

**PENERAPAN ALGORITMA *AUTO-CALIBRATION* PADA SENSOR SUHU
MENGUNAKAN JARINGAN SARAF TIRUAN (JST)**

SKRIPSI

Program Studi Fisika



OLEH :

**IRA AFRILIKA
NIM.08021181722060**

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2021

LEMBAR PENGESAHAN

**PENERAPAN ALGORITMA *AUTO-CALIBRATION* PADA SENSOR SUHU
MENGUNAKAN JARINGAN SARAF TIRUAN (JST)**

SKRIPSI

Oleh :

**IRA AFRILIKA
08021181722060**

Indralaya, 23 Juli 2021

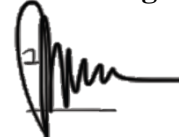
Menyetujui,

Pembimbing I



Drs. Octavianus C S, M.T.
NIP. 196510011991021001

Pembimbing II



Dr. Menik Ariani, M.Si.
NIP. 197211252000122001

Mengetahui,

Ketua Jurusan Fisika



Dr. Hiansyah Virgo, S.Si., M.T.

NIP. 197009101994121001

**PENERAPAN ALGORITMA *AUTO-CALIBRATION* PADA SENSOR SUHU
MENGUNAKAN JARINGAN SARAF TIRUAN (JST)**

Oleh :

Ira Afrilika

Nim.08021181722060

ABSTRAK

Pada penelitian ini dirancang sistem kalibrasi otomatis untuk sensor BME280 sebagai alat pengukur suhu. Jaringan Saraf Tiruan (JST) dipilih sebagai metode kalibrasi otomatis yang dijalankan pada *software* Matlab. Dengan sensor BME 280 yang menghasilkan data tidak terlatih (*input*) dan sebagai data referensinya digunakanlah sensor suhu digital elitech, pengukuran dilakukan secara bersamaan antara sensor BME 280 dan sensor elitech selama 5 hari untuk memahami karakter dari sensor BME 280. Model JST yang dipilih pada saat pelatihan jaringan yaitu trainCGB dengan menggunakan 3 *hidden layer*, minimum *gradient* 10^{-7} dan validasi maksimum sebesar 7, maka didapatkan performa validasi terbaik dengan nilai error rata-rata (*Mean-Square Error*) hanya berkisar 0,001264 dan koefisien regresi (R) sebesar 0,98924 menunjukkan performa jaringan yang sangat baik. Selanjutnya, untuk menunjukkan konsistensi jaringan, dilakukan pengujian dengan sejumlah data baru. Hasil pengujian menunjukkan bahwa model JST yang digunakan mampu mengkalibrasikan data masukkan yang baru dari waktu ke waktu. Itu artinya sistem kalibrasi ini dapat digunakan sewaktu-waktu dalam periode tertentu, baik harian, bulanan maupun tahunan. Tahap selanjutnya ialah mengimplementasikan perubahan bobot terbaik yang didapatkan dalam pelatihan jaringan agar diterapkan pada mikrokontroler dari sistem *monitoring* suhu dengan sensor BME 280.

Kata Kunci : Suhu, Sensor BME 280, kalibrasi otomatis, Jaringan Saraf Tiruan (JST).

APPLICATION OF AUTO-CALIBRATION ALGORITHMS TO TEMPERATURE SENSORS USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS (ANN)

by:

Ira Afrilika

Nim.08021181722060

Abstract

In this study, an automatic calibration system was designed for the BME280 sensor as a temperature gauge. Artificial Neural Network (ANN) is selected as the automatic calibration method that runs on Matlab software. With the BME 280 sensor producing untrained data (inputs) and as reference data used by elitech digital temperature sensors, measurements are performed simultaneously between the BME 280 sensor and the elitech sensor for 5 days to understand the character of the BME 280 sensor. ANN model selected during network training is trainCGB using 3 hidden layers, minimum gradient 10^{-7} and maximum validation of 7, then obtained the best validation performance with an average error value (Mean-Square Error) only around 0.001264 and regression coefficient (R) of 0.98924 shows excellent network performance. Furthermore, to demonstrate network consistency, testing was conducted with a new amount of data. The test results showed that the ANN model used was able to calibrate new enter data over time. That means this calibration system can be used at any time in a certain period, whether daily, monthly or yearly. The next step is to implement the best weight changes obtained in network training to be applied to the microcontroller of the temperature monitoring system with BME 280 sensor.

Keywords : Temperature, BME 280 Sensor, automatic calibration, Artificial Neural Network (ANN).

