IMPLEMENTASI JARINGAN SYARAF TIRUAN SEBAGAI SISTEM PENDUKUNG KEPUTUSAN UNTUK MENENTUKAN KESEHATAN SUHU TUBUH BAYI PADA INKUBATOR

Tesis S-2

untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar Magister Teknik

Program Magister Teknik Elektro

Diajukan oleh

Amin Sudrajat

20601800010

PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK ELEKTRO

UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG

SEMARANG

2022

TESIS

IMPLEMENTASI JARINGAN SYARAF TIRUAN SEBAGAI SISTEM PENDUKUNG KEPUTUSAN UNTUK MENENTUKAN KESEHATAN SUHU TUBUH BAYI PADA INKUBATOR

yang dipersiapkan dan disusun oleh
Amin Sudrajat
20601800010

telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Pada tanggal 12 September 2022

Susunan Dewan Penguji

Pembimbing Utama

Ir. Suryani Alifah, M.T., Ph.D
NIDN : 0625036901

Ketua Penguji

Dr. Ir. H. Muhamad Haddin,M.T
NIDN : 0618066301

Pembimbing Pendamping

Arief Marwanto, ST., M.Eng.,Ph.D
NIDN : 0628097501

Penguji 1

Dr. Sri Artini Dwi Prasetyowati, M.Si
NIDN : 0620026501

Penguji 2

Muhammad Qomaruddin, ST. M.Sc., Ph.D
NIDN : 0631057101

Tesis ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh gelar Magister Teknik
Tanggal 12 September 2022

Dr. Ir. Hj. Novi Marlyana, MT.
NIDN. 0015117601

Ketua Program Studi Magister Teknik Elektro

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama	: Amin Sudrajat
NIM	: 20601800010
Program Studi	: Magister Teknik Elektro
Fakultas	: Teknologi Industri

Dengan ini saya menyatakan bahwa Tesis yang diajukan kepada Program Studi Magister Teknik Elektro denga Judul:

"IMPLEMENTASI JARINGAN SYARAF TIRUAN SEBAGAI SISTEM PENDUKUNG KEPUTUSAN UNTUK MENENTUKAN KESEHATAN SUHU TUBUH BAYI PADA INKUBATOR"

Adalah hasil karya sendiri, judul tersebut belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar Magister Teknik pada Program Studi Magister Teknik Elektro Universitas Islam Sultan Agung (UNISSULA) ataupun pada universitas lain serta belum pernah ditulis maupun diterbitkan oleh orang lain kecuali secara tertulis diacu, disitasi dan ditunjuk dalam daftar pustaka. Tesis ini adalah milik saya, segala bentuk kesalahan dan kekeliruan dalam Tesis ini adalah tanggung jawab saya.

Semarang, September 2022

Penulis

Amin Sudrajat

20601800010

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, karena dengan rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan penyusunan tesis yang berjudul: "Implementasi Jaringan Syaraf Tiruan Sebagai Sistem Pendukung Keputusan untuk Menentukan Kesehatan Suhu Tubuh Bayi pada Inkubator". Tesis ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan memperoleh gelar Magister Teknik pada Program Studi Magister Teknik Elektro.

Penulis menyadari sepenuhnya penyusunan tesis ini dapat terselesaikan atas dukungan berbagai pihak. Dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih atas segala bimbingan dan bantuan yang telah diberikan kepada penulis dari awal sampai akhir penulisan, teruntuk :

1. Ibu yang selalu berdoa dan mendukung sehingga penulis dapat menyelesaikan studi di Magister Teknik Elektro di UNISSULA Semarang.
2. Istri yang selalu berdoa dan mendukung sehingga penulis dapat menyelesaikan studi di Magister Teknik Elektro di UNISSULA Semarang.
3. Bapak Hadi Pranoto selaku Direktur CV. Bartec Utama Mandiri.
4. Bapak Arief Marwanto, ST., M.Eng.,Ph.D Selaku Dosen Pembimbing.
5. Ibu Ir. Suryani Alifah, M.T., Ph.D Selaku Dosen pembimbing.
6. Ibu Dr. Novi Marlyana, ST., MT selaku Ka Prodi Fakultas Magister Teknik Elektro UNISSULA

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa tesis ini masih jauh dari sempurna, namun penulis berharap semoga tesis ini dapat bermanfaat bagi yang membutuhkan dan yang membacanya. Semoga Allah SWT selalu membimbing dan melindungi kita semua, Amin.

Semarang, 7 September 2022

Penulis

Amin Sudrajat

DAFTAR ISI

JUDUL ..... **i**
HALAMAN PENGESAHAN ..... **ii**
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS ..... **iii**
KATA PENGANTAR ..... **iv**
DAFTAR ISI ..... **v**
DAFTAR GAMBAR ..... **vii**
DAFTAR TABEL ..... **ix**
DAFTAR PERSAMAAN ..... **x**
ABSTRAK ..... **xi**
BAB I PENDAHULUAN **1**
1.1. Latar Belakang 1
1.2. Perumusan Masalah 2
1.3. Batasan Masalah 2
1.4. Tujuan 3
1.5. Manfaat Penelitian 3
1.6. Keaslian Penelitian 4
1.7. Kontribusi Tesis 7
BAB II KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI **8**
2.1. Kajian Pustaka 8
2.2. Dasar Teori 10
BAB III METODE PENELITIAN **26**
3.1. Tahapan Penelitian 26
3.2. Arsitektur / Sistem Model Penelitian 40
3.3. Bahan / Materi Penelitian 42
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN **46**
4.1. Hasil Kalibrasi Alat 46

4.2. Data Input dan Target 48
4.1 Data Hasil Normalisasi 49
4.3. Jaringan Syaraf Tiruan (JST) 50
4.4. Nilai MSE (*Mean Square Error*) 54
4.5. Grafik Korelasi Target dengan *Output* 54

BAB V PENUTUP 56

5.1. Kesimpulan 56
5.2. Saran 56

DAFTAR PUSTAKA 57

UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
UNISSULA
جامعة سلطان أجونج الإسلامية

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Hipothermia pada bayi [8]. 13
Gambar 2.2. Taksonomi jaringan syaraf tiruan [14]. 18
Gambar 2.3. Arsitektur Algoritma *Backpropagation* [16] 18
Gambar 2.4. Grafik fungsi *sigmoid biner* 19
Gambar 2.5. Grafik fungsi *sigmoid bipolar*[16] 20
Gambar 2.6. Fungsi aktivasi *linier/purelin* 20

Gambar 3.1. Diagram Tahapan Penelitian 26
Gambar 3.2. *Configuration Parameter* Matlab Simulink 27
Gambar 3.3. *Simulation Stop Time & Simulation Mode* 27
Gambar 3.4. Upload dan Simulasi Arduino dan Matlab Simulink 28
Gambar 3.5. *Toolbar New Variable* 30
Gambar 3.6 *Paste Excel Data* 31
Gambar 3.7. *Rename* nama variable 31
Gambar 3.8. Variabel data_input dan data_target 31
Gambar 3.10. *Flowchart* pelatihan atau *training* 32
Gambar 3.11. nnstart *Toolbox* Matlab 32
Gambar 3.12. Select data input dan data target 33
Gambar 3.13. Jumlah sample data validasi dan data testing 33
Gambar 3.14. Menentukan jumlah *hidden neuron* 34
Gambar 3.15. Memilih *training* algoritma 35
Gambar 3.16. *Neural Network Training* 35
Gambar 3.17 JST *Deploy Solution* 36
Gambar 3.18 Hasil Diagram Simulink JST 36
Gambar 3. 19. Fungsi Blok Simulasi dengan Simulink 37
Gambar 3.20. Fungsi Blok untuk di *Upload* 38
Gambar 3.21. Pin Out Penelitian 40

Gambar 3.22. Diagram Blok Sistem 41
Gambar 3.23. Arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan 41
Gambar 3.24. Arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan (Matlab) 42
Gambar 3. 25. Sensor DHT 11 [24] 42
Gambar 3.26. *Typical Aplication* DHT 11 [24] 43
Gambar 3.27. LM 35 [25] 43
Gambar 3.28. Modul Sensor pulsa XD-58C 44
Gambar 3. 29. Potensiometer 45
Gambar 3.30. Arduino Mega 2560 45

Gambar 4.1. Grafik Kalibrasi suhu DHT 11 dengan Kalibrator 46
Gambar 4.2. Grafik Kalibrasi suhu LM35 dengan Kalibrator 47
Gambar 4.3. Grafik kalibrasi XD-58C dengan Kalibrator 47
Gambar 4. 4. Grafik nilai MSE pelatihan 54
Gambar 4.5. Grafik Korelasi Target dengan *Output* Hasil Pelatihan & Pengujian JST 55

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Tabel Keaslian Penelitian 4

Tabel 2. 1. Hubungan Koefisien Korelasi [23]..... 25

Tabel 3. 1. Spesifikasi DHT 11 42
Tabel 3.2. Variasi data latih..... 29
Tabel 3. 3. Parameter Normalisasi..... 30

Tabel 4. 1. Data input dan target 48
Tabel 4. 2. Data Normalisasi input dan target 49

DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan 2.1 Fungsi *sigmoid biner* 19
Persamaan 2.2 Fungsi *sigmoid bipolar* 19
Persamaan 2.3 fungsi *purelin* 20
Persamaan 2.4 Nilai *Hidden Layer* jaringan 22
Persamaan 2.5 Nilai *Hidden Layer* 22
Persamaan 2.6 Nilai *Output* jaringan 22
Persamaan 2.7 Nilai *Output* 22
Persamaan 2.8 *Error* unit 23
Persamaan 2.9 Suku perubahan bobot 23
Persamaan 2.10 *Error* jaringan unit tersembunyi 23
Persamaan 2.11 Error unit tersembunyi 23
Persamaan 2.12 Suku perubahan bobot 23
Persamaan 2.13 Perubahan bobot garis yang menuju ke unit keluaran 23
Persamaan 2.14 Perubahan bobot garis yang menuju ke unit tersembunyi 23
Persamaan 2.15 MSE 24
Persamaan 2.16 Koefisien korelasi 25

Persamaan 3. 1 Normalisasi 29

ABSTRAK

Permasalahan yang terjadi adalah Sistem *Monitoring* Inkubator Bayi (SMIB) yang ada saat ini belum mengimplementasikan kecerdasan buatan sebagai sistem pendukung keputusan atau *Decision Support System* (DSS) bagi perawat atau dokter, sehingga perawat atau dokter dalam menentukan tindakan medis harus tetap memantau dan melihat perkembangan bayi secara manual. Sistem seperti ini mempunyai tingkat akurasi yang rendah. Solusi dari permasalahan ini adalah dikembangkanya *prototype* (SMIB) yang mempunyai tingkat akurasi yang tinggi.

Judul Penelitian ini adalah Implementasi Jaringan Syaraf Tiruan sebagai Sistem Pendukung Keputusan untuk Menentukan Kesehatan Suhu Tubuh Bayi pada Inkubator. Penelitian ini menggunakan parameter suhu ruang inkubator *(Tr)*, Suhu *Skin* (*Ts*), *Heart Rate* (*Hr*) sebagai *input* dan kondisi hipotermia berat (*h3*), kondisi hipotermia sedang (*h2*), kondisi hipotermia ringan (*h1*), kondisi normal (*n*), kondisi hipertermia (*H1*), kondisi hipertermia berat (*H2*) sebagai *output*. Penelitian ini menggunakan metode literatur dan konstruktif dengan membangun dan menguji alat monitoring kesehatan bayi menggunakan JST.

Hasil pada penelitian ini adalah nilai MSE (*Mean Square Error*) pelatihan pada penelitian adalah sebesar 0,0021441 pada *epoch* ke 680. Nilai korelasi hasil pelatihan JST yaitu sebesar 0,988 pada proses pelatihan dan 0,963 pada proses pengujian sehingga tingkat korelasi antara nilai target dan *output* sangat kuat . JST yang diimplementasikan pada SMIB ini mampu meningkatkan akurasi *monitoring* kesehatan bayi menjadi sebesar 98,8% untuk hasil pelatihan & 96,3% untuk hasil pengujian. Dengan demikian SMIB berbasis JST dapat diterapkan untuk hasil *monitoring* yang lebih akurat.

ABSTRACT

The problem that occurs is that the current Infant Incubator Monitoring System has not implemented artificial intelligence as a Decision Support System (DSS) for nurses or doctors, so nurses or doctors in determining medical actions must continue to monitor and see the baby's development manually. Such a system has a low level of accuracy. The solution to this problem is the development of a prototype (SMIB) which has a high level of accuracy.

The title of this research is the implementation of an artificial neural network as a decision support system to determine the health of a baby's body temperature in an incubator. This study uses the parameters of the incubator room temperature (Tr), Skin Temperature (Ts), Heart Rate (Hr) as input and severe hypothermic conditions (h3), moderate hypothermic conditions (h2), mild hypothermic conditions (h1), normal conditions (n), hyperthermic condition (H1), severe hyperthermic condition (H2) as output. This research uses literary and constructive methods by building and testing baby health monitoring tools using Artificial Neural Network (ANN) .

The result of this research is MSE (Mean Square Error) value of the training in the research was 0,0021441 *at the 680th epoch. The correlation value of the ANN training results was 0,988 in the training process and 0,963 in the testing process so that the correlation level between the target value and the output was very strong. . The ANN which is implemented in SMIB is able to increase the accuracy of baby health monitoring to* 98,8% *for training results &* 96,3% *for test results. Thus, the ANN-based SMIB can be applied for more accurate monitoring results.*

BAB I
PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan teknologi dibidang kedokteran saat ini semakin pesat, hal ini disebabkan kebutuhan yang semakin banyak di bidang kedokteran yang harus ditunjang dengan kemampuan teknologi [1]. Perkembangan teknologi berperan membantu para dokter dan praktisi kesehatan membangun mutu perawatan kesehatan yang lebih baik. Perkembangan teknologi tersebut salah satunya adalah kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*). *Artificial intelligence* menjadi salah satu teknologi yang berperan penting dalam mendesain ulang perawatan kesehatan yang sudah ada. Algoritma AI memudahkan pasien mendapatkan pelayanan dan bantuan medis secara cepat dan tepat. Begitu juga bagi tenaga medis, AI berperan mempercepat penanganan pasien, membantu menganalisa penyakit, bahkan meresepkan obat yang sesuai untuk pasien [2].

Angka kematian bayi baru lahir di Indonesia masih lebih tinggi dibandingkan dengan negara-negara berkembang lainnya. Hipotermi merupakan penyebab utama kesakitan dan kematian bayi baru lahir di negara berkembang. Pengukuran suhu secara berkala terhadap bayi baru lahir sangat berpengaruh terhadap penurunan angka kejadian hipotermi sehingga dapat menurunkan pula angka kesakitan dan kematian pada bayi baru lahir [3].

Inkubator bayi yang beredar saat ini masih dioperasikan secara manual terutama pada proses pengamatan dan pencatatan data penting. Pemeriksaan kondisi ruangan inkubator dilakukan secara langsung dan terus menerus oleh petugas, hal tersebut memungkinkan terjadinya kesalahan dalam pencatatan data penting pada inkubator [4].

Sistem *Monitoring* Inkubator Bayi (SMIB) yang ada saat ini belum mengimplementasikan kecerdasan buatan sebagai sistem pendukung keputusan atau *Decision Support System* (DSS) bagi perawat atau dokter, sehingga perawat atau dokter dalam menentukan tindakan medis harus tetap memantau dan melihat perkembangan bayi. Sistem seperti ini mempunyai tingkat akurasi yang rendah.

Oleh karena itu, penulis membuat *prototype* untuk mengimplementasikan sistem kecerdasan buatan dengan Jaringan Syaraf Tiruan (JST) sebagai pendukung keputusan bagi perawat atau dokter untuk *monitoring* kesehatan bayi, sehingga diharapkan akan membantu perawat atau dokter dalam menentukan tindakan medis selanjutnya.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian – uraian yang telah dijelaskan diatas maka peneliti memiliki rumusan permasalahan yang sedang dihadapi, yaitu :

1. Bagaimana cara membuat *prototype monitoring* kesehatan bayi?
2. Bagaimana menentukan parameter *input* dan *output* untuk mendeteksi kondisi kesehatan bayi?
3. Bagaimana menerapkan Jaringan Syaraf Tiruan untuk menentukan suhu tubuh bayi pada inkubator?
4. Bagaimana meningkatkan akurasi pendeteksian kondisi kesehatan bayi menggunakan jaringan syaraf tiruan pada *prototype monitoring* kesehatan bayi ?

1.3. Batasan Masalah

Untuk mengatasi ruang lingkup permasalahan dalam penelitian dan supaya tidak menyimpang dari pokok permasalahan yang ada, mengingat keterbatasan waktu, kemampuan dan sarana pendukung serta luasnya permasalahan yang ada, maka penulis hanya membatasi permasalahan yang akan dibahas yaitu :

1. Kesehatan bayi yang dideteksi adalah tentang kondisi suhu tubuh.
2. *Software* dibuat dengan Matlab Simulink
3. Jaringan syaraf tiruan menggunakan 3 input dan 6 *output*

1.4. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Membuat *prototype monitoring* kesehatan bayi menggunakan sensor *input* dan mikrokontroller.
2. Menentukan parameter *input* dan *output monitoring* kesehatan bayi.
3. Mengimpementasikan Jaringan syaraf tiruan pada *prototype monitoring* kesehatan bayi.
4. Meningkatkan akurasi pendeteksian kondisi kesehatan bayi menggunakan jaringan syaraf tiruan pada *prototype monitoring* kesehatan bayi.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat secara teknis:

1. Dikembangkanya *monitoring* inkubator bayi yang menggunakan kecerdasan buatan.
2. Diperolehnya suatu implementasi jaringan sistem syaraf dalam *monitoring* inkubator bayi untuk menentukan kondisi suhu tubuh bayi.

