdasarkan *output* nilai ISPU sebesar 81,92%.

Kata kunci: Jaringan Sensor Nirkabel, *Particle Swarm Optimization*, Jaringan Syaraf Tiruan, JSN-PSO, Prediksi, Indeks Standar Pencemaran Udara, Tingkat Akurasi.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
<i>ABSTRACT</i>	viii
ABSTRAK	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan dan Manfaat	2
1.3. Perumusan Masalah	2
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Metodologi Penelitian.....	3
1.6. Sistematika Penulisan	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Indeks Standar Pencemaran Udara	5
2.2. <i>United States Environmental Protection Agency</i> (EPA)	7
2.3. Jaringan Sensor Nirkabel (JSN)	8
2.4 Algoritma <i>Particle Swarm Optimization</i> (PSO)	9
2.4.1. Ukuran <i>Swarm</i>	11

2.4.2. Laju Pemahaman.....	11
2.5. Algoritma Jaringan Syaraf Tiruan	12
2.5.1. <i>Multi Layer Perceptron</i> (MLP)	15
2.5.2. Pembelajaran / <i>Training</i> dan <i>Testing</i>	16
2.6. <i>Particle Swarm Optimization</i> Berbasis Jaringan Syaraf Tiruan (JST-PSO)	16
 BAB III. METODOLOGI PENELITIAN	19
3.1. Pendahuluan	19
3.2. Kerangka Kerja	19
3.3. Studi Pustaka dan Literatur	20
3.4. Pengambilan Data	21
3.5. Penentuan Parameter Pengujian	21
3.6. Perancangan Algoritma JST-PSO.....	22
3.6.1. Normalisasi Data <i>Learning</i>	27
3.6.2. Proses <i>Training</i> dengan PSO	30
 BAB IV. PENGUJIAN DAN ANALISA	31
4.1. Pendahuluan.....	31
4.2. Pengujian proses <i>learning</i>	31
4.3. Proses <i>Testing</i> JST	34
 BAB V. Kesimpulan dan Saran.....	43
 DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Proses pengiriman data hasil pemantauan	8
Gambar 2.2. Topologi JSN	9
Gambar 2.3. Fungsi penjumlahan untuk n <i>Input</i> terhadap satu elemen pemroses	14
Gambar 2.4. Fungsi penjumlahan untuk i <i>input</i> terhadap j elemen pemroses.....	14
Gambar 2.5. MLP dengan 2 <i>hidden layer</i>	15
Gambar 2.6. Arsitektur JST-PSO	16
Gambar 3.1. Diagram alir penelitian	20
Gambar 3.2. Bagan proses sistem prediksi tingkat pencemaran udara	23
Gambar 3.3. <i>Flowchart</i> sistem.....	23
Gambar 3.4. Arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan.....	26
Gambar 4.1. Tampilan pengujian dengan Matlab	31
Gambar 4.2 Proses perhitungan bobot terbaik	33
Gambar 4.3 Hasil proses <i>training</i> dengan PSO	33
Gambar 4.4 Grafik perbandingan antara data hasil prediksi dengan data <i>testing</i>	42

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Batas ISPU dalam satuan SI.....	6
Tabel 2. Kategori kualitas udara	6
Tabel 3. Parameter proses <i>training</i> pada JST-PSO.....	21
Tabel 4. Parameter proses <i>testing</i> pada JST-PSO.....	21
Tabel 5. Data <i>Training</i> setelah dinormalisasi	27
Tabel 6. Parameter algoritma JST-PSO	32
Tabel 7. Data <i>Testing</i>	34
Tabel 8. <i>Dataset</i> proses <i>testing</i>	35
Tabel 9. Normalisasi data <i>testing</i>	36
Tabel 10. Hasil Prediksi	37
Tabel 11. Data setelah proses denormalisasi	38
Tabel 12. Data perbandingan hasil prediksi dengan data <i>testing</i>	39
Tabel 13. Nilai parameter data pencilan dari data target.....	40
Tabel 14. Nilai parameter data pencilan dari data hasil prediksi.....	40
Tabel 15. Data Pencilan dari data perbandingan hasil prediksi dengan data <i>testing</i>	41

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data ISPU bulan April 2014-2016

Lampiran 2. Data training dengan algoritma PSO

Lampiran 3. *Source code* program MATLAB

Lampiran 4. Berkas-berkas persyaratan

BAB I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pencemaran udara adalah masalah yang sangat besar bagi setiap negara baik negara maju ataupun negara berkembang. Pertumbuhan sektor industri dan jumlah kendaraan bermotor yang sangat pesat mengakibatkan banyaknya pelepasan gas polutan yang dapat mengakibatkan udara menjadi tercemar dan dapat memberikan dampak buruk bagi kesehatan manusia [1].

