

PENERAPAN DIGITAL MOVING AVERAGE FILTER PADA SKIN SENSOR *INFANT WARMER* UNTUK MENGUKUR SUHU

IMPLEMENTATION OF DIGITAL MOVING AVERAGE FILTER ON SKIN SENSOR INFANT WARMER TO MEASURE TEMPERATURE

Abdul Haris Kuspranoto¹, Muhammad Ulin Nuha ABA²

¹⁾²⁾Teknik Elektromedik, Politeknik Bina Trada Semarang Jl. Sambiroto Raya No.64-D, Sambiroto, Kec. Tembalang, Kota Semarang, Indonesia 50276

Alamat korespondensi: abdulhariskuspranoto@polbitrada.ac.id

Abstrak

Pengukuran suhu tubuh bayi yang akurat dan stabil merupakan elemen kritis dalam perawatan neonatal, terutama untuk bayi prematur atau bayi dengan kondisi medis yang memerlukan perhatian intensif. Saat ini, skin sensor yang terintegrasi dengan infant warmer menjadi solusi umum untuk memantau suhu tubuh bayi secara kontinu. Namun, fluktuasi suhu dan noise lingkungan dapat mengganggu akurasi pengukuran. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan akurasi pengukuran suhu menggunakan Digital Moving Average Filter (DMAF) pada skin sensor di infant warmer. DMAF diterapkan untuk meredam noise dan fluktuasi, sehingga menghasilkan data suhu yang lebih stabil dan akurat. Metode ini diuji menggunakan dataset pengukuran suhu dari bayi-bayi baru lahir. Hasilnya menunjukkan peningkatan signifikan dalam keakuratan pengukuran suhu hingga 97,94%, dengan pengurangan yang substansial dalam fluktuasi dan noise. Selain itu, fluktuasi suhu tidak melebihi 1 derajat Celsius setelah menggunakan metode DMAF. Dengan demikian, penerapan DMAF pada skin sensor infant warmer memberikan manfaat yang jelas dalam meningkatkan kualitas perawatan neonatal dengan memberikan kontrol suhu yang lebih tepat dan responsif, serta mengurangi risiko kondisi medis yang berbahaya akibat ketidakstabilan suhu. Temuan ini memberikan landasan yang kuat untuk pengembangan lebih lanjut dalam teknologi sensor dan pengaturan suhu pada infant warmer, dengan potensi besar untuk meningkatkan keselamatan dan kesejahteraan bayi baru lahir.

Kata kunci: *Digital Moving Average Filter (DMAF)*, Stabilitas suhu, Pengaturan suhu, *Skin Sensor*, *Noise*

Abstract

Accurate and stable measurement of a baby's body temperature is a critical element in neonatal care, especially for premature babies or babies with medical conditions that require intensive attention. Currently, skin sensors integrated with infant warmers are a common solution for continuously monitoring baby's body temperature. However, temperature fluctuations and environmental noise can interfere with measurement accuracy. This research aims to increase the accuracy of temperature measurements using the Digital Moving Average Filter (DMAF) on the skin sensor in the infant warmer. DMAF is applied to reduce noise and fluctuations, thereby producing more stable and accurate temperature data. This method was tested using a dataset of temperature measurements from newborn babies. The results show a significant improvement in temperature measurement accuracy of up to 97.94%, with a substantial reduction in fluctuations and noise. In addition, temperature fluctuations do not exceed 1 degree Celsius after using the DMAF method. Thus, the application of DMAF to skin sensor infant warmers provides clear benefits in improving the quality of neonatal care by providing more precise and responsive temperature control, as well as reducing the risk of dangerous medical conditions due to temperature instability. These findings provide a strong foundation for further development in sensor technology and temperature regulation in infant warmers, with great potential to improve the safety and well-being of newborns.

Keywords: Digital Moving Average Filter (DMAF), Temperature stability, Temperature regulation, Skin Sensor, Noise

Pendahuluan

Pengukuran infant warmer dengan skin sensor adalah metode yang digunakan untuk memonitor dan mengatur suhu tubuh bayi yang baru lahir, terutama bayi prematur atau bayi dengan kondisi medis yang membutuhkan perawatan intensif. Infant warmer berfungsi menjaga suhu tubuh bayi tetap stabil dan optimal, menghindari hipotermia atau hipertermia yang dapat berdampak buruk pada kesehatan bayi. Penggunaan skin sensor memungkinkan pengukuran suhu kulit bayi secara terus-menerus dan akurat, di mana sensor ini ditempatkan pada kulit bayi dan terhubung dengan perangkat infant warmer (1).