1.6. Keaslian Penelitian

Dalam penelitian ini memiliki kontribusi dalam desain sistem pendukung keputusan untuk menentukan kesehatan suhu tubuh bayi pada inkubator . Berikut adalah beberapa penelitian yang berhubungan dengan metode tersebut:

Tabel 1.1. Tabel Keaslian Penelitian

No	Peneliti & Tahun	Judul	Tujuan	Metode	Hasil	Persamaan	Perbedaan
1.	Qory Hidayati, Nur Yanti, Nurwahidah Jamal (2019) [5]	Sistem *Monitoring* Inkubator Bayi	Membuat sebuah sistem *monitoring* pada inkubator	1. Perancangan alat dan aplikasi, 2. Pembuatan secara nyata untuk perakitan alat dan program-program, 3. Pengujian alat secara terpisah dan menyeluruh	1. Pengujian nilai *error* rata-rata sensor DS18B20 = 2,04 %, *load cell* = 6,90 %, *sensor Easy Pulse Plugin* = 5,79 %. 2. Pengujian konektivitas *Bluetooth*, maksimal jarak yang dapat dicapai untuk menghubungkan antar perangkat inkubator adalah 8 meter dengan penghalang, dan 10 meter tanpa penghalang. 3. *Monitoring* inkubator yang telah dilakukan ini dapat berjalan dengan baik	1. Mengukur Suhu Tubuh Bayi, 2. Mengukur Detak Jantung	1. Tidak mengukur suhu ruang inkubator, 2. Tidak Menggunakan Kecerdasan Buatan dan Sistem Pendukung Keputusan
2.	Diki Rahsidin, Ritzkal, Ade Hendri Hendrawan (2019) . [6]	Sistem *Monitoring* Suhu dan Kelembaban Inkubator Bayi dengan Teknologi WhatsApp	Dapat mengetahui cara mendapatkan informasi suhu dan kelembaban dengan aplikasi whatsapp, Dapat mengetahui hasil pengujian sistem inkubator bayi	1. Analisis dan desain Perangkat Keras (*Hardware*), & Desain Jaringan 2. Implementasi Perangkat Keras, Implementasi Perangkat Lunak, 3. Pengujian Terdiri dari	1. Informasi suhu dan kelembaban dengan teknologi whatsapp dapat membantu pengguna inkubator bayi dalam memantau suhu dan kelembaban dari jarak jauh 2. ArduinoMega 2560 bisa digunakan sebagai alat untuk mengatur alur sistem pada inkubator bayi.	1. Mengukur Suhu ruangan dengan sensor DHT11 2. Menggunakan Arduino Mega 2560	1. Tidak mengukur Detak Jantung, 2. Tidak Menggunakan Kecerdasan Buatan dan Sistem Pendukung Keputusan
3.	Mesa Amelia (2020). [7]	Sistem *Monitoring* dan Pengontrolan Suhu pada Inkubator Bayi Berbasis Web	Berinovasi menambah sistem *monitoring* agar bisa dilihat dari jarak jauh dan juga merubah sistem pengontrolannya	metode eksperimen, membuat *prototype* inkubator bayi	Alat dapat bekerja dengan baik dan pemantauan suhu bisa dilihat secara *real time*.	1. Mengukur Suhu ruangan. 2. Sistem *monitoring*	1. Tidak mengukur suhu *skin* bayi dan 2. Tidak Menggunakan Kecerdasan Buatan dan Sistem Pendukung Keputusan

No	Peneliti & Tahun	Judul	Tujuan	Metode	Hasil	Persamaan	Perbedaan
4.	Justice O. Emuoyibofarhe, Akinyinka T. Akindele ,Babatunde S.Ronke ,Adebayo Omotosho and Christoph Meinel (2019). [8]	*A Fuzzy Rule-Based Model for Remote Monitoring of Preterm in the Intensive Care Unit of Hospitals*	Mensimulasikan dan memodelkan system pemantauan jarak jauh untuk bayi *premature* di *incubator* ruang NICU	1. Simulasi dan Permodelan berbasis Fuzzy. 2. *Monitoring Body Temperature, Heart Rate, Respiratory Rate, Oxygen Saturation.*	Sistem berbasis *fuzzy* mampu memberikan hasil yang memuaskan bila digunakan untuk pemantauan dan klasifikasi status klinis neonatus di inkubator ICU	1. Digunakan untuk pemantauan dan klasifikasi status klinis neonatus di inkubator ICU 2. *Monitoring temperature* tubuh, *heart rate*,	1. Tidak mengukur suhu Ruangan 2. Tidak Menggunakan Kecerdasan Buatan (JST)
5.	Sakshi Gupta, Zarnain M. Khan, Rupali Srivastava, P.A. Chougule (2016). [9]	*Infant Monitoring System Using Multiple Sensors*	Membuat sistem *monitoring incubator* menggunakan komunikasi wireless Bluetooth	1. Mengembangkan alat *monitoring* 2. *Monitoring Temperature, Heart Rate*, Kadar CO2	Sistem ini dapat memberikan pemantauan terus menerus terhadap parameter vital bayi dan dapat digunakan di *Neonatal Intensive Care Unit* (NICU) dan di rumah.	*Monitoring Temperature, Heart Rate*	Tidak Menggunakan Kecerdasan Buatan dan Sistem Pendukung Keputusan
6	M. Shakunthala, R. Jasmin Banu, L. Deepika, R. Indu 1assistant (2018). [10]	*Neonatal Healthcare Monitoring In Incubator using IOT*	Membuat sistem *monitoring* kontinyu	1. Mengembangkan alat *monitoring* 2. *Monitoring* suhu, kelembaban, Denyut nadi neonatus, kebocoran gas dan intensitas cahaya di inkubator	Sistem ini mampu memperbarui parameter secara terus menerus di *cloud* dan juga menghindari pemantauan terus menerus terhadap neonatus oleh tenaga medis tersebut	*Monitoring* Suhu, denyut jantung	Tidak Menggunakan Kecerdasan Buatan dan Sistem Pendukung Keputusan
7.	Gowthamapriya S, Ramya P,Sangeetha S, Soundarya Prabha A, Neelavathi G (2019). [11]	*NEONATE Monitoring* System	Membuat sistem untuk memantau bayi di inkubator dan mencatat data yang relevan ke dalam komputer	Membuat Alat	Hasil pengukuran berupa denyut nadi dan tingkat kelembaban dikirim ke PC melalui mikrokontroler Arduino	*Monitoring* Denyut Jantung	Tidak Menggunakan Kecerdasan Buatan dan Sistem Pendukung Keputusan

No	Peneliti & Tahun	Judul	Tujuan	Metode	Hasil	Persamaan	Perbedaan
8.	Heri Mulyono dkk (2017). [12]	Sistem *Monitoring* Suhu dan Kelembaban pada Inkubator Bayi Berbasis Mikrokontroler	membuat sistem *monitoring* suhu dan kelembaban pada ruang inkubator bayi berbasis mikrokontroler	Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah berupa disain/ perancangan sistem yang melibatkan aspek perangkat keras dan perangkat lunak	Hasil penelitian ini berupa sebuah sistem elektronik yang dapat mendeteksi suhu dan kelembaban pada Inkubator bayi	*Monitoring* Suhu	Tidak Menggunakan Kecerdasan Buatan dan Sistem Pendukung Keputusan
9	Fathur Zaini Rachman (2016). [13]	Implementasi Jaringan Sensor Nirkabel Menggunakan Zigbee pada *Monitoring* Tabung Inkubator Bayi	membuat — Implementasi jaringan sensor nirkabel menggunakan zigbee bertujuan untuk memudahkan komunikasi antara pengguna (perawat) dengan sistem yang sedang beroprasi pada tabung inkubator bayi	Implementasi jaringan sensor nirkabel menggunakan zigbee untuk memonitor suhu dan kelembaban	sistem dapat berkerja dengan semestinya dengan topologi *star*, sehingga komunikasi ini sangat baik bila diterapkan pada ruang lingkup yang masih dijangkau oleh *end device* dan *coordinator*	*Monitoring* suhu inkubator	Tidak Menggunakan Kecerdasan Buatan dan Sistem Pendukung Keputusan
10	Ahmad Taqwa, Sholihin, dan Elpin Romansyah (2020). [14]	*Monitoring* Temperature Bayi Dengan Sistem *Wireless Sensor Network* Berbasis Arduino Uno ATmega328	merancang sebuah alat yang dapat me*monitoring* temperature secara otomatis	*Monitoring* temperatur secara otomatis dengan sistem *wireless sensor network* yang di koneksikan dengan jaringan internet	Sangat cocok jika digunakan pada instansi rumah sakit yang masih menggunakan pengawasan suhu pada inkubator secara manual sehingga pengawasan dapat dilakukan dengan jarak jauh tanpa harus turun langsung ke ruangan inkubator	*Monitoring* suhu inkubator	Tidak Menggunakan Kecerdasan Buatan dan Sistem Pendukung Keputusan

No	Peneliti & Tahun	Judul	Tujuan	Metode	Hasil	Persamaan	Perbedaan
11	Paula Vivi Fridely (2017). [3]	Pentingnya Melakukan Pengukuran Suhu pada Bayi Baru Lahir untuk Menguranggi Angka Kejadian Hipotermi	Menganalisis untuk mengetahui pentingnya melakukan pengukuran suhu bayi secara berkala untuk mengurangi kejadian hipotermi pada bayi baru lahir	Metode penelitian menggunakan metode deskriptif kuantitatif pada 183 bayi baru lahir yang dirawat pada 18 Mei 2016 – 30 Juli 2016 di RSIA Budi Kemuliaan Jakarta	Pengukuran suhu secara berkala terhadap bayi baru lahir sangat berpengaruh terhadap penurunan angka kejadian hipotermi sehingga dapat menurunkan pula angka kesakitan dan kematian pada bayi baru lahir	*Monitoring* & pengukuran suhu bayi	Tidak Menggunakan Kecerdasan Buatan dan Sistem Pendukung Keputusan

Dari hasil studi pustaka diatas, maka penulis melakukan penelitian untuk mengembangkan Sistem *Monitoring* Inkubator Bayi (SMIB) yang mengimplementasikan kecerdasan buatan yaitu menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan (JST) sebagai sistem pendukung keputusan atau *Decision Support System* (DSS) bagi perawat atau dokter.

1.7. Kontribusi Tesis

Adapun bentuk kontribusi dari penelitian ini adalah:

1. Menyediakan desain SMIB menggunakan JST
2. Meningkatkan akurasi SMIB

BAB II
KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1. Kajian Pustaka

Dalam penelitian ini, penulis mencari beberapa referensi yang bisa digunakan sebagai acuan. Diantaranya:

1). *A Fuzzy Rule-Based Model for Remote Monitoring of Preterm in the Intensive Care Unit of Hospitals* [8]**.**

Penelitian ini mensimulasikan dan memodelkan sistem pemantauan jarak jauh untuk bayi prematur di inkubator ruang NICU. Model dirancang dengan 4 variabel *input* (suhu tubuh, detak jantung, laju pernapasan, dan saturasi tingkat oksigen), dan 1 variabel *output* (tindakan yang dilakukan direpresentasikan sebagai ACT). ACT memutuskan apakah sebuah peringatan dihasilkan atau tidak dan juga menentukan pesan yang ditampilkan ketika sebuah notifikasi diperlukan. ACT mengklasifikasikan prioritas klinis bayi prematur yang dipantau ke dalam 5 bidang berbeda: kode biru, kode merah, kode kuning, kode hijau, dan kode hitam. Model disimulasikan menggunakan *toolbox* logika *fuzzy* MATLAB R2015A. Sekitar 216 aturan IF_THEN dirumuskan untuk memantau *input* data yang dimasukkan ke dalam model. Performa model dievaluasi menggunakan matriks konfusi untuk menentukan akurasi, presisi, sensitivitas, spesifisitas, dan tingkat *alarm* salah model. Hasil eksperimen yang diperoleh menunjukkan bahwa sistem berbasis *fuzzy* mampu memberikan hasil yang memuaskan bila digunakan untuk pemantauan dan klasifikasi status klinis neonatus di inkubator ICU.

2). *Neonatal Healthcare Monitoring In Incubator using IOT* [10].

Penelitian ini membuat sistem *monitoring* kontinyu untuk parameter seperti suhu, kelembaban, Denyut nadi neonatus, kebocoran gas dan intensitas cahaya di inkubator. Jika parameter ini melebihi ambang batas, pesan peringatan akan dikirim ke dokter atau ke orang medis yang diinginkan melalui *email* atau SMS. Sistem ini mampu memperbarui parameter secara terus menerus di *cloud* dan juga menghindari pemantauan terus menerus terhadap *neonatus* oleh tenaga medis tersebut.

3). NEONATE Monitoring System [11]**.**

Penelitian ini membuat sistem untuk memantau bayi di inkubator dan mencatat data yang relevan ke dalam komputer. Data yang direkam oleh sistem dapat dirujuk lebih lanjut oleh tenaga kesehatan *Neonatal Intensive Care Unit* (NICU) untuk tujuan diagnostik atau penelitian. Penelitian difokuskan pada perancangan sistem pemantauan yang terdiri dari inkubator yang dilengkapi dengan sensor kelembaban untuk mengukur tingkat kelembaban, dan sensor denyut nadi yang dapat dipasang pada bayi yang ditempatkan di dalam inkubator untuk memantau denyut jantung bayi dan kamera yang dipasang untuk mendeteksi. perubahan warna pada bayi dengan menggunakan teknik pengolahan citra.

4). Pentingnya Melakukan Pengukuran Suhu pada Bayi Baru Lahir untuk Mengurangi Angka Kejadian Hipotermi

Penelitian ini menganalisis untuk mengetahui pentingnya melakukan pengukuran suhu bayi secara berkala untuk mengurangi kejadian hipotermi pada bayi baru lahir. Metode penelitian menggunakan metode deskriptif kuantitatif pada 183 bayi baru lahir yang dirawat pada 18 Mei 2016 – 30 Juli 2016 di RSIA Budi Kemuliaan Jakarta. Kriteria inklusi yaitu bayi yang lahir secara *sectio caesaria*. Sedangkan kriteria eksklusi adalah bayi dengan berat badan lahir rendah. Hasil penelitian bulan mei dari total 40 bayi baru lahir terdapat 19 bayi tidak hipotermi dan 21 bayi yang hipotermi. Pada bulan juni dari 35

bayi baru lahir terdapat 19 bayi tidak hipotermi dan 16 bayi hipotermi. Pada bulan juli dari 108 bayi baru lahir terdapat 99 bayi tidak hipotermi dan 9 bayi hipotermi. Kesimpulan pengukuran suhu secara berkala terhadap bayi baru lahir sangat berpengaruh terhadap penurunan angka kejadian hipotermi sehingga dapat menurunkan pula angka kesakitan dan kematian pada bayi baru lahir.

2.2. Dasar Teori

2.2.1. Perlindungan Termal pada Bayi Baru Lahir

Perlindungan termal bayi baru lahir adalah serangkaian tindakan yang diambil saat lahir dan pada hari pertama kehidupan untuk memastikan bahwa bayi baru lahir tidak kedinginan atau kepanasan dan mempertahankan suhu tubuh normal 36,5 - 37,5 ^{o}C [15].

Bayi yang baru lahir tidak dapat mengatur suhunya sebaik orang dewasa, karena itu ia mendingin atau memanas lebih cepat dan hanya mampu mentolerir kisaran suhu lingkungan yang terbatas. Semakin kecil bayi baru lahir, semakin besar risikonya. Stabilitas termal meningkat secara bertahap seiring dengan bertambahnya berat badan bayi [15].

2.2.2. Bagaimana bayi baru lahir kehilangan panas

Suhu di dalam rahim ibu adalah 38 ^{o}C. Meninggalkan kehangatan rahim di saat lahir, bayi baru lahir yang basah menemukan dirinya terpajan di lingkungan yang jauh lebih dingin dan segera mulai kehilangan panas. Bayi baru lahir kehilangan panas dalam empat cara berbeda. Kehilangan panas terutama karena penguapan cairan ketuban dari tubuh bayi. Tetapi kehilangan panas tubuh juga terjadi secara konduksi jika bayi diletakkan telanjang di permukaan yang dingin (misalnya meja, timbangan atau kasur dingin), secara konveksi jika bayi telanjang terpapar udara sekitar yang terlalu dingin dan oleh radiasi dari bayi ke objek yang lebih dingin di sekitarnya (misalnya dinding atau jendela yang dingin) bahkan jika bayi tidak benar-benar menyentuhnya. Kehilangan panas meningkat dengan

pergerakan udara, dan bayi berisiko kedinginan bahkan pada suhu kamar 30 ^{o}C jika ada angin [15].

Sebagian besar pendinginan bayi baru lahir terjadi selama menit-menit pertama setelah lahir. Jika dalam 10-20 menit pertama, bayi baru lahir yang tidak dilindungi termal, mungkin kehilangan panas yang cukup untuk suhu tubuh turun 2-4 ^{o}C, dengan penurunan yang lebih besar pada jam-jam berikutnya jika perawatan yang tepat tidak diberikan. Jika kehilangan panas tidak dicegah dan dibiarkan berlanjut, bayi akan mengalami hipotermia, yaitu suhu tubuh di bawah normal [15].

Bayi hipotermia, terutama jika kecil atau sakit, berisiko lebih tinggi mengalami masalah kesehatan dan kematian. Namun, jika kehilangan panas dicegah, bayi baru lahir akan tetap hangat dan akan memiliki peluang yang jauh lebih baik untuk tetap sehat, atau bertahan jika sudah sakit [15].

2.2.3. Lingkungan Termal Optimal

Bayi yang baru lahir dalam mengatur suhu tubuh jauh lebih tidak efisien dari pada orang dewasa. Oleh karena itu, akan mengalami kesulitan mempertahankan suhu tubuh normal di lingkungan yang nyaman secara termal untuk orang dewasa. Faktanya, bayi telanjang yang terpapar suhu lingkungan 23 ^{o}C saat lahir, menderita kehilangan panas yang sama seperti orang dewasa telanjang pada 0 ^{o}C [15].

Karena konsekuensi dari lingkungan yang terlalu dingin atau terlalu hangat adalah serius, penting untuk mengetahui lingkungan termal yang paling cocok untuk bayi yang baru lahir. Ini adalah kisaran kondisi termal di mana bayi yang baru lahir dapat mempertahankan suhu tubuh normal. Kisarannya sempit, terutama pada bayi berat lahir rendah atau bayi sakit. Pada dasarnya semakin kecil dan prematur bayi yang baru lahir, semakin sedikit mentolerir dingin dan panas [15].

Dengan demikian tidak ada suhu lingkungan tunggal yang sesuai untuk semua ukuran, usia kehamilan dan kondisi bayi baru lahir. Apa yang cocok untuk bayi cukup bulan yang sehat terlalu dingin untuk bayi prematur, dan yang cocok

untuk bayi prematur terlalu panas untuk bayi cukup bulan. Namun, sebagai aturan umum, sebagian besar bayi baru lahir saat lahir, jika dibiarkan basah dan telanjang, tidak dapat mengatasi suhu lingkungan kurang dari 32 ^{o}C. Tetapi jika bayi segera dikeringkan, tempelkan kulit ke kulit dengan ibu dan tutupi, suhu ruang bersalin bisa serendah 25-28 ^{o}C [15].

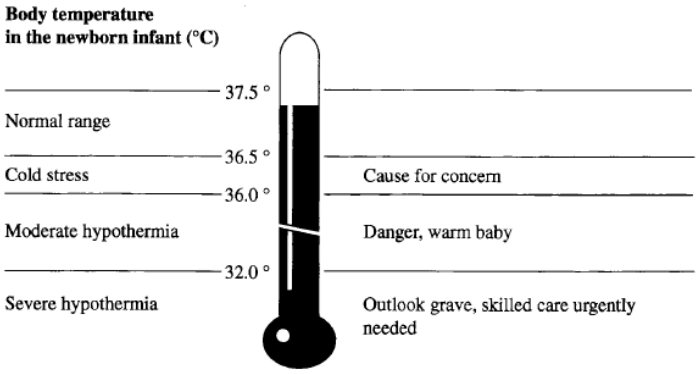
Suhu Kamar Optimal untuk bayi baru lahir saat melahirkan sangat hangat menurut standar orang dewasa. Oleh karena itu, orang dewasa tidak boleh menentukan suhu kamar bersalin sesuai dengan kenyamanan mereka sendiri. Jika suhu di ruang bersalin tidak dapat diukur secara akurat, aturan panduannya adalah bahwa ketika suhu di dalam ruangan menjadi terlalu hangat untuk orang dewasa berlengan pendek, itu adalah suhu yang tepat untuk bayi baru lahir [15].

Lebih sulit untuk menentukan batas atas lingkungan termal yang optimal kecuali bayi yang basah saat lahir. Suhu udara maksimum yang dapat ditoleransi adalah sekitar 35 ^{o}C untuk bayi telanjang, dan sedikit lebih rendah untuk bayi yang berpakaian. Batas atas ini cenderung lebih tinggi untuk berat badan lahir rendah atau bayi yang sakit [15].

2.2.4. Hipotermia pada bayi baru lahir

Karena karakteristik tertentu seperti luas permukaan tubuh yang besar dalam kaitannya dengan berat badan, kepala yang besar sebanding dengan tubuh, dan sedikit lemak subkutan, bayi baru lahir -terutama bayi dengan berat badan lahir rendah- berada pada peningkatan risiko kehilangan panas. Ketika kehilangan panas melebihi kemampuan bayi untuk menghasilkan panas, suhu tubuhnya turun di bawah kisaran normal dan menjadi hipotermia [15].

