

Rancang Bangun Prototipe Alat Pengawet Susu Formula Cair Berbasis Portable Menggunakan Teknologi Gelombang Inframerah

Nurhadi⁽¹⁾, Abd. Charis Fauzan⁽²⁾, Muhammad Helmi Hakim⁽³⁾

Universitas Nahdlatul Ulama Blitar
Jl. Masjid No. 22 Kota Blitar, Indonesia

Email: ¹nur84hadi@gmail.com, ²abdcharis@unublitar.ac.id,
³helmi.hakim755@gmail.com

Tersedia Online di

<http://www.jurnal.unublitar.ac.id/index.php/briliant>

Sejarah Artikel

Diterima 17 Desember 2025
Direvisi 19 Januari 2026
Disetujui 20 Januari 2026
Dipublikasikan 23 Mei 2026

Keywords:

Infrared LED, Portable Device, Bacteria, Formula Milk

Abstract: This study aims to develop a portable formula milk preservation device prototype using infrared irradiation technology. The materials and components used in this study include a 950 nm infrared LED, a lithium battery, a charging module, a touchscreen switch, an NPN transistor, epoxy resin, and resin hardener. The research was conducted in four stages. The first stage involved designing the electronic circuit layout. The second stage focused on fabricating the device casing using epoxy resin. The third stage consisted of assembling the electronic components into the previously fabricated casing. The final stage involved testing the prototype to evaluate its operating time without recharging. The results of the study produced a portable liquid formula milk preservation device prototype based on infrared technology with the following specifications: an input voltage of DC 3.7–5.5 V, an input current of 1 A, an output voltage of DC 5 V, and an output current of 1 A. The prototype generated infrared radiation with a wavelength of 940 nm, was powered by a 1,550 mAh battery, and was capable of operating continuously for up to 1.5 hours without recharging.

Kata Kunci:

LED inframerah, Portable, Bakteri, Susu Formula

Corresponding Author:

Name:
Muhammad Helmi Hakim
Email:
helmi.hakim755@gmail.com

Abstrak: Penelitian ini memiliki tujuan yaitu untuk menciptakan sebuah prototipe alat pengawet susu formula berbasis *portable* dengan menggunakan teknologi sumber iradiasi gelombang inframerah. Alat dan bahan yang digunakan diantaranya LED inframerah dengan panjang gelombang 950 nm, baterai lithium, modul *charger*, saklar *touchscreen*, Transistor tipe NPN, Epoxy resin dan Hardener Resin. Penelitian ini terdiri dari empat tahapan diantaranya yaitu tahap pertama pembuatan desain *layout* rangkaian elektronika, tahap kedua adalah pembuatan *cover* dengan menggunakan bahan epoxy resin, tahap ketiga yaitu *finishing* dengan merangkai komponen elektronika

menjadi satu dengan cover yang telah dibuat sebelumnya dan, tahap terakhir yaitu pengujian untuk mengetahui kemampuan waktu penggunaan tanpa *charging*. Hasil penelitian menghasilkan sebuah prototipe pengawet susu formula cair berbasis portable menggunakan teknologi gelombang inframerah dengan spesifikasi yaitu tegangan input sebesar DC 3,7 – 5,5 V, arus input sebesar 1 A, tegangan output sebesar DC 5 V, arus output sebesar 1 A, Sedangkan untuk kemampuan prototipe yaitu panjang gelombang inframerah yang dihasilkan sebesar 940 nm, kapasitas baterai sebesar 1.550 mAh dan memiliki kemampuan waktu penggunaan tanpa *charging* hingga 1,5 jam.

PENDAHULUAN

Susu merupakan bahan pangan yang kaya akan nutrisi. Susu mengandung komposisi kimia yang lengkap terdiri atas protein, karbohidrat, lemak, vitamin dan mineral. Susu

menjadi sarana potensial bagi penyebaran bakteri patogenik yang mudah tercemar. Kelengkapan komposisi kimia tersebut menjadi media yang baik bagi pertumbuhan mikroorganisme. Pertumbuhan mikroorganisme pada susu menyebabkan susu mudah rusak (Spreer E. 2017).