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahiim

Puji syukur kepada Allah subhanahu wa ta'ala atas berkah dan rahmat yang diberikan, atas limpahan kasih sayang dan nikmatnya sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal penelitian tugas akhir ini dengan sebaik-baiknya. Dalam proposal ini penulis mengangkat sebuah topik yang berjudul **“Penerapan Algoritma *Auto-Calibration* Pada Sensor Suhu Menggunakan Jaringan Saraf Tiruan (JST)”** yang dilaksanakan di lapangan pengukuran dan laboratorium fisika atmosfer jurusan Fisika, Universitas Sriwijaya kampus Indralaya. Penelitian ini bertujuan untuk memenuhi persyaratan kelulusan mata kuliah Tugas Akhir (TA) sebagai mata kuliah wajib di Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.

Penulis sangat berterima kasih kepada semua pihak yang telah berperan dalam masa penelitian hingga terciptalah penulisan skripsi ini yang mana telah dikerjakan dengan sebaik mungkin, terutama kepada :

1. Allah subhanahu wa ta'ala.
2. Bapak Drs. Octavianus C S, M.T. selaku dosen pembimbing I dan ibu Dr. Menik Ariani, M.Si. selaku dosen pembimbing II yang telah berkenan meluangkan waktu dan memberikan saran yang luar biasa dalam menyelesaikan penelitian tugas akhir ini.
3. Spesial kepada kedua orang tua, bapak Umar Hasan dan ibu Husilah, orang tua yang memiliki kasih sayang yang sangat luas. Ayuk Ita dan kakak Fahrozi, saudara yang selalu berusaha memberikan dukungan dari segala sisi.
4. Bapak Khairul Saleh, S.Si, Ibu M.Si, Dr. Assaidah M.Si dan Bapak Dr. Wijaya Mardiansyah, M.Si selaku dosen penguji yang telah memberikan banyak masukan yang sangat membangun, sehingga penulis mendapat banyak pelajaran.
5. Bapak selaku dekan fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.
6. Bapak Dr. Frinsyah Virgo, M.T selaku ketua jurusan fisika, dan seluruh dosen jurusan Fisika yang telah mendidik dan membina selama dalam masa perkuliahan.
7. Bapak Dr. Ramlan, M.Si selaku dosen pembimbing akademik yang telah banyak memberikan saran dan motivasi terbaik selama perkuliahan hingga selesai penelitian tugas akhir ini.

8. Kak Jimmy Rifanji, S.Pi yang telah memberikan tempat tinggal dan pekerjaan di *Simple Fresh Laundry*. Dan kepada Tiara Martia Gerhany yang telah membantu mendapatkan *software* Matlab R2015a.
9. Terkhusus sahabat Sisterlillah (Helty, Dila dan Jamilah) dan temen-temen GeA (Selpi, Lilis, Annisa, Yolanda dan Melisa) yang telah memberikan dukungan dan selalu mengingatkan ketika futur, yang selalu berhasil membuat penulis bangkit lagi.
10. Seluruh teman-teman seperjuangan Fisika '17 dan Eliners '17 (ELINKOMNUK) atas suka duka dan kerja samanya selama masa perkuliahan, terutama kepada Naqiyatun Muallifah, Syarifah Indar Dewi, Emi Purmasari, dan lain-lain.
11. Herdi Pradana, teman SMA yang sering memberikan pekerjaan tambahan berupa soal-soal TIU, yang mengajarkan untuk tidak boleh mengeluh.
12. Seluruh pihak yang telah banyak membantu baik secara langsung maupun tidak langsung yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu, terutama orang-orang yang selalu mendo'akan.

Semoga Allah membalas kebaikan orang-orang yang tersebut diatas dan memberikan pahala yang berlipat. Aamiin.

Akhir kata, penulis sangat menyadari ketidaksempurnaan dalam penulisan penelitian tugas akhir ini, dari segi sistematika penulisan maupun segi pemilihan kata yang mungkin saja terdapat kekeliruan. Untuk itu, penulis mohon maaf dan sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dan solutif agar skripsi ini dapat menjadi lebih baik dan dapat menjadi media pembelajaran yang baik.