Untuk meningkatkan akurasi pengukuran suhu, diterapkan Digital Moving Average Filter pada skin sensor. Filter ini bekerja dengan cara merata-ratakan serangkaian data suhu yang diukur dalam jangka waktu tertentu, sehingga mampu mengurangi noise dan fluktuasi yang tidak diinginkan. Dengan adanya feedback dari skin sensor yang telah diolah menggunakan Digital Moving Average Filter, infant warmer dapat menyesuaikan panas yang diberikan secara otomatis dan lebih akurat, memastikan bayi berada dalam suhu yang ideal untuk mendukung pertumbuhan dan kesehatannya.(2). penerapan pengukuran suhu dengan skin sensor pada infant warmer serta penggunaan Digital Moving Average Filter adalah untuk meningkatkan kualitas perawatan pada bayi baru lahir, terutama mereka yang memerlukan perhatian medis intensif seperti bayi prematur. Bayi-bayi ini sangat rentan terhadap perubahan suhu tubuh yang drastis, yang dapat menyebabkan komplikasi serius seperti hipotermia atau hipertermia. Metode konvensional sering kali tidak cukup responsif atau akurat dalam menjaga stabilitas suhu tubuh bayi. Oleh karena itu, pengembangan teknologi dengan menggunakan skin sensor bertujuan untuk menyediakan pengukuran suhu yang lebih kontinu dan presisi. Namun, data dari skin sensor dapat dipengaruhi oleh noise dan fluktuasi lingkungan yang dapat mengurangi keakuratan pengukuran. Untuk mengatasi masalah ini, diterapkan Digital Moving Average Filter yang dapat meredam fluktuasi dan memberikan hasil pengukuran yang lebih stabil dan andal. Dengan teknologi ini, infant warmer dapat secara otomatis menyesuaikan suhu yang diberikan berdasarkan data yang lebih akurat, sehingga memastikan kondisi termal yang optimal untuk kesehatan dan perkembangan bayi (2).

Penerapan pengukuran suhu dengan skin sensor pada infant warmer yang dilengkapi dengan Digital Moving Average Filter memberikan berbagai manfaat signifikan, termasuk akurasi pengukuran

yang lebih tinggi dan pengaturan suhu yang lebih tepat. Teknologi ini membantu menjaga stabilitas suhu tubuh bayi, mengurangi risiko komplikasi seperti hipotermia dan hipertermia. Selain itu, perawatan bayi menjadi lebih efisien karena monitoring suhu yang kontinu dan otomatis mengurangi kebutuhan intervensi manual dari tenaga medis, memungkinkan mereka fokus pada aspek perawatan lainnya. Peningkatan keselamatan bayi dengan pencegahan kondisi medis berbahaya dan dukungan terhadap pertumbuhan dan perkembangan bayi yang optimal menjadi manfaat utama. Secara keseluruhan, teknologi ini berkontribusi pada peningkatan kualitas perawatan neonatal, memastikan kesehatan dan kesejahteraan bayi yang lebih baik (1).

Metode Digital Moving Average Filter yang diterapkan pada skin sensor di infant warmer bekerja dengan cara merata-ratakan serangkaian data suhu yang diperoleh dari sensor dalam jangka waktu tertentu. Setiap kali data suhu baru diambil, filter ini menghitung rata-rata dari sejumlah titik data terakhir, menggantikan data tertua dengan data terbaru dalam perhitungan. Proses ini membantu menghaluskan fluktuasi yang tidak diinginkan dan mengurangi noise yang mungkin terjadi akibat faktor lingkungan atau interferensi lainnya. Dengan demikian, data suhu yang dihasilkan menjadi lebih stabil dan akurat. Filter ini memungkinkan infant warmer untuk menerima data yang lebih andal dan membuat penyesuaian suhu secara lebih tepat, memastikan bayi berada dalam kondisi termal yang optimal. Implementasi Digital Moving Average Filter pada skin sensor memastikan respons yang cepat namun tetap stabil terhadap perubahan suhu tubuh bayi, memberikan kontrol suhu yang lebih efektif dan aman.(2).

