

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Anak kucing pada minggu pertama kehidupannya merupakan kelompok yang paling rentan mengalami gangguan termoregulasi karena mekanisme pengaturan suhu tubuhnya belum berkembang secara optimal (Anggraeni et al., 2022). Kondisi tersebut menyebabkan anak kucing sangat bergantung pada suhu lingkungan untuk mempertahankan suhu tubuh normal. Angka kematian anak kucing sebelum masa sapih (*pre-weaning mortality*) dilaporkan berkisar antara 6% hingga 20%, bergantung pada ras, dengan rata-rata sebesar 14% (Romagnoli et al., 2019). Dibandingkan kucing dewasa, anak kucing yang baru lahir memiliki ukuran tubuh lebih kecil, bulu lebih tipis, serta sistem fisiologis yang belum berkembang sempurna sehingga lebih mudah mengalami hipotermia apabila lingkungan tidak mampu menyediakan suhu yang sesuai (Anggraeni et al., 2022).

Kebutuhan suhu lingkungan anak kucing berubah seiring bertambahnya usia. Pada minggu pertama dibutuhkan suhu lingkungan sekitar 29–32 °C, kemudian menurun pada minggu-minggu berikutnya sesuai perkembangan kemampuan termoregulasi (City Vet Limerick, 2021). Penelitian difokuskan pada anak kucing minggu pertama karena merupakan periode dengan kebutuhan suhu lingkungan paling tinggi dan risiko hipotermia paling besar. Oleh karena itu, sistem menggunakan setpoint bawaan sebesar 32,0 °C yang mendekati batas atas kebutuhan suhu lingkungan pada minggu pertama. *Heater* dikendalikan menggunakan logika histeresis, yaitu menyala ketika suhu $\leq 31,5$ °C dan mati ketika suhu $\geq 32,0$ °C. Apabila sistem digunakan pada usia anak kucing yang berbeda, perubahan nilai setpoint dilakukan secara manual melalui aplikasi karena sistem tidak memiliki mekanisme untuk mendeteksi usia maupun menentukan setpoint secara otomatis. Secara konvensional, pemilik atau pemelihara anak kucing masih melakukan pemantauan suhu ruang menggunakan termometer atau higrometer yang dibaca secara manual, sedangkan *heater* dihidupkan dan dimatikan berdasarkan pengamatan langsung.

Berdasarkan observasi lapangan yang dilakukan di Cengkareng pada tanggal 11 Juni 2026 terhadap satu orang pemelihara anak kucing, proses pemeliharaan masih menggunakan ruang penghangat sederhana dengan lampu sebagai sumber panas. Pemantauan suhu dilakukan secara manual menggunakan termometer, sedangkan pengoperasian *heater* dilakukan berdasarkan hasil pengamatan langsung tanpa monitoring jarak jauh. Kondisi tersebut mengharuskan pemelihara melakukan pemeriksaan secara berkala untuk memastikan suhu ruang tetap berada pada kisaran yang diinginkan sehingga proses monitoring masih bergantung pada kehadiran pengguna.

Berbagai produk komersial telah tersedia untuk membantu menjaga suhu lingkungan anak kucing maupun hewan kecil, seperti alas pemanas (*heating pad*), kandang penghangat (*warming cage*), dan inkubator hewan. Karakteristik beberapa produk pembanding tersebut dibandingkan dengan prototipe yang dikembangkan pada penelitian disajikan pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1. Perbandingan Produk Penghangat Hewan dengan Prototipe Penelitian

Aspek	Alas Pemanas Hewan	Kandang Penghangat (Brooder)	Inkubator Hewan	Prototipe Penelitian
Contoh produk	SnuggleSafe Heat Pad	Brinsea EcoGlow Safety 1200	Brinsea TLC-40 Zoologica II	Prototipe penelitian
Termostat	Tidak	Ya	Ya	
Sensor suhu	Tidak	Ya	Ya	
Monitoring kelembapan	Tidak	Tidak	Ya	
Monitoring jarak jauh	Tidak	Tidak	Tidak	
Aplikasi	Tidak	Tidak	Tidak	
Pengaman	Isolasi panas	Pemanas tegangan rendah	Alarm suhu tinggi/rendah, kontrol kelembapan otomatis	<i>Fail-safe</i> perangkat lunak
Daya	Tidak memerlukan listrik saat digunakan	12 V	85 W (tipikal), 150 W (maksimum)	5 W
Kapasitas	1–2 anak kucing	Hewan kecil	Hewan kecil dan bayi hewan	Kapasitas rancangan satu ekor anak kucing

Sumber: Brinsea Products Ltd. (2025); SnuggleSafe Products (2025)