Kebanyakan seorang ibu masih menyimpan susu formula yang tidak dihabiskan oleh bayinya ke dalam kulkas. Hal ini sulit dilakukan saat kondisi perjalanan. Teknik penyajian susu yang tidak sesuai dengan standar dapat mengakibatkan potensi risiko terinfeksi bakteri patogen (*Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, dan *Salmonella sp*) dan bakteri pembusuk (*Micrococcus sp.*, *Pseudomonas sp.*, dan *Bacillus sp*) (Suwito, 2016). Bakteri *Bacillus cereus* dapat tumbuh pada susu bubuk yang telah diseduh dan dibiarkan selama 2 jam (Pavic et al., 2005). Pertumbuhan *Bacillus Cereus* meningkat lebih cepat dalam susu bubuk yang telah dilarutkan dan disimpan pada suhu ruang (Becker et al., 1994). Susu yang terkontaminasi bakteri pembusuk dapat menimbulkan penyakit pada anak antara lain yaitu *salmonellosis*, *listeriosis* dan *shigelosis* (FSANZ, 2013).

Penyimpanan susu formula cair yang disimpan baik dalam kondisi tertutup maupun terbuka dan dalam jangka waktu lama tidak baik untuk kesehatan bayi. Susu formula merupakan susu pengganti Air Susu Ibu (ASI) yang khusus dikonsumsi oleh bayi untuk menjadi sumber gizi sampai bayi diperkenalkan dengan makanan pendamping lainnya (BPOM, 2009). Kebanyakan seorang ibu masih menyimpan sisa susu formula yang tidak dihabiskan oleh bayinya. Risiko terinfeksi bakteri terhadap bakteri dapat meningkat seiring dengan lama penyimpanan dan tempat penyimpanan susu (NHMRC, 2012). Kumar (2013) menjelaskan bahwa waktu penyimpanan susu formula bayi dalam bentuk cair berpengaruh terhadap pertumbuhan bakteri. Nilai *Total Plate Count* (TPC) meningkat baik pada wadah tertutup maupun wadah terbuka dalam setiap jamnya (Kumar, 2013).

Secara alami, bakteri menghasilkan endogen porfirin yaitu molekul penyerap cahaya yang bersifat *fotosensitizer* (peka terhadap cahaya). Setiap molekul porfirin mempunyai kemampuan menyerap cahaya yang berbeda tergantung pada panjang gelombang cahaya (Papageorgiou et al., 2000). Kombinasi cahaya dan *fotosensitizer* dengan spektrum yang sesuai akan menyebabkan fotoinaktivasi sel bakteri. Proses fotoinaktivasi diawali dengan mekanisme fotosensitasi yaitu penyerapan cahaya oleh porfirin yang selanjutnya mengaktifasi reaksi dalam substrat. Fotosensitasi ini bergantung pada jenis dan kuantitas dari porfirin sebagai molekul penyerap cahaya (Nitzan et al., 2004).

Proses fotoinaktivasi dapat diakibatkan dari paparan gelombang inframerah. Gelombang inframerah memiliki karakteristik sebagai cahaya yang mudah diserap material organik. Material organik dalam bakteri akan cepat menyerap cahaya inframerah saat terjadi proses penyinaran, sehingga kenaikan temperatur pada bakteri terjadi semakin cepat (Hamanaka, 2005). Mekanisme utama fotoinaktivasi bakteri adalah pemanasan langsung ke mikroorganisme oleh penyinaran termal (Dhirgo, 2013). Berdasarkan penelitian tersebut menunjukkan bahwa gelombang inframerah dapat menyebabkan fotoinaktivasi bakteri. Melihat potensi gelombang inframerah maka perlu dibuat sebuah prototipe alat pengawet susu formula berbasis *portable* dengan menggunakan teknologi sumber iradiasi gelombang inframerah.