Bagi orang dewasa, pencemaran udara merupakan faktor utama terhadap resiko Penyakit Tidak Menular (PTM) seperti penyakit kardiovaskular, *stroke*, penyakit paru kronik, serta meningkatkan risiko infeksi saluran pernapasan akut. Pencemaran udara rumah tangga juga dapat menyebabkan peradangan paru-paru (*Pneumonia*) bagi anak-anak dibawah 5 tahun [1].

Pada tahun 2012, *World Health Organization* (WHO) menyatakan bahwa pencemaran udara mengakibatkan 6,5 juta kematian, atau 11,6% dari seluruh kematian global pada tahun tersebut. Negara Indonesia yang merupakan negara berkembang di kawasan Asia Tenggara dengan jumlah populasi penduduk yang padat tercatat mengalami kenaikan tingkat pencemaran udara akibat gas-gas polutan hingga 5% dalam kurun waktu 5 tahun [2].

Di Indonesia ada lima parameter utama yang menjadi standar gas-gas penyebab pencemaran udara berupa CO, NO₂, SO₂, Ozon permukaan (O₃) serta partikel debu (PM-10). Kelima parameter ini dituangkan sebagai Indeks Standar Pencemar Udara yang selanjutnya disebut ISPU [3]. Selanjutnya informasi tentang kualitas udara ini disampaikan kepada masyarakat dalam bentuk grafik warna ISPU.

Gas-gas polutan adalah gas yang tidak berbau serta tidak bisa dilihat, sehingga dibutuhkan suatu perangkat untuk mengukur dan memprediksi indeks kualitas udara sebagai pencegahan dini terhadap dampak berbahaya dari gas-gas polutan yang dapat terhirup dan membahayakan kesehatan [4].

A. Y. T. Leung et.al [5] dalam “*Analysis of Pollutant Levels in Central Hongkong Applying Neural Network with Particle Swarm Optimization* ” mencoba mengkombinasikan algoritma *Neural Network* (NN) dan *Particle Swarm Optimization* (PSO) agar dapat meramalkan tingkat polusi udara. Dalam paper tersebut, algoritma PSO digunakan dalam proses training *Multi Layer Perceptron* (MLP) dengan parameter 6 jenis gas polutan yaitu *carbon monoxide* (CO), *nitric oxide* (NO), *nitrogen oxides* (Nox), *sulphur dioxide* (SO₂), *nitrogen dioxide* (NO₂), dan *Respirable Suspended Particulates* (RSP), serta parameter temperatur dalam ruangan.

Merujuk pada penelitian A.Y.T.Leung et.al [5], akan dilakukan analisis prediksi kualitas udara dari data pengukuran di Jaringan Sensor Nirkabel (JSN) dimana sejumlah *node* sensor yang memiliki kemampuan untuk mengirim, menerima, dan mendeteksi, disebar pada suatu area sensor secara nirkabel. Dalam NN-PSO akan dibentuk populasi dari matriks bobot awal yang menghubungkan *input*, *hidden layer*, dan *output*. Kemudian akan diupdate berdasarkan nilai *Mean Square Error* (MSE) pada jumlah iterasi yang ditentukan.

1.2. Tujuan dan Manfaat

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menerapkan metode *Particle Swarm Optimization* (PSO) berbasis Jaringan Syaraf Tiruan) untuk memprediksi indeks kualitas udara dihari berikutnya.
2. Untuk menghitung tingkat akurasi metode JST-PSO dengan data aktual.

Adapun manfaat dari dilakukannya penelitian ini yaitu :

1. Dapat diterapkan untuk memprediksi kualitas udara di hari berikutnya.
2. Menjadi referensi dalam pengembangan teknologi WSN selanjutnya.

1.3. Perumusan Masalah

Perancangan dan analisa alat prediksi kualitas udara berbasis WSN berdasarkan permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana cara metode NN-PSO dalam memprediksi kualitas udara.
2. Seberapa besar tingkat akurasi yang dihasilkan dari metode yang telah diterapkan.

1.4. Batasan Masalah

Dalam pengerjaan tugas akhir ini, permasalahan diatas dibatasi oleh kriteria-kriteria sebagai berikut :

1. Arsitektur algoritma *Neural Network* menggunakan arsitektur *Multi Layer Perceptron* (MLP) dengan 1 *hidden layer*.
2. Data yang digunakan adalah data publik dari <https://www.epa.gov/outdoor-air-quality-data> pada bulan April tahun 2014 sampai tahun 2017.
3. Jumlah node pada layer JST sebanyak 6 node pada layer *input*, 3 node pada layer *hidden*, dan 1 node pada layer *output*.

1.5. Metodologi Penelitian

Adapun metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Studi Literatur dan Konsultasi

Studi Literatur merupakan dasar dari sebuah penelitian, yaitu dengan cara mencari, mengumpulkan, dan mempelajari informasi dari berbagai literatur atau sumber sebagai referensi tugas akhir.