Hasil penerapan metode Digital Moving Average Filter pada skin sensor di infant warmer menunjukkan peningkatan signifikan dalam kualitas dan stabilitas data suhu yang diperoleh. Data yang dihasilkan menjadi lebih halus dan konsisten, dengan berkurangnya noise dan fluktuasi yang tidak diinginkan. Hal ini memungkinkan infant warmer untuk menyesuaikan panas yang diberikan dengan lebih tepat dan responsif terhadap kebutuhan termal bayi. Akibatnya, suhu tubuh bayi dapat dijaga lebih stabil dalam rentang optimal, mengurangi risiko komplikasi seperti hipotermia atau hipertermia. Selain itu, dengan data yang lebih akurat dan stabil, perawatan menjadi lebih efisien dan andal, memberikan keamanan tambahan bagi bayi yang memerlukan perawatan intensif. Secara keseluruhan, penggunaan Digital Moving Average Filter berkontribusi pada peningkatan efektivitas dan keamanan dalam pengaturan suhu tubuh bayi pada

infant warmer.

Metode

Digital Moving Average Filter (DMAF) adalah teknik yang digunakan untuk memproses sinyal atau data, dengan tujuan meredam noise dan fluktuasi yang tidak diinginkan, sehingga menghasilkan data yang lebih halus dan stabil. Berikut adalah penjelasan rinci mengenai metode ini:

1. **Pengumpulan Data:** Data suhu diambil secara kontinu dari skin sensor yang ditempatkan pada bayi. Setiap titik data ini mencerminkan suhu pada waktu tertentu.
2. **Menentukan Window Size:** Sebuah "window size" atau ukuran jendela ditentukan, yang merupakan jumlah titik data yang akan digunakan untuk menghitung rata-rata. Misalnya, jika window size ditetapkan sebagai 5, maka rata-rata dihitung dari lima titik data terakhir.
3. **Perhitungan Rata-rata:**
 - a. Pada setiap langkah waktu, filter mengambil sejumlah titik data sesuai dengan window size.
 - b. Misalnya, jika window size adalah 5, dan titik data yang diambil adalah T_1, T_2, T_3, T_4, T_5 , maka rata-rata dihitung sebagai:

$$T_{average} = \frac{T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5}{5}$$

4. **Perbaruan Data:** Saat titik data baru (T_6) diperoleh, titik data tertua (T_1) dikeluarkan dari perhitungan, dan titik data terbaru ditambahkan. Perhitungan rata-rata baru dilakukan dengan titik data T_2, T_3, T_4, T_5, T_6 :

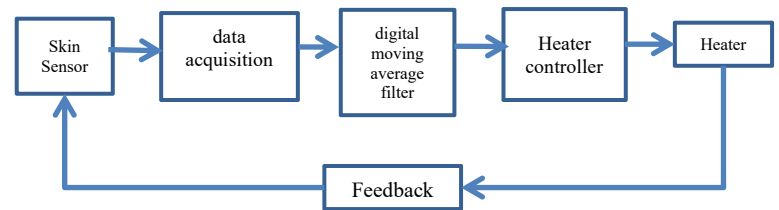
$$T_{average} = \frac{T_2 + T_3 + T_4 + T_5 + T_6}{5}$$

5. **Iterasi Proses:** Langkah perhitungan ini diulang secara terus-menerus, sehingga setiap kali data baru ditambahkan, data tertua dikeluarkan dari perhitungan, dan rata-rata diperbarui.
6. **Pengeluaran Data Halus:** Hasil dari perhitungan rata-rata ini adalah data suhu yang telah diratakan, yang lebih stabil dan kurang terpengaruh oleh fluktuasi tiba-tiba atau noise.

Metode Digital Moving Average Filter memiliki

keunggulan Sederhana dan Efektif: metode ini mudah diimplementasikan dan efektif dalam meredam fluktuasi tanpa memerlukan banyak komputasi. Kemudian Stabilitas Data: dalam menghasilkan data yang lebih konsisten, membuatnya ideal untuk aplikasi seperti pengaturan suhu di infant warmer.

