

Alat Ukur Parameter Fisik Inkubator Bayi : Suhu, Kelembaban, Aliran Udara dan Tingkat Kebisingan

Indah Nursyamsi Handayani^{1*}, Ma'murotun², I Dewa Gede Hari Wisana³ 

^{1,2} Poltekkes Kemenkes Jakarta, Jakarta Selatan, Indonesia

³ Poltekkes Kemenkes Surabaya, Surabaya, Indonesia

ARTICLE INFO

Article history:

Received November 01, 2022

Revised November 02, 2022

Accepted February 20, 2023

Available online April 25, 2023

Kata Kunci:

Incubator Analyzer, Temperatur, Kelembaban, Kecepatan Aliran Udara, Tingkat Kebisingan

Keywords:

Incubator Analyzer, Temperature, Humidity, Airflow, Noise Level



This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.

Copyright © 2023 by Author. Published by Universitas Pendidikan Ganesha.

ABSTRAK

Incubator Analyzer merupakan alat untuk mengukur parameter-parameter fisis yang terdapat pada alat inkubator bayi dengan tujuan memverifikasi nilai keluaran alat sehingga menjamin keselamatan alat untuk layanan pasien. Saat ini telah tersedia beberapa penyedia alat kalibrasi inkubator bayi di Indonesia, namun ketersediaan produk ini masih di impor dengan harga produk yang relatif mahal. Sehingga pada artikel ini dilaporkan purwarupa alat ukur parameter fisis inkubator bayi untuk mendukung program kemandirian produk dalam negeri. Metode yang dilakukan pada penelitian ini merupakan metode eksperimen dalam merancang dan mengembangkan alat ukur parameter inkubator bayi dengan memaksimalkan ketersediaan komponen di pasar lokal. Adapun perancangan alat mengacu pada SNI IEC 60601-2-19-2014 yang merupakan standar persyaratan khusus untuk keselamatan dasar dan kinerja esensial incubator infant, dengan parameter yang diukur terdiri dari pengukuran temperatur udara ruang inkubator, temperatur matras, kelembaban, kecepatan aliran udara dan tingkat kebisingan. Desain pengukuran temperature menggunakan resistive temperature detector PT 100, SHT 11 sebagai sensor kelembaban, GFS131 sebagai sensor aliran udara, MAX4466 merupakan microphone amplifier sebagai sensor suara, serta LCD TFT nextion 3,5" sebagai tampilan. Purwarupa ini juga dilengkapi sistem baterai isi ulang sebagai catu daya portable. Pengujian alat dilakukan dengan membandingkan hasil yang terbaca oleh alat yang dirancang dengan alat Incu Analyzer II Fluke Biomedical. Hasilnya menunjukkan purwarupa alat ukur parameter inkubator bayi mampu membaca nilai suhu, kelembaban, kecepatan aliran udara, dan tingkat kebisingan di dalam chamber inkubator bayi. Nilai keakurasian pengukuran parameter suhu mencapai lebih dari 98%, sehingga purwarupa ini memiliki potensi untuk dilakukan pengujian produk pada lembaga berwenang.

ABSTRACT

The Incubator Analyzer is equipment to measure the physical parameters contained in the baby incubator to verify the output value of the device and ensure the safety of the equipment for patient care. Currently, there are several products of baby incubator analyzer in Indonesia, but the availability of goods is still imported with relatively expensive product prices, so in this article, we report the development of a prototype baby incubator physical parameter measurement equipment to support the domestic product independence program. The method that has been carried out in this research is experimental in designing and developing a baby incubator physical parameter by maximizing the availability of components in the local market. Design of the prototype refers to SNI IEC 60601-2-19-2014 which is a standard of special requirements for basic safety and essential performance of infant incubators, with the measured parameters consisting of measurements of air temperature in the incubator room, mattress temperature, humidity, airflow, and noise level. The temperature measurement design uses a resistive temperature detector PT 100, SHT 11 as a humidity sensor, GFS131 as an airflow sensor, MAX4466 as a microphone amplifier as a sound sensor, and a 3.5" nextion TFT LCD as a display. This prototype is also equipped with a rechargeable battery system as a portable power supply. The testing is carried out by comparing the results read by a device designed with the Incu Analyzer II Fluke Biomedical. The results show that the prototype of the baby incubator parameter measuring instrument is able to read the values of temperature, humidity, airflow, and noise level in the baby incubator chamber. The accuracy of temperature parameter measurement reaches more than 98%, so this prototype has the potential to be tested by authorized institutions.