Beberapa penelitian terdahulu telah mengembangkan sistem monitoring dan pengendalian suhu berbasis *Internet of things* (IoT). Anggraeni et al. (2022) mengembangkan inkubator anak kucing menggunakan *NodeMCU* ESP8266, sensor DHT22, dan kendali fuzzy. Akbar dan Astutik (2025) mengembangkan inkubator kucing pascaoperasi menggunakan Arduino dengan kendali fuzzy Mamdani. Penelitian lain menggunakan kombinasi ESP32, Firebase Realtime Database, dan Kodular untuk monitoring suhu dan kelembapan ruangan. Berdasarkan tinjauan tersebut, penggunaan ESP32, DHT22, Firebase Realtime Database, dan Kodular bukan merupakan kebaruan karena telah digunakan pada penelitian sebelumnya. Kontribusi penelitian terletak pada pengembangan prototipe skala kecil yang mengintegrasikan tampilan lokal menggunakan LCD I2C, monitoring melalui aplikasi Kodular, perubahan nilai setpoint secara manual melalui aplikasi, serta kendali *heater* yang tetap berjalan secara lokal pada ESP32 ketika koneksi internet terputus. Produk pembanding yang dipilih tidak menyediakan monitoring jarak jauh maupun perubahan setpoint melalui aplikasi sehingga aspek tersebut menjadi pembeda pada prototipe yang dikembangkan.

Penelitian menggunakan metode *Research and Development* (R&D) dengan model V-Model. Pada model tersebut, tahap analisis kebutuhan dipasangkan dengan *Acceptance Testing*, tahap spesifikasi dipasangkan dengan *System Testing*, tahap desain sistem dipasangkan dengan *Integration Testing*, dan tahap desain komponen dipasangkan dengan *Unit Testing*. Penerapan tahapan tersebut bertujuan menjaga keterkaitan antara proses pengembangan dan proses pengujian sehingga setiap tahapan dapat diverifikasi secara sistematis.

Sistem yang dikembangkan menggunakan sensor DHT22 sebagai sensor suhu dan kelembapan, mikrokontroler ESP32 sebagai pengendali utama, solid state relay Fotek SSR-10DA sebagai pengendali *heater*, Firebase Realtime Database sebagai media sinkronisasi data, LCD I2C sebagai tampilan lokal, dan aplikasi Kodular sebagai media monitoring serta perubahan nilai setpoint. Sistem dirancang untuk melakukan monitoring suhu dan kelembapan serta mengendalikan *heater* secara otomatis berdasarkan nilai setpoint yang ditentukan. Pengujian pada penelitian hanya mengevaluasi kinerja teknis prototipe, meliputi kemampuan membaca, menampilkan, mengirimkan, dan mengendalikan suhu sesuai rancangan.

Penelitian tidak mengevaluasi aspek keselamatan penggunaan pada hewan maupun keandalan jangka panjang sehingga masih diperlukan penelitian lanjutan sebelum sistem diterapkan pada penggunaan nyata.

1.2. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, maka dapat diidentifikasi beberapa masalah sebagai berikut:

1. Anak kucing pada minggu pertama kehidupannya belum memiliki kemampuan termoregulasi yang berkembang secara optimal sehingga memerlukan lingkungan dengan suhu yang sesuai untuk membantu mempertahankan kondisi termalnya.
2. Penelitian difokuskan pada anak kucing minggu pertama yang memerlukan suhu lingkungan sekitar 29–32 °C, sehingga diperlukan sistem yang mampu mempertahankan suhu ruang penghangat mendekati kebutuhan tersebut. Penyesuaian setpoint untuk usia berikutnya masih dilakukan secara manual oleh pengguna.
3. Berdasarkan hasil observasi lapangan yang dilakukan di Cengkareng pada tanggal 11 Juni 2026 terhadap satu orang pemelihara anak kucing, pemantauan suhu dan kelembapan ruang penghangat masih dilakukan secara manual menggunakan termometer atau higrometer sehingga pengguna harus melakukan pemeriksaan secara berkala. Hasil observasi tersebut hanya menggambarkan kondisi pada lokasi pengamatan dan belum dapat digeneralisasikan terhadap seluruh pemelihara anak kucing.
4. Pengoperasian *heater* yang masih dilakukan secara manual berdasarkan hasil pengamatan langsung berpotensi menimbulkan kesalahan pengguna, seperti terlambat menyalakan atau mematikan *heater* sehingga suhu ruang tidak sesuai dengan kondisi yang diharapkan.
5. Produk pembanding yang dikaji dalam penelitian belum menyediakan fasilitas monitoring jarak jauh dan pemberitahuan kondisi tidak normal sehingga pengguna tidak dapat mengetahui perubahan kondisi ruang penghangat ketika berada di luar lokasