



## Analisis performa inkubator *grashof* dengan menggunakan lampu LED sebagai pemanas

*Analysis of the performance of grashof incubators with the use of led lamps as laders*

**R.O. Putra, B.V. Tarigan\*, J.U. Jasron**

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana, Jl. Adi Sucipto, Kupang, NTT, Tlp. (0380) 881557

\*E-mail: [ben\\_tarigan@staf.undana.ac.id](mailto:ben_tarigan@staf.undana.ac.id)

---

### ARTICLE INFO

### ABSTRACT

---

#### Article History:

Received 13 June 2024

Accepted 23 July 2024

Available online 01 October 2024

---

#### Keywords:

Grashof incubator

Natural convection

Energy efficiency



This research is titled "Performance Analysis of Grashof Incubator Using LED Lamps as Heaters." The background of this research is the high infant mortality rate in developing countries, including Indonesia, which is largely due to the lack of adequate medical equipment for the care of premature babies. This research aims to analyze the performance of the Grashof incubator that uses LED lamps as an alternative heating source. The research methods used include the design of the incubator, data collection through temperature testing using various configurations of LED lamps, incandescent lamps, electric heat, and copper fins, as well as the analysis of heat transfer efficiency. The temperature measurement results show that the incubator with a 20-watt LED lamp and the use of copper fins provides more efficient heating performance compared to a 25-watt incandescent lamp without fins. The conclusion of this research is that the use of LED lamps as heaters in the Grashof incubator can improve heat transfer efficiency and reduce energy consumption. The use of copper fins also proved to enhance the heating performance of the incubator. This research is expected to contribute to the development of more efficient and affordable incubator technology for the care of premature babies in developing countries.

### 1. PENDAHULUAN

Angka tingkat kematian bayi paling tinggi dilaporkan terjadi di sejumlah negara berkembang. Hal ini disebabkan oleh sebagian besar penduduk negara berkembang tidak cukup memiliki akses ke dokter dan tidak mampu membayar penggunaan peralatan perawatan kelahiran bayi prematur. Berdasarkan data Bank Dunia, angka kematian bayi *neonatal* (usia 0-28 hari) Indonesia sebesar 11,7 dari 1.000 bayi lahir hidup pada 2021. Jadi terdapat antara 11 sampai 12 bayi *neonatal* yang meninggal dari setiap 1.000 bayi yang terlahir hidup (Sumantrie dan Limbong, 2020).

Hipotermia dan hipertermia merupakan salah satu gangguan kesehatan dan penyebab kematian pada bayi baru lahir yang diakibatkan oleh ketidakseimbangan termal pada tubuh bayi. Hal ini terjadi karena mekanisme produksi panas dan kehilangan panas (termoregulasi) pada bayi tidak seimbang akibat lingkungan sekitar bayi baru lahir yang kurang optimal. Padahal hipotermia ataupun hipertermia yang diderita oleh bayi tersebut berisiko menyebabkan terjadinya ketidakseimbangan metabolisme tubuh, gangguan pertumbuhan dan IQ, trauma dingin, dan bahkan kematian (Padila dkk., 2018)

Inkubator bayi merupakan salah satu dari sekian banyak alat kedokteran yang sangat dibutuhkan ketersediaannya di rumah sakit atau puskesmas. Inkubator bayi berfungsi untuk menjaga suhu tubuh bayi dalam batas normal terutama untuk bayi yang lahir prematur. Bayi prematur adalah bayi yang lahir kurang dari 37 minggu dan memiliki berat badan kurang dari 2500 gram. Oleh karena itu, bayi prematur memerlukan penanganan khusus. Inkubator sangat dibutuhkan untuk memberi kehangatan bagi bayi prematur. Bayi prematur berisiko mengalami hipotermia (suhu tubuh yang rendah) karena pada bayi prematur keadaan jaringan lemak di bawah kulit kurang atau masih tipis. Inkubator juga bermanfaat untuk meminimalkan resiko kontak bayi prematur dengan orang dan lingkungan yang berpotensi menularkan penyakit karena pada bayi prematur fungsi organnya masih belum sempurna (Anastasi dan Laponi, 2019)

Di dalam inkubator terdapat pemanas yang berfungsi untuk membantu menjaga kestabilan suhu ruangan inkubator bayi agar bayi yang ada di dalam ruang tetap nyaman dan tidak mengalami hipotermia ataupun hipertermia. Pemilihan jenis pemanas juga penting, yaitu dari konsumsi daya yang dibutuhkan, dan suhu yang dikeluarkan dari pemanas. Hal ini berpengaruh pada pencapaian *rise time* untuk mengkondisikan ruangan sesuai dengan kebutuhan yang diinginkan. Suhu inkubator bayi dijaga dalam batas normal sekitar 33°C sampai 35°C. Selain itu, kelembaban relatif sebesar 40% sampai 60% perlu dipertahankan juga untuk membantu stabilitas suhu tubuh bayi. Terinspirasi dari Koestoer (2021) yang menciptakan inkubator bayi yang menggunakan lampu pijar sebagai pemanas dan dipinjamkan secara gratis terutama oleh masyarakat kelas menengah ke bawah. Dalam upaya meningkatkan efisiensi dan kinerja inkubator grashof terdapat kebutuhan untuk melakukan inovasi dan pengembangan terkini. Inkubator sederhana ini ditujukan untuk membantu masyarakat marjinal yang memiliki keterbatasan akses ke rumah sakit karena tidak mampu membayar biaya rumah sakit dan lain-lain. Jadi harus cocok untuk inkubator rumah tanpa sistem AC. Inkubator grashof yang tidak dipatenkan memungkinkan orang Indonesia lainnya dapat membuatnya dengan tujuan untuk membantu masyarakat marginal atau miskin terutama di wilayah yang jauh dari kota besar atau pulau terpencil. Pemanfaatan diluar Indonesia dapat dilakukan setelah berdiskusi dan berkonsultasi dengan kelompok termal universitas Indonesia (Roihan dkk., 2020)