1. PENDAHULUAN

Inkubator bayi merupakan perangkat yang digunakan untuk memberikan lingkungan dengan kondisi suhu dan kelembaban yang optimal untuk mendukung keberlangsungan hidup bayi (Restin et al., 2021; Latif et al., 2021). Inkubator bayi telah diperkenalkan sejak akhir abad ke-19 dengan prinsip dasar penggunaan alat untuk menjaga bayi yang baru lahir tetap hangat (Ferris & Shepley, 2013). Seiring dengan

*Corresponding author.

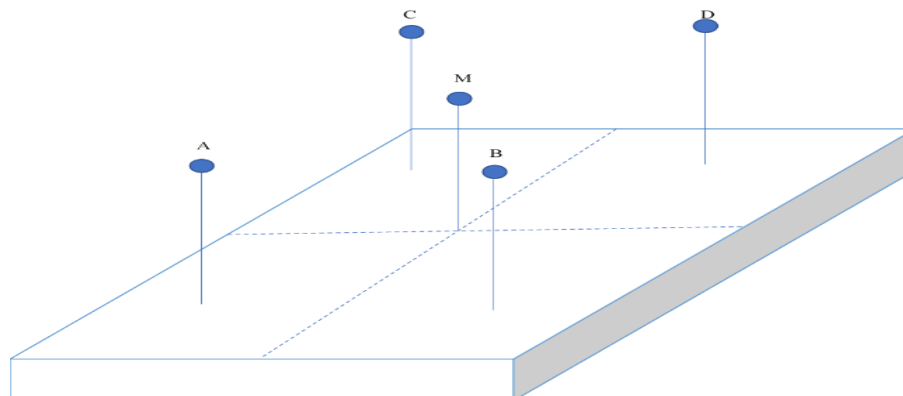
E-mail addresses: indah.nursyamsi@poltekkesikt2.ac.id (Indah Nursyamsi Handayani)

perkembangan teknologi dan kebutuhan pelayanan kesehatan, inkubator bayi telah mengalami beberapa peningkatan fungsi seperti penambahan sistem sirkulasi udara (Wongkamhang et al., 2013), sensor kondisi lingkungan seperti pendeteksi kebisingan (Zacarias et al., 2018), ke semua hal ini untuk memastikan tidak adanya gangguan terhadap bayi yang sedang di rawat didalamnya (Bess & Bess, 2015; Restin et al., 2021). Berdasarkan fungsi dari alat tersebut, maka menurut *International Classification for Standard (ICS)* inkubator bayi termasuk kedalam kategori alat kesehatan sebagai pendukung kehidupan (*Life Support*) (Saleh, 2013). Sehingga dalam penggunaan alat inkubator bayi di fasilitas pelayanan kesehatan juga patut memperhatikan kesesuaian parameter-parameter yang tersedia dengan standar acuan (Ombudsman, 2018). Hal ini bertujuan pelayanan kesehatan yang diberikan aman dan terjamin bagi pasien. Pemeliharaan rutin dan kalibrasi merupakan salah satu kegiatan yang bertujuan untuk memastikan kesesuaian parameter keluaran alat.

Kalibrasi merupakan kegiatan peneraan untuk menentukan kebenaran nilai penunjukan alat ukur dan/atau bahan ukur (Vasilevskyi, 2014) (Chowdhury, 2012). Menurut amanat Peraturan Menteri Kesehatan no. 54 Tahun 2015 bahwa Setiap Alat Kesehatan yang digunakan di Fasilitas Pelayanan Kesehatan dan Fasilitas Kesehatan lainnya harus dilakukan uji dan/atau kalibrasi secara berkala. Altayyar Saleh, dkk menyampaikan hasil kajian terkait dampak kalibrasi alat kesehatan terhadap kinerja dan keselamatan pasien dengan menyelidiki kinerja perangkat terhadap referensi standar internasional atau rekomendasi pabrikan yang hasilnya menunjukkan alat kesehatan yang hanya dipelihara saja tanpa dilakukan kalibrasi tidak cukup untuk memastikan fungsi alat bekerja dengan tepat dan andal (Altayyar Saleh et al., 2018).