METODE

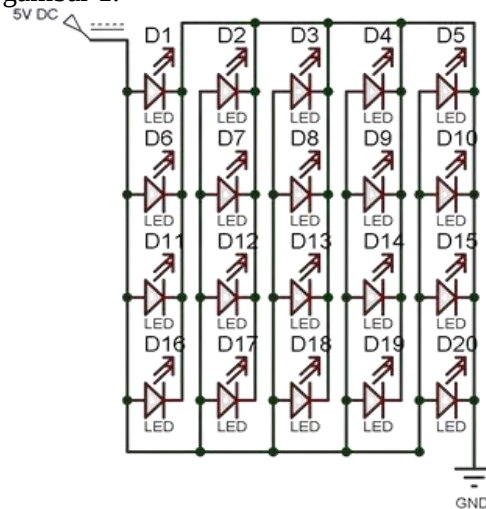
Alat yang digunakan pada penelitian ini diantaranya yaitu Multimeter untuk memastikan tegangan yang digunakan adalah sebesar DC 5 V. LED inframerah dengan panjang gelombang 950 nm. Penggunaan sumber gelombang inframerah dari LED inframerah dengan panjang gelombang 940 nm didasarkan atas hasil penelitian yang telah dilaporkan oleh Astuti tahun 2015, bahwa pemaparan *Light Emitting Diode* (LED) inframerah dengan panjang gelombang 950

nm berpotensi untuk fotoinaktivasi bakteri *Bacillus subtilis*. Sebagai sumber energi listrik pada prototipe ini menggunakan baterai jenis lithium CR123A dengan kapasitas 1500 mAh dan sumber listrik pendukung dari modul *charger*, pemilihan baterai lithium dengan tipe CR123A dipilih karena memiliki dimensi yang lebih kecil daripada tipe yang lainnya. Modul *charger* menggunakan tipe T6845-C karena memiliki spesifikasi yang bisa diandalkan untuk baterai *recharger* dengan tipe lithium. Menggunakan saklar tipe *touchscreen* dengan alasan efisiensi tempat dan menggunakan Transistor tipe NPN. Sedangkan bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu Epoxy resin dan Hardener Resin dengan tipe termosetting. Resin dengan termosetting dapat mengeras dengan cara mencampurkan resin dan hardener yang pada penelitian ini digunakan untuk pembuatan *cover* wadah prototipe.

Penelitian ini terbagi menjadi empat tahapan diantaranya yaitu tahap pertama pembuatan desain *layout* rangkaian elektronika, tahap kedua adalah pembuatan *cover* dengan menggunakan bahan epoxy resin, tahap ketiga yaitu *finishing* dengan merangkai komponen elektronika menjadi satu dengan *cover* yang telah dibuat sebelumnya. Penelitian ini dimulai dengan membuat desain *layout* rangkaian elektronika yang dibuat dengan menggunakan aplikasi proteus. Dalam pembuatan desain *layout* rangkaian elektronika prototipe ditambahkan keterangan secara lengkap spesifikasi dari prototipe yang akan dibuat. Tahap kedua yaitu pembuatan *cover* dengan menggunakan bahan epoxy resin. Epoxy resin merupakan jenis resin yang terbentuk dari reaksi antara epiklorohidrin dan amina polifungsi. Resin yang dipakai untuk pembuatan prototipe merupakan resin dengan tipe termosetting. Resin dengan termosetting dapat mengeras dengan cara mencampurkan resin dan hardener. Epoxy resin akan mengalami proses polimerisasi yang selanjutnya menghasilkan material padat dan keras. Epoxy resin prototipe dipilih karena memiliki daya tahan tinggi, ketahanan terhadap bahan kimia dan tahan terhadap air. Selanjutnya dicetak pada *cover* wadah prototipe menggunakan epoxy resin dengan metode *casting*. Tahapan terakhir yaitu tahap uji coba untuk mengetahui kemampuan waktu penggunaan tanpa dilakukan proses pengisian baterai.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari desain *layout* rangkaian elektronika sumber gelombang inframerah dari *Light Emitting Diode* (LED) yang dirangkai dengan rangkaian paralel. Hasil pembuatan desain *layout* rangkaian LED seperti pada gambar 1.