Salah satu aspek utama yang perlu diperhatikan dalam pengembangan inkubator grashof ini adalah pemanasan yang efisien dan konsisten. Meskipun inkubator grashof telah terbukti efektif dalam menyediakan kondisi lingkungan yang optimal masih terdapat beberapa kendala yang perlu diatasi. Kendala utamanya adalah konsumsi energi yang tinggi dalam menjaga suhu stabil di dalam inkubator. Penggunaan lampu pijar dapat menyebabkan penggunaan daya yang berlebihan, yang berdampak pada biaya operasional yang tinggi, kendala yang kedua adalah susahnya mencari lampu pijar yang dijual di pedesaan karena kebanyakan lampu yang dijual di pedesaan adalah lampu LED, ini menjadi salah satu kendala dalam hal pemeliharaan (Roihan dkk., 2021)

Lampu LED muncul sebagai alternatif yang menjanjikan untuk penggunaan pemanas. LED menghasilkan panas tanpa memerlukan elemen pemanas. Keuntungan utama pemanas LED adalah efisiensi energi yang lebih tinggi dan umur yang lebih Panjang dibandingkan dengan lampu pijar. Dalam konteks inkubator grashof, penggunaan pemanas LED dapat mengurangi konsumsi energi secara signifikan, serta meningkatkan keandalan suhu dan konsistensi suhu dalam inkubator.

Selain penggunaan pemanas LED, penambahan sirip tembaga pada inkubator grashof juga merupakan langkah yang penting untuk meningkatkan efisiensi termal. Sirip tembaga berfungsi sebagai penghantar panas tambahan yang meningkatkan transfer panas dari LED ke ruang inkubator. Dengan menambahkan sirip tembaga pada inkubator grashof, kita dapat meningkatkan efisiensi perpindahan panas, mengoptimalkan distribusi suhu, dan mengurangi waktu yang diperlukan untuk mencapai suhu yang diinginkan. Karena sirip tembaga memiliki konduktivitas panas yang tinggi, sehingga mampu menyerap panas dan menghantarkannya dengan lebih efisien.

Ridhani dan Ahniar (2020) melakukan penelitian tentang perangkat penghangat bayi sederhana telah dilengkapi dengan rangkaian LED cahaya biru untuk keperluan terapi. Perangkat menggunakan dua sumber suplai, satu sumber khusus untuk rangkaian LED dan satu suplai lagi untuk sistem kendali. Rangkaian LED ini dideteksi keadaan hidupnya lewat rangkaian resistor. Intensitas cahaya biru di bawah tudung pemanas keramik cukup seragam di level 69-60 lux dan menurun sampai ke level 37 lux setelah lepas dari sumber paparan sumber LED biru. Sebagai pembanding, perangkat terapi cahaya biru berbasis LED yang terpisah menghasilkan sekitar 18 lux pada target pasien. Sistem ini hanya dapat mendeteksi masalah pada sumber suplai 12V, atau keadaan tersambunginya tombol jika sumber suplai untuk lampu tidak bermasalah. Perlu ditambahkan sensor lain untuk dapat mengetahui keadaan menyalnya lampu terapi seperti sensor arus, sensor cahaya atau kamera visual untuk pengukuran internal sistem yang lebih baik.

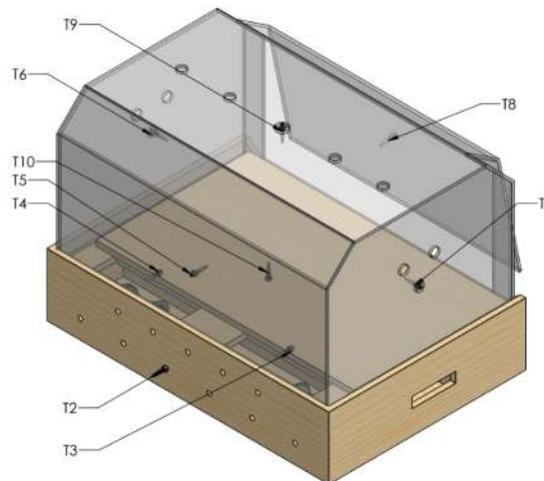
Yulita dkk. (2021) Penelitian tentang pemilihan lampu sebagai pemanas pada inkubator bayi. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan bahwa lampu pijar biasa menghasilkan panas yang lebih tinggi dibandingkan dengan lampu pijar susu, lampu sorot, lampu LHE dan lampu LED. Untuk lampu yang memiliki intensitas cahaya yang tinggi dengan konsumsi daya yang rendah adakah lampu LED, arus yang dibutuhkan pada lampu ini sangat kecil dan konstan, sehingga lebih efisien dan lebih hemat.

Isma dkk. (2021) membuat Usaha perkembangbiakan ayam membutuhkan proses penetasan yang pasti demi keberlangsungan usaha peternakan tersebut. Salah satu usaha yang dapat dilakukan adalah dengan membuat mesin penetas telur untuk menetas telur sehingga keberhasilan penetasan lebih terjamin. Mesin penetas telur ada yang berjenis manual dan otomatis. Dimana mesin otomatis lebih efektif dan efisien dalam proses penetasan telur. Sejalan dengan penggunaan mesin, maka diperlukan kebutuhan pemanas untuk memanaskan mesin tersebut dan kestabilan suhu didalam mesin penetas telur. Salah satu upaya yang dilakukan dengan penambahan logam aluminium pada bagian dalam dinding mesin penetas telur. Dari hasil perhitungan didapatkan perpindahan panas dari sumber panas ke lapisan aluminium dinding mesin penetas adalah 256,96 Watt, perpindahan panas yang terjadi pada dinding mesin penetas sebesar 265,5 Watt, kemudian daya listrik yang terpakai selama masa penetasan adalah 8.429 Watthour.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan inkubator grashof yang menggunakan teknologi pemanas LED yang efisien energi dengan perbaikan efisiensi termal melalui sirip tembaga. Inkubator ini diharapkan dapat memberi manfaat yang signifikan dalam hal penghematan energi, stabilitas suhu, dan peningkatan kualitas pertumbuhan bayi prematur.