Metode pengukuran alat inkubator bayi dituangkan ke dalam Standar Nasional Indonesia mengenai persyaratan khusus untuk keselamatan dasar dan kinerja esensial *incubator infant (SNI IEC 60601-2-19-2014)*. Di dalam standar ini diatur parameter-parameter fisis yang wajib diukur pada saat kalibrasi alat inkubator bayi yaitu temperatur (suhu) *enclosure*, suhu matras, kelembaban, aliran udara (*air flow*) dan tingkat kebisingan (Badan Standardisasi Nasional, 2014). Rekomendasi penempatan sensor temperature juga diatur sedemikian rupa seperti yang dapat dilihat pada Gambar 1. Titik pengukuran A, B, C dan D merupakan sensor temperature udara serta titik M merupakan sensor temperature matras. Posisi peletakkan titik pengukuran A sampai dengan D dan M adalah sejajar rata dan pada jarak 10 cm terhadap matras. Pengaturan konfigurasi titik pengukuran suhu ini terkait dengan pengukuran stabilitas suhu di dalam ruang inkubator bayi, yang merupakan faktor penting penyebab beberapa insiden seperti apnea (Golpaygani, 2019).

Inkubator bayi merupakan salah satu alat kesehatan kategori "*high individual risk*" yang masuk kedalam daftar peralatan yang wajib dikalibrasi secara berkala minimal satu tahun sekali (Ozdemirci Emre et al., 2014). Karena kalibrasi merupakan serangkaian kegiatan yang membentuk hubungan antara nilai yang ditunjuk oleh instrumen pengukur atau sistem pengukuran atau nilai yang diwakili oleh bahan ukur dengan nilai-nilai yang sudah diketahui yang berkaitan dari besaran yang diukur dalam kondisi tertentu. Dari pembahasan inkubator tersebut, agar inkubator bayi dapat terjaga keakurasiannya maka perlu dilakukan kalibrasi. Alat yang digunakan untuk mengkalibrasi atau mengukur kondisi ruang inkubator bayi dikenal dengan nama *Incubator Analyzer* (Sen & Yuksekkaya, 2018). *Incubator analyzer* mampu mengukur temperature ruang dan matras ($^{\circ}\text{C}$), kelembaban udara (RH), laju aliran udara dan tingkat kebisingan (db) (Ozdemirci et al., 2014). Suatu inkubator bayi dikatakan layak digunakan apabila selisih nilai pengukuran dengan acuan masih berada dalam batas toleransi yang diizinkan.



Gambar 1. Konfigurasi Titik Pengukuran Temperature

Beberapa peneliti melaporkan pembuatan alat *incubator analyzer* seperti yang disampaikan oleh (Wijaya dkk., 2019) dan (Nuravyni, 2017), dengan prototipe produk yang mampu mengukur temperature dan kelembaban ruang inkubator bayi. Selain itu (Samputri dkk., 2019) melaporkan pengembangan *incubator analyzer* dengan tampilan berbasis android untuk parameter suhu dan kebisingan. (Azkiyak dkk., 2020) melaporkan pengembangan inkubator analyzer dengan tampilan berbasis android untuk parameter kelembaban dan laju aliran udara. Sedangkan pengembangan *incubator analyzer* berbasis pengolahan data di computer juga dilaporkan oleh (Syarifatul Ainiyah dkk., 2020) dengan parameter pengukuran suhu dan juga kelembaban. Seluruh produk yang dikembangkan dan telah dilaporkan sejauh penulis melakukan kajian literatur belum memenuhi empat parameter wajib yang disyaratkan di dalam (SNI IEC 60601-2-19-2014). Sehingga pada penelitian ini dilaporkan pembuatan purwarupa alat ukur parameter fisis inkubator bayi yang memenuhi ke-empat parameter wajib yaitu temperatur, kelembaban, aliran udara dan tingkat kebisingan.

2. METODE

Penelitian ini menggunakan metode *research and development* yang akan menghasilkan purwarupa alat ukur parameter fisis inkubator bayi dengan kemampuan pengukuran temperatur, kelembaban, aliran udara dan tingkat kebisingan di dalam chamber inkubator bayi. Pembuatan purwarupa dilakukan secara bertahap ke dalam empat proses yaitu proses penelusuran dan identifikasi masalah, tahap perancangan serta perencanaan hardware dan software yang akan dibuat sesuai kriteria yang telah ditetapkan, tahap pemilihan alat dan bahan serta hardware dan software yang akan digunakan dan disesuaikan dengan kriteria yang telah ditetapkan dalam tahapan perancangan serta tahap penerapan rancangan dan uji kinerja produk.