Indralaya, 23 Juli 2021

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	iiiv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL.....	ix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	10
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan Penelitian	2
1.4. Manfaat Penelitian	3
1.5. Batasan Masalah	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1. Definisi Suhu dan Alat Ukur Suhu	4
2.1.1 Definisi Suhu.....	4
2.1.2 Alat Ukur Suhu.....	Error! Bookmark not defined.
2.2. Sensor	8
2.3. Sistem Kalibrasi	9
2.4. Jaringan Saraf Tiruan (JST).....	11
2.4.1 Pengertian Jaringan Saraf Tiruan	11
2.4.2 Konsep Dasar Jaringan Saraf Tiruan.....	11
2.5. WEMOS D1.....	15
2.6 Matrix Laboratory (MATLAB)	15
BAB III METODE PENELITIAN	17
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian.....	17
3.2. Alat dan Bahan Penelitian.....	17
3.3. Alur Penelitian	18
3.3.1 Perancangan Perangkat Keras (<i>Hardware</i>).....	19
3.3.2 Perancangan Perangkat Lunak (<i>software</i>).....	20
3.4 Metode Kalibrasi	21

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	24
4.1 Spesifikasi dan Prinsip Kerja Sensor	24
4.2 Sistem Kalibrasi Otomatis	26
BAB V PENUTUP.....	34
5.1 Kesimpulan	34
5.2 Saran	34
DAFTAR PUSTAKA	35
LAMPIRAN.....	37
Lampiran 1_Tabel data latih sensor BME280 sebagai data latih dan sensor elitech sebagai data target.....	38
Lampiran 2_Tabel data uji sensor BME280 sebagai data latih dan sensor elitech sebagai data target.....	40
Lampiran 3_Pertimbangan model pelatihan JST yang digunakan	42
Lampiran 4 Pertimbangan jumlah <i>hidden layer</i> yang digunakan	48
Lampiran 5_Pertimbangan parameter yang digunakan	51
Lampiran 6_Kalibrasi dengan program	63

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Termometer raksa, termometer gas, termometer hambatan platina	5
Gambar 2.2. <i>Thermocouple</i> (T/C)	6
Gambar 2.3. Thermistor	7
Gambar 2.4. Sensor IC LM 35	7
Gambar 2.5. Menunjukkan bahwa <i>output</i> sensor pada gambar (a) lebih daripada <i>output</i> sensor pada gambar (b)	8
Gambar 2.6. Grafik perbandingan nilai tanggapan waktu dari berbagai sensor	9
Gambar 2.7. Jaringan Saraf Biologis	10
Gambar 2.8. Jaringan Layar Tunggal	11
Gambar 2.9. Jaringan Layar Jamak	11
Gambar 2.10. Jaringan <i>Reccurent</i>	12
Gambar 2.11. Bagan Alir Algoritma <i>Backpropagation</i>	13
Gambar 2.12. <i>Board</i> Wemos D1	14
Gambar 2.13. Tampilan layar utama pada MATLAB	15
Gambar 3.1. Bagan Alir Penelitian	19
Gambar 3.2. Skema <i>Hardware</i> Alat Pengukur Suhu	19
Gambar 3.3. Bagan Alir Perangkat Lunak (<i>software</i>)	20
Gambar 3.4. Arsitektur Jaringan Saraf Tiruan (JST) yang digunakan	22
Gambar 4.1. Alat sistem monitoring suhu dengan sensor BME280 dan sensor elitech ...	24
Gambar 4.2. Grafik perubahan suhu terukur pada sensor BME280 dan sensor elitech selama 5 hari	26
Gambar 4.3. Tampilan halaman JST pada Matlab	27
Gambar 4.4. Jaringan <i>feedforward</i> lima <i>layer</i> dengan fungsi transfer Logsig pada lapisan tersembunyi dan fungsi transfer linier pada lapisan keluaran	28
Gambar 4.5. Grafik performa pelatihan, validasi, dan pengujian kesalahan dengan periode 1000 epoch 5 kali percobaan	29
Gambar 4.6. Perbedaan <i>input</i> JST dan nilai target yang digunakan dengan koefisien determinasi $R = 0,98924$	30
Gambar 4.7. Grafik keluarkan kinerja jaringan yang terlatih versus target selama 5 hari dan seterusnya menggunakan masukan kumpulan data yang tidak terlatih.....	32

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Menunjukkan spesifikasi sensor BME280 yang digunakan dalam sebagai penghasil data belum terlatih	24
Tabel 4.2. Menunjukkan spesifikasi sensor Elitech yang digunakan dalam penelitian ini sebagai penghasil data referensi (data target)	25
Tabel 4.3. Penentuan jumlah lapisan dan neuron lapisan tersembunyi	30

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Suhu adalah salah satu faktor yang berperan penting dalam proses kehidupan manusia dan juga pada organisme. Parameter ini sangat berpengaruh pada berbagai aspek, salah satu contohnya ialah pada bidang produksi, seperti proses pembuatan pupuk, proses produksi semen, proses *casting* logam dan proses produksi lainnya. Selain itu, isu *global warming* yang menimpa bumi juga dipengaruhi oleh parameter ini. Naiknya suhu udara pada peristiwa *global warming* ini mengakibatkan cairnya es di kutub selatan dan kutub utara. Oleh karena itu, perubahan suhu udara ini harus diperhatikan mengingat besarnya dampak perubahan suhu dalam kehidupan manusia (Utama, 2016).