**2. METODE PENELITIAN**

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini yaitu menggunakan metode eksperimen, dengan melakukan pengujian terhadap inkubator bayi yang dipasang sirip penyerap panas dengan sumber panas dari bohlam pijar, lampu LED, dan elemen pemanas dari hit elektrik untuk diukur energi yang dibutuhkan dan suhu yang dihasilkan dari masing-masing sumber panas di dalam inkubator bayi. Suhu didalam inkubator diukur mrnggunakan termokopel tipe K.



Gambar 1. Posisi termokopel yang digunakan untuk mendeteksi suhu pada inkubator

Adapun spesifikasi alat yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel 1.

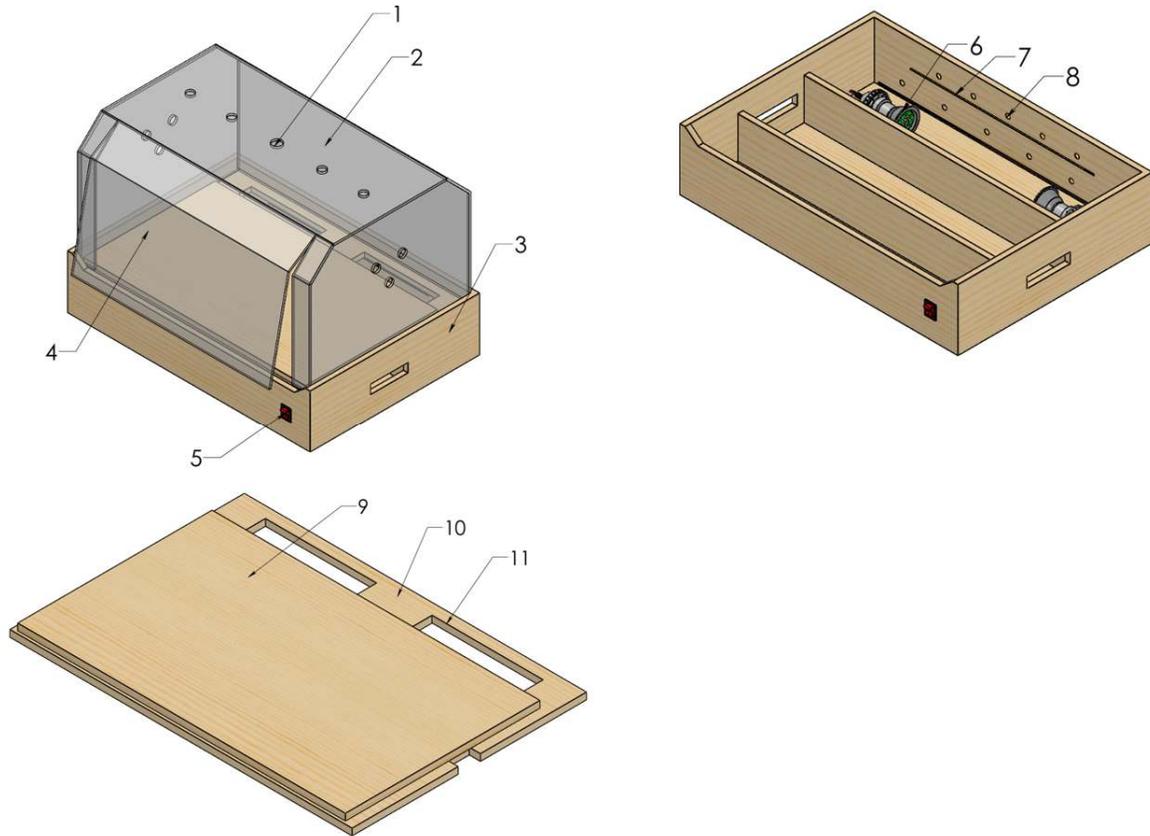
Tabel 1. Alat dan bahan

Nama	Spesifikasi
Termokopel	Type K
Arduino	Mega 3560
Driver	Max 6675
Laptop	Monitoring suhu

Laju perpindahan panas pada konveksi bebas dapat dihitung menggunakan hukum pendingin Newton, rumus umumnya adalah (Muttaqin dkk., 2012):

$$Q = h.A.\Delta T \quad (1)$$

Q adalah laju perpindahan panas (Watt),  $h$  adalah koefisien perpindahan panas konveksi ( $W/m^2.K$ ),  $A$  adalah luas permukaan perpindahan panas ( $m^2$ ),  $\Delta T$  adalah selisih suhu antara permukaan dan fluida (K atau  $^{\circ}C$ ).