Uji kinerja produk dilakukan dengan membandingkan purwarupa terhadap alat ukur yang sudah tersedia (*comparisson test*). Alat ukur yang digunakan antara lain Incu Analyzer II Fluke Biomedical untuk membandingkan parameter temperatur, kelembaban, aliran udara dan tingkat kebisingan. Pengambilan data sebanyak lima kali per masing-masing parameter dengan selang waktu 5 menit. Selain itu juga digunakan digital thermohygrometer model HTC-2 sebagai alat ukur kondisi ruang pengujian (suhu dan kelembaban) dan sound level meter UNI-T model UT-353 untuk pengukuran tingkat kebisingan.

Data yang telah dihimpun dari hasil pengujian ini selanjutnya diolah untuk memperoleh nilai kesalahan rata-rata secara mutlak (*mean absolute percentage error*) yang dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|A_i - F_i|}{A_i}$$

Dengan mengetahui nilai tersebut diatas, maka selanjutnya dapat dihitung nilai keakurasian dari prototype yang telah dibuat. Perangkat keras adalah perangkat fisik yang berupa komponen elektronik yang mempunyai fungsi tertentu. Pada sistem ini perangkat keras dibagi menjadi 3 bagian utama yaitu bagian penerima sinyal/data (*sensing layer*), sistem pengelola data (*data processing layer*), dan bagian sistem elektronik untuk penampilan (*display control layer*). Bagian penerima sinyal terdiri dari resistive temperature detector PT 100 untuk pengukuran temperature, SHT 11 sebagai sensor kelembaban, GFS131 sebagai sensor aliran udara dan MAX4466 merupakan microphone amplifier sebagai sensor suara. Sistem pengelola data menggunakan Arduino dan system elektronik untuk tampilan digunakan LCD TFT nextion 3,5". Purwarupa ini juga dilengkapi sistem baterai isi ulang sebagai catu daya portable.

Parameter Suhu

Sensor yang digunakan untuk mengukur parameter suhu pada penelitian ini berjenis RTD (*Resistance Temperatur Detector*) yaitu sensor yang akan berubah nilai hambatannya apabila mendeteksi adanya perubahan suhu. Sensor PT100 merupakan salah satu jenis sensor suhu yang terkenal dengan keakurasiannya. Sensor PT100 ini terbuat dari logam platinum oleh karenanya namanya diawali dengan nama 'PT' sebagai penanda material yang digunakan dan sensor ini dikalibrasi pada suhu 0°C pada nilai resistansi 100 ohm. Nilai resistansinya akan naik seiring kenaikan suhu yang dideteksinya. Untuk sensor PT100 jenis DIN (Standar eropa) memiliki resolusi 0,385Ω / 1°C yaitu nilai resistansinya akan naik sebesar 0,385Ω untuk setiap 1°C.

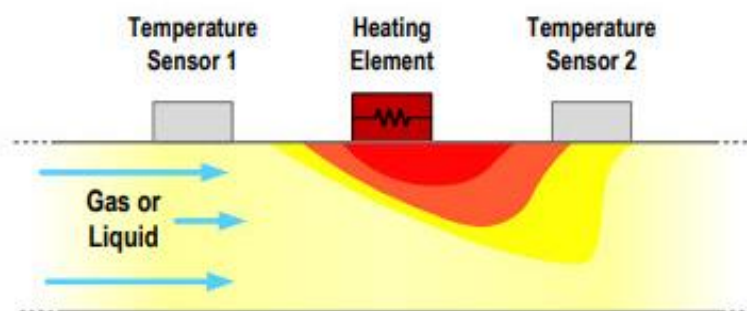
Parameter Kelembaban Udara

SHT11 adalah sebuah *single chip* sensor suhu dan kelembaban relatif dengan multi modul sensor yang outputnya telah dikalibrasi secara digital (Sensirion, 2004). Dibagian dalamnya terdapat kapasitas polimer sebagai elemen untuk sensor kelembaban relatif dan sebuah pita regangan yang digunakan sebagai sensor temperatur. Output kedua sensor digabungkan dan dihubungkan pada ADC 14bit dan sebuah interface serial pada satu chip yang sama. Sensor ini menghasilkan sinyal keluaran yang baik dengan waktu respon yang cepat. SHT11 dikalibrasi pada ruangan dengan kelembaban yang teliti menggunakan hygrometer sebagai referensinya. Koefisien kalibrasinya telah diprogramkan kedalam OTP memory. Koefisien tersebut akan digunakan untuk mengkalibrasi keluaran dari sensor selama proses pengukuran.