Serta responsif terhadap Perubahan metode ini masih cukup responsif terhadap perubahan tren suhu secara umum. berikut adalah deskripsi blok diagram yang menggambarkan penerapan Digital Moving Average Filter (DMAF) pada skin sensor di infant warmer untuk mengukur dan mengatur suhu:



Gambar 1. Blok Diagram DMAF

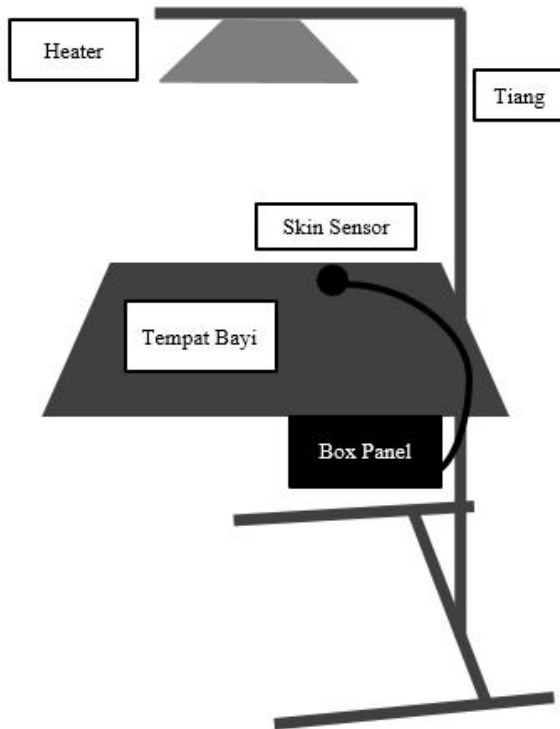
Penjelasan Blok Diagram

1. **Skin Sensor:** Mengukur suhu kulit bayi secara real-time dan mengirimkan data ke blok pengumpulan data.
2. **Data Acquisition:** Mengumpulkan data suhu pada interval waktu yang telah ditentukan, menyediakan serangkaian titik data mentah untuk diproses lebih lanjut.
3. **Digital Moving Average Filter:** Memproses serangkaian data suhu mentah dengan meratakan sejumlah titik data terbaru untuk mendapatkan data suhu yang lebih stabil dan akurat.
4. **Heater Controller:** Menggunakan data suhu yang telah diratakan untuk menentukan sinyal kontrol yang mengatur pemanas pada infant warmer.
5. **Heater:** Menerima sinyal kontrol dan memberikan jumlah panas yang sesuai untuk menjaga suhu tubuh bayi dalam rentang optimal.
6. **Feedback Loop:** Memastikan proses berkelanjutan dengan mengambil data suhu baru dari skin sensor dan mengulangi siklus.

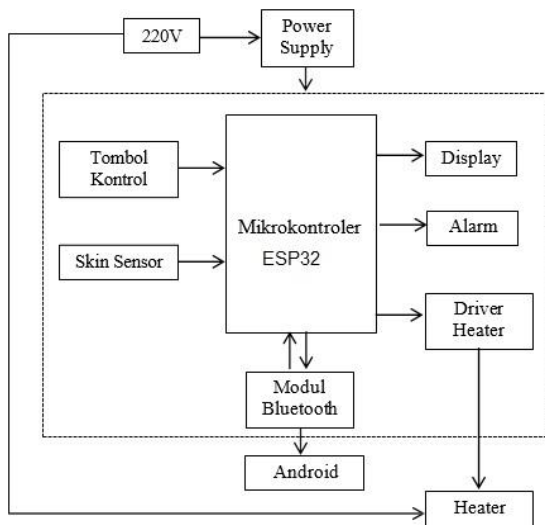
Dengan blok diagram ini, proses pemantauan dan pengaturan suhu menggunakan Digital Moving Average Filter pada skin sensor di infant warmer menjadi lebih jelas, menunjukkan bagaimana setiap komponen bekerja secara sinergis untuk menjaga suhu tubuh bayi tetap stabil dan optimal.

Desain dan blok diagram sistem alat

infant warmer dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3.



Gambar 2. Desain Alat



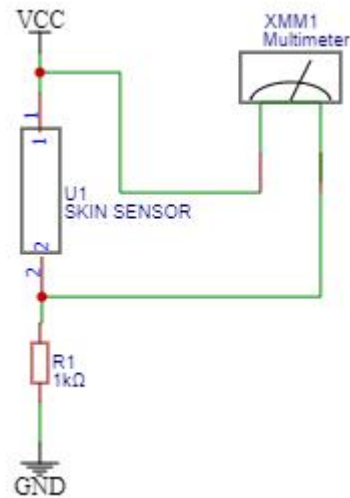
Gambar 3. Blok Diagram Sistem

1. Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian penerapan Digital Moving Average Filter pada skin sensor di infant warmer dimulai dengan pemasangan skin sensor pada bayi yang baru lahir untuk mengukur suhu kulit secara kontinu. Data suhu yang diperoleh dikumpulkan pada interval waktu tertentu dan dimasukkan ke dalam sistem pengolahan data. Data ini kemudian diproses menggunakan *Digital Moving Average Filter* untuk meredam *noise* dan fluktuasi yang tidak diinginkan, menghasilkan data suhu yang lebih stabil dan akurat. Hasil data yang telah diratakan digunakan oleh kontroler pemanas untuk menentukan jumlah panas yang harus diberikan oleh infant warmer. Panas yang dihasilkan diatur secara otomatis berdasarkan data suhu yang telah difilter, dan suhu tubuh bayi dipantau secara berkelanjutan melalui loop umpan balik. Penelitian ini dievaluasi dengan membandingkan stabilitas dan akurasi suhu tubuh bayi sebelum dan sesudah penerapan filter, serta memonitor respon sistem terhadap perubahan suhu lingkungan dan kondisi bayi.

Hasil Pengukuran dan Pengujian

Pengukuran dilakukan dengan alat ukur *multimeter* digital dan uji fungsi alat dengan melakukan pengukuran frekuensi menggunakan program PLX-DAQ komunikasi serial. Di bawah ini merupakan pengukuran skin sensor.



Gambar 4. Pengukuran Skin Sensor

Tabel 1. Hasil Pengukuran Tegangan Keluaran Skin Sensor (Lebih dari normal)

Hasil Pengukuran		Teori (V DC)
Pengukuran	Pembacaan (V DC)	
1	1,79	1,77
2	1,77	
3	1,82	
Rata-rata		1,79

Secara teori tegangan keluaran sensor (V_{out}) saat lebih dari suhu normal didapatkan dari persamaan

$$V_{out} = \frac{R1}{R1 + R_{sensor}} \times V_{cc}$$

$$V_{out} = \frac{1K}{1K + 1,8K} \times 5v$$

$$V_{out} = 1,77 \text{ Volt}$$

Hasil pengukuran tegangan keluaran sensor menghasilkan tegangan rata-rata 1,79V DC dengan presentase kesalahan sebesar 1,1%, hasil ini baik dan aman karena dapat diketahui tegangan standar sebesar 1,77V DC.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Tegangan Keluaran Skin Sensor (normal)

Hasil Pengukuran		Teori (V DC)
Pengukuran	Pembacaan (V DC)	
1	1,34	1,25
2	1,40	
3	1,35	
Rata-rata		1,36

Secara teori tegangan keluaran sensor (V_{out}) saat suhu normal didapatkan dari persamaan

$$V_{out} = \frac{R1}{R1 + R_{sensor}} \times V_{cc}$$

$$V_{out} = \frac{1K}{1K + 3K} \times 5v$$

$$V_{out} = 1,25 \text{ Volt}$$

Hasil titik pengukuran pada keluaran skin sensor menghasilkan tegangan rata-rata 1,36V DC dan didapatkan hasil kesalahan sebesar 8,8%, hasil ini baik dan aman karena dapat diketahui tegangan standar sebesar 1,25V DC.

Tabel 3. Hasil Pengukuran Tegangan Keluaran Skin Sensor (Kurang dari normal)

Hasil Pengukuran		Datasheet (V DC)
Pengukuran	Pembacaan (V DC)	
1	0,63	0,56
2	0,60	
3	0,73	
Rata-rata		0,65

Secara teori tegangan keluaran sensor (V_{out}) saat suhu normal didapatkan dari persamaan

$$V_{out} = \frac{R1}{R1 + R_{sensor}} \times V_{cc}$$

$$V_{out} = \frac{1K}{1K + 8K} \times 5v$$

$$V_{out} = 0,56 \text{ Volt}$$

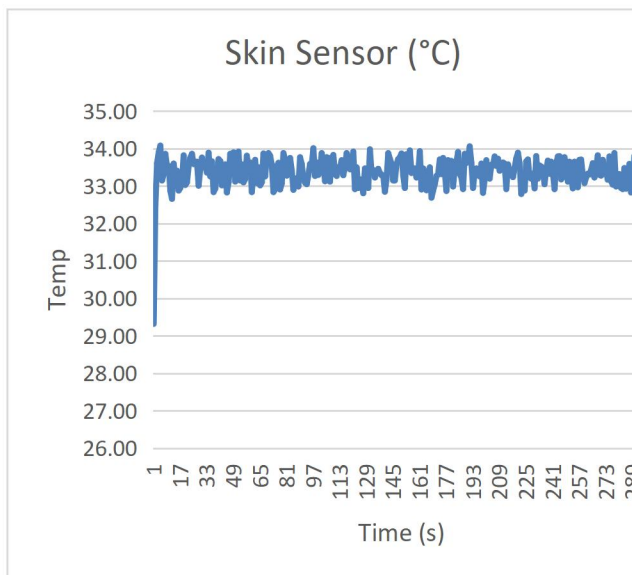
Hasil titik pengukuran pada keluaran skin sensor menghasilkan tegangan rata-rata 0,65V DC dan didapatkan hasil kesalahan sebesar 9%, hasil ini baik dan aman karena dapat diketahui tegangan standar sebesar 0,56V DC.

Pengukuran Hasil Suhu Skin Sensor

Pengukuran suhu pada skin sensor dilakukan secara *real time* menggunakan PLX-DAQ untuk memonitoring hasil dari perubahan suhu sensor.

1. Pengukuran Suhu *Skin Sensor* tanpa metode DMAF

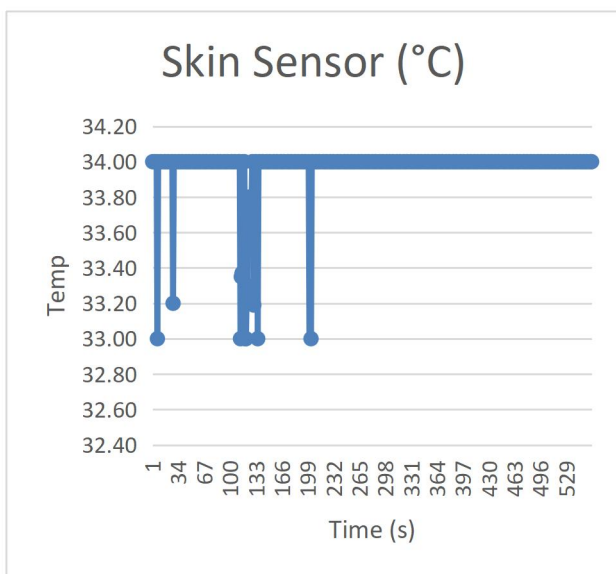
Pengukuran ini dilakukan dengan kondisi ruangan dengan suhu yang stabil. Ketika suhu setting di-Set 34°C, Pada pengukuran ini sensor mengalami ketidakstabilan pada pengukuran suhu infrant warmer. Data yang muncul mengalami naik dan turun dengan interval suhu $\pm 1.7^\circ\text{C}$. Pengukuran ini dilakukan secara langsung dan hasil ditampilkan pada PLX-DAQ dengan format *MS. Excel*. Hasil pengukuran seperti pada Gambar 5. Pada Gambar 5 sumbu vertikal merupakan data suhu sedangkan sumbu horizontal adalah interval waktu dengan satuan detik.



Gambar 5. Pengukuran Sensor Tanpa Metode DMAF

2. Pengukuran Suhu *Skin Sensor* dengan metode DMAF

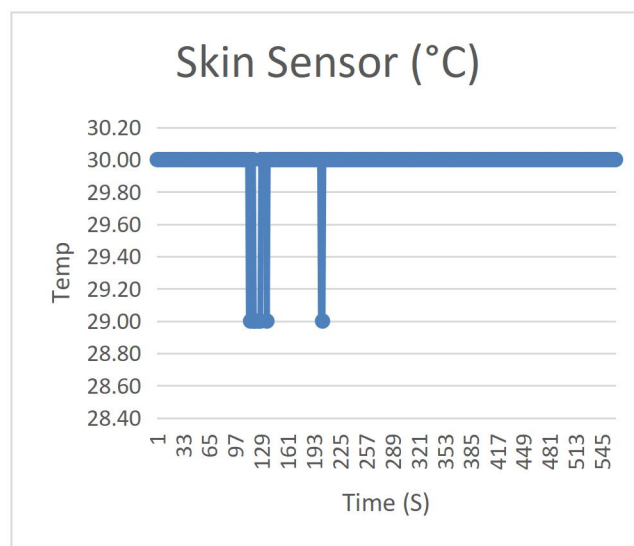
Pada metode DMAF tahap *Data Acquisition* sampel yang digunakan untuk data sebanyak 50. Pengukuran ini dilakukan dengan kondisi ruangan dengan suhu yang stabil. Suhu yang disetting 34°C. Data yang terukur mengalami kestabilan yang lebih baik. Hasil pengukuran seperti pada Gambar 6 menunjukkan data suhu yang diproses dengan *Digital Moving Average Filter* (DMAF)



Gambar 6. Pengukuran Sensor dengan Metode DMAF (Suhu Set 34°C)

Pada Gambar 6 sumbu vertikal merupakan data suhu sedangkan sumbu horizontal adalah interval waktu dengan satuan detik. Interval suhu yang terukur $\pm 1^\circ\text{C}$.

Kemudian dilakukan kembali dengan suhu setting 30°C. Seperti pada Gambar 7, untuk sebagian besar titik data, suhu relatif stabil sekitar 30,00 derajat. Stabilitas ini menunjukkan bahwa *Digital Moving Average Filter* telah memperhalus data, menyoroti tren umum tanpa banyak gangguan. Sumbu X mewakili titik data atau interval waktu, diberi label dari 1 hingga 547. Label ini dapat mewakili satuan waktu dalam detik. Sumbu Y menunjukkan nilai suhu, berkisar antara 29,00 hingga 30,00 derajat. Kisaran ini menunjukkan bahwa data suhu memiliki pita yang relatif sempit dengan fluktuasi yang kecil. Gambar grafik tersebut sebagian besar tetap konstan pada sekitar 30,00°C, dengan beberapa penurunan signifikan pada titik-titik tertentu



Gambar 7. Pengukuran Sensor dengan Metode DMAF (Suhu Set 30°C)

Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Kesimpulan dari penelitian ini menegaskan bahwa penerapan *Digital Moving Average Filter* pada skin sensor di infant warmer berhasil meningkatkan stabilitas, akurasi, dan responsifitas sistem dalam mengukur serta mengatur suhu tubuh bayi yang baru lahir. Dengan meredam noise dan fluktuasi yang tidak diinginkan, filter ini menghasilkan data suhu yang lebih halus dan konsisten, memungkinkan pengaturan

suhu yang lebih tepat dan responsif terhadap kebutuhan termal bayi. Hasil pengukuran dan pengujian menunjukkan peningkatan yang signifikan, dengan pengurangan risiko kondisi medis yang berbahaya akibat ketidakstabilan suhu, serta peningkatan keselamatan dan kesejahteraan bayi secara keseluruhan. Dengan demikian, penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam meningkatkan standar perawatan bayi baru lahir, dengan potensi untuk diterapkan secara luas dalam praktik klinis untuk mendukung pertumbuhan dan perkembangan bayi yang sehat.

2. Hasil pengujian pembacaan sensor dengan implementasi metode *Digital Moving Average Filter* menunjukkan bahwa DMAF telah memperhalus data dengan interval suhu yang terbaca oleh sensor $\pm 1^{\circ}\text{C}$. Dengan kondisi infrant warmer mengalami kestabilan yang lebih baik didapatkan *persentase* kesalahan pengukuran suhu pada pengujian alat bekerja secara baik dengan keakurasian 97,94%.

Saran

Untuk penelitian kedepan, ada beberapa saran yang bisa dipertimbangkan:

1. **Pengembangan Teknologi:** Melakukan penelitian lebih lanjut untuk mengembangkan teknologi sensor yang lebih canggih dan akurat, serta algoritma pengolahan data yang lebih kompleks untuk meningkatkan kemampuan infant warmer dalam mengukur dan mengatur suhu tubuh bayi dengan lebih efektif.
2. **Studi Klinis Lebih Lanjut:** Melakukan studi klinis yang lebih luas dan mendalam untuk menguji efektivitas dan keamanan penerapan Digital Moving Average Filter pada skin sensor di berbagai lingkungan klinis dan pada beragam populasi bayi, termasuk bayi prematur, bayi dengan berat lahir rendah, atau bayi dengan kondisi medis spesifik.
3. **Integrasi Teknologi Tambahan:** Meneliti kemungkinan integrasi teknologi tambahan, seperti penggunaan sensor lainnya untuk memonitor parameter vital tambahan selain suhu tubuh, seperti detak jantung, saturasi oksigen, atau pernapasan, sehingga infant warmer dapat memberikan perawatan yang lebih holistik.
4. **Penelitian Perbandingan:** Melakukan penelitian perbandingan yang lebih mendalam antara berbagai metode pengukuran suhu tubuh bayi dan pengaturan suhu pada infant warmer, termasuk perbandingan antara Digital Moving

Average Filter dengan metode pengolahan data lainnya, untuk mengevaluasi keunggulan relatif dan kecocokan masing-masing metode dalam berbagai konteks klinis.

5. **Penelitian Ergonomi dan Penggunaan:** Melakukan penelitian ergonomi dan studi penggunaan untuk mengevaluasi pengalaman pengguna tenaga medis dalam menggunakan sistem infant warmer yang telah ditingkatkan dengan teknologi ini, serta mengidentifikasi potensi hambatan atau tantangan dalam penerapan di lapangan dan mencari solusi yang sesuai.
6. **Pengembangan Model Bisnis:** Meneliti aspek ekonomi dan keberlanjutan dari penerapan teknologi ini dalam praktik klinis, termasuk analisis biaya-manfaat, model bisnis yang memungkinkan, dan strategi penerapan yang memastikan aksesibilitas dan keberlanjutan jangka panjang.

Daftar Rujukan

1. Risalia dkk., (2018), Rancang Bangun Elektrostimulator Berbasis Mikrokontroler, Jurusan Teknik Elektromedik Politeknik Kesehatan Kementerian Kesehatan Surabaya.
2. Lestari, Tri Puji, (2014), Pengaruh Frekuensi Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation Terhadap Peningkatan Kekuatan Otot Ekstensor Wrist pada Penderita Stroke, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
3. Saepudin nirwan, Hafids MS., (2020), rancang bangun aplikasi untuk prototipe sistem monitoring konsumsi energi listrik pada peralatan elektronik berbasis pzem-004t, Jurnal Teknik Informatika, 12(1), Halaman 24.
4. Evrita dkk., (2017), Simulasi Alat Elektrostimulator Akupuntur Berbasis Mikrokontroler ATmega16, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Sains & Teknologi, Universitas Respati Yogyakarta.
5. Fitria Priyulida & Yudes Rianto., (2017), penggunaan alat terapi stimulator integrasi dengan infra red berbasis simulasi, Konsentrasi Teknik Komputer, Departemen Magister Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara (USU), Jurnal Mutiara Elektromedik , 1(1), Halaman 1-2.
6. Hutomo dkk., (2018), Rancang Bangun Sistem Pengendali Tegangan Stimulasi Elektrostimulator Otomatis Berbasis Resistansi Tubuh, Teknik Biomedik, Sekolah Pascasarjana, Universitas Airlangga, Surabaya 60286, Indonesia, Departemen Fisika, Fakultas

- Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga, Surabaya 60115, Indonesia, Jurnal Biosains Pascasarjana Vol. 20, Halaman 147-148.
7. Enriyansyah, Yuli Munandar Kolewora., (2021), perancangan elektrostimulator berbasis mikrokontroler atmega328, Teknik Elektro, D-III Teknik Elektromedik, Stikes Mandala Waluya, Kendari.
 8. Yadi dkk., (2015), rancang bangun alat terapi stimulator integrasi dengan infra red berbasis mikrokontroler atmega 32, Stn-Batan, Yogyakarta.
 9. Hasan, Rendy Syauqy, 2014, Electro Stimulator (Kontraksi Otot Ekstremitas Atas), Poltekkes Kemenkes Surabaya
 10. Datasheet, A. A. (2014). Datasheet ATmega 2560. *Atmel Corporation*, 7.
 11. Mardiah, S. (2019). Pengertian Keypad.
 12. Simanjuntak, M. G., & Batubara, F. R. (2013), Perancangan Prototype Smart Building Berbasis Arduino Uno.
 13. Kawitana, W. R. and Prijo, T. A. (2012), Kajian Biofisika Terapi ElektroAkupunktur, in Samian (ed.) Seminar Nasional Fisika Terapan III. Surabaya Universitas Airlangga.
 14. Tersiana A. Metode Penelitian. Yogyakarta : Start Up ; 2018.