Gambar 2.Part inkubator. 1. Lubang udara, 2. Bagian atas inkubator, 3. Box lampu, 4. Pintu inkubator, 5. Tombol power, 6. Lampu pemanas, 7. Sirip tembaga, 8. Lubang udara masuk, 9. Dipan bayi, 10. Penahan dipan bayi, 11. Lubang ventilasi udara panas.

$$Nu = c.(Gr.Pr)^n \quad (2)$$

Dimana Nu adalah bilangan nusslet, Gr adalah Bilangan Grashof, Pr adalah bilangan Prandtl, C dan  $n$  adalah konstanta yang tergantung pada kondisi spesifik dari sistem dan geometri yang dipertimbangkan.

$$Gr = \frac{g.\beta.\Delta T.L^3}{\nu^2} \quad (3)$$

Gr adalah Bilangan Grashof, sebuah bilangan tak berdimensi yang menilai perbandingan antara gaya apung (buoyant forces) dan gaya viskos (*viscous forces*) dalam fluida.  $g$  adalah percepatan gravitasi ( $m/s^2$ ).  $\beta$  adalah koefisien ekspansi termal volumetrik fluida ( $1/K$ ), yang mengukur perubahan densitas fluida akibat perubahan suhu.  $\Delta T$  adalah selisih suhu antara permukaan dan fluida jauh dari permukaan (K atau  $^{\circ}C$ ).  $L$  adalah panjang karakteristik (m), yang biasanya merupakan dimensi yang signifikan dari geometri objek, seperti tinggi plat atau diameter pipa.  $\nu$  adalah viskositas kinematik fluida ( $m^2/s$ ), yang merupakan rasio antara viskositas dinamik ( $\mu$ ) dan densitas ( $\rho$ ) fluida ( $\nu = \mu/\rho$ ).

$$Pr = \frac{\nu}{a} \quad (4)$$

Bilangan Prandtl (Pr) adalah salah satu bilangan tak berdimensi dalam dinamika fluida dan perpindahan panas. Ini menyatakan perbandingan antara viskositas momentum dan viskositas termal dalam suatu fluida.

Viskositas Momentum ( $\nu$ ): Mengukur resistensi fluida terhadap perubahan bentuk (deformasi) akibat tegangan geser. Difusivitas Termal ( $\alpha$ ): Mengukur kecepatan penyebaran panas dalam suatu fluida.

$$h = Nu \frac{k}{L} \quad (5)$$

Koefisien perpindahan panas konveksi ( $h$ ) mengukur laju perpindahan panas per satuan luas, perbedaan suhu antara permukaan dan fluida di sekitarnya. Satuan dari  $h$  adalah Watt per meter persegi per Kelvin ( $W/m^2 \cdot K$ ). Bilangan Nusselt ( $Nu$ ) adalah bilangan tak berdimensi yang mengukur peningkatan perpindahan panas konveksi yang terjadi dibandingkan dengan perpindahan panas konduksi murni. Ini menunjukkan efisiensi perpindahan panas konveksi pada permukaan. Konduktivitas termal ( $k$ ) adalah kemampuan suatu material untuk menghantarkan panas. Satuan dari  $k$  adalah Watt per meter per Kelvin ( $W/m \cdot K$ ). Panjang karakteristik ( $L$ ) merupakan dimensi karakteristik dari sirip tembaga, satuan dari  $L$  adalah meter (m).

$$y_2 = \frac{x_2 - x_1}{x_3 - x_1} (y_3 - y_1) + y_1 \quad (6)$$

Persamaan ini adalah bentuk dari interpolasi linear yang digunakan untuk menentukan nilai antara dua titik data dalam sebuah garis lurus (Rohman dan Nuryosuwito, 2021).

$$E = P.t \quad (7)$$

$E$  (Energi) yang dihasilkan atau digunakan. Satuan energi dalam Sistem Internasional (SI) adalah Joule (J).  $P$  (Daya) adalah laju penggunaan atau konversi energi. Satuan daya dalam SI adalah Watt (W), di mana 1 Watt sama dengan 1 Joule per detik ( $1 W = 1 J/s$ ).  $t$  (Waktu) selama daya tersebut digunakan. Satuan waktu dalam SI adalah detik (s) (Novri, 2021).

$$Q = P.t \quad (8)$$

$Q$  (Energi Panas atau Kalor) adalah jumlah energi panas atau kalor yang dihasilkan atau diserap. Satuan energi panas dalam Sistem Internasional (SI) adalah Joule (J).  $P$  adalah laju penggunaan atau konversi energi. Satuan daya dalam SI adalah Watt (W), di mana 1 Watt sama dengan 1 Joule per detik ( $1 W = 1 J/s$ ).  $t$  (Waktu) selama daya tersebut digunakan. Satuan waktu dalam SI adalah detik (s) (Rusli dan Djabbar, 2020).

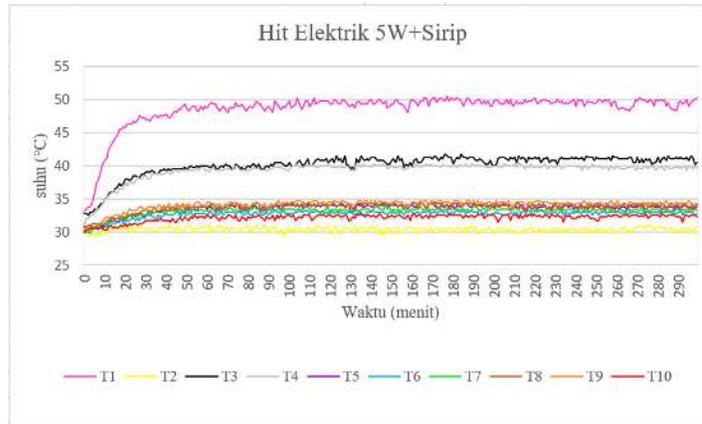
Beberapa variabel yang diuji dalam penelitian ini antara lain efisiensi penggunaan listrik dan suhu yang dihasilkan masing-masing pemanas dengan variasi daya, jenis pemanas dan penambahan sirip tembaga. Ada pun variasi daya pemanas yang divariasikan adalah 5W, 10W, 20W, dan 25W. Jenis pemanas yang divariasikan adalah hit elektrik, lampu LED dan bohlam pijar. Kemudian untuk variasi yang menggunakan sirip dan tidak menggunakan sirip adalah pemanas lampu LED 20W dan lampu pijar 25W.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