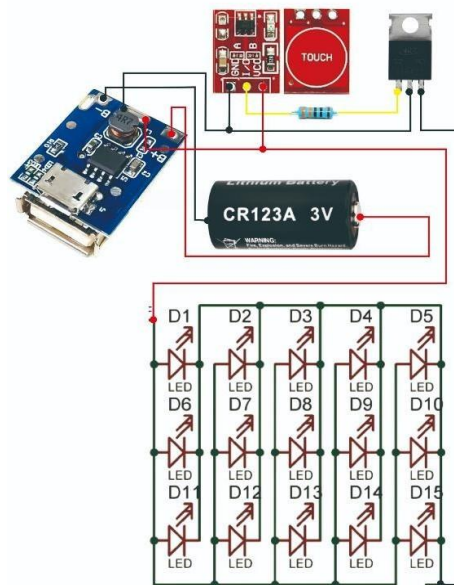


Gambar 1. Hasil Desain *Layout* Rangkaian LED

LED Inframerah yang dirangkai secara paralel dengan bantuan menggunakan *software* Proteus Design Suite. Berdasarkan data sheet LED Inframerah 940 nm membutuhkan tegangan 5 V dan daya 50 mA untuk menyala secara maksimal dengan demikian dapat diketahui daya yang dibutuhkan untuk 20 biji LED inframerah dari hasil rangkaian sumber gelombang

inframerah sebesar $0,25 \text{ W} \times 20 = 5 \text{ W}$. Sumber energi listrik pada prototipe didapat dari baterai jenis lithium CR123A dengan kapasitas 1500 mAh dan sumber listrik pendukung dari modul *charger*, baterai lithium dengan tipe CR123A dipilih karena memiliki dimensi yang lebih kecil dibanding baterai tipe 18650 dengan kapasitas yang sama, sehingga dapat memberikan desain prototipe yang lebih simpel sebagai alat *portable*. Dimensi baterai yang lebih kecil juga mempunyai tujuan untuk memberikan ruang *space* yang cukup bagi komponen lain, dengan kapasitas baterai 1500mAh baterai CR123A dapat menyediakan energi untuk sumber gelombang inframerah hingga mencapai 1,5 jam.

Baterai lithium membutuhkan komponen lain untuk melindungi baterai dari *over charger* dan *over discharger*, agar baterai tetap stabil modul charger T6845-C dipilih karena memiliki spesifikasi yang bisa diandalkan untuk baterai *recharger* dengan tipe lithium. Selain memiliki rangkaian proteksi dari *over charger* dan *over discharge* modul T6845-C memiliki rangkaian *step up* 3,7V ke 5V DC yang terintegrasi dalam satu board sehingga *suplay* tegangan dari baterai ke rangkaian LED inframerah stabil pada tegangan 5 V tanpa terpengaruh oleh penurunan tegangan dari pengurasan energi baterai/*discharge*. Hasil pembuatan desain *layout* rangkaian elektronika alat pengawet susu formula cair berbasis *portable* prototipe seperti pada gambar 2.



Gambar 2. Hasil desain *layout* rangkaian elektronika alat pengawet susu formula cair berbasis *portable*