Pemantauan suhu memiliki peran besar dalam berbagai aspek kehidupan, seperti pada pengontrolan suatu proses, sistem peringatan dini, maupun prakiraan cuaca. Untuk mengukur suhu udara, diperlukan sebuah alat pengukur suhu yang mampu mendeteksi suhu secara akurat dalam berbagai kondisi cuaca. Pada masa sekarang yang menuntut setiap orang untuk melakukan banyak hal secara praktis, pengukuran parameter seperti ini selalu dilakukan menggunakan sensor. Sensor suhu memiliki banyak tipe dan jenis yang masing-masing memiliki tingkat ketelitian yang berbeda sesuai kebutuhan manusia (Rivera dkk., 2007).

Agar sensor memiliki tingkat akurasi dan presisi seperti sensor digital (terstandarisasi), maka perlu dilakukan pengkalibrasian pada sensor suhu agar *output* yang dihasilkan sesuai yang diinginkan. Penelitian sebelumnya telah melakukan berbagai cara pengkalibrasian sensor baik yang secara manual maupun secara komputasi. Metode kalibrasi tersebut akan memakan waktu karena kalibrasi ini biasanya dilakukan dengan identifikasi data manual dan berulang. Selain itu, algoritma yang dibuat hanya bisa diterapkan pada berbagai jenis data sensor saja, tetapi tidak sesuai untuk digunakan dalam sistem pengukuran umum (Almassri dkk., 2018).

Sebelumnya sudah ada yang melakukan proses kalibrasi sensor temperatur dengan metoda perbandingan dan simulasi oleh Cecep Sulaeman dan Kusnadi pada tahun 2016. Namun pada penelitian tersebut membutuhkan data yang berulang dan memakan waktu yang lama. Pada tahun berikutnya, penelitian Imam Abdul Rozak dan Noor Yulita juga melakukan uji karakterisasi terhadap sensor suhu DS18B20 berbasis Arduino Uno sebagai upaya

pengkalibrasian terhadap sensor suhu. Akan tetapi penelitian tersebut harus dilakukan secara rutin oleh peneliti, karena semakin lama sensor beroperasi maka tingkat akurasi sensor semakin berkurang. Teknik pengkalibrasian terhadap sensor tekanan secara mandiri (*self-calibration*) dikenalkan oleh Ahmed M. M. Almassri dkk. pada tahun 2018 menggunakan metode pendekatan secara *real-time* berdasarkan konsep pengenalan pola Jaringan Saraf Tiruan (JST) pada pengendalian tangan robot agar mampu bekerja sesuai kapasitas tekanan yang diberikan. Namun penelitian-penelitian tersebut belum bisa mengurangi histerisis tanpa harus dikalibrasi terus-menerus.

Penelitian ini menggunakan sistem Jaringan Saraf Tiruan (JST) untuk melatih serta mengendalikan sensor agar mampu bekerja sesuai dengan yang diinginkan, sehingga proses kalibrasi dilakukan secara otomatis (*auto-calibration*). Metode *autocalibration* yang akan digunakan diharapkan mampu mengurangi histerisis selama sensor bekerja untuk jangka waktu yang lama tanpa perlu dikalibrasi terus menerus, atau dengan kata lain sensor dapat melakukan kalibrasi secara otomatis pada periode tertentu. Data yang digunakan berupa data sekunder kemudian dilatih dengan algoritma pemrograman agar kinerja sensor sesuai dengan data target (data referensi). Penelitian ini diharapkan dapat mengurangi kelebihan dan kekurangan linieritas dari waktu ke waktu, sehingga sensor dapat bekerja secara efisien dan hal ini dapat meningkatkan ketahanan pada mekanisme sensor.

1.2. Rumusan Masalah

Pengkalibrasian pada sensor seringkali bekerja secara efektif hanya pada saat awal sensor dikalibrasi. Waktu pengoperasian sensor menjadi penyebab semakin berkurangnya tingkat akurasi suatu sensor, sehingga perlu dikalibrasi secara rutin. Teknik kalibrasi mandiri pada penelitian sebelumnya belum dapat mengurangi histerisis tanpa harus dikalibrasi terus menerus. Diperlukan metode pengkalibrasian secara otomatis yang mampu mengurangi histerisis pada sensor sekaligus mampu melakukan kalibrasi secara otomatis pada periode tertentu.