Bayi baru lahir dengan suhu 36,0 - 36,4 ^{o}C berada di bawah tekanan dingin (hipotermia ringan) yang harus menimbulkan kekhawatiran. Bayi dengan suhu 32,0-35,9 ^{o}C mengalami hipotermia sedang, sedangkan suhu di bawah 32 ^{o}C dianggap hipotermia berat [15].



Gambar 2.1. Hipothermia pada bayi [15].

2.2.5. Hipertermia pada Bayi Baru Lahir

Ketika bayi baru lahir berada di lingkungan yang terlalu panas, suhu bayi naik di atas 37,5 ^{o}C dan berkembang menjadi hipertermia. Meskipun kurang umum terjadi, hipertermia dapat terjadi semudah hipotermia, dan sama-sama berbahaya.

Hipertermia hampir sama dengan demam, yang merupakan peningkatan suhu tubuh sebagai respons terhadap infeksi mikroorganisme atau sumber peradangan lainnya. Namun, tidak mungkin membedakan antara demam dan hipotermia dengan mengukur suhu tubuh atau dengan tanda klinis, dan ketika bayi baru lahir mengalami peningkatan suhu, penting untuk mempertimbangkan kedua penyebab tersebut. Infeksi harus selalu dicurigai terlebih dahulu, kecuali ada alasan eksternal yang sangat jelas untuk bayi menjadi kepanasan [13].

Pendekatan yang biasa dilakukan untuk merawat bayi baru lahir hipertermia adalah dengan menyesuaikan kondisi lingkungan. Bayi baru lahir harus dijauhkan dari sumber panas, dan dibuka sebagian atau seluruhnya, jika perlu. Jika bayi baru lahir berada dalam inkubator, suhu udara harus diturunkan. Penting agar bayi baru lahir sering disusui untuk menggantikan cairan. Ketika hipertermia menjadi parah atau berat (yaitu suhu tubuh di atas 40 °C), bayi baru lahir dapat dimandikan. Airnya harus hangat (sekitar 2°C lebih rendah dari suhu tubuh bayi baru lahir). Perangkat pendingin tidak direkomendasikan. Jika bayi baru lahir tidak dapat disusui, cairan ekstra harus diberikan secara intravena atau melalui selang [16].

2.2.6. Diagnosis Lain Hipotermia dan Hipertermia

Diagnosis lain pada kasus hipothermia antara lain frekuensi jantung < 100 kali per menit dan mempunyai riwayat bayi terpajan lingkungan yang dingin (< 25˚C). Sementara untuk hipertermia frekuensi jantung >160 kali per menit dan bayi terpajan pada lingkungan panas (>28˚C)[17].

2.2.7. Inkubator Bayi (*Baby incubator*)

Inkubator bayi merupakan alat medis yang berfungsi untuk menjaga kestabilan suhu pada suatu ruangan sehingga suhu tetap stabil pada suhu yang telah ditentukan. Inkubator bayi pada umumnya digunakan untuk bayi yang terlahir secara prematur, yang belum dapat menyesuaikan diri terhadap suhu di sekitarnya. Inkubator bayi menurunkan suhu secara perlahan sehingga dapat membuat bayi merasa nyaman [18].

Inkubator bayi merupakan alat yang berfungsi mencegah hipotermia atau kondisi di mana tubuh kesulitan dalam mengatur tekanan suhu dingin pada bayi yang baru lahir terutama bayi yang memiliki berat badan lahir rendah (BBLR) atau prematur dengan cara menghangatkan suhu ruangan agar dapat mempertahankan suhu badan bayi normal. Terdapat beberapa syarat agar alat tersebut dapat dikatakan sebuah inkubator bayi, di antaranya [19]:

1. Menjaga suhu ruangan inkubator bayi tetap stabil. Sebagai contoh menjaga suhu ruangan berkisar antara 35^0C hingga 37^0C.
2. Mengisolasi ruangan inkubator bayi, menjaga bayi dari lingkungan luar karena daya tubuh bayi masih terbilang rentan dan menjaga dari terjangkitnya infeksi.

2.2.8. Bayi Prematur

Bayi prematur adalah bayi yang lahir pada usia kehamilan kurang atau sama dengan 37 minggu, tanpa memperhatikan berat badan lahir. Inkubator bayi pada umumnya dibuat untuk menjadi tempat sementara bagi bayi prematur. Biasanya, bayi yang masih dalam kandungan memiliki suhu tubuh yang sama dengan suhu tubuh ibunya. Bayi yang lahir secara prematur memiliki suhu tubuh

yang tidak stabil. Oleh karena itu, inkubator bayi dibutuhkan untuk menjaga kestabilan suhu dan kelembapan pada bayi [19].

2.2.9. Kecerdasan Buatan / *Artificial Intelegence* (AI)

Kecerdasan buatan atau AI adalah salah satu cabang dari ilmu komputer yang membuat mesin di dalam komputer tersebut, nantinya mesin ini dapat melakukan pekerjaan dengan sendirinya tanpa diatur oleh seorang *programmer*. Peran *programmer* memang penting jika dikaitkan dalam AI dimana *programmer* hanya memastikan bahwa AI itu jalan tanpa dipantau secara terus-menerus. Ilmu komputer memiliki banyak sekali cabang tapi berbeda dengan AI cabang ini merupakan sesuatu yang dapat bekerja layaknya seperti manusia dapat mengerjakan segala sesuatu yang dikerjakan oleh manusia [20].

Artificial Intelligence mempunyai banyak kelebihan dibandingkan dengan sistem konvensional [21]:

1. Tidak memerlukan persamaan matematik. Objek perancangan sistem konvensional selalu memerlukan persamaan matematik dari objek yang akan diproses, yang mana untuk sistem-sistem *linear* hal itu masih mudah untuk didapatkan, namun untuk sistem yang non linear maka sangat sulit sekali untuk mendapatkannya. Perancangan sistem kecerdasan buatan cukup memerlukan informasi penalaran dari perilaku proses, yang dapat berupa informasi dalam bentuk bahasa (*linguistic information*).
2. Dapat melakukan proses pembelajaran. Memiliki kemampuan untuk mengambil kesimpulan berdasarkan data masukan-keluaran yang terdahulu.
3. Dapat bersifat adaptif. Memiliki kemampuan untuk mengubah parameter atau mengadaptasi parameter *interna* sistem secara mandiri.
4. Dapat kokoh terhadap perubahan parameter objek. Kemampuan menagntisipasi perubahana parameter objek dengan mengadaptasi parameter internalnya.

Kecerdasan buatan banyak digunakan untuk memecahkan berbagai masalah seperti bisnis, robotika, bahasa alami, matematika, game, persepsi, diagnosis medis, teknik, analisis keuangan, analisis sains, dan penalaran [22].

2.2.10. Jaringan Syaraf Tiruan (JST) / *Artificial Neural Networks* (ANN)

Jaringan Syaraf Tiruan (JST) terinspirasi oleh cara kerja sistem saraf biologis, seperti otak memproses informasi. Sistem pemrosesan informasi terdiri dari sejumlah besar elemen pemrosesan (*neuron*) yang saling berhubungan yang bekerja sama untuk memecahkan masalah tertentu. JST, seperti halnya orang, belajar dengan contoh. Mirip dengan pembelajaran dalam sistem biologi, pembelajaran JST melibatkan penyesuaian pada koneksi sinaptik yang ada di antara *neuron*.

Neuron tiruan pertama diproduksi pada tahun 1943 oleh ahli saraf Warren McCulloch dan ahli logika Walter Pits. Namun teknologi yang tersedia saat itu tidak memungkinkan mereka berbuat terlalu banyak. Ada perbedaan yang signifikan antara cara jaringan saraf memecahkan masalah dibandingkan dengan algoritma standar. Dalam pendekatan algoritmik konvensional, komputer mengikuti serangkaian instruksi untuk memecahkan masalah. Langkah-langkah spesifik yang perlu diikuti komputer diketahui dan tanpa ini komputer tidak dapat menyelesaikan masalah. Tetapi komputer akan jauh lebih berguna jika mereka bisa melakukan hal-hal yang kita tidak tahu persis bagaimana melakukannya. Cara pemecahan masalah harus diketahui dan dinyatakan dalam instruksi kecil yang tidak ambigu. Instruksi ini kemudian diubah menjadi program bahasa tingkat tinggi dan kemudian menjadi kode mesin yang dapat dimengerti komputer. Mesin ini benar-benar dapat diprediksi; jika terjadi kesalahan karena kesalahan perangkat lunak atau perangkat keras.

Jaringan saraf belajar dengan contoh. Mereka tidak dapat diprogram untuk melakukan tugas tertentu. Contoh harus dipilih dengan hati-hati, jika tidak, waktu yang berguna akan terbuang percuma atau lebih buruk lagi jaringan mungkin tidak berfungsi dengan benar. Karena jaringan menemukan cara menyelesaikan masalah itu sendiri, operasinya tidak dapat diprediksi.

2.2.11. Konsep dasar jaringan syaraf tiruan

Pembagian arsitektur jaringan syaraf tiruan bisa dilihat dari kerangka kerja dan skema interkoneksi. Kerangka kerja jaringan syaraf tiruan bisa dilihat dari jumlah lapisan (*layer*) dan jumlah *node* pada setiap lapisan .

Lapisan-lapisan penyusun jaringan syaraf tiruan dapat dibagi menjadi tiga, yaitu [21]:

1) Lapisan *input* (*input* layer)

   Node-node di dalam lapisan *input* disebut unit-unit *input*. Unit-unit *input* menerima *input* dari dunia luar. *Input* yang dimasukkan merupakan penggambaran suatu masalah.

2) Lapisan tersembunyi (*hidden layer*)

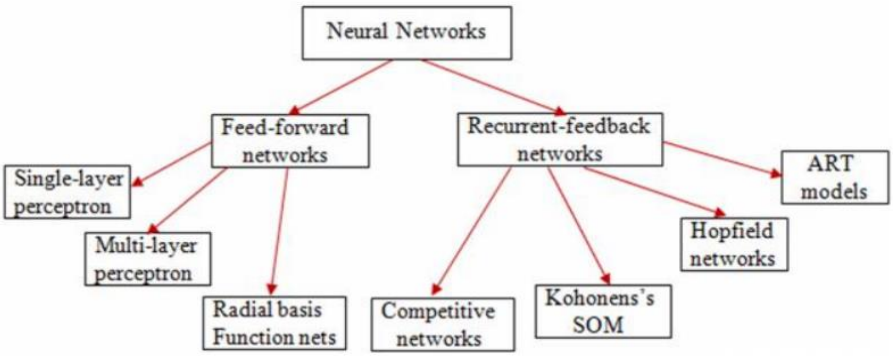
   Node-node di dalam lapisan tersembunyi disebut unit-unit tersembunyi. o*utput* dari lapisan ini tidak secara langsung dapat diamati.

3) Lapisan *output* (*output layer*)

   Node-node pada lapisan *output* disebut unit-unit *output*. Keluaran atau *output* dari lapisan ini merupakan *output* jaringan syaraf tiruan terhadap suatu permasalahan.

2.2.12. Jenis-jenis Jaringan Syaraf

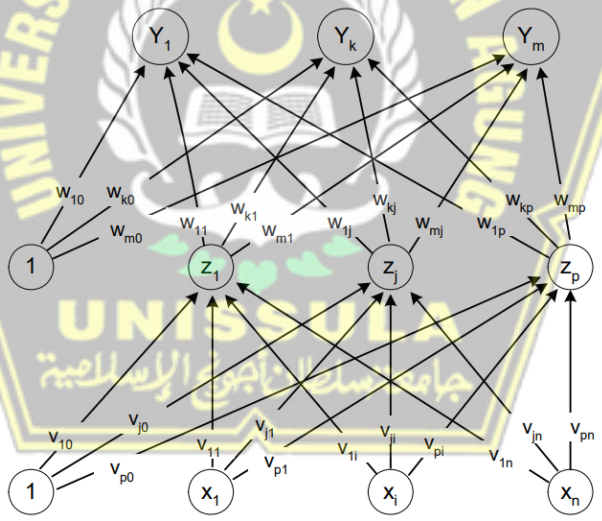
Mengenai pengelompokan jaringan syaraf tiruan, ada pula yang membagi ke dalam dua kelompok, yaitu jaringan syaraf tiruan umpan maju (*feed-forward networks*) dan jaringan syaraf tiruan berulang/umpan balik (R*ecurrent/feedback networks*). Jaringan syaraf tiruan umpan maju adalah graf yang tidak mempunyai loop, sedangkan jaringan syaraf tiruan berulang/umpan balik dicirikan dengan adanya *loop-lo*op koneksi balik. Jika mengikuti aturan ini, taksonomi jaringan syaraf tiruan akan tampak seperti pada Gambar 2.2 [21]:



Gambar 2.2. Taksonomi jaringan syaraf tiruan [21].

2.2.13. Algortima *Backpropagation*

Backpropagation memiliki beberapa unit yang ada dalam satu atau lebih layar tersembunyi. Gambar 2.3 adalah arsitektur *backpropagation* dengan *n* buah masukan (ditambah sebuah *bias*), sebuah layar tersembunyi yang terdiri dari *p* unit (ditambah sebuah *bias*), serta *m* buah unit keluaran [23].



Gambar 2.3. Arsitektur Algoritma *Backpropagation* [23]

Keterangan :

v_{ji} = bobot garis dari unit masukan x_i ke unit layar tersembunyi z_j

v_{j0} = bobot garis yang menghubungkan *bias* di unit masukan ke unit layar tersembunyi z_j

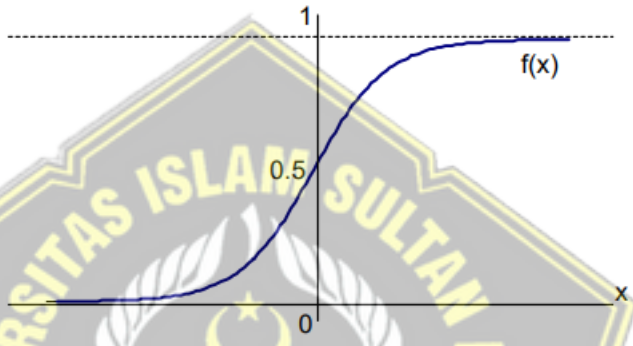
w_{kj} = bobot dari unit layar tersembunyi z_j ke unit keluaran y_k

w_{k0} = bobot dari *bias* di layar tersembunyi ke unit keluaran z_k

2.2.14. Fungsi Aktivasi

Dalam *backpropagation*, fungsi aktivasi yang dipakai harus memenuhi beberapa syarat yaitu : kontinu, terdiferensial dengan mudah dan merupakan fungsi yang tidak turun. Salah satu fungsi yang memenuhi ketiga syarat tersebut sehingga sering dipakai adalah fungsi *sigmoid biner* yang memiliki range (0, 1) [23].

$$f(x) = \frac{1}{1+e^{-x}} \text{ dengan turunan } f'(x) = f(x)(1 - f(x)) \quad \ldots(2.\ 1)$$

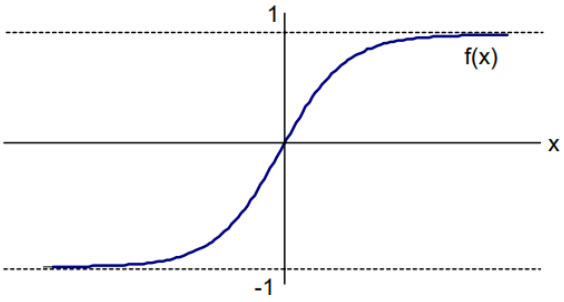


Gambar 2.4. Grafik fungsi *sigmoid biner*

Fungsi lain yang sering dipakai adalah fungsi *sigmoid bipolar* yang bentuk fungsinya mirip dengan fungsi *sigmoid biner*, tapi dengan range (-1, 1) [23]. Fungsi *sigmoid bipolar* biasa disebut sebagai fungsi *tansig* [24].

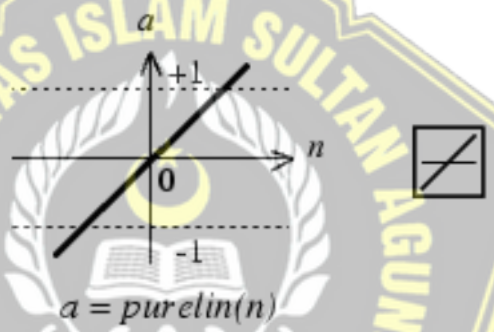
$$f(x) = \frac{2}{1+e^{-x}} - 1 \text{ dengan turunan } f'(x) = \frac{(1+f(x))(1-f(x))}{2} \quad \ldots(2.\ 2)$$

Fungsi *sigmoid* memiliki nilai maksimum = 1. Maka untuk pola yang targetnya > 1, pola masukan dan keluaran harus terlebih dahulu ditransformasi sehingga semua polanya memiliki range yang sama seperti fungsi *sigmoid* yang dipakai. Alternatif lain adalah menggunakan fungsi aktivasi *sigmoid* hanya pada *layer* yang bukan *layer* keluaran. Pada *layer* keluaran, fungsi aktivasi yang dipakai adalah fungsi identitas : *f(x) = x*.



Gambar 2.5. Grafik fungsi *sigmoid bipolar*[23]

Fungsi aktivasi *linier/purelin* akan memetakan masukan ke keluaran secara proporsional. Grafik dari fungsi *purelin* ditunjukkan oleh Gambar 2.6 [25].



Gambar 2.6. Fungsi aktivasi *linier/purelin*

Sedangkan rumus fungsi aktivasi *purelin* ditunjukkan oleh persamaan 2.3.

$$a = kn \quad \ldots(2.3)$$

di mana *k* adalah sembarang konstanta

2.2.15. Pelatihan Standar *Backpropagation*

Pelatihan *backpropagation* meliputi 3 fase. Fase pertama adalah fase maju. Pola masukan dihitung maju mulai dari *layer* masukan hingga *layer* keluaran menggunakan fungsi aktivasi yang ditentukan. Fase kedua adalah fase mundur. Selisih antara keluaran jaringan dengan target yang diinginkan merupakan kesalahan yang terjadi. Kesalahan tersebut dipropagasikan mundur, dimulai dari garis yang berhubungan langsung dengan unit-unit di *layer* keluaran. Fase ketiga adalah modifikasi bobot untuk menurunkan kesalahan yang terjadi.

Fase I : Propagasi maju

Selama propagasi maju, sinyal masukan (= x_i) dipropagasikan ke *layer* tersembunyi menggunakan fungsi aktivasi yang ditentukan. Keluaran dari setiap unit *layer* tersembunyi (= z_j) tersebut selanjutnya dipropagasikan maju lagi ke *layer* tersembunyi di atasnya menggunakan fungsi aktivasi yang ditentukan. Demikian seterusnya hingga menghasilkan keluaran jaringan (= y_k).

Berikutnya, keluaran jaringan (= y_k) dibandingkan dengan target yang harus dicapai (= t_k). Selisih $t_k - y_k$ adalah kesalahan yang terjadi. Jika kesalahan ini lebih kecil dari batas toleransi yang ditentukan, maka iterasi dihentikan. Akan tetapi apabila kesalahan masih lebih besar dari batas toleransinya, maka bobot setiap garis dalam jaringan akan dimodifikasi untuk mengurangi kesalahan yang terjadi.

Fase II : Propagasi mundur

Berdasarkan kesalahan $t_k - y_k$, dihitung faktor δk (k = 1,2 , ... , m) yang dipakai untuk mendistribusikan kesalahan di unit y_k ke semua unit tersembunyi yang terhubung langsung dengan y_k. δk juga dipakai untuk mengubah bobot garis yang berhubungan langsung dengan unit keluaran.