Konsultasi dilakukan dengan cara berkonsultasi dengan orang-orang yang memiliki kompetensi di bidang WSN dan pemrograman menggunakan MATLAB pada sistem operasi Windows.

2. Perancangan sistem

Pada tahap ini dilakukan perancangan algoritma JST-PSO pada simulasi prediksi kualitas udara kemudian menentukan parameter yang akan digunakan untuk mengukur kadar gas yang menjadi sumber pencemaran udara.

3. Melakukan eksperimen dan pengujian

Pada tahap ini dilakukan pembuatan rangkaian sistem prediksi kualitas udara dengan parameter CO, CO₂, SO₄, PM-25, dan O₃, lalu melakukan pengujian untuk mengetahui bagaimana algoritma NN-PSO dapat memprediksi indeks kualitas udara di hari berikutnya.

4. Analisis Hasil

Pada tahap ini merupakan hasil dari pengujian pada tahap sebelumnya yang kemudian dianalisis dengan tujuan mengetahui kekurangan dari hasil perancangan dan menentukan faktor penyebabnya sehingga dapat dilakukan perbaikan pada penelitian selanjutnya.

5. Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil analisa serta pengolahan data hasil eksperimen, selanjutnya ditarik kesimpulan dari hasil yang didapat tersebut.

1.6. Sistematika Penulisan

Agar lebih memudahkan dalam menyusun tugas akhir dan memperjelas isi dari setiap bab yang terdapat pada laporan ini, maka dibuatlah sistematika penulisan sebagai berikut ini.

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi penjabaran secara sistematis topik yang di ambil berupa latar belakang masalah, tujuan, manfaat, rumusan dan batasan masalah.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi kerangka teori dan kerangka berpikir terkait perancangan sistem dan metode yang digunakan dalam menyelesaikan tugas akhir.

BAB III METODOLOGI

Bab ini menjelaskan secara bertahap dan terperinci tentang langkah-langkah yang digunakan untuk mencari, mengumpulkan dan menganalisis tema dalam penulisan tugas akhir.

BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA

Bab ini menjelaskan mengenai hasil pengujian yang telah dilakukan dan analisis terhadap hasil perancangan yang telah dibuat.

BAB V KESIMPULAN

Bab ini berisi kesimpulan tentang apa yang akan di peroleh oleh penulis serta merupakan jawaban dari setiap tujuan yang ingin dicapai pada bab I (pendahuluan).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] World Health Organization, “WHO’s Urban Ambient Air Pollution database-Update 2016”,p.1, 2016.
- [2] World Health Organization, “Mortality Due to Air Pollution”, p.5,2016.
- [3] Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia, "Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No.45 Tahun 1997 Tentang Indeks Standar Pencemaran Udara", no. 45, 1997.
- [4] United States Environmental Protection Agency , “Air Quality Index”,p.1-11.2014.
- [5] A. Y. T. Leung, H. Y. Fan, J. C. K. Wong, and W.Z. Lu, “Analysis of Pollutant Levels in Central Hongkong Applying Neural Network with Particle Swarm Optimization ”, *Environ. Monit. Assess.* 79, vol. 79, pp. 217–230, 2001.
- [6] G. Swagarya, R. S. Sinde, and S. Kaijage, “a Survey on Wireless Sensor Networks Application for Air Pollution Monitoring,” *Int. J. Eng. Comput. Sci.*, vol. 3, no. 5 May, pp. 5975–5979, 2014.
- [7] D. Ana, R. Wati, and Y. A. Rochman, “Model Penjadwalan Matakuliah Secara Otomatis Berbasis Algoritma Particle Swarm Optimization (PSO),” *J. Rekayasa Sist. Ind.*, vol. 2, no. 1, pp. 22–31, 2013.
- [8] A. Rosita and Y. Purwananto, “Implementasi Algoritma Particle Swarm untuk Menyelesaikan Sistem Persamaan Nonlinear,” *J. Tek. ITS Vol. 1*, (Sept, 2012), vol. 1, pp. 1–5, 2012.
- [9] Siswanto, "Kecerdasan Tiruan Edisi 2", Yogyakarta:Graha Ilmu, 2010.
- [10] B. Rifai, “Algoritma Neural Network Untuk Prediksi,” *J. Tek. Informasi* vol. IX, no. 1, pp. 1–9, 2011.
- [11] A. K. Tripathy, G. Pradhan , S. Beura, and S. Mohapatra , “Weather Forecasting

using ANN and PSO,” *Int. J. Sci. Eng. Res.*, vol. 2, no. 7, pp. 1–5, 2011.

- [12] D.S. Christian, “Penentuan Arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan (Bobot Awal dan Bias Awal) Menggunakan Algoritma Genetika”, *IJCCS*, vol. 9, no.1, pp.77-88, 2015
- [13] C. Lysy, and D. Crain, “*Outlier Analysis: A Step-by-Step Guide*”. Westat : IDEA Data Center ,2016.