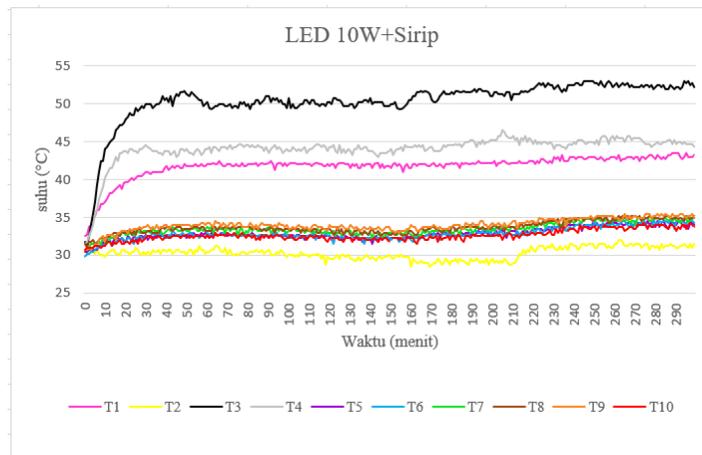
Analisis pada penelitian ini mengenai perbandingan efisiensi inkubator *grashof* yang menggunakan pemanas lampu LED 20W, lampu LED 10W, hit elektrik 5W dengan penambahan sirip dan lampu pijar 25W, lampu LED 20W tanpa sirip. Dalam penelitian ini suhu yang dipanaskan dialirkan dari ruang pemanas (box lamp) ke ruang bayi (*chamber*) memanfaatkan konveksi alamiah (*nature convection*). Suhu dalam inkubator yang diharapkan dari masing-masing pemanas  $33^\circ C$  untuk suhu minimum dan  $35^\circ C$  untuk suhu maksimumnya.



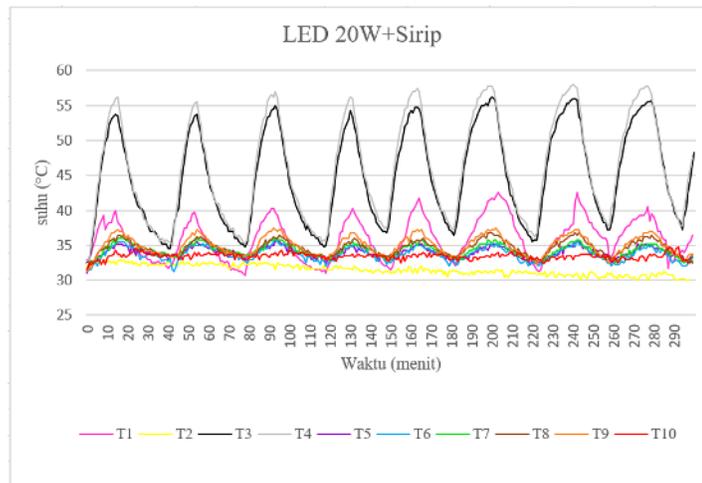
Gambar 3. Pengambilan data suhu inkubator



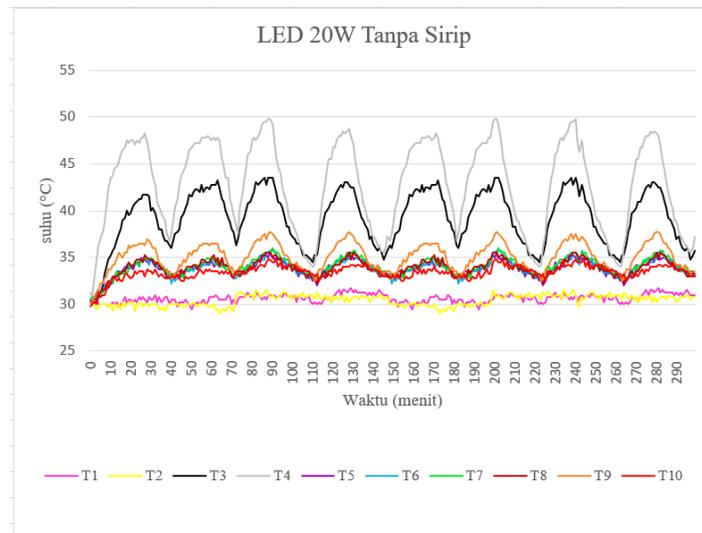
Gambar 4. Hasil pengukuran suhu dengan pemanas hit elektrik 5 watt yang ditempelkan pada sirip tembaga



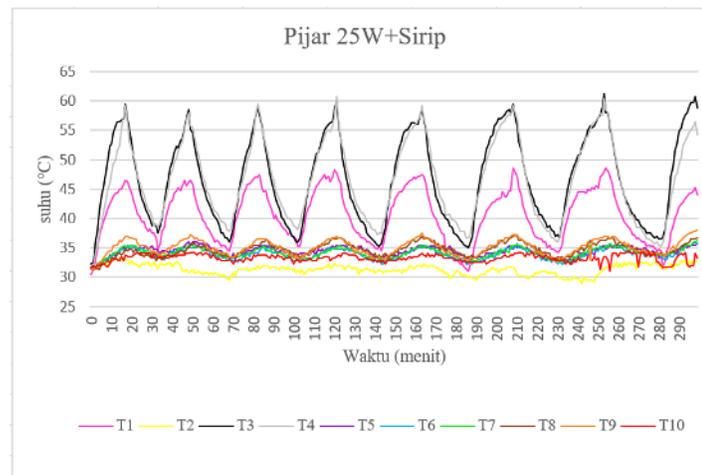
Gambar 5. Hasil pengukuran suhu inkubator dengan pemanas lampu LED 10 watt menggunakan sirip