Dengan cara yang sama, dihitung faktor δ_j di setiap unit di layar tersembunyi sebagai dasar perubahan bobot semua garis yang berasal dari unit tersembunyi di layar di bawahnya. Demikian seterusnya hingga semua faktor δ di unit tersembunyi yang berhubungan langsung dengan unit masukan dihitung.

Fase III : Perubahan bobot

Setelah semua faktor δ dihitung, bobot semua garis dimodifikasi bersamaan. Perubahan bobot suatu garis didasarkan atas faktor δ *neuron* di *layer* atasnya. Sebagai contoh, perubahan bobot garis yang menuju ke *layer* keluaran didasarkan atas δ k yang ada di unit keluaran.

Ketiga fase terebut diulang-ulang terus hingga kondisi penghentian dipenuhi. Umumnya kondisi penghentian yang sering dipakai adalah jumlah iterasi atau kesalahan. Iterasi akan dihentikan jika jumlah iterasi yang dilakukan sudah melebihi jumlah maksimum iterasi yang ditetapkan, atau jika kesalahan yang terjadi sudah lebih kecil dari batas toleransi yang diijinkan.

2.2.16. Langkah Penyelesaian Algortima *Backpropagation*

Beberapa langkah penyelesaian algoritma *backpropagation* adalah:

Langkah 0 : Inisialisasi semua bobot dengan bilangan acak kecil.

Langkah 1 : Jika kondisi penghentian belum terpenuhi, lakukan langkah 2 – 9.

Langkah 2 : Untuk setiap pasang data pelatihan, lakukan langkah 3 – 8

Fase I : Propagasi maju

Langkah 3 : Tiap unit masukan menerima sinyal dan meneruskannya ke unit tersembunyi di atasnya.

Langkah 4 : Hitung semua keluaran di unit tersembunyi z_j, (j=1,2,…., p) menjumlahkan bobot sinyal input.

$$z_net_j = v_{j0} + \sum_{i=1}^{n} x_i\, v_{ji} \quad \ldots(2.4)$$

$$z_j = f(z_net_j) = \frac{1}{1+e^{-z_net_j}} \quad \ldots(2.5)$$

Keterangan :

x_i = sinyal masukan

z_j = Nilai *Hidden Layer*

y_k = Nilai *Output*

net = *Network* / Jaringan

v_{ji} = bobot garis dari unit masukan x_i ke unit layar tersembunyi z_j

v_{j0} = bobot garis yang menghubungkan *bias* di unit masukan ke unit layar tersembunyi z_j

w_{kj} = bobot dari unit layar tersembunyi z_j ke unit keluaran y_k

w_{k0} = bobot dari *bias* di layar tersembunyi ke unit keluaran z_k

Langkah 5 : Hitung semua keluaran jaringan di unit y_k (k = 1,2…..,m)

$$y_net_k = w_{k0} + \sum_{j=1}^{p} z_j v_{kj} \quad \ldots(2.6)$$

$$y_k = f(y_net_k) = \frac{1}{1+e^{-y_net_k}} \quad \ldots(2.7)$$

Fase II : Propagasi mundur (*Backpropagation*)

Langkah 6 : Hitung faktor δ unit keluaran berdasarkan kesalahan di setiap unit keluaran y_k (k = 1, 2, ... , m)

$$\delta_k = (t_k - y_k) f'(y_{net_k}) = (t_k - y_k)\, y_k(1 - y_k) \quad \ldots(2.8)$$

δ_k merupakan unit kesalahan yang akan dipakai dalam perubahan bobot layar di bawahnya (langkah 7)

Hitung suku perubahan bobot w_{kj} (yang akan dipakai nanti untuk merubah bobot w_{kj}) dengan laju percepatan α

$$\Delta w_{kj} = \alpha \delta_k z_j \quad ; \quad k = 1, 2, \ldots, m \quad ; \quad j = 0, 1, \ldots, p \quad \ldots(2.9)$$

Langkah 7 : Hitung faktor δ unit tersembunyi berdasarkan kesalahan di setiap unit tersembunyi z_j (j = 1, 2, ... , p)

$$\delta_net_j = \sum_{k=1}^{m} \delta_k w_{kj} \quad \ldots(2.10)$$

Faktor δ unit tersembunyi :

$$\delta_j = \delta_net_j\, f'(z_{net_j}) = \delta_{net_j}\, z_j(1 - z_j) \quad \ldots(2.11)$$

Hitung suku perubahan bobot v_{ji} (yang akan dipakai nanti untuk merubah bobot v_{ji})

$$\Delta v_{ji} = \alpha \delta_j x_i \quad ; \quad j = 1, 2, \ldots, p \quad ; \quad i = 0, 1, \ldots, n \quad \ldots(2.12)$$

Fase III : Perubahan Bobot

Langkah 8 : Hitung semua perubahan bobot

Perubahan bobot garis yang menuju ke unit keluaran :

$$w_{kj}(baru) = w_{kj}(lama) + \Delta w_{kj} \quad ; (k=1,2, \ldots, m \; ; \; j=0,1, \ldots, p)$$

$\ldots(2.13)$

Perubahan bobot garis yang menuju ke unit tersembunyi :

$$v_{ji}(baru) = v_{ji}(lama) + \Delta v_{ji} \quad ; (j=1,2, \ldots, p \; ; \; j=0,1, \ldots, n) \quad \ldots(2.14)$$

Setelah pelatihan selesai dilakukan, jaringan dapat dipakai untuk pengenalan pola. Dalam hal ini, hanya propagasi maju (langkah 4 dan 5) saja yang dipakai untuk menentukan keluaran jaringan.

Apabila fungsi aktivasi yang dipakai bukan sigmoid biner, maka langkah 4 dan 5 harus disesuaikan. Demikian juga turunannya pada langkah 6 dan 7.

2.2.17. Evaluasi

Evaluasi hasil menggunakan nilai *Mean Squared Error* (MSE) dan koefisien korelasi.

1) MSE

MSE adalah metode lain untuk mengevaluasi metode peramalan. Masing-masing kesalahan atau sisa dikuadratkan. Pendekatan ini mengatur kesalahan peramalan yang besar karena kesalahan-kesalahan itu dikuadratkan. Metode itu menghasilkan kesalahan-kesalahan sedang yang kemungkinan lebih baik untuk kesalahan kecil, tetapi kadang menghasilkan perbedaan yang besar. MSE merupakan cara kedua untuk mengukur kesalahan peramalan keseluruhan. MSE merupakan rata-rata selisih kuadrat antara nilai yang diramalkan dan yang diamati. Kekurangan penggunaan MSE adalah bahwa MSE cenderung menonjolkan deviasi yang besar karena adanya pengkuadratan. Persamaan untuk menghitung MSE terdapat pada persamaan 2.15 [26].

$$MSE = \sum_{t=1}^{n} \frac{(x_t + F_t)^2}{n} \quad \ldots(2.15)$$

F = nilai peramalan pada periode *t*
n = Jumlah data
xt = data aktual

2) Koefisien Korelasi

Korelasi merupakan salah satu metode stastistik yang digunakan untuk mengetahui ada atau tidaknya hubungan serta arah hubungan dari

dua variabel atau lebih, sedangkan koefisien korelasi adalah bilangan yang menyatakan besar kecilnya suatu hubungan [27].

Koefisien korelasi penggunaannya adalah sebagai metrika pencocokan untuk menghitung tingkat kemiripan (*similarity degree*) atau ketidakmiripan (*disimilarity degree*) dua vektor ciri [28]. Dan rumus *R* atau koefisien korelasi dapat dideskripsikan pada persamaan 2.16 [29].

$$R = \frac{n\sum_{i=1}^{n} x_i.y_i - (\sum_{i=1}^{n} x_i)(\sum_{i=1}^{n} y_i)}{\sqrt[2]{(n\sum_{i=1}^{n} x^2 i) - (\sum_{i=1}^{n} x_1)^2} - \sqrt[2]{(n\sum_{i=1}^{n} y^2 i) - (\sum_{i=1}^{n} y_i)^2}} \quad \ldots(2.16)$$

Keterangan :

R = nilai koefisien korelasi antara target dan hasil prediksi JST

n = banyaknya data

x = nilai target data asli/aktual ke-*n*

y = nilai hasil prediksi JST asli/aktual ke-*n*.

Tabel 2. 1. Hubungan Koefisien Korelasi [30]

Interval Koefisien	**Tingkat Korelasi**
0	Tidak ada korelasi
>0 – 0.25	Sangat lemah
>0.25 – 0.5	Cukup
>0.5 – 0.75	Kuat
>0.75 – 0.99	Sangat Kuat
1	Sempurna

BAB III
METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan pada penelititian ini adalah metode konstruktif dengan membangun dan menguji alat. Pada bab ini akan dibahas Tahapan penelitian, arsitektur / sistem model penelitian, bahan/materi penelitian, Sub Sistem JST.

3.1. Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian dilakukan melalui beberapa tahapan. Tahapan -tahapan tersebut ditunjukkan pada diagram berikut ini :

Gambar 3.1. Diagram Tahapan Penelitian

3.1.1. Persiapan

1) Persiapan *Software*

Software yang digunakan pada penelitian ini adalah Matlab R2018a. Sebelum bisa terkoneksi dengan Arduino, Matlab harus diinstall *add-on* terlebih dahulu yaitu :

a) MATLAB *Support Package for Arduino Hardware*,
b) Simulink *Support Package for Arduino Hardware*,
c) Simulink *Library for Arduino DHT sensor and LCD*.

2) Mengkoneksikan, Mengupload, dan Mensimulasikan Matlab Simulink dengan Arduino Mega 2560.

Untuk mengkoneksikan Matlab Simulink dengan Arduino tahapannya adalah sebagai berikut:

a) Ke-3 *add-on* tersebut sudah terinstall.
b) Arduino Mega 2560 sudah terhubung dengan komputer melalui kabel USB.

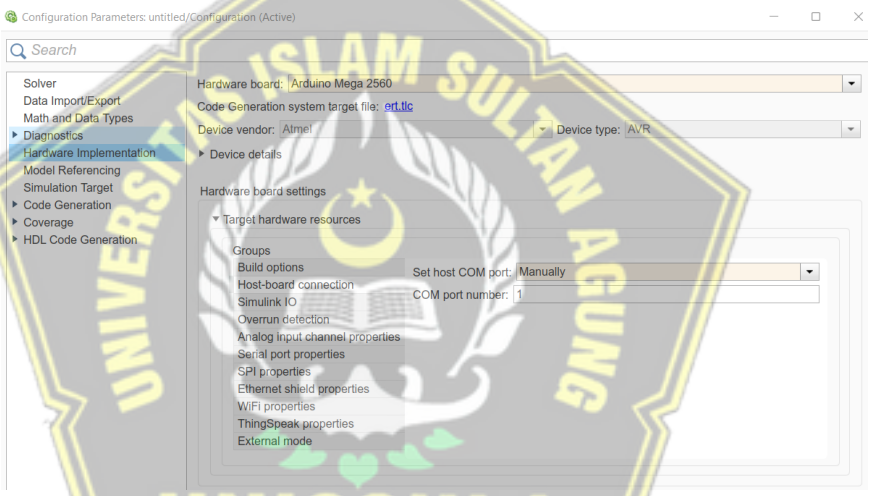
c) Untuk Masuk ke antar muka Simulink dapat melalui *toolbar* Simulink atau perintah "Simulink" pada *Command Window* Matlab.

d) Menjalankan *Tool - Run on Target Hardware - Prepare Run* pada Simulink

e) Masuk ke jendela *configuration parameters - Hardware Implementation* seperti Gambar 3.2

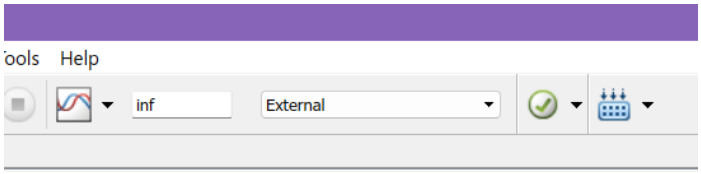
f) Memilih Arduino Mega 2560 Pada *Hardware Board.*

g) Pada *target hardware resources* – tab *Host-board connection*, *set host* COM *port* pada posisi *Manually* dan COM *port number* yang sesuai.

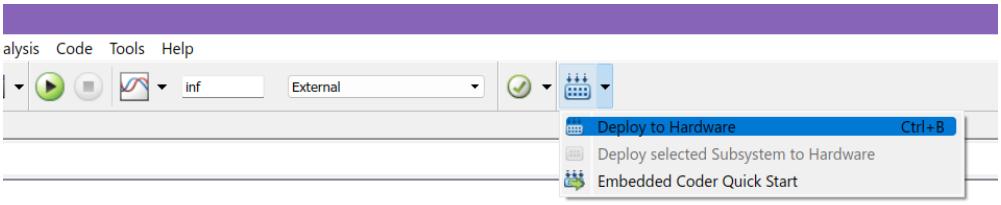


Gambar 3.2. *Configuration Parameter* Matlab Simulink

h) Menginput "inf" pada *simulation stop time* dan *External* pada *simulation mode* dipilih seperti Gambar 3.3.



Gambar 3.3. *Simulation Stop Time & Simulation Mode*



Gambar 3.4. Upload dan Simulasi Arduino dan Matlab Simulink

i) *Deploy to Hardware* dipilih untuk mengupload ke Arduino dan atau toolbar *Simulate* untuk mensimulasikan. *Code Generation Report* muncul untuk mengkonfirmasikan bahwa upload program berjalan dengan baik atau belum.

3) Kalibrasi Sensor

a). Sensor DHT 11 & Sensor LM35

Sensor DHT 11 & LM35 dikalibrasi dengan kalibrator *Thermocouple Thermometer data logger*. Langkah kerjanya adalah sebagai berikut :

1. Sensor DHT11 & LM35 diletekan berhimpitan dengan sensor alat kalibrator di ruang tertutup dan terisolasi.
2. Udara panas dialirkan ke dalam ruangan tersebut.
3. Catat hasil pembacaan sensor DHT11 dan LM35 melalui Simulink dan alat kalibrator tersebut.
4. Data yang dihasilkan diolah ke dalam MS Excel.

b). Sensor XD-58C

Sensor XD-58C dikalibrasi dengan kalibrator *pulse oxim*eter Langkah kerjanya adalah sebagai berikut :

1. Sensor XD-58C diletakan pada lengan, Alat kalibrator diletakan pada jari.
2. Catat nilai detak jantungXD-58C melalui Simulink dan *pulse oxim*eter secara manual.
3. Data yang tercatat diolah ke dalam MS Excel.

3.1.2. Data *Input* dan *Target*

1) Pengambilan Data *Input* dan *Target*

Data didapatkan dari memvariasikan parameter suhu ruang, suhu kulit bayi, dan *Heart Rate* seperti pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Variasi data latih

Kondisi Kesehatan Bayi (Suhu)	Jumlah Data	Temp. Ruang T_r (˚C)	Temp. *Skin* T_s (˚C)	Heart Rate H_r (bpm)
Hipothermia Berat, h_3	100	16 – 24.9	28 – 31.9	50 - 99
Hipothermia Sedang, h_2	100	16 – 24.9	32 - 35,9	50 - 99
Hipothermia Ringan, h_1	100	16 – 24.9	36 - 36,4	50 - 99
Normal, n	100	25 – 28	36.5 – 37.4	100-160
Hiperthermia, H_1	100	28.1 - 45	37.5 – 40	161 -200
Hiperthermia Berat, H_2	100	28.1 - 45	41 - 45	161 - 200

2) Normalisasi Data *Input* dan *Target*

Data tersebut dinormalisasi ke dalam range 0,1 - 0,9 sesuai formulasi pada Persamaan 3.1 [31]. Parameter normalisasi seperti pada Tabel 3. 2.

$$x' = \frac{0.8\,(x-a)}{b-a} + 0.1 \qquad \ldots(3.\ 1)$$

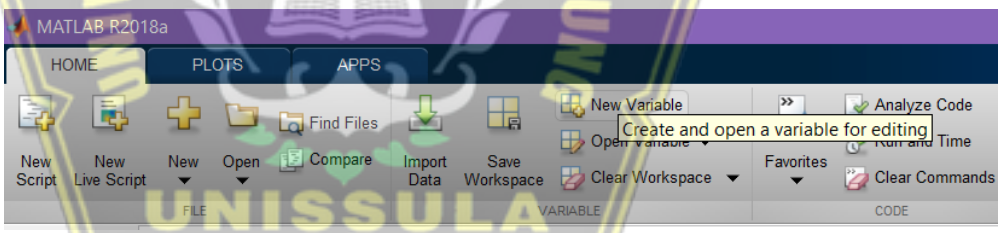
x' = nilai data ke-*n* setelah dinormalisasi
a = data nilai minimum
b = data nilai maksimum

Tabel 3. 2. Parameter Normalisasi

Parameter	Nilai minimum, a	Nilai minimum, b	Nilai minimum normalisasi, a'	Nilai maksimum normalisasi, b'
Temp. Ruang, T_r	0	100	0.1	0.9
Temp. *Skin*, T_s	0	100	0.1	0.9
Heart Rate, H_r	0	200	0.1	0.9
Hipothermia Berat, h_3	0	1	0.1	0.9
Hipothermia Sedang, h_2	0	1	0.1	0.9
Hipothermia Ringan, h_1	0	1	0.1	0.9
Normal, n	0	1	0.1	0.9
Hiperthermia, H_1	0	1	0.1	0.9
Hiperthermia Berat, H_2	0	1	0.1	0.9

3) Menambahkan Variabel ke Matlab

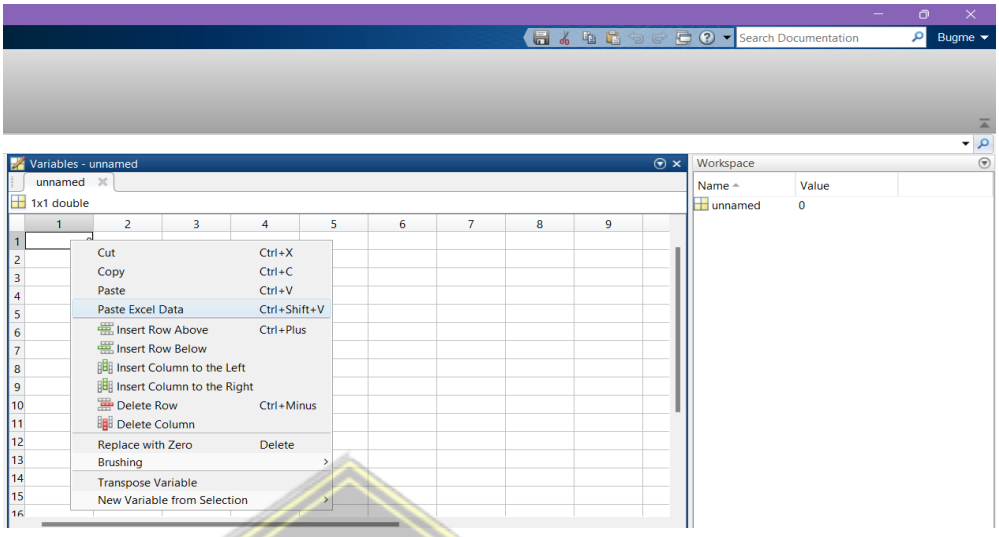
a) Variabel ditambahkan melakui *toolbar* "*New Variable*" seperti Gambar 3.5.



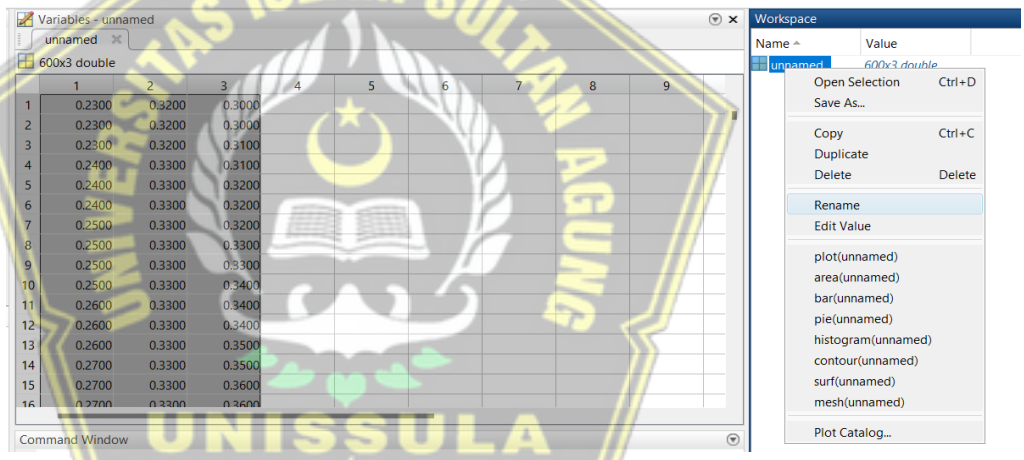
Gambar 3.5. *Toolbar New Variable*

b) Variabel dari Excel di "*Paste*" ke Matlab melalui "*Paste Excel Data*" seperti Gambar 3.6 dan me-*rename* nama variabel pada *workspace* seperti Gambar 3.7. Dengan prosedur yang sama untuk variabel data *input* dan data *target* seperti Gambar 3.8.

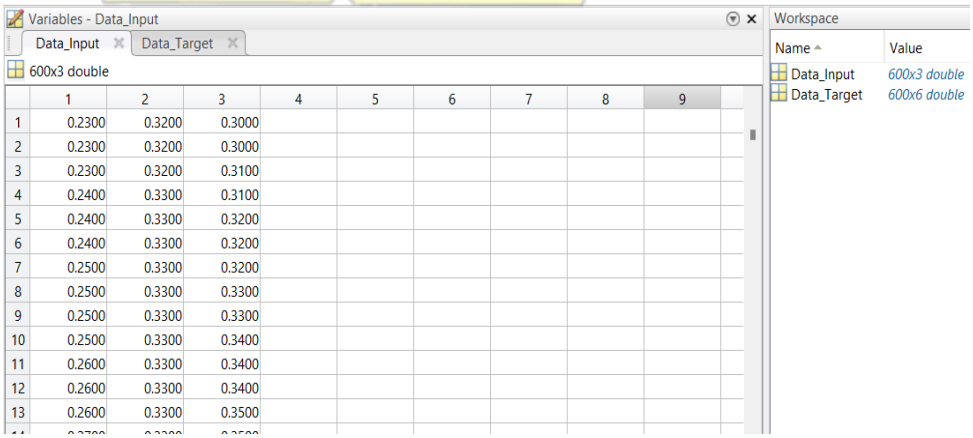
c) Data tersebut selanjutnya disimpan.



Gambar 3.6 *Paste Excel Data*



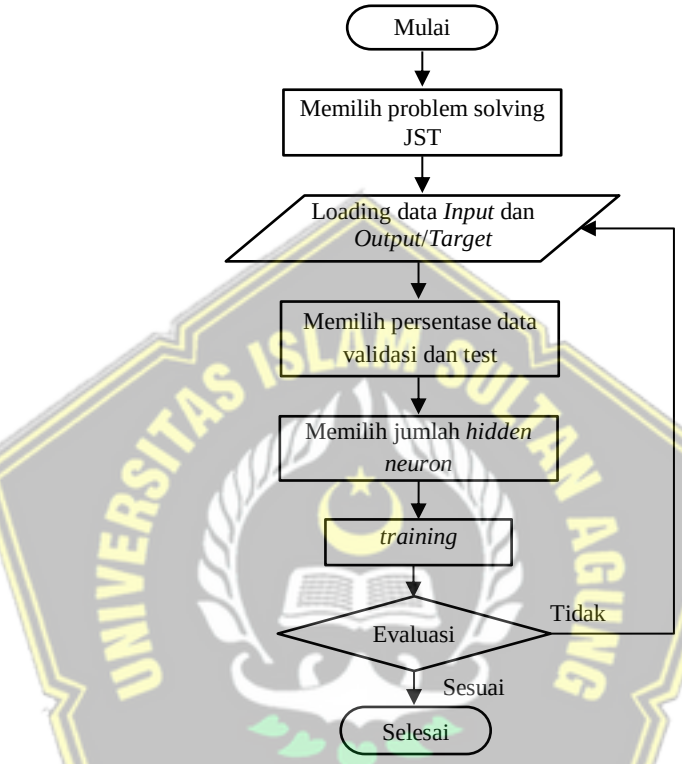
Gambar 3.7. *Rename* nama variable



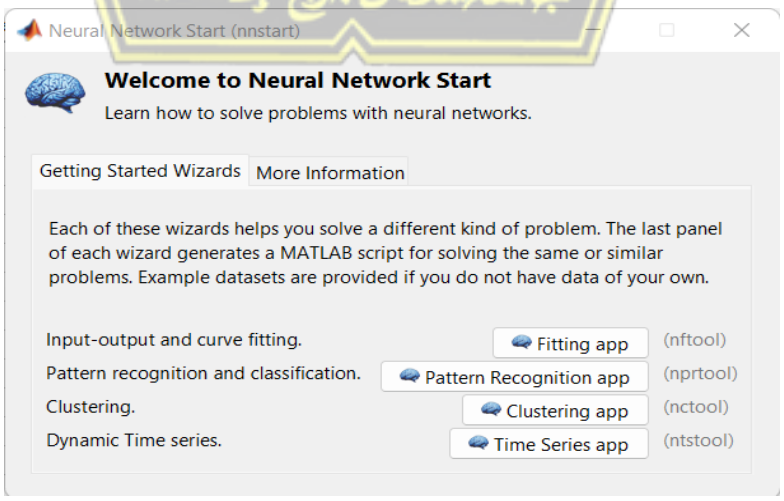
Gambar 3.8. Variabel data_input dan data_target

3.1.3. Pelatihan JST

Flowchart pada Gambar 3.9 merupakan urutan proses pelatihan JST. Pelatihan JST menggunakan Software Matlab R2018a dengan *toolbox* nnstart seperti Gambar 3.10.

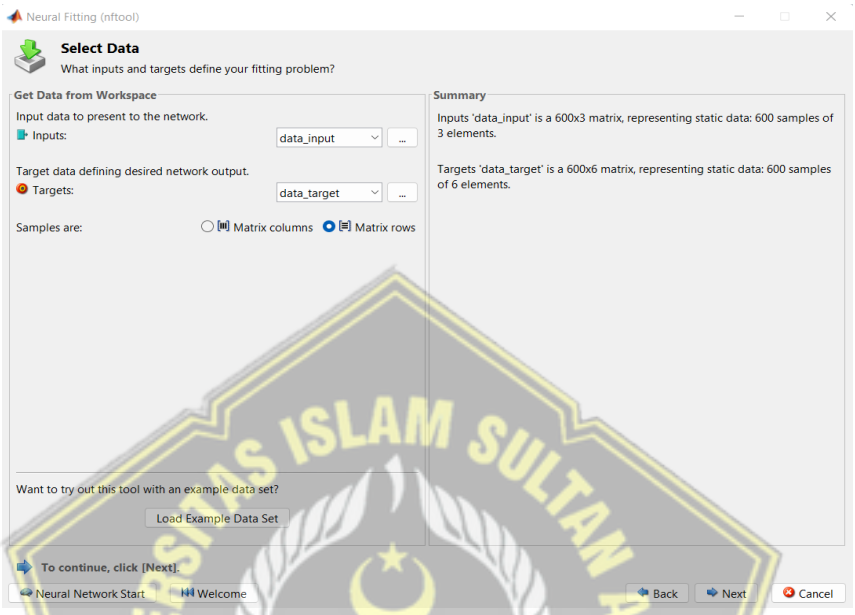


Gambar 3.9. *Flowchart* pelatihan atau *training*



Gambar 3.10. *Toolbox* nnstart Matlab

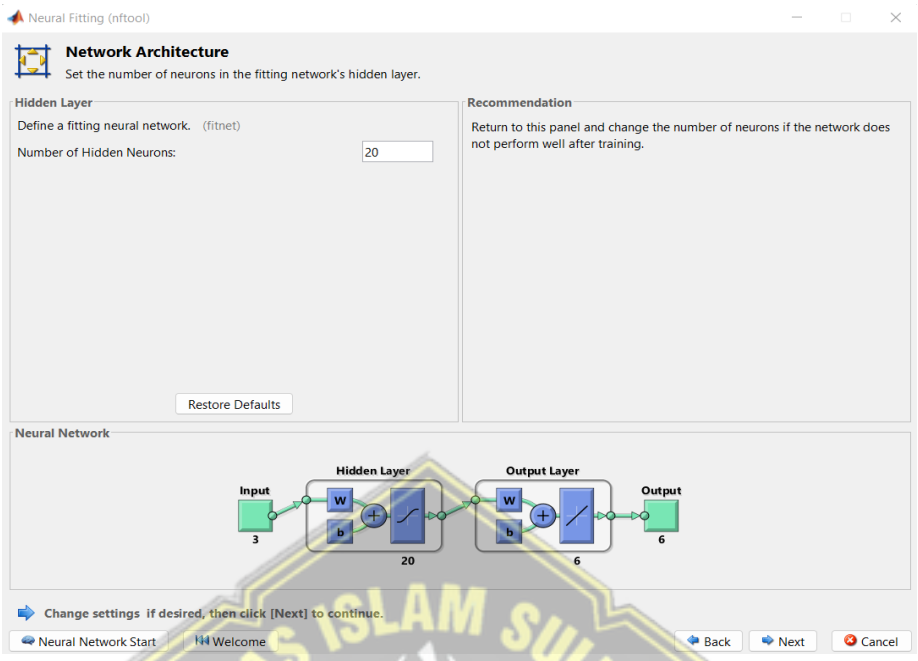
Pada aplikasi ini *fitting app* digunakan sebagai aplikasi *solve problem*-nya karena *fitting app* sesuai dengan permasalahan di dalam penelitian ini. Selanjutnya data *input* dan data *target* dipilih seperti pada Gambar 3.11.



Gambar 3.11. *Select* data *input* dan data *target*

Langkah selanjutnya adalah *input* persentase data validasi sebesar 5% dan data testing sebesar 10% dan *hidden layer* sebanyak 20 *hidden neuron*.

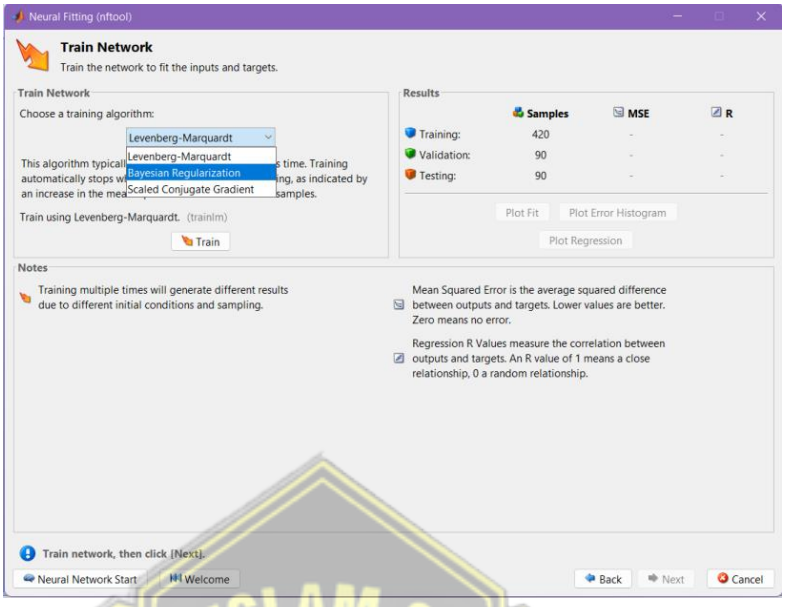
Gambar 3.12. Jumlah *sample* data validasi dan data *testing*



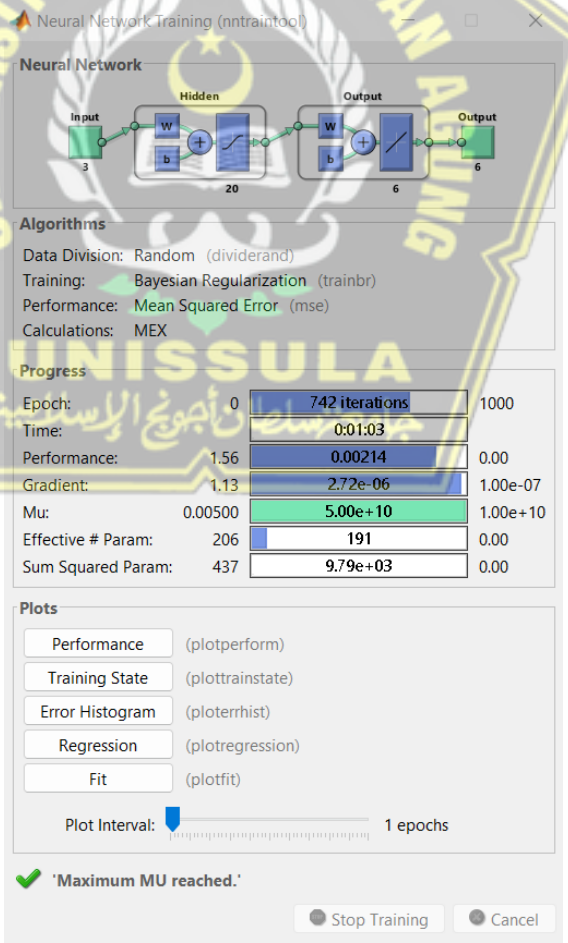
Gambar 3.13. Menentukan jumlah *hidden neuron*

Proses selanjutnya adalah *Training*. *Training network* menggunakan algoritma *Bayesian Regularization* (Gambar 3.14) karena dapat menghasilkan generalisasi yang baik untuk dataset yang sulit, kecil atau *noisy*, walaupun algoritma ini membutuhkan lebih banyak waktu. Pelatihan berhenti ketika salah satu dari kondisi ini terjadi:

a) Jumlah maksimum *epoch* (pengulangan) tercapai.
b) Jumlah waktu maksimum terlampaui.
c) Performa diminimalkan untuk *goal* atau tujuan.
d) *Gradien* kinerja turun di bawah min_grad.
e) *mu* melebihi *mu_max*.

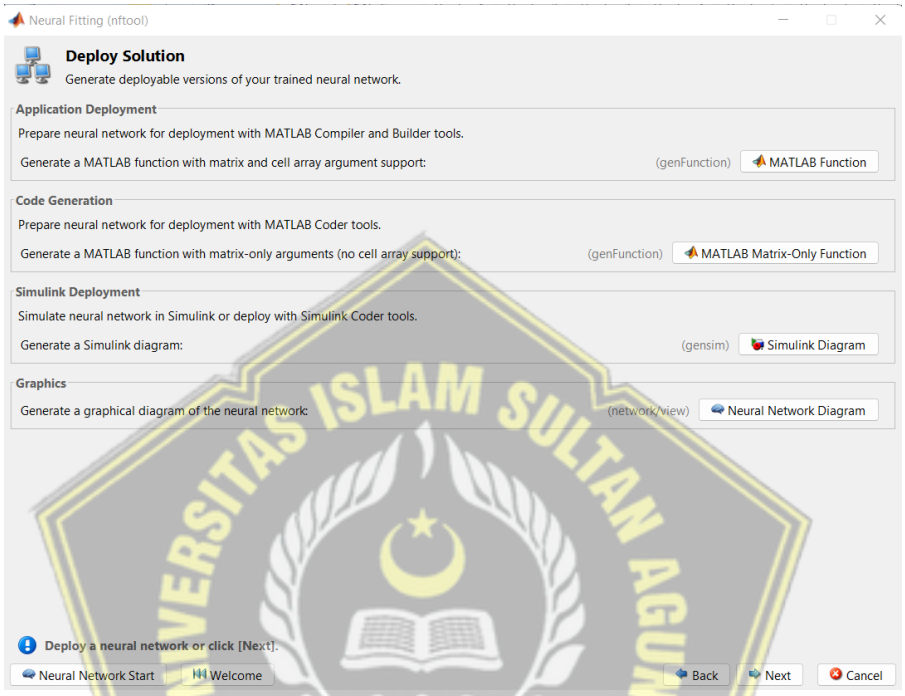


Gambar 3.14. Memilih *training* algoritma

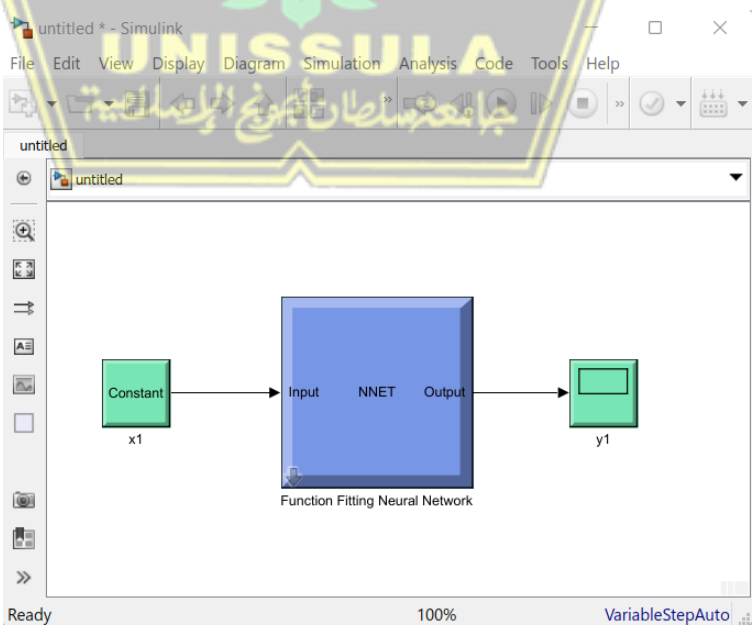


Gambar 3.15. *Neural Network Training*

Jika hasil yang didapatkan belum baik maka proses akan dievaluasi kembali. Jika hasilnya sudah baik, proses selanjutnya merubah hasil JST ke diagram Simulink melalui Simulink *Deployment* seperti Gambar 3.16 dan selanjutnya menghasilkan diagram Simulink JST seperti Gambar 3.17.