1.3. Tujuan Penelitian

1. Merancang sistem kalibrasi sensor BME280.
2. Melakukan kalibrasi secara otomatis (*auto-calibration*) pada sensor suhu menggunakan sistem Jaringan Saraf Tiruan (JST) metode *backpropagation*.

1.4. Manfaat Penelitian

1. Mampu mengurangi histeresis pada sensor.

2. Meningkatkan keakurasian sensor dan menakar kinerja sensor saat melakukan pengukuran, sehingga sensor dapat bekerja secara efektif.
3. Waktu yang digunakan lebih efisiensi karena pengoperasian sistem kalibrasi lebih mudah dan efektif.

1.5. Batasan Masalah

Dalam penelitian ini hanya menggunakan parameter suhu untuk mengamati kondisi suhu di area Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya kampus Indralaya dengan menggunakan sensor BME280. Data tersebut digunakan untuk kalibrasi sensor secara otomatis (*auto-calibration*) dengan menggunakan sistem Jaringan Saraf Tiruan (JST) metode *backpropagation* yang dioperasikan pada *software* Matlab.

DAFTAR PUSTAKA

- Almassri, A.M.M., Wan, W.Z. Anom, S., Shafie, S., Wada, C. dan Horio, K., 2018. *Self-Calibration Algorithm for a Pressure Sensor with a Real-Time Approach Based on an Artificial Neural Network*. Jurnal Sensors, hal. : 2-3.
- Buchori, L., 2011. *Perpindahan Panas*. Semarang : Universitas Diponegoro.
- Hamid, D.T., 2014. *Studi Simulasi Kurva Histeresis Bahan Ferroelektrik Berbasis Teori Dinding Domain Menggunakan Model Langevin Dan Ising SPIN*. Jurnal Prosiding Seminar Nasional Fisika, 1(3) : 294.
- Harmita, 2004. *Petunjuk Pelaksanaan Validasi Metode Dan Cara Perhitungannya*. Jurnal Ilmu Kefarmasian, 3(1) : 117-120.
- Quinn, T.J., 1983. *Temperature*. Cambridge : Academic Press.
- Rahakbauw, D. L., 2014. *Analisis Jaringan Saraf Tiruan Backpropagation Terhadap Peramalan Nilai Tukar Mata Uang Rupiah Dan Dolar*. Jurnal Berekeng, 2(8) : 28-29.
- Rivera, A., Brodin, A., Pugachev, A. dan Rossler, E.A., 2007. *Orientalional And Translational Dynamics In Room Temperature Ionic Liquids*. *The Journal of Chemical Physics*, 2 (11) : 126.
- Rozak, I. A. dan Yulita, N., 2017. *Uji Karakteristik Sensor Suhu DS18B20 Waterproof Berbasis Arduino Uno Sebagai Salah Satu Parameter Kualitas Air*. Jurnal Prosiding Snatif, ISBN 978-602-1180-50-1 : 303.
- Sharon, D., 1982. *Principles Of Analysis Chemistry*. New York : Harcourt Brace College Publisher.
- Sulaeman, C. dan Kusnadi, 2016. *Kalibrasi Sensor Temperatur Dengan Metoda Perbandingan Dan Simulasi*. Jurnal PNJ, 3 (19) : 125.
- Supu, I., Usman, B., Basri, S. dan Sunarmi, 2016. *Pengaruh Suhu Terhadap Perpindahan Panas Pada Material Yang Berbeda*. Jurnal Dinamika, 1(7) : 63-66.
- Tjolleng, A., 2017. *Pengantar pemrograman MATLAB: Panduan praktis belajar MATLAB*. Jakarta : Kompas Gramedia.
- Utama, Y. A. K., 2016. *Perbandingan Kualitas Antara Sensor Suhu Dengan Menggunakan Arduino Pro Mini*. e-Jurnal Narodroid, 2(2) :145.

- Utomo, D. S., 2018. *Product Price Display Using Wemos*. Surabaya : Institut Bisnis dan Informatika STIKOM.
- Wanto, A., 2017. *Optimasi Prediksi Dengan Algoritma Backpropagation Dan Conjugate Gradient Beale-Powell Restarts*. Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi, 3(3) : 374.
- Wirdharma, I G. S., 2020. *Sensor Suhu Dalam Telemetri Berbasis IoT*. Bali : Politeknik Negeri Bali.
- Zola, F., Nurcahyo, G. W. dan Santony, J., 2018. *Jaringan Syaraf Tiruan Menggunakan Algoritma Backpropagation Untuk Memprediksi Prestasi Siswa*. Jurnal Teknologi Dan Open Source, 1(1) : 59-60.