Sumber tegangan yang dibutuhkan oleh SHT11 sebesar 5 Volt dengan komunikasi *bidirectional 2-wire*. Sistem sensor ini mempunyai 1 jalur data yang digunakan untuk perintah pengalamatan dan pembacaan data. Pengambilan data untuk masing-masing pengukuran dilakukan dengan memberikan perintah pengalamatan oleh mikrokontroler. Kaki serial Data yang terhubung dengan mikrokontroler memberikan perintah pengalamatan pada pin Data SHT11 "00000101" untuk mengukur kelembaban relatif dan "00000011" untuk pengukuran temperatur. SHT11 memberikan keluaran data kelembaban dan temperatur pada pin Data secara bergantian sesuai dengan clock yang diberikan mikrokontroler agar sensor dapat bekerja. Sensor SHT11 memiliki ADC (*Analog to Digital Converter*) di dalamnya sehingga keluaran data SHT11 sudah terkonversi dalam bentuk data digital dan tidak memerlukan ADC eksternal dalam pengolahan data pada mikrokontroler.

Parameter Aliran Udara

GFS131 adalah sensor aliran udara generasi baru yang dikembangkan secara khusus oleh Xi'an Gavin Electronic Technology Co., Ltd untuk kebutuhan ventilator medis. Prinsip kerja yang digunakan oleh sensor ini merupakan prinsip perpindahan energi akibat perbedaan suhu untuk mendeteksi aliran media gas di dalam pipa seperti yang dapat dilihat pada Gambar 2, dan Gambar 3. Oleh karenanya sensor aliran udara GFS131 ini dilengkapi sensor suhu internal untuk mengkalibrasi perubahan suhu yang terjadi di sepanjang pipa. Pada saat yang sama, sensor GFS131 memiliki output tegangan analog linier, yang memudahkan untuk mengkonversi data analog menjadi digital. Sensor ini juga memiliki karakteristik akurasi tinggi, respon cepat dan pengulangan yang baik. Secara akurat dapat mengukur aliran yang sangat kecil. (Sumber Gambar: <https://www.renesas.com/sg/en/document/whp/whitepaper-mems-mass-flow-sensor>).



Gambar 2. Prinsip Kerja *Thermal Mass Flow Sensor*



Gambar 3. Contoh Produk *Flow Sensor GFS131*

Parameter Tingkat Kebisingan

Sensor suara digunakan untuk memonitoring perubahan level suara dilingkungan. Sensor yang digunakan merupakan produk dari “Maxim Integrated” dengan tipe MAX 4466. Sensor ini berbentuk modul yang terdiri dari mikrofon dan penguat. Modul ini membutuhkan supply tegangan +2,4V - +5,5V, dan terdapat electret microphone dengan operasi frekuensi 20Hz - 20kHz dan nilai sensitivitas -35 ± 4 dB. Didalam mic terdapat sebuah elemen vibrating kecil yang dapat menghasilkan keluaran tegangan beberapa millivolts (peak to peak). Untuk penguatan sinyal yang dihasilkan dari mic tadi, digunakan sebuah op-amp yang secara khusus didesain untuk mempermudah kerja sound sensor. Di bagian belakang, terdapat trimmer potensio yang dapat digunakan untuk mengatur nilai gain dengan rentang tertentu. Keluaran dari modul ini berupa sinyal rail to rail, dimana jika suara semakin bising, keluaran dapat mencapai nilai maksimum masukan. Keluaran sensor ini mempunyai nilai DC bias $V_{cc}/2$, jadi ketika diarea terukur benar-benar sunyi, keluaran akan mengeluarkan tegangan tetap $V_{cc}/2$ Volts.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Purwarupa Alat dengan Metode Visual

Pengujian dilaksanakan di laboratorium life support Jurusan Teknik Elektromedik Poltekkes Kemenkes Jakarta II. Sebelum melakukan pengujian dilakukan persiapan alat dan bahan, aksesories dan purwarupa alat yang dibuat. Adapun alat yang digunakan yaitu alat ukur kebisingan suara (sound level meter), alat ukur kelembaban dan temperatur ruang, alat ukur incu analyzer dan inkubator bayi.

Berdasarkan pengamatan secara visual melalui tampilan layar, parameter-parameter yang tersedia pada prototipe alat ukur seperti suhu, kelembaban, laju aliran udara, dan tingkat kebisingan mampu merespon perubahan kondisi lingkungan seperti yang dapat dilihat pada [Gambar 4](#).



Gambar 4. Purwarupa Alat

Kemampuan alat untuk dapat membaca parameter-parameter sesuai rancangan, menjadi indikator bahwa purwarupa yang telah dibuat secara kualitatif bekerja dengan baik. Langkah selanjutnya adalah uji fungsi produk secara kuantitatif sehingga dapat disimpulkan nilai keakurasian dari alat yang telah dibuat.

Pengujian Paramater dengan Alat Ukur

Pengujian ini dilakukan dengan membandingkan pengukuran parameter suhu, kelembaban, laju aliran udara dan tingkat kebisingan yang terbaca pada alat yang dirancang dengan alat ukur *incubator analyzer*. Posisi pengujian suhu dibuat sebanyak empat titik yang diletakkan setiap sudut alat inkubator bayi dan satu titik berada ditengah sebagai titik pengukuran suhu matras, sedangkan tiga parameter lainnya yaitu kelembaban, kebisingan dan laju aliran udara terlekat langsung pada alat yang dibuat dan diposisikan di tengah matras inkubator bayi (lihat [Gambar 5](#)). Pengambilan data dilakukan setelah suhu di dalam ruang inkubator mencapai kondisi stabil yaitu sesuai dengan nilai pengaturan, dengan jumlah pengambilan data dilakukan secara berulang sebanyak lima kali.



Gambar 5. Kondisi Uji Parameter di dalam Inkubator Bayi

Pengujian keseragaman suhu ditetapkan pada tiga titik pengukuran yaitu 32°C, 34°C dan 37°C yang mengacu pada rujukan SNI IEC 60601-2-19-2014. Adapun inkubator bayi yang dilengkapi dengan pengontrol udara dan pengontrol temperatur harus memenuhi ketentuan temperatur rata-rata pada setiap titik A, B, C dan D tidak lebih besar dari 0,8 °C sebagaimana ditentukan dalam petunjuk pengujian dalam penggunaan normal. Hasil pengujian keseragaman temperature pada titik A (TA), titik B (TB), titik C (TC), titik D (TD) dan temperature matras (TM) disajikan dalam Tabel 1, Tabel 2, dan Tabel 3. Hasilnya menunjukkan alat mampu berkerja dengan baik membaca suhu disetiap titik dengan nilai keseragaman <0,8°C. Nilai keseragaman menunjukkan bahwa suhu rata-rata di masing-masing titik A, B, C, D, dan M pada set pengujian (32 – 37 °C), memiliki perbedaan tidak lebih dari 0,8 °C, dimana nilai tersebut telah sesuai dengan standar yang digunakan. Selain itu diperoleh juga nilai keakurasian pengukuran suhu lebih dari 98%, hasil ini serupa dengan pengukuran suhu dengan menggunakan sensor suhu LM35 pada rancang bangun alat Incu Analyzer yang dilaporkan oleh (Athavale et al., 2022) dan penggunaan sensor DS18B20 juga pernah dilaporkan dalam pembuatan alat Incu Analyzer oleh (Ningtias et al., 2021).

Tabel 1. Pengujian Parameter Suhu pada Pengaturan 32°C

Setting Suhu 32 °C	Tampilan Suhu pada Prototipe (°C)					Keakurasian %
	1	2	3	4	5	
TA	32.42	32.66	32.41	32.18	32.78	98.47
TB	32.31	32.44	31.87	32.54	32.65	98.87
TC	32.16	32.56	32.13	32.11	32.84	98.88
TD	32.40	32.06	32.58	32.23	32.42	98.94
TM	32.30	32.23	32.04	32.20	32.36	99.29

Tabel 2. Pengujian Parameter Suhu pada Pengaturan 34°C

Setting Suhu 34 °C	Tampilan Suhu pada Prototipe (°C)					Keakurasian %
	1	2	3	4	5	
TA	34.76	34.18	34.28	34.41	34.56	98.63
TB	34.72	34.31	34.82	34.24	34.13	98.61
TC	34.86	34.55	34.12	34.98	34.28	98.26
TD	34.01	34.77	34.47	34.89	34.14	98.58
TM	34.12	34.56	34.3	34.45	34.27	98.94

Tabel 3. Pengujian Parameter Suhu pada Pengaturan 37°C

Setting Suhu 37 °C	Tampilan Suhu pada Prototipe (°C)					Keakurasian %
	1	2	3	4	5	
TA	37.1	37.27	37.47	37.19	37.14	99.27
TB	37.05	37.31	37.18	37.24	37.13	99.43
TC	37.36	37.42	37.12	37.22	37.28	99.13
TD	37.26	37.18	37.28	37.41	37.46	99.01
TM	37.19	37.33	37.44	37.12	37.26	99.16