Pada produk prototipe terdapat rangkaian pendukung berupa saklar dan modul amplifier. Rangkaian saklar pada prototipe menggunakan saklar sentuh yang bekerja berdasarkan perubahan kapasitansi dan resistansi saat permukaan saklar disentuh, saklar sentuh diaktifkan tanpa menggunakan komponen mekanik. Sensor TTP223 dipilih karena memiliki desain yang kecil dan mempunyai karakter responsibilitas yang cepat yaitu 60 - 220 ms. Modul TTP223 mempunyai kelemahan yaitu hanya dapat menghantarkan arus maksimal 800 mA sehingga spesifikasi tidak mendukung untuk menyuplai daya rangkaian LED inframerah untuk itu dibutuhkan komponen semikonduktor guna memperkuat output sensor TTP223 menggunakan rangkaian amplifier agar output yang dihasilkan lebih maksimal. Pada prototipe rangkaian penguat atau amplifier menggunakan transistor TIP41C dengan tipe NPN, sinyal diambil dari output modul TTP223 yang dihubungkan oleh sebuah resistor 330 ohm ke kaki

basis transistor, kaki *collector* transistor berfungsi untuk input tegangan dan emitter untuk output ke rangkaian LED inframerah.

Cover wadah prototipe yang telah dibuat menggunakan bahan epoxy resin melalui reaksi antara *epiklorohidrin* dan *amina polifungsi*. Resin yang dipakai untuk pembuatan prototipe merupakan resin dengan tipe *thermosetting*. Resin dengan *thermosetting* dapat mengeras dengan cara mencampurkan resin dan hardener. Epoxy resin akan mengalami proses polimerisasi yang selanjutnya menghasilkan material padat dan keras. Epoxy resin prototipe dipilih karena memiliki daya tahan tinggi, ketahanan terhadap bahan kimia dan tahan terhadap air. Hasil pembuatan *cover* wadah prototipe seperti pada gambar 3.



Gambar 3. Hasil pembuatan *cover* wadah prototipe

Finishing pembuatan prototipe alat pengawet susu formula cair berbasis *portable* yang telah berhasil dirangkai selanjutnya dicetak pada *cover* wadah prototipe menggunakan epoxy resin dengan metode *casting*. Hasil *finishing* pembuatan prototipe alat pengawet susu formula cair berbasis *portable* yang telah dibuat ditampilkan pada gambar 4:



Gambar 4. Hasil prototipe alat pengawet susu formula cair berbasis *portable*

Hasil proses perancangan dan perakitan serta pengujian dari sebuah prototipe alat pengawet susu formula cair berbasis *portable* menggunakan teknologi gelombang inframerah yang telah dibuat mempunyai spesifikasi seperti ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi prototipe alat pengawet susu formula cair berbasis *portable*

Panjang gelombang inframerah	940 nm
Kapasitas baterai	1.550 mAh
Tegangan input	DC 3,7 – 5,5 V
Arus Input	1 A
Tegangan Output	DC 5 V
Arus Output	1 A
Kemampuan waktu penggunaan tanpa <i>charging</i>	1,5 Jam

Berdasarkan tabel 1, hasil perancangan dan pengujian menunjukkan bahwa prototipe yang dirancang memenuhi kriteria sebagai alat pengawet *portable* yang efisien. Pemilihan LED inframerah dengan panjang gelombang puncak 940 nm memegang peranan penting dalam mekanisme fotoinvasi mikroorganisme, dimana energi gelombang elektromagnetik pada spektrum ini diserap secara optimal material organik bakteri. Penyerapan energi ini memicu peningkatan suhu mikro lingkungan secara langsung yang selanjutnya yang selanjutnya menginduksi denaturasi protein dan kerusakan struktural sel mikroba pembusuk maupun patogen pada media susu formula cair. Integrasi baterai lithium berkapasitas 1.550 mAh dengan regulasi tegangan luaran stabil sebesar DC 5 V dan arus 1 A melalui modul proteksi terintegrasi menjamin kontinuitas fluks radiasi inframerah, sehingga efisiensi penyinaran tetap terjaga konstan tanpa terpengaruh oleh voltage drop selama siklus pengurusan daya baterai.