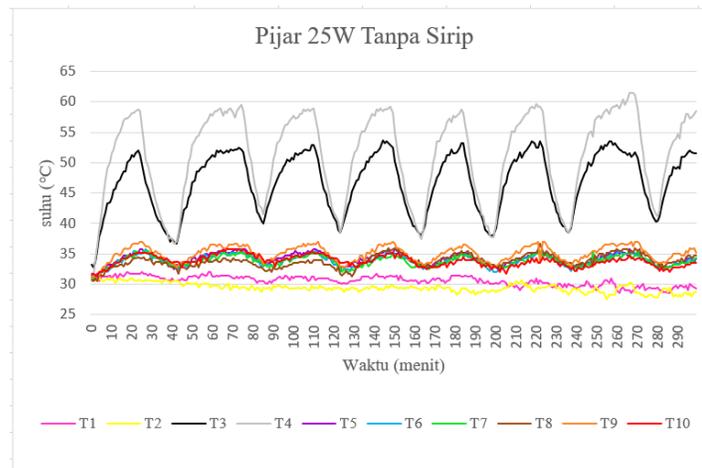
Gambar 6. Hasil pengukuran suhu inkubator dengan pemanas lampu LED 20 watt menggunakan sirip



Gambar 7. Hasil pengukuran suhu inkubator dengan pemanas lampu LED 20 watt tanpa sirip



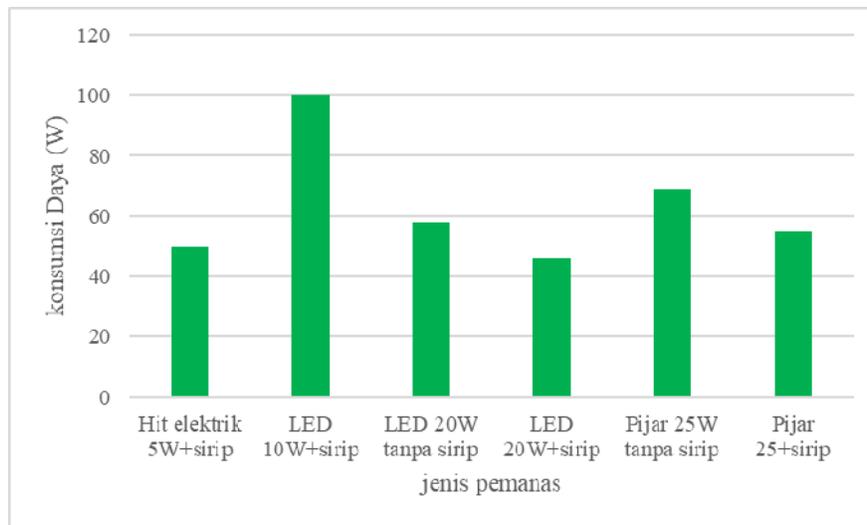
Gambar 8. Hasil pengukuran suhu inkubator dengan pemanaslampu pijar 25 watt menggunakan sirip



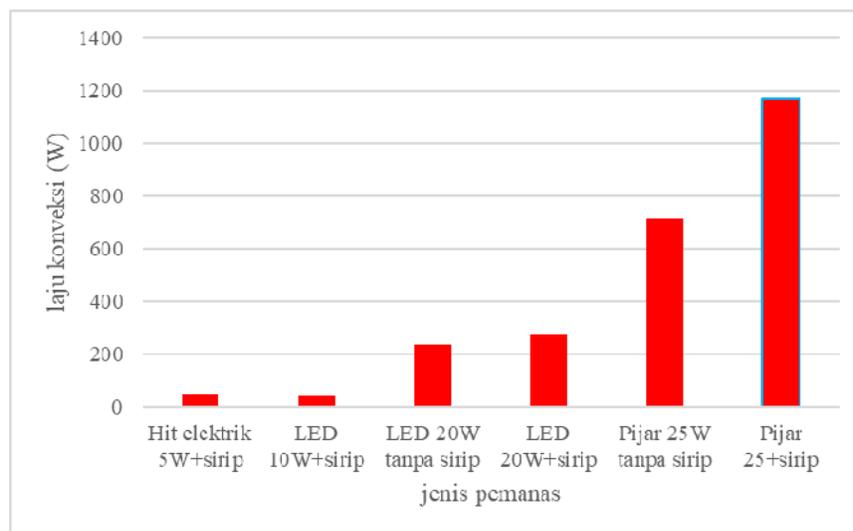
Gambar 9. Hasil pengukuran suhu inkubator dengan pemanas lapu pijar 25 watt tanpa sirip

Tabel 2. Hasil analisis laju konveksi, konsumsi daya, dan energi berguna masing-masing pemanas selama 5 jam

No	Jenis pemanas	Laju konveksi (W/mK)	Konsumsi Daya (w)	Waktu terpakai (s)	Energi berguna (kJ)
1	Hit elektrik 5W+sirip	0,0473	50	18000	90
2	LED 10W+sirip	0,0423	100	18000	180
3	LED 20W	0,2376	58	10440	208,8
4	LED 20W+sirip	0,2728	46	8280	165,6
5	Pijar 25W	0,7148	69	9960	249
6	Pijar 25+sirip	1,17	55	7920	198