Pengujian selanjutnya adalah pengukuran nilai kelembaban, tingkat kebisingan dan laju aliran udara yang dapat dilihat pada Tabel 4. Kondisi lingkungan pengujian tercatat pada suhu ruang 23 °C dengan kelembaban relatif berkisar antara 57%. Pengujian tingkat kebisingan dilakukan dengan mengkondisikan sumber gangguan suara menggunakan aplikasi Frequency Sound Generator. Hasil pengukuran tingkat kebisingan pada unit purwarupa berkisar antara 54,3-60 dB sedangkan pada alat ukur sound level meter yang digunakan sebagai pembanding yaitu sebesar 57 dB. Perbedaan nilai pengukuran tingkat kebisingan ini dapat dipengaruhi oleh perbedaan sensitifitas sensor yang digunakan, hal ini masih perlu dipelajari lebih lanjut. Namun sebagai acuan, bahwasanya pengukuran tingkat kebisingan di dalam ruang inkubator bayi saat digunakan dalam kondisi level suara normal tidak boleh melampaui tingkat tekanan suara sebesar 60 dBA.

Parameter berikutnya yang diujikan adalah kecepatan aliran udara di dalam ruang inkubator bayi. Hasilnya memperlihatkan pengukuran kecepatan aliran udara baik menggunakan unit purwarupa dan alat ukur menunjukkan nilai yang sama yaitu sebesar 0,1 m/s. Kecepatan aliran udara dalam ruang inkubator bayi yang digunakan dalam kondisi normal disyaratkan tidak boleh melebihi 0.35 m/s.

Tabel 4. Pengujian Tingkat Kebisingan, Kelembaban dan Laju Aliran Udara

Pengukuran	Alat ukur	Tampilan alat				
		1	2	3	4	5
Kebisingan (db)	57	59.8	53.4	58.9	54.3	60.0
Aliran Udara (m/s)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Kelembaban (Rh)	57	58.9	58.8	51.7	54.3	55.4

4. SIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan pengukuran suhu di ke empat titik yang ditentukan pada ketinggian 10cm di atas matras dan pengukuran suhu matras menunjukkan nilai yang seragam. Layar tampilan alat berdasarkan metode pengamatan visual mampu menunjukkan parameter suhu, kelembaban, kecepatan aliran udara dan tingkat kebisingan sesuai dengan rancangan. Maka berdasarkan hasil pengujian ini, purwarupa alat ukur parameter inkubator bayi berpotensi dilaksanakan uji produk pada lembaga uji yang berwenang. Selain itu purwarupa ini perlu ditindaklanjuti dengan melakukan pengujian pada alat inkubator bayi teknologi rendah yang tersedia di fasilitas pelayan kesehatan dasar seperti bidan mandiri, sehingga mampu meningkatkan kesiap terapan teknologi untuk dapat berdaya guna di masyarakat.

5. UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Poltekkes Kemenkes Jakarta II yang telah memberikan bantuan dana melalui skema Hibah Penelitian Kerjasama Antar Perguruan Tinggi (PKAPT) tahun 2021.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Altayyar Saleh, S., Mousa, M. A., Alfaifi, A. M., Negm, A. E., & Ali, M. O. (2018). The impact of calibration on medical devices performance and patient safety. *Biomedical Research (India)*, 29(12), 2553–2560. <https://doi.org/10.4066/biomedicalresearch.29-18-550>.
- Athavale, V. A., Pati, A., Hossain, A. K. M. B., & Luthfiyah, S. (2022). An Android INCU Analyzer Design to Calibrate Infant Incubator Using Bluetooth Communication for Real-Time and Wireless Monitoring. 15(1), 1–8. <https://doi.org/10.35882/teknokes.v15i1.1>.
- Azkiyak, V. N., Syaifudin, S., & Titisari, D. (2020). Incubator Analyzer Using Bluetooth Android Display (Humidity & Air Flow). *Indonesian Journal of Electronics, Electromedical Engineering, and Medical Informatics*, 1(2), 71–77. <https://doi.org/10.35882/ijeemi.v1i2.5>.
- Badan Standarisasi Nasional. (2014). *SNI IEC 60601-2-19:2014 : Persyaratan khusus untuk keselamatan dasar dan kinerja esensial inkubator infant*.
- Bess, F. H., & Bess, H. (2015). *Observations on Noise Levels in Infant Incubators*. July. <https://doi.org/10.1542/peds.63.1.100>.
- Chowdhury, M. R. (2012). General Concept of Calibration. *International Journal of Pharmaceutical and Life Sciences*, 1(3), 2305. <https://doi.org/10.3329/ijpls.v1i3.12981>.
- Ferris, T. K., & Shepley, M. M. (2013). The design of neonatal incubators: A systems-oriented, human-centered approach. *Journal of Perinatology*, 33(SUPPL. 1), 24–31. <https://doi.org/10.1038/jp.2013.11>.
- Golpaygani, T. (2019). *Journal of Biomedical Physics and Engineering*. 251–256. <https://doi.org/10.31661/jbpe.v0i0.761>.
- Latif, A., Widodo, H. A., Atmoko, R. A., Phong, T. N., & Helmy, E. T. (2021). Temperature and humidity controlling system for baby incubator. *Journal of Robotics and Control (JRC)*, 2(3), 190–193. <https://doi.org/10.18196/jrc.2376>.
- Ningtias, D. R., Wahyudi, B., & Harsoyo, I. T. (2021). Monitoring Suhu pada Infant Warmer Menggunakan INCU Analyzer Berbasis Arduino. *Elektrika*, 13(1), 22. <https://doi.org/10.26623/elektrika.v13i1.3118>.
- OMBUDSMAN. (2018). *Kalibrasi Alat Kesehatan Dalam Rangka Peningkatan Pelayanan Kesehatan Publik di Puskesmas* (p. 12).
- Ozdemirci, E., Özarslan Yatak, M., Duran, F., & Canal, M. R. (2014). Reliability assessments of infant incubator and the analyzer. *Gazi University Journal of Science*, ISBN: 27(4), 1169–1175.
- Restin, T., Gaspar, M., Bassler, D., Kurtcuoglu, V., Scholkmann, F., & Haslbeck, F. B. (2021). Newborn incubators do not protect from high noise levels in the neonatal intensive care unit and are relevant noise sources by themselves. *Children*, 8(8). <https://doi.org/10.3390/children8080704>.

- Saleh, A. R. (2013). Mengenal ICS Sebagai Salah Satu Sistem Klasifikasi Dokumen. *Media Pustakawan*, 20(1), 5–8. <https://ejournal.perpusnas.go.id/mp/article/view/895>.
- Samputri, H. N. A., Syaifudin, S., & Titisari, D. (2019). Incubator Analyzer Menggunakan Aplikasi Android. *Jurnal Teknokes*, 12(1), 14–20. <https://doi.org/10.35882/teknokes.v12i1.3>.
- Sen, G. T., & Yuksekkaya, M. (2018). Desing and Test of an Incubator Analyzer. *ISMSIT 2018 - 2nd International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies, Proceedings*, 2–6. <https://doi.org/10.1109/ISMSIT.2018.8567049>.
- Sensirion. (2004). *Humidity & Temperature Sensor*. 1–9.
- Syarifatul Ainiah, Andayani, D. H., Pundji, A., & Shaib, M. (2020). Development of Incubator Analyzer Based on Computer with Temperature And Humidity Parameters. *Journal of Electronics, Electromedical Engineering, and Medical Informatics*, 2(2), 48–57. <https://doi.org/10.35882/jeeemi.v2i2.3>.
- Vasilevskyi, O. M. (2014). Calibration method to assess the accuracy of measurement devices using the theory of uncertainty. *International Journal of Metrology and Quality Engineering*, 5(4). <https://doi.org/10.1051/ijmqe/2014017>.
- Wijaya, R. A., Lestari, S. W. L. W., & Mardiono, M. (2019). Rancang Bangun Alat Monitoring Suhu dan Kelembaban Pada Alat Baby Incubator Berbasis Internet Of Things. *Jurnal Teknologi*, 6(1), 52. <https://doi.org/10.31479/jtek.v6i1.5>.
- Wongkamhang, A., Phasukkit, P., Pintuviroj, C., Prasantamrongsiri, S., Sanpanich, A., & Thongpance, N. (2013). *Design and Simulation of Air Flow Inside Double Study for Multi Inflow and Outflow Slot*. 3–6. <https://doi.org/10.1109/BMEiCon.2013.6687694>.
- Zacarías, F. F., Jiménez, J. L. B., Velázquez-gaztelu, P. J. B., Molina, R. H., & López, S. L. (2018). Noise level in neonatal incubators: A comparative study of three models. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*. <https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2018.02.013>.