Kemampuan operasional alat yang mencapai durasi 1,5 jam secara kontinu tanpa pengisian ulang daya (*discharging phase*) memberikan signifikansi praktis dalam memitigasi risiko kontaminasi mikrobiologis, khususnya pada kondisi mobilitas tinggi. Batas waktu ketahanan ini secara teoretis efektif menekan laju proliferasi bakteri seperti *Bacillus cereus* dan kenaikan nilai Total Plate Count (TPC) yang lazim terjadi secara eksponensial apabila susu formula dilarutkan dan dibiarkan pada suhu ruang melebihi ambang batas kritis 2 jam. Selain itu, enkapsulasi komponen elektronik menggunakan material epoxy resin bertipe thermosetting melalui teknik casting memberikan keunggulan berupa stabilitas mekanis, ketahanan kimiawi, serta sifat hidrofobik yang tinggi. Hal ini tidak hanya melindungi rangkaian internal dari kelembapan dan paparan lingkungan luar, tetapi juga mendukung higienitas serta portabilitas perangkat untuk pengaplikasian jangka panjang

SIMPULAN

Dari hasil perancangan dan perakitan serta pengujian dapat disimpulkan bahwa telah berhasil dibuat sebuah prototipe alat pengawet susu formula cair berbasis *portable* menggunakan teknologi gelombang inframerah dengan waktu penggunaan tanpa *charging* selama 1,5 jam dan menghasilkan gelombang inframerah dengan Panjang gelombang 940 nm. Agar mendapatkan hasil penelitian yang maksimal terhadap pengaruh LED inframerah sebagai potensi dalam pengawetan kualitas pangan yang mudah rusak maka disarankan untuk dilakukan pengujian kemampuan alat terhadap potensi dalam pengawetan kualitas pangan melalui uji laboratorium TPC.

DAFTAR RUJUKAN

- Arifianto, D., et al. (2023). Design and application of near infrared LED and solenoid magnetic field instrument to inactivate pathogenic bacteria. *Micromachines*, 14(4), 848.
- Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia. (2009). *Peraturan Kepala Badan Pengawas Obat dan Makanan Nomor HK.00.06.1.52.4011 tentang penetapan batas maksimum cemaran mikroba dan kimia dalam makanan*. Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia.
- Becker, E. W. (1994). *Microalgae: Biotechnology and microbiology*. Cambridge University Press.
- Dhirgo, A. (2013). *Perbandingan efektivitas sterilisasi alkohol 70%, inframerah, otoklaf, dan ozon terhadap pertumbuhan bakteri Bacillus subtilis* [Skripsi, Universitas Gadjah Mada].
- Food Standards Australia New Zealand. (2013). *Agents of foodborne illness* (2nd ed.). Food Standards Australia New Zealand.
- Hamanaka, D. (2005). Effect of the wavelength of infrared heaters on the inactivation of bacterial spores at various water activities. *International Journal of Food Microbiology*.
- Kumar, P. (2013). *Pengaruh lamanya penyimpanan susu formula bayi pada suhu kamar terhadap pertumbuhan mikroorganisme* [Skripsi, Universitas Sumatera Utara].
- Lee, et al. (2021). Effect of various LED light wavelengths on the growth of food-borne bacteria. *Journal of Life Science*, 905–912.
- National Health and Medical Research Council. (2012). *Eat for health: Infant feeding guidelines: Information for health workers*. National Health and Medical Research Council.
- Nitzan, D. M. S., Shporen, E., & Malik, Z. (2004). ALA-induced photodynamic effect on Gram-positive and Gram-negative bacteria. *Journal of Photochemistry and Photobiology*.
- Nobile, M., et al. (2024). Metabolomic and volatilome profiling of milk to assess the application of infrared radiation processing. *Food Control*, 171.
- Pavic, S., Brett, M., Petric, I., Lastre, D., Smoljanovic, M., Atkinson, M., et al. (2005). An outbreak of food poisoning in a kindergarten caused by milk powder containing toxigenic *Bacillus subtilis* and *Bacillus licheniformis* (pp. 20–22).
- Suwito, W. (2016). *Bakteri yang sering mencemari susu: Deteksi, patogenesis, epidemiologi, dan cara pengendaliannya*. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Yogyakarta.