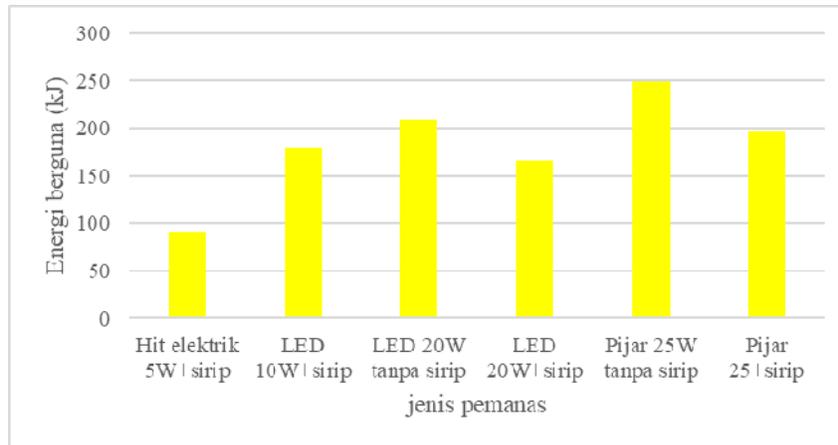


Gambar 10. Perbandingan konsumsi energi masing-masing pemanas inkubator



Gambar 11. Perbandingan laju konveksi pada masing-masing pemanas inkubator

Pada gambar 4 sampai 9 dapat kita amati untuk suhu udara didalam incubator yang mencapai suhu maksimum 35°C adalah incubator yang menggunakan pemanas lampu pijar 25W tanpa sirip, lampu pijar 25W menggunakan sirip, lampu LED 20W tanpa sirip dan lampu LED 20W menggunakan sirip. Incubator yang menggunakan pemanas lampu LED 10W menggunakan sirip dan incubator yang menggunakan pemanas hit elektrik 5W tidak mencapai suhu maksimum 35°C.



Gambar 12. Perbandingan banyaknya energi berguna dari masing-masing pemanas inkubator

Kemudian untuk perbandingan performa lampu LED 20W tanpa sirip dan lampu pijar 25W tanpa sirip dapat dilihat pada gambar 10 sampai 12 untuk lampu pijar tanpa sirip dan lampu LED tanpa sirip performa pemanasan yang lebih bagus adalah lampu pijar, dan untuk perbandingan lampu pijar tanpa sirip dan lampu LED yang menggunakan sirip performa pemanasan yang paling bagus adalah lampu LED yang menggunakan sirip, kemudian untuk lampu pijar dan lampu LED yang sama-sama menggunakan sirip performa pemanasan yang paling bagus adalah lampu pijar yang menggunakan sirip pemanas.

Perbedaan suhu antara lampu pijar dan lampu LED dapat dilihat dari cara keduanya menghasilkan cahaya. Lampu pijar bekerja dengan memanaskan benang wolfram hingga memancarkan cahaya, jadi lampu pijar menghasilkan lebih banyak panas daripada cahaya. Sebaliknya, lampu LED menggunakan semikonduktor untuk menghasilkan cahaya tanpa memancarkan panas yang signifikan. Efisiensi energi juga menjadi faktor penting, sementara lampu LED lebih efisien dalam mengubah energi listrik menjadi cahaya, menghasilkan lebih sedikit panas, lampu LED 20 watt menghasilkan 1600 lumen sedangkan lampu pijar 25 watt menghasilkan 200 lumen (Isnaini, 2020). Secara umum, lampu pijar dikenal sebagai sumber pemanas yang menghasilkan sedikit cahaya, sementara lampu LED dianggap sebagai teknologi pencahayaan yang lebih modern dan efisien karena kemampuannya menghasilkan cahaya dengan sedikit panas yang dihasilkan (Faridha dan Ifan, 2016).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemanas yang menggunakan sirip pemanas sangat cepat dalam memanaskan udara dan juga pemanas yang menggunakan sirip lebih lama dalam melepaskan panas. Lampu pijar 25 watt yang menggunakan sirip pemanas lebih cepat dalam memanaskan udara dalam incubator untuk mencapai suhu maksimum 35°C dalam incubator, yang diikuti oleh lampu LED 20 watt yang menggunakan sirip pemanas, kemudian lampu pijar 25 watt tanpa sirip pemanas, dan pemanas yang paling lama dalam melakukan pemanasan udara didalam incubator untuk mencapai suhu maksimum 35°C adalah lampu LED 20 watt yang tidak menggunakan sirip pemanas. Dalam perbandingan antara lampu pijar 25 watt dengan sirip dan tanpa sirip, pemanas dengan sirip menunjukkan kinerja yang lebih baik. Sedangkan untuk lampu LED 20 watt menggunakan sirip tetap lebih efisien dari lampu pijar 25 watt tanpa sirip selain karena pemanasannya yang lebih cepat lampu LED 20 watt menggunakan sirip juga lebih hemat konsumsi energi listrik.

Hal ini dikarenakan sirip tembaga berkontribusi dalam pertukaran panas yang bertindak sebagai penukar panas tambahan, meningkatkan luas permukaan kontak antara elemen pemanas dan udara. Dengan memperluas area permukaan, pemanasan udara bisa lebih efisien karena banyak udara dapat terlibat dalam pertukaran panas. Tembaga juga mempunyai konduktivitas termal yang baik sehingga dapat dengan cepat menghantarkan panas (Erwanto, 2020). Ketika sirip tembaga dipanaskan oleh lampu, terjadi perpindahan panas secara radiasi dari lampu ke sirip tembaga kemudian panas yang dihasilkan dikonduksikan keseluruhan permukaan sirip, udara yang masuk kemudian bergesekan dengan sirip yang dipanaskan sehingga udara yang masuk menerima panas dari sirip kemudian udara yang menerima panas tersebut dikonveksikan secara alami ke dalam ruang inkubator bayi. Dengan demikian pemanas udara dengan sirip tembaga dapat mencapai pemanasan yang lebih cepat dan lebih efisien dalam mengoptimalkan penggunaan energi dibandingkan dengan yang tidak memiliki sirip.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai “Analisis Performa Inkubator *Grashof* dengan Menggunakan Lampu LED sebagai Pemanas” dapat ditarik kesimpulan (1) Lampu LED 20 watt dapat digunakan sebagai sumber pemanas alternatif yang efisien untuk inkubator *Grashof*, (2) Penggunaan sirip tembaga dapat meningkatkan efisiensi perpindahan panas. Inkubator *Grashof* yang menggunakan teknologi ini dapat menjadi

solusi yang lebih efisien dan terjangkau untuk perawatan bayi prematur di negara berkembang. Penelitian ini diharapkan dapat berkontribusi pada pengembangan teknologi inkubator yang lebih efisien dan terjangkau untuk perawatan bayi prematur di negara berkembang.