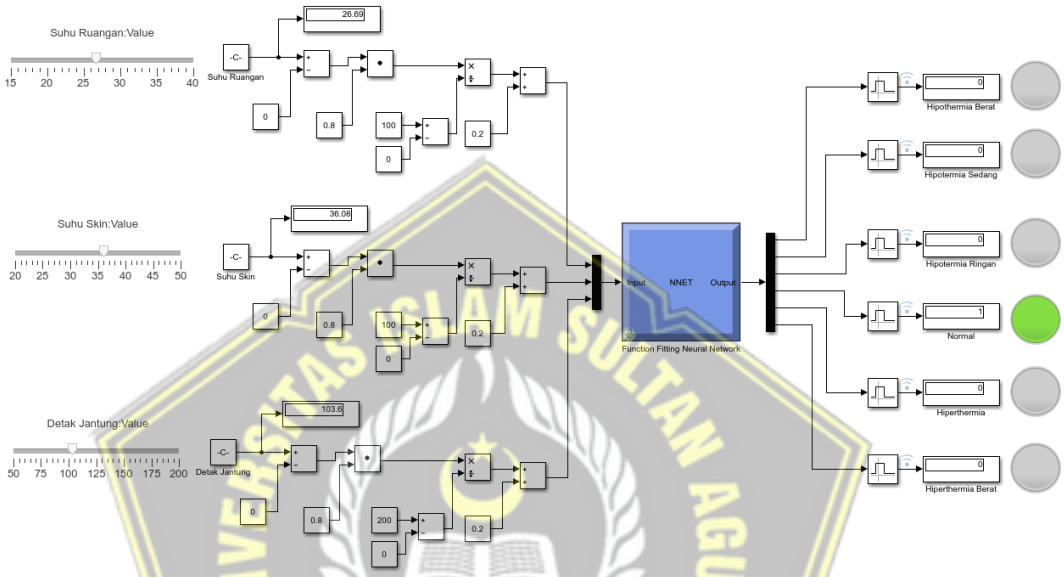


Gambar 3.16 JST *Deploy Solution*



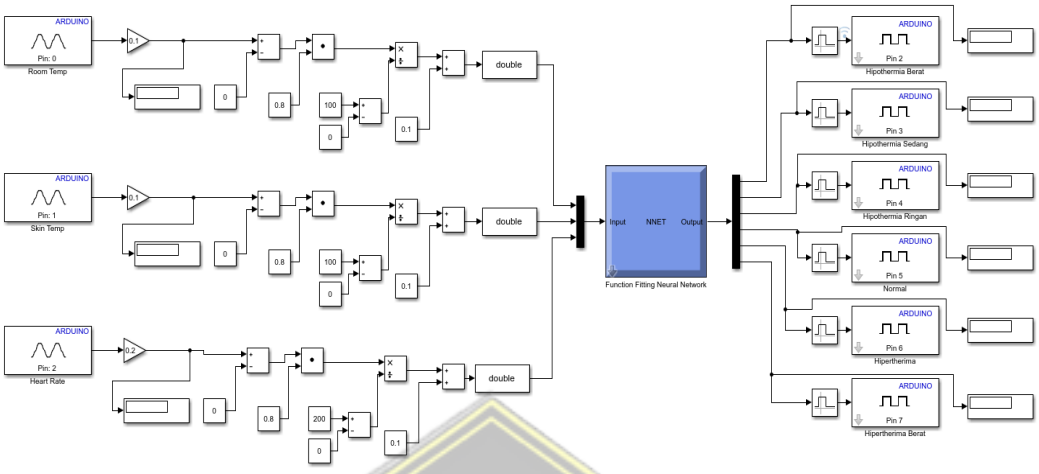
Gambar 3.17 Hasil Diagram Simulink JST

Proses selanjutnya adalah membuat *function block* di dalam matlab Simulink untuk proses simulasi. *Funtion Block Neural Network Simulink* diambil dari hasil pelatihan JST pada Gambar 3.17, Blok rangkaian simulasi seperti Gambar 3. 18.

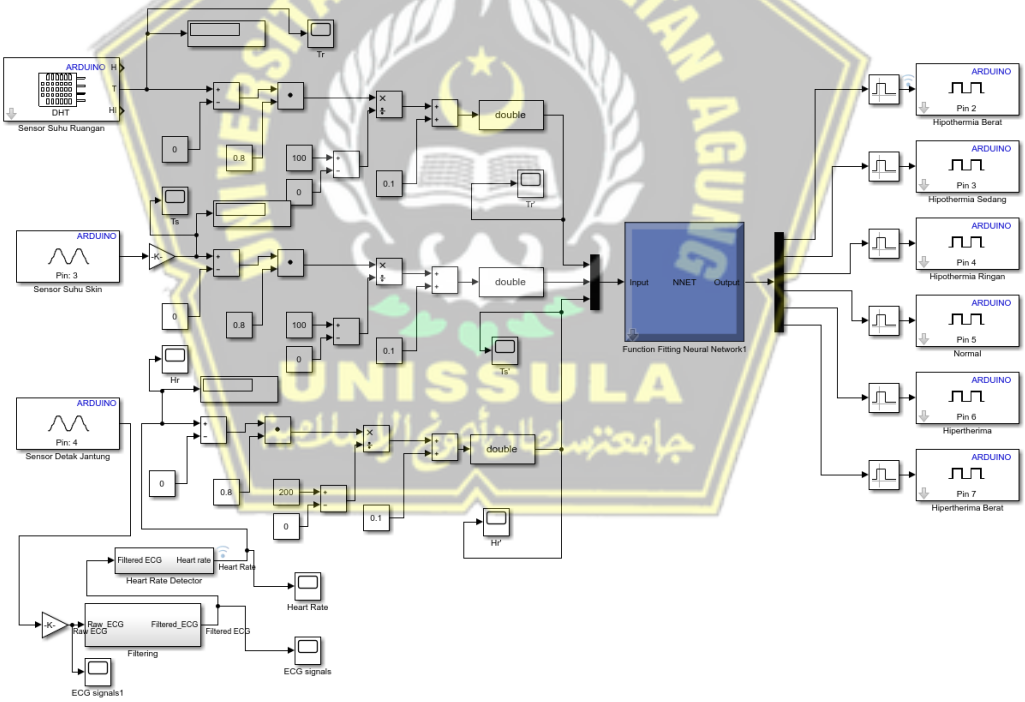


Gambar 3. 18. Fungsi Blok Simulasi dengan Simulink

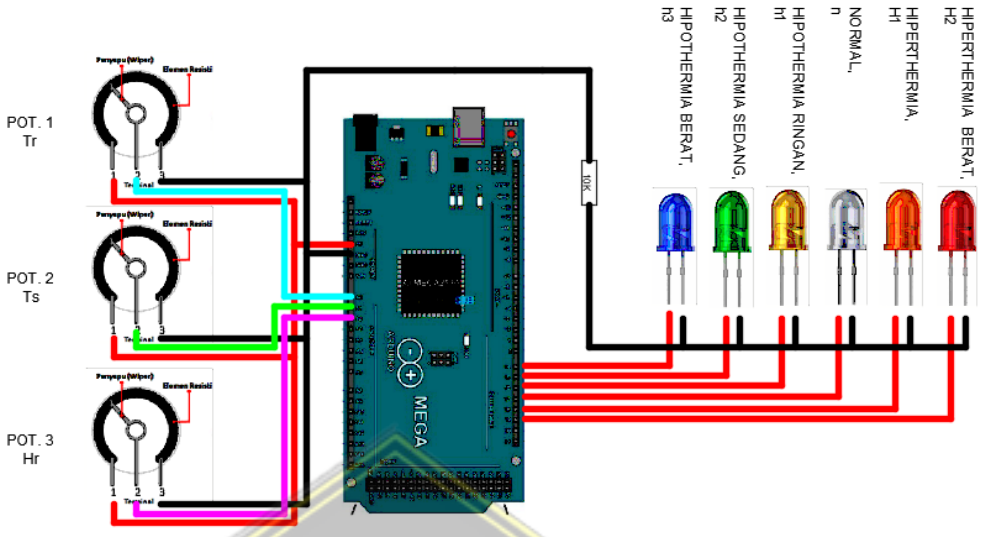
Setelah hasil yang didapatkan sesuai, selanjutnya membuat blok fungsi untuk diupload ke *hardware* dengan sensor pembacaan suhu ruangan yang didapatkan dari DHT 11, pembacaan sensor *skin* yang didapatkan dari LM35 yang disimulasikan dengan menggunakan potensiometer, pembacaan detak jantung menggunakan modul sensor pulsa XD-58C yang disimulasikan dengan potensiometer. Fungsi blok untuk di upoad ke *hardware* seperti Gambar 3.19 dan Gambar 3.20 dan wiring diagram seperti pada Gambar 3.21 dan Gambar 3.22.



Gambar 3.19 Fungsi Blok untuk di *Upload* menggunakan Simulasi *potensiometer*



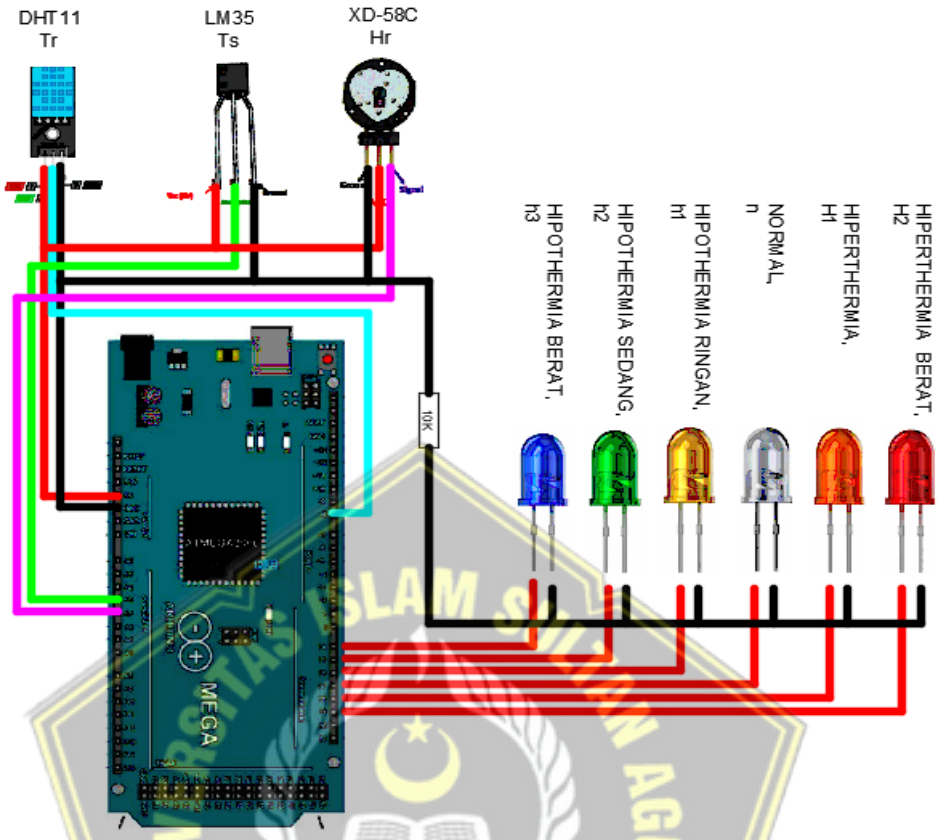
Gambar 3.20. Fungsi Blok untuk di *Upload* menggunakan sensor



Gambar 3.21. *Wiring Diagram* menggunakan Potensiometer

Gambar 3.21 merupakan wiring diagram simulasi hardware menggunkan *Potensiometer*. POT.1 untuk simulasi suhu ruang incubator, POT.2 untuk simulasi suhu *skin* dan POT.3 untuk simulasi detak jantung. Pin 1 pada POT.1, POT.2, POT.3 dihubungkan dengan 5V, Pin 3 dengan GND pada Arduino Mega 2560. Pin 2 pada POT.1 dihubungkan dengan A0, pada POT.2 dihubungkan dengan A1, pada POT.3 dihubungkan dengan A2. LED 1-6 pada kaki negatif dihubungkan dengan *Resistor* 10K Ohm dan selanjutnya dihubungkan ke GND Arduino Mega 2560. LED h3 pada kaki Positif dihubungkan dengan pin 14, LED h2 dengan pin 15, dan LED h2 dengan pin 16, LED n dengan pin 17, LED H1 dengan pin 18, LED H2 dengan pin 19.

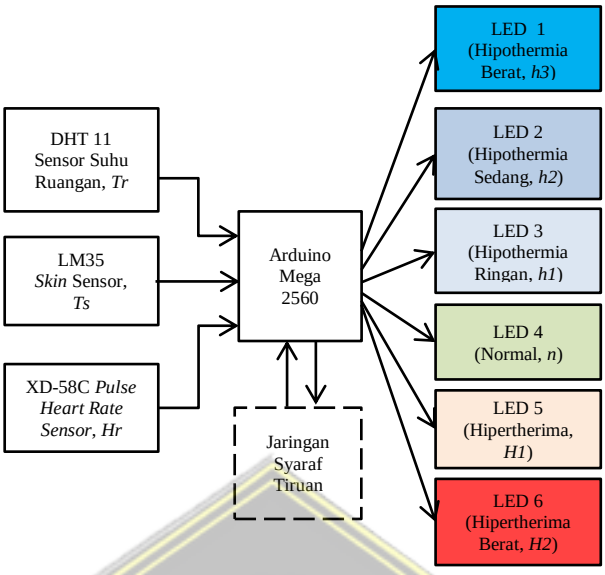
Gambar 3.22 merupakan wiring diagram menggunakan sensor. Pada DHT 11, Pin VCC dihubungkan dengan 5V, Pin GND dengan GND, Pin *Out* dengan Pin 8 Arduino Mega 2560. Untuk LM35, Pin VCC dihubungkan dengan 5V, Pin GND dengan GND, Pin *Analog Out* dengan Pin A3 Arduino Mega 2560. Untuk XD-58C, Pin VCC dihubungkan dengan 5V, Pin GND dengan GND, Pin *Signal* dengan Pin A4 Arduino Mega 2560. Koneksi untuk LED 1-6 sama dengan *wiring diagram* menggunakan *Potensiometer*



Gambar 3.22. *Wiring Diagram* menggunakan Sensor

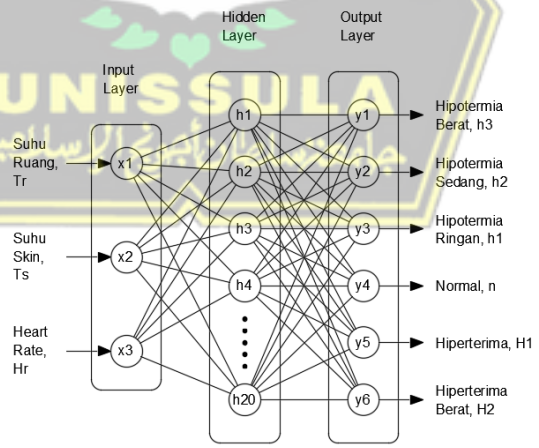
3.2. Arsitektur / Sistem Model Penelitian

Diagram blok arsitektur / sistem model penelitian pada penelitian ini adalah seperti pada Gambar 3.23. Penelitian ini menggunakan DHT 11 sebagai sensor suhu ruangan inkubator, LM35 sebagai *skin sensor*, dan XD-58C sebagai sensor detak jantung. Selanjutnya data dari sensor tersebut dibaca dan diproses di Arduino Mega 2560. Hasil pemrosesan JST ditampilkan melalui LED 1 sampai LED 6.

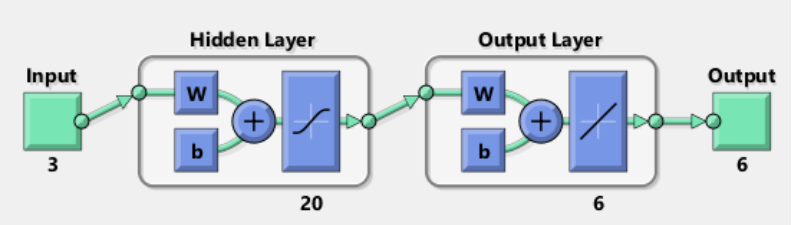


Gambar 3.23. Diagram Blok Arsitektur Sistem

Penelitian ini menggunakan tiga *input layer* yaitu : Suhu Ruang (*Tr*), Suhu *Skin* (*Ts*), *Heart Rate* (*Hr*), *Hidden Layer* sebanyak 20 *Hidden Layer*, dan enam *Output Layer* meliputi : kondisi hipotermia berat (*h3*), kondisi hipotermia sedang (*h2*), kondisi hipotermia ringan (*h1*), kondisi normal (*n*), kondisi hipertermia (*H1*), kondisi hipertermia berat (*H2*).



Gambar 3.24. Arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan

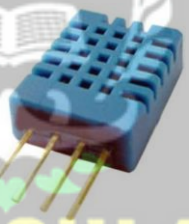


Gambar 3.25. Arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan (Matlab)

3.3. Bahan / Materi Penelitian

3.3.1. Modul Sensor DHT11

Sensor DHT11 adalah sensor suhu & kelembaban dengan *output* sinyal digital yang terkalibrasi. Sensor ini mempunyai stabilitas jangka panjang yang sangat baik. Sensor ini mencakup komponen pengukuran kelembaban tipe resistif dan komponen pengukuran suhu NTC, dan terhubung ke mikrokontroler 8-bit berkinerja tinggi, respon cepat, kemampuan anti-interferensi, dan efektivitas biaya.

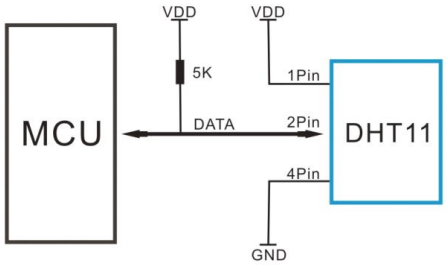


Gambar 3. 26. Sensor DHT 11 [32]

Setiap elemen DHT11 sudah dikalibrasi. Koefisien kalibrasi disimpan sebagai program dalam memori OTP, yang digunakan oleh proses pendeteksian sinyal internal sensor. Antarmuka serial kabel tunggal membuat integrasi sistem menjadi cepat dan mudah. [32].

Tabel 3. 3. Spesifikasi DHT 11

Item	*Measurement Range*	*Humidity Accuracy*	*Temperature Accuracy*	Resolution
DHT11	20-90% RH 0-50 ℃	±5%RH	±2℃	1



Gambar 3.27. *Typical Aplication* DHT 11 [32]

3.3.2. Sensor LM35

Seri LM35 adalah perangkat suhu sirkuit terpadu yang presisi dengan tegangan *output* proporsional linier dengan suhu *Celcius*. Perangkat LM35 memiliki keunggulan dibandingkan sensor suhu linier yang dikalibrasi dalam Kelvin, karena pengguna tidak perlu mengurangi tegangan konstan yang besar dari *output* untuk mendapatkan penskalaan *Celcius*. Perangkat LM35 tidak memerlukan kalibrasi atau pemangkasan eksternal apa pun untuk memberikan akurasi tipikal ±¼°C pada suhu kamar dan ±¾°C pada rentang suhu penuh -55°C hingga 150°C. Impedansi keluaran rendah, keluaran linier, dan kalibrasi bawaan yang tepat dari perangkat LM35 membuat antarmuka ke sirkuit pembacaan atau kontrol menjadi sangat mudah. Perangkat ini digunakan dengan catu daya tunggal, atau dengan catu plus dan minus. Karena perangkat LM35 hanya menarik 60 μA dari suplai, perangkat ini memiliki pemanasan sendiri yang sangat rendah yaitu kurang dari 0,1°C di udara diam. Perangkat LM35 dinilai untuk beroperasi pada rentang suhu -55 °C hingga 150 °C [33].

Gambar 3.28. LM 35 [33]

3.3.3. Sensor XD-58C

Modul sensor pulsa XD-58C ini digunakan untuk mengukur detak jantung. Modul sensor ini diterapkan secara luas untuk mengembangkan karya interaktif terkait detak jantung. Modul sensor ini juga memiliki program APP *open source* yang dapat menampilkan detak jantung secara real-time dalam grafik. Sensor detak jantung terintegrasi dengan penguat optik dan sirkuit penghilang kebisingan [32].