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis pada kesempatan ini mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu baik berupa materi maupun pikiran sehingga penelitian dan paper ini dapat terselesaikan. Yang kedua penulis mengucapkan terimakasih kepada Prof. Dr. Ir. Raldi Artono Koestoer, DEA dari Universitas Indonesia yang telah membuat inkubator berbasis teknologi Grashof. Yang ke tiga penulis mengapresiasi Jurusan Teknik Mesin di Universitas Nusa Cendana atas fasilitas yang dipergunakan dalam penelitian ini.

#### DAFTAR NOTASI

q	: Laju Perpindahan Panas (W)
h	: Koefisien perpindahan panas konveksi ( $W/m^2 \cdot ^\circ C$ )
A	: Luas permukaan ( $m^2$ )
$\Delta T$	: Perbedaan Temperature ( $^\circ C$ )
$T_w$	: Temperatur permukaan benda (K)
$T_\infty$	: Temperatur fluida pada jarak tak hingga dari benda (K)
$T_f$	: Temperatur Film
A	: Luas permukaan benda ( $m^2$ )
Nu	: Bilangan Nusselt
L	: Panjang Karakteristik (m)
Gr	: Bilangan Grassooff
g	: Percepatan gravitasi ( $m/s^2$ )
$\beta$	: Koefisien ekspansi volume ( $1/^\circ C$ )
$\nu$	: Viskositas kinematik fluida ( $m^2/s$ )
$\alpha$	: Difusivitas termal ( $m^2/s$ )
$\mu$	: Viskositas dinamis ( $kgm^{-1}s^{-1}$ )
$\rho$	: Massa Jenis ( $kg/m^3$ )
k	: Konduktivitas termal ( $W/m.K$ )
$C_p$	: Panas jenis spesifik ( $J/kg.K$ )
Q	: energi berguna (J)

#### DAFTAR PUSTAKA

- Anastasi, Laura, Laponi, S., Sistem pengontrolan suhu dan kelembaban pada inkubator bayi, *JiFiSa* 1(1), 12–17, 2019.
- Erwanto, Sukanto, Digital Repository Universitas Jember ISSN : 2541-6987, Pengaruh perlakuan panas pada pembentukan plat beralur panelkendaraan terhadap peningkatan frekuensi alamiah diukur pada kondisi batas jepit-jepit, 2020.
- Faridha, Moethia, Ifan, Studi komparasi lampu pijar, led, lhc dan tl yang ada dipasaran terhadap energi yang terpakai, *Al Jazari : Jurnal Ilmiah Teknik Mesin* 1(2), 24–29, 2016.
- Isma, Syoufi, M.T., Purba, T.M., Sinaga, J., Rancang bangun mesin penetas telur otomatis kapasitas 50 butir, *Jurnal Teknologi Mesin Uda* 2(2), 67–75, 2021.
- Isnaini, V.A., Karakteristik dan efisiensi lampu light emitting dioda ( LED ) sebagai lampu hemat energi, *Prosiding Seminar Nasional MIPA dan Pendidikan MIPA (September)*, 135, 2020.
- Koestoer, R.A., Pemberdayaan masyarakat untuk mencegah kematian bayi : peminjaman gratis inkubator untuk seluruh nusantara, *Jurnal Bakti Masyarakat Indonesia* 3(2), 388–97, 2021.
- Muttaqin, Z., Irijanto, Pengujian efektivitas penukar kalor multi flat plate heat exchanger aluminium dengan aliran cross flow, Undergraduate thesis, Mechanical Engineering Departement, Faculty Engineering of Diponegoro University, 1–374, 2012.
- Novri, Restan, R., The analisis potensi energi angin tambak untuk menghasilkan energi listrik, *Journal of Research and Education Chemistry* 3(2), 96, 2021.
- Padila, Amin, M., Rizki, Pengalaman ibu dalam merawat bayi preterm yang pernah dirawat di ruang neonatus intensive care unit kota bengkulu, *Jurnal Keperawatan Silampari* 1(2), 1–16, 2018.
- Rhohman, Fatkur, Nuryosuwito, Analisa matematis hasil biogas dari sampah sayuran berdasarkan perbedaan jumlah bahan, *Jurnal Mesin Nusantara* 4(2), 84–89, 2021.
- Ridhani, D., Fatahah, Ahniar, N.H., Purwarupa penghangat bayi dengan elemen pemanas keramik, sensor thermopile AMG8833 dan ESP32, *Prosiding Seminar Nasional Kesehatan Poltekkes Kemenkes Surabaya* 2020 2(1), 1–7, 2020.

- Roihan, Ibnu, Tjandaputra, A.K., Setiawan, E.A., Koestoer, R.A., Installing and testing the grashof portable incubator powered using the solar box " be-care " for remote areas without electricity installing and testing the grashof portable incubator powered using the solar box " be-care " for remote areas without elect, 7(4), 621–28, 2020.
- Rusli, Adriyani, Djabbar, R., Konversi enegi panas menjadi energi listrik dengan menggunakan generator termoelektrik, Jurnal LOGITECH, 1–6, 2020.
- Sumantrie, Pipin, Limbong, M., Peminjaman inkubator gratis bagi bayi prematur, Jurnal Surya Masyarakat 3(1), 48, 2020.
- Yulita, Noor, Setyaningsih, D., Wahyunggoro, O., Pemilihan lampu sebagai pemanas pada inkubator bayi, Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Multimedia 2021, 6–8, 2021.