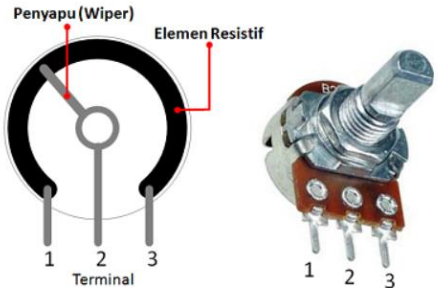
Spesifikasi :

- LED *peak wavelength* : 515nm
- *Power supply* : 3.3V/5V
- *Output type* : analog
- *Output signal* : 0~3.3 / 0~5V
- *Dimensions* : 1.6 cm x 1.6 cm x 0.4 cm

Gambar 3.29. Modul Sensor pulsa XD-58C

3.3.4. Potensiometer

Potensiometer (POT) adalah salah satu jenis resistor yang nilai resistansinya dapat diatur sesuai dengan kebutuhan Rangkaian Elektronika ataupun kebutuhan pemakainya. Potensiometer merupakan keluarga resistor yang tergolong dalam kategori *variable* resistor. Secara struktur, Potensiometer terdiri dari 3 kaki Terminal dengan sebuah *shaft* atau tuas yang berfungsi sebagai pengaturnya. Gambar 3. 30 menunjukan struktur *internal* potensiometer beserta bentuk dan Simbolnya [34].



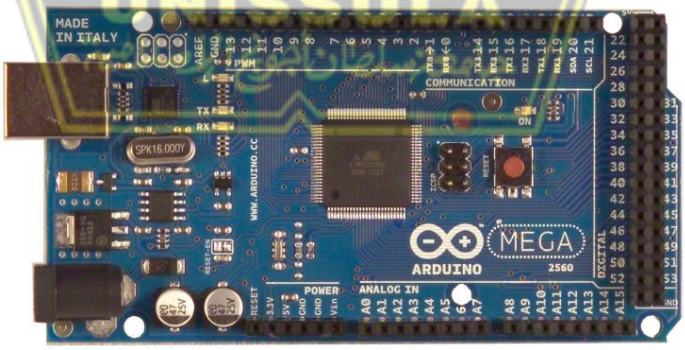
Gambar 3. 30. Potensiometer

Keterangan :

1. Penyapu atau disebut juga dengan Wiper
2. Element Resistif
3. Terminal

3.3.5. Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560 adalah papan mikrokontroler berbasis ATmega2560. Arduino Mega 2560 memiliki 54 pin *input/output digital* (14 di antaranya dapat digunakan sebagai *output* PWM), 16 input analog, 4 UART (port serial perangkat keras), osilator kristal 16 MHz, koneksi USB, colokan listrik, *header* ICSP, dan tombol reset.



Gambar 3.31. Arduino Mega 2560

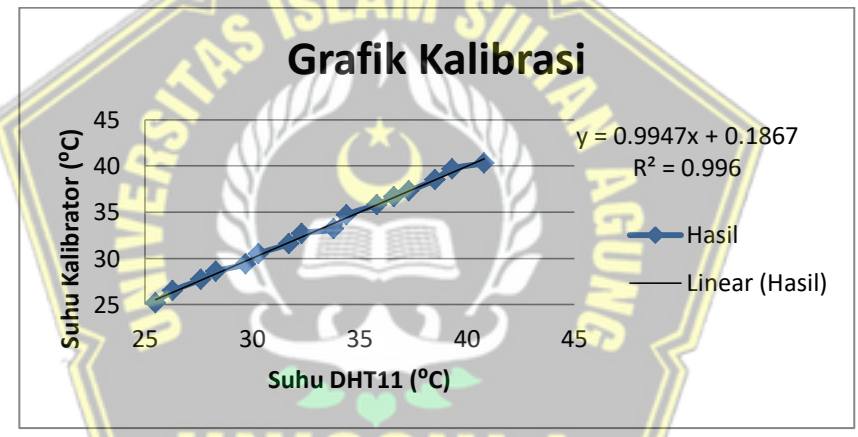
BAB IV
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pada Bab ini akan dibahas tentang analisa dan hasil pengujian, meliputi data input dan target, data hasil normalisasi, nilai MSE, dan grafik korelasi.

4.1. Hasil Kalibrasi Alat

4.1.1. Kalibrasi Suhu DHT11

Hasil pengujian pembacaan suhu DHT11 dengan alat kalibrator adalah sebagai berikut :

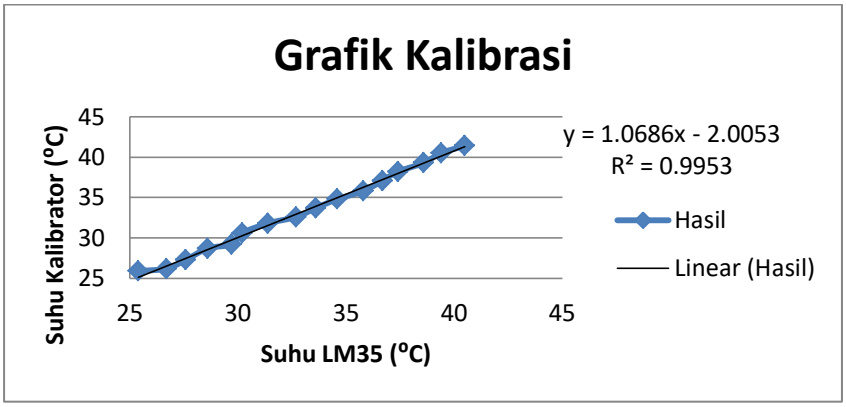


Gambar 4.1. Grafik Kalibrasi suhu DHT 11 dengan Kalibrator

Dari grafik tersebut nilai R^2 = 0,99 yang berarti hubungan antara kesesuaian suhu DHT11 dan kalibrator sangat kuat, sehingga tingkat akurasi 99%.

4.1.2. Kalibrasi Sensor LM35

Hasil pengujian pembacaan suhu LM35 dengan alat kalibrator adalah sebagai berikut :

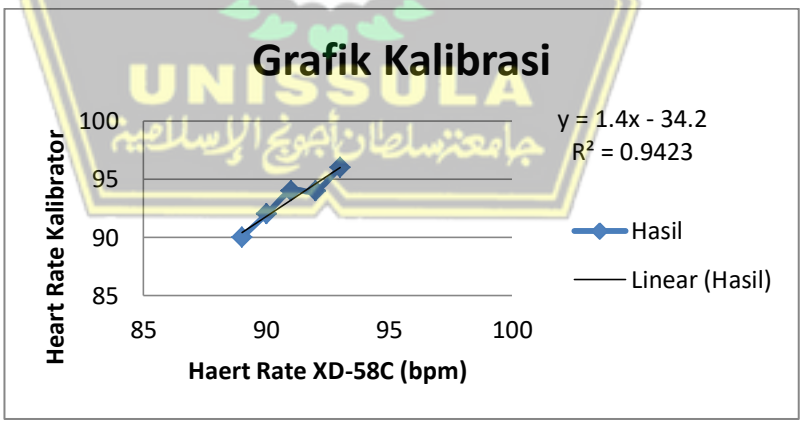


Gambar 4.2. Grafik Kalibrasi suhu LM35 dengan Kalibrator

Dari grafik tersebut nilai R^2 = 0,99 yang berarti hubungan antara kesesuaian suhu LM35 dan kalibrator sangat kuat, sehingga tingkat akurasi 99%.

4.1.3. Kalibrasi Sensor XD-58C

Hasil pengujian pembacaan suhu LM35 dengan alat kalibrator adalah sebagai berikut :



Gambar 4.3. Grafik kalibrasi XD-58C dengan Kalibrator

Dari grafik tersebut nilai R^2 = 0,94 yang berarti hubungan antara kesesuaian suhu LM35 dan kalibrator sangat kuat, sehingga tingkat akurasi 94%.

4.2. Data Input dan Target

Data input dan target untuk pelatihan Jaringan Syaraf tiruan adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 1. Data input dan target

No	Data Input			Data Target					
	T_r	T_s	H_r	h_3	h_2	h_1	n	H_1	H_2
1	16.00	28.00	50	1	0	0	0	0	0
2	16.36	28.05	51	1	0	0	0	0	0
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
99	24.19	32.80	98	1	0	0	0	0	0
100	24.54	32.85	99	1	0	0	0	0	0
101	16.00	32.00	50	0	1	0	0	0	0
102	16.36	32.04	51	0	1	0	0	0	0
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
199	24.19	35.82	98	0	1	0	0	0	0
200	24.54	35.86	99	0	1	0	0	0	0
201	16.00	36.00	50	0	0	1	0	0	0
202	16.36	36.00	51	0	0	1	0	0	0
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
299	24.19	36.39	98	0	0	1	0	0	0
300	24.54	36.40	99	0	0	1	0	0	0
301	25.00	36.50	100	0	0	0	1	0	0
302	25.12	36.51	101	0	0	0	1	0	0
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
399	27.78	37.38	159	0	0	0	1	0	0
400	27.90	37.39	160	0	0	0	1	0	0
401	28.00	37.50	161	0	0	0	0	1	0
402	28.71	37.53	161	0	0	0	0	1	0
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
499	44.29	39.95	199	0	0	0	0	1	0
500	45.00	39.98	200	0	0	0	0	1	0
501	28.00	40.00	161	0	0	0	0	0	1
502	28.71	40.05	161	0	0	0	0	0	1
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
599	44.29	44.90	199	0	0	0	0	0	1
600	45.00	44.95	200	0	0	0	0	0	1

Tabel 4. 1 merupakan data latih pada penelitian ini terdiri dari data *Input* yaitu : suhu ruang (*Tr*), suhu *skin* (*Ts*), *hearth rate* (*Hr*), dan data Target meliputi : kondisi hipotermia berat (*h3*), kondisi hipotermia sedang (*h2*), kondisi hipotermia ringan (*h1*), kondisi normal (*n*), kondisi hipertermia (*H1*), kondisi hipertermia berat (*H2*).

4.1 Data Hasil Normalisasi

Selanjutnya data hasil penelitian tersebut dinormalisasikan ke dalam range 0,1 s.d 0,9 sehingga didapatkan hasil seperti pada Tabel 4. 2.

Tabel 4. 2. Data Normalisasi input dan target

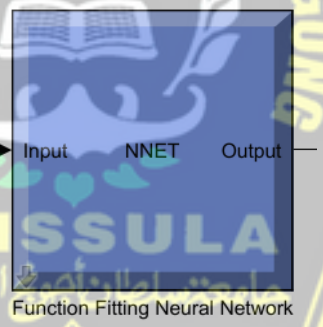
No	Normalisasi Data Input			Normalisasi Data Target					
	T_r	T_s	H_r	$h_{3'}$	$h_{2'}$	$h_{1'}$	N'	$H_{1''}$	H_2
1	0.23	0.32	0.30	0.90	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
2	0.23	0.32	0.30	0.90	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
99	0.29	0.36	0.49	0.90	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
100	0.30	0.36	0.50	0.90	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
101	0.23	0.36	0.30	0.10	0.90	0.10	0.10	0.10	0.10
102	0.23	0.36	0.30	0.10	0.90	0.10	0.10	0.10	0.10
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
199	0.29	0.39	0.49	0.10	0.90	0.10	0.10	0.10	0.10
200	0.30	0.39	0.50	0.10	0.90	0.10	0.10	0.10	0.10
201	0.23	0.39	0.30	0.10	0.10	0.90	0.10	0.10	0.10
202	0.23	0.39	0.30	0.10	0.10	0.90	0.10	0.10	0.10
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
299	0.29	0.39	0.49	0.10	0.10	0.90	0.10	0.10	0.10
300	0.30	0.39	0.50	0.10	0.10	0.90	0.10	0.10	0.10
301	0.30	0.39	0.50	0.10	0.10	0.10	0.90	0.10	0.10
302	0.30	0.39	0.50	0.10	0.10	0.10	0.90	0.10	0.10
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
399	0.32	0.40	0.74	0.10	0.10	0.10	0.90	0.10	0.10
400	0.32	0.40	0.74	0.10	0.10	0.10	0.90	0.10	0.10
401	0.32	0.40	0.74	0.10	0.10	0.10	0.10	0.90	0.10
402	0.33	0.40	0.75	0.10	0.10	0.10	0.10	0.90	0.10

No	Normalisasi Data Input			Normalisasi Data Target					
	T_r	T_s	H_r	$h_{3'}$	$h_{2'}$	$h_{1'}$	N'	$H_{1''}$	H_2
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
499	0.45	0.42	0.90	0.10	0.10	0.10	0.10	0.90	0.10
500	0.46	0.42	0.90	0.10	0.10	0.10	0.10	0.90	0.10
501	0.32	0.42	0.74	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.90
502	0.33	0.42	0.75	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.90
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
599	0.45	0.46	0.90	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.90
600	0.46	0.46	0.90	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.90

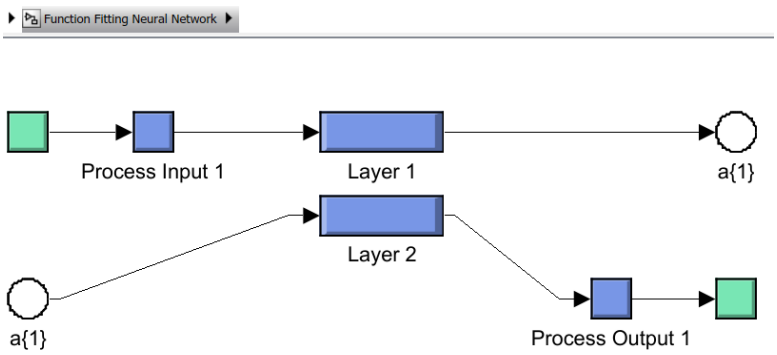
Data Input tersebut secara *random* dipisahkan menjadi data pelatihan sebanyak 510 data (85%), data validasi sebanyak 30 data (5%) dan data pengujian sebanyak 60 data (10%).

4.3. Jaringan Syaraf Tiruan (JST)

Hasil dari pelatihan JST berupa fungsi blok seperti Gambar 4.4. Di dalam fungsi blok tersebut terdapat *subsystem* seperti Gambar 4.5.



Gambar 4.4. *Function Fitting Neural Network*

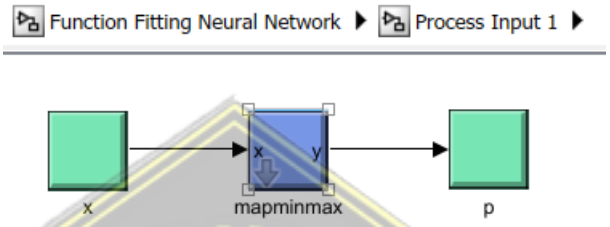


Gambar 4.5. *Subsystem* JST

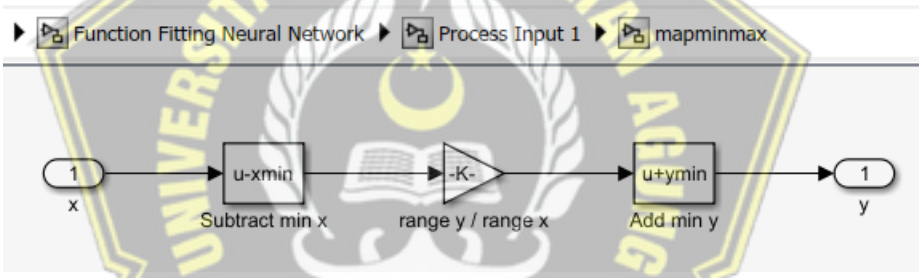
1) *Subsystem Process Input 1*

Subsystem Process input 1 terdiri dari blok *port input x*, mapminmax dan *port output p* seperti Gambar 4.6. Blok mapminmax berfungsi untuk menormalisasi *input* ke *range* -1 s/d 1 dengan rumus:

$$y = (y_{max}-y_{min})*(x-x_{min})/(x_{max}-x_{min}) + y_{min} \quad \ldots (4.1)$$



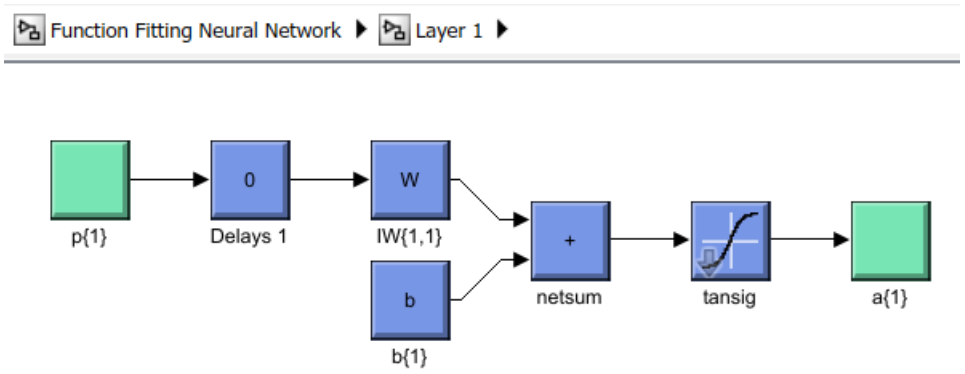
Gambar 4.6. *Subsystem Process Input 1*



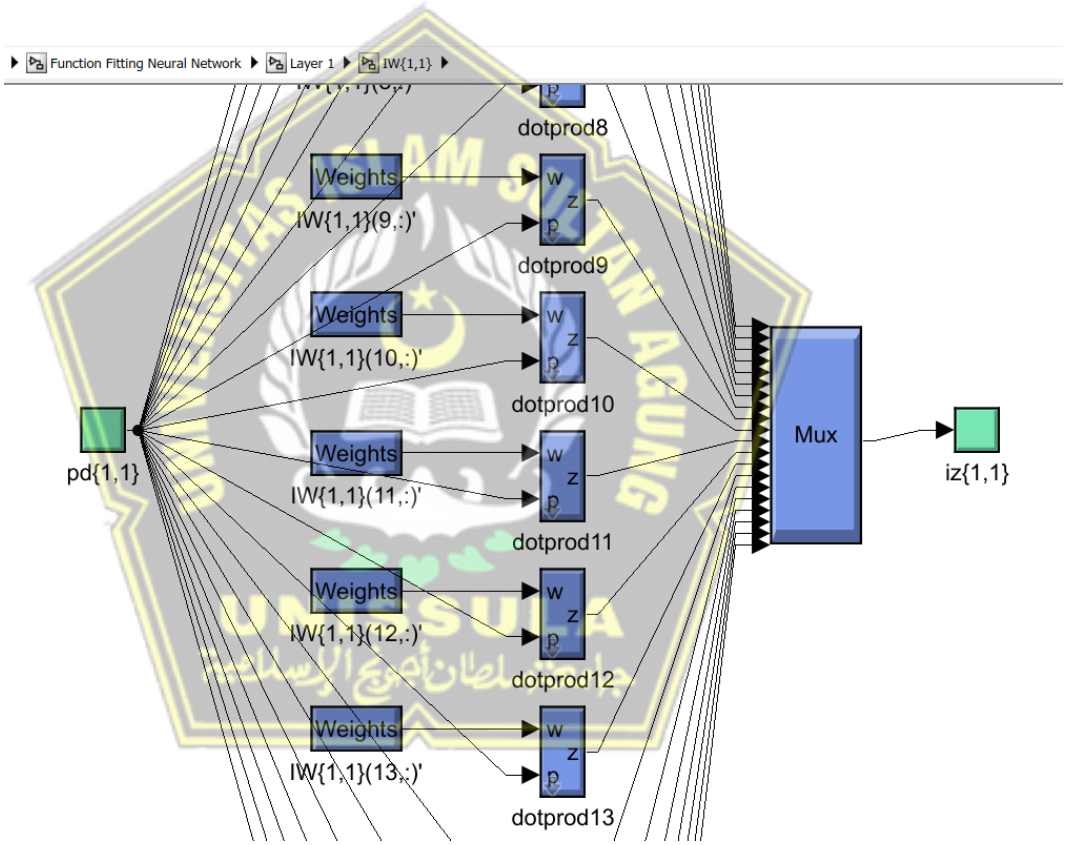
Gambar 4.7. *Subsystem* blok mapminmax

2) *Subsystem Layer 1*

Subsystem Layer 1 pada Gambar 4.6 merupakan fungsi pada *hidden layer* yang terdiri dari blok *port* p{1} sebagai *input, Delay 1 dengan nilai delay 0, IW{1,1}* sebagai *weights* atau nilai bobot, b{1} sebagai *bias*, netsum sebagai fungsi penjumlahan hasil perhitungan bobot dan *bias*, tansig sebagai fungsi aktivasi tansig, dan a{1} sebagai *port output*.



Gambar 4.8 *Subsystem Layer* 1

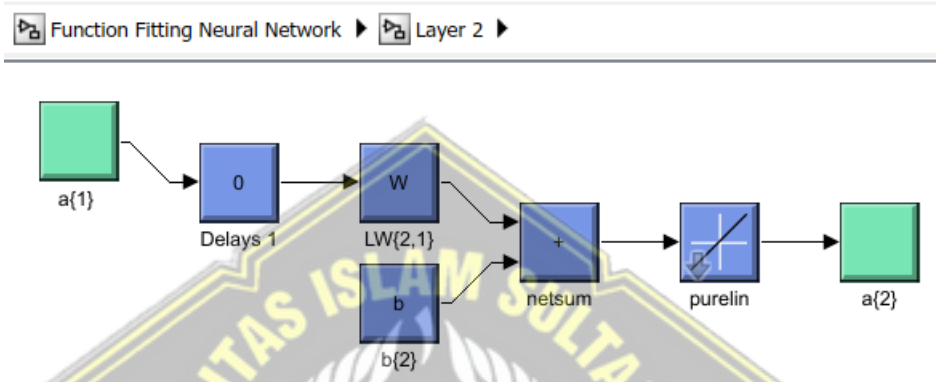


Gambar 4.9. Subsystem IW{1,1}

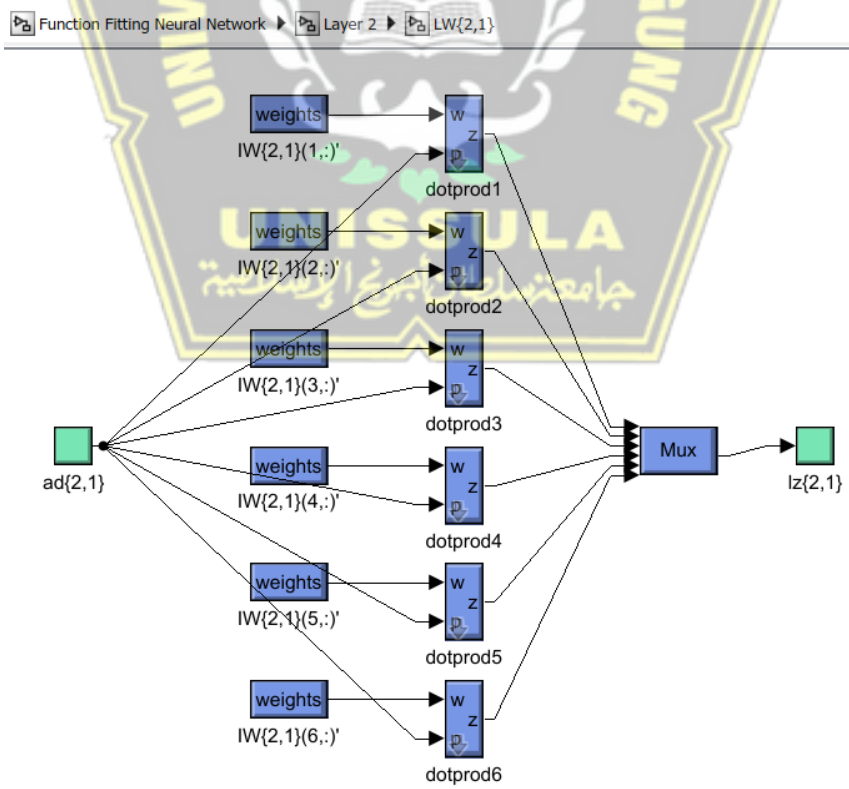
Gambar 4.9 merupakan subsystem IW{1,1} yang terdiri dari *port* pd{1,1} sebagai input, blok IW{1,1}(n,:)' yang berjumlah 20 sebagai bobot, blok dotprod yang berfungsi mengalikan bobot dengan input dari *port* pd{1,1}, blok Mux yaitu blok multiplex *scalar* yang berfungsi menggabungkan sinyal *input* dan blok iz{1} sebagai *port output*.

3) *Subsystem Layer* 2

Subsystem layer 2 pada Gambar 4.10 merupakan fungsi pada *output layer*. *Subsystem* layer 2 terdiri dari blok *port* a{1} sebagai *input*, *Delay 1 dengan nilai delay 0*, *LW{2,1}* sebagai *weights* atau nilai bobot, b{2} sebagai *bias*, netsum sebagai fungsi penjumlahan hasil perhitungan bobot dan *bias*, purelin sebagai fungsi aktivasi purelin, dan a{1} sebagai *port output*.



Gambar 4.10. *Subsystem Layer* 2

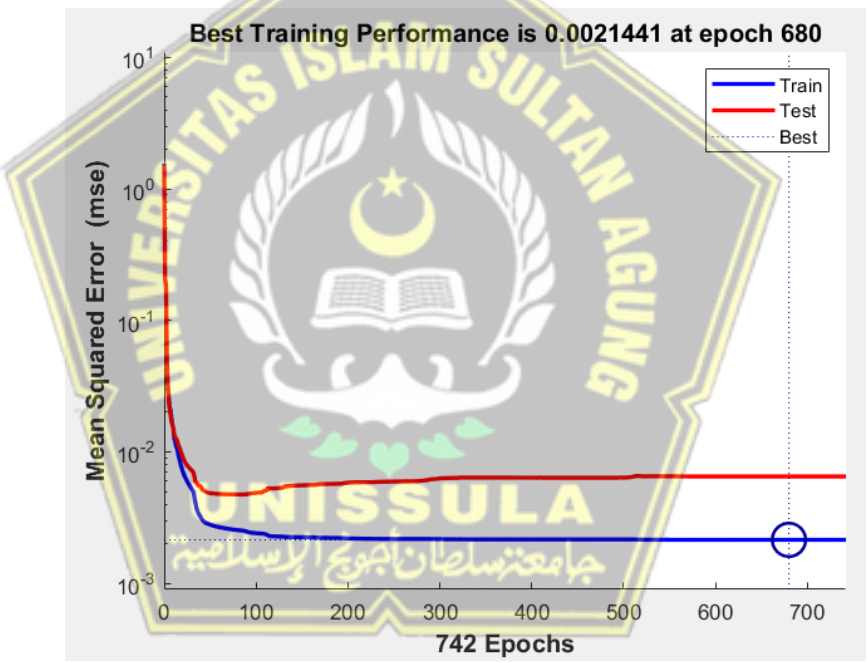


Gambar 4.11. *Subsystem* LW{2,1}

Gambar 4.11 merupakan subsystem LW{1,1} yang terdiri dari *port* ad{2,1} sebagai input, blok IW{2,1}(n,:)' yang berjumlah 6 sebagai bobot, blok dotprod yang berfungsi mengalikan bobot dengan input dari *port* ad{2,1}, blok Mux yaitu blok multiplex *scalar* yang berfungsi menggabungkan sinyal *input* dan blok iz{2,1} sebagai *port output*.

4.4. Nilai MSE (*Mean Square Error*)

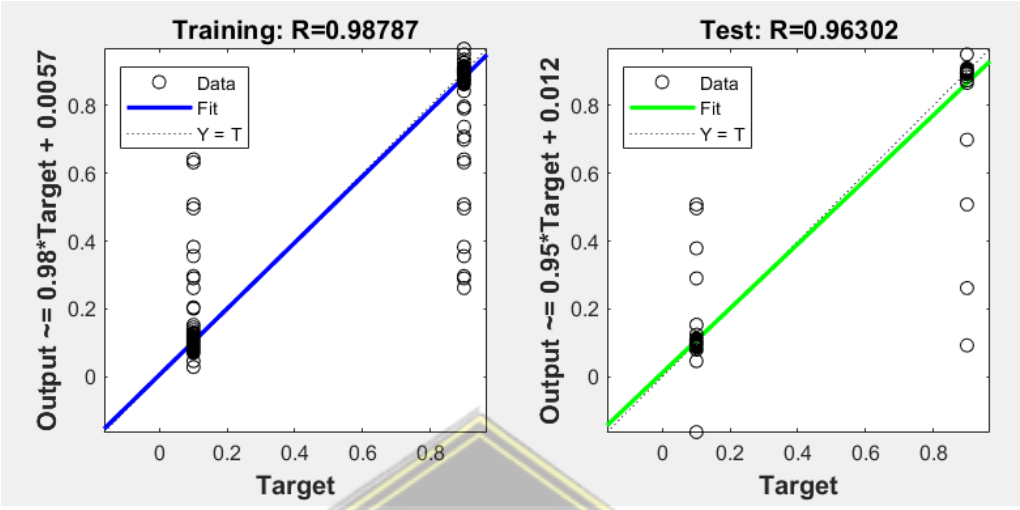
Gambar 4.12 menunjukan performa pelatihan terbaik atau MSE dicapai pada *epoch* ke 680 sebesar 0,0021441. Semakin kecil nilai MSE, semakin baik performa pelatihan.



Gambar 4. 12. Grafik nilai MSE pelatihan

4.5. Grafik Korelasi Target dengan *Output*

Nilai korelasi hasil pelatihan JST yaitu sebesar 0,988 pada proses pelatihan dan 0,963 pada proses pengujian sehingga tingkat korelasi antara nilai target dan *output* sangat kuat. Sehingga nilai akurasi monitoring kesehatan bayi sebesar 98,8% untuk hasil training dan 96,3% untuk hasil pengujian



Gambar 4.13. Grafik Korelasi Target dengan *Output* Hasil Pelatihan & Pengujian JST

BAB V
PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan tersebut, maka secara garis besar dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Jaringan Syaraf Tiruan diterapkan untuk menentukan suhu tubuh bayi pada inkubator dengan mengimplmentasikan ke dalam *prototype* berbasis Arduino Mega 2560 dengan pemrograman Matlab Simulink.
2. *Prototype* dibuat dari modul sensor DHT 11, LM35, XD-58C, diproses di Arduino Mega 2560 dan selanjutnya hasilnya ditampilkan di LED sebagai indikator *output*-nya.
3. Parameter *input* yang digunakan adalah suhu ruang (T_r), suhu *skin* (T_s), hearth rate (H_r), dan parameter *output* / target meliputi : kondisi hipotermia berat (h_3), kondisi hipotermia sedang (h_2), kondisi hipotermia ringan (h_1), kondisi normal (n), kondisi hipertermia (H_1), kondisi hipertermia berat (H_2).
4. Berdasarkan grafik tersebut Nilai MSE (*Mean Square Error*) terbaik yaitu 0,0021441 pada *epoch* ke 680. Sedangkan nilai korelasi hasil pelatihan dan hasil pengujian yaitu 0,988 dan 0,963 sehingga nilai akurasi *monitoring* kesehatan bayi sebesar 98,8% untuk hasil training dan 96,3% untuk hasil pengujian.

5.2. Saran

Berdasarkan kesimpulan penelitian diatas, ada beberapa saran yang dapat disampaikan, yaitu sebagai berikut.

1. Untuk penelitian selanjutnya penulis berharap dikembangkanya sistem *monitoring* yang dilengkapi dengan IOT.
2. Untuk dunia industri, penulis berharap dunia industry melakukan penelitian, pengembangan, dan pengimplementasian *prototype* ini.

DAFTAR PUSTAKA

[1] E. Setyaningsih, T. Tommy, and H. Tanudjaja, "Sistem Pemantauan Inkubator Bayi Menggunakan Jaringan Wifi dan Berbasis Database," *TESLA J. Tek. Elektro*, vol. 21, no. 2, p. 145, 2019, doi: 10.24912/tesla.v21i2.7186.

[2] O. Aulia and A. Ermadi, "10 Teknologi Kesehatan Masa Depan," pp. 1–10, 2019.

[3] P. V. Fridely, "Pentingnya Melakukan Pengukuran Suhu Pada Bayi Baru Lahir Untuk Mengurangi Angka Kejadian Hipotermi," *J. Ilm. Bidan*, vol. 2, no. 2, pp. 9–12, 2017.

[4] H. T. Setiawan and F. Dewantoro, "Sistem Monitoring Dan Data Logger Pada Inkubator Bayi Berbasis Internet of Things (Iot)," *Theta Omega J. ...*, 2020.

[5] Q. Hidayati, N. Yanti, and N. Jamal, "Sistem Monitoring Inkubator Bayi," *J. Tek. Elektro dan Komput. TRIAC*, vol. 6, no. 2, pp. 51–55, 2019, doi: 10.21107/triac.v6i2.5989.

[6] D. Rahsidin and A. H. Hendrawan, "Sistem Monitoring Suhu dan Kelembaban Inkubator Bayi dengan Teknologi Whatsapp," pp. 1–9, 2019.

[7] M. Amelia, "Sistem Monitoring dan Pengontrolan Suhu pada Inkubator Bayi Berbasis Web," *JTEV (Jurnal Tek. Elektro dan Vokasional)*, vol. 6, no. 2, p. 104, 2020, doi: 10.24036/jtev.v6i2.108582.

[8] J. Emuoyibofarhe, A. Akindele, B. Ronke, A. Omotosho, and C. Meinel, "A Fuzzy Rule-Based Model for Remote Monitoring of Preterm in the Intensive Care Unit of Hospitals," *Int. J. Med. Res. Heal. Sci.*, vol. 8, no. 5, pp. 33–44, 2019.

[9] P. A. C. Sakshi Gupta, Zarnain M. Khan, Rupali Srivastava, "Infant Monitoring System Using Multiple Sensors," *Int. J. Res. Eng. Technol.*, vol. 05, no. 05, pp. 337–339, 2016, doi: 10.15623/ijret.2016.0505062.

[10] M. Shakunthala, R. J. Banu, L. Deepika, and R. Indu, "Neonatal Healthcare Monitoring in Incubator Using," no. 6, pp. 59–64, 2018.

[11] S. Gowthamapriya, P. Ramya, S. Sangeetha, S. P. A, and G. Neelavathi, "NEONATE Monitoring System," vol. 6, no. 1, pp. 49–60, 2019.

[12] Heri Yudistira & Yuan Novandhya, "Sistem Monitoring Suhu dan Kelembaban pada Inkubator Bayi Berbasis Mikrokontroler," *J. Edik Inform.*, vol. 2, pp. 1–7, 2015.

[13] F. Z. Rachman, "Implementasi Jaringan Sensor Nirkabel Menggunakan Zigbee pada Monitoring Tabung Inkubator Bayi," *J. Nas. Tek. Elektro*, vol. 5, no. 2, p. 207, 2016, doi: 10.25077/jnte.v5n2.221.2016.

[14] A. Taqwa, "Monitoring Temperature Bayi Dengan Sistem Wireless Sensor Network Berbasis Arduino Uno ATmega32," *Cyclotron*, vol. 3, no. 2, pp. 53–57, 2020, doi: 10.30651/cl.v3i2.5391.

[15] WHO, "Thermal Protection of the Newborn : a practical guide." Geneva, pp. 1–68.

[16] Interprofessional Education and Research Committe, "Newborn Thermoregulation," *Champlain Matern. Newborn Reg. Progr.*, no. June, pp. 1–16, 2013.

[17] N. B. Subekti, *Buku Saku Manajemen Masalah Bayi Baru Lahir : Panduan untuk Dokter, perawat, & Bidan*, Alih Bahas. Jakarta: EGC, 2007.

[18] R. Barri and M. Nasir, "Penerapan Sistem Monitoring dan Pengaturan Suhu dan Kelembaban Pada Inkubator Bayi Menggunakan Single Board Computer," vol. 2, no. 2, pp. 19–22, 2017.

[19] S. Prasojo and B. Suprianto, "Rancang Bangun Sistem Pengendalian Suhu Pada Inkubator Bayi Berbasis Fuzzy Logic Controller," *J. Tek. Elektro Vol.*, vol. 08, no. 01, pp. 163–171, 2019.

[20] F. D. Sibuea, "Penggunaan Kecerdasan Buatan pada Aplikasi Pengobatan Jarak Jauh," 2021.

[21] H. Jaya *et al.*, *Kecerdasan Buatan*, vol. 53, no. 9. 2018.

[22] A. Roihan, P. A. Sunarya, and A. S. Rafika, "Pemanfaatan Machine Learning dalam Berbagai Bidang: Review paper," *IJCIT (Indonesian J. Comput. Inf. Technol.*, vol. 5, no. 1, pp. 75–82, 2020, doi: 10.31294/ijcit.v5i1.7951.

[23] J. Siang, “Jaringan Syaraf Tiruan dan Pemograman Menggunakan Matlab,” *Pemograman Backpropagation Dengan Matlab*. pp. 247–275, 2005.

[24] N. O. Syamsiah and R. S. Wahono, “Penerapan Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation Dalam Prediksi Produksi Bahan Pangan Pokok di Indonesia,” vol. III, no. 1, pp. 1–8, 2017.

[25] G. Dewantoro and J. N. Sukamto, “Implementasi Kendali PID Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation,” *Elkha*, vol. 11, no. 1, p. 12, 2019, doi: 10.26418/elkha.v11i1.29959.

[26] T. F. Hadimarta, R. R. Muhima, and M. Kurniawan, “Implementasi Multilayer Perceptron Pada Jaringan Saraf Tiruan Untuk Memprediksi Nilai Valuta Asing,” *INTEGER J. Inf. Technol.*, vol. 5, no. 1, pp. 56–63, 2020, doi: 10.31284/j.integer.2020.v5i1.909.

[27] M. A. Azka, P. A. Sugianto, A. K. Silitonga, and I. R. Nugraheni, “Uji Akurasi Produk Estimasi Curah Hujan Satelit Gpm Imerg Di Surabaya, Indonesia,” *J. Sains Teknol. Modif. Cuaca*, vol. 19, no. 2, p. 83, 2018, doi: 10.29122/jstmc.v19i2.3153.

[28] M. Zen, “Perbandingan Metode Dimensi Fraktal dan Jaringan,” *Jitekh*, vol. 7, no. 2, pp. 42–50, 2019.

[29] N. Safaat, D. Widiyanto, N. , Nurul Chamidah 3Safaat, D. Widiyanto, and N. Chamidah, “Implementasi Jaringan Syaraf Tiruan Backprogation Untuk Prediksi Rata-Rata Harga Beras Premium Dan Medium,” *Senamika*, pp. 721–732, 2020.

[30] Y. Aprianto, N. Nurhasanah, and I. Sanubary, “Prediksi Kadar Particulate Matter (PM10) untuk Pemantauan Kualitas Udara Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Studi Kasus Kota Pontianak,” *Positron*, vol. 8, no. 1, p. 15, 2018, doi: 10.26418/positron.v8i1.25470.

[31] F. A. Hizham, Y. Nurdiansyah, and D. M. Firmansyah, “Implementasi metode Backpropagation Neural Network (BNN) dalam sistem klasifikasi ketepatan waktu kelulusan mahasiswa,” *Berk. Sainstek*, vol. 6, no. 2, pp. 97–105, 2018.

[32] “XD-58C pulse sensor module,” vol. 76, no. 12, p. 1112, 2019, doi:

10.1117/3.1002910.ch11.

[33] L. Datasheet, “LM35 Precision centigrade temperature sensors,” *Retrieved Sept. 13th*, no. November, pp. 1–13, 2017.

[34] D. Kho, “Pengertian, Fungsi Potensiometer dan Prinsip Kerja Potensiometer.” [Online]. Available: https://teknikelektronika.com/pengertian-fungsi-potensiometer/. [Accessed: 08-Sep-2022].

UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
UNISSULA
جامعة سلطان أجونج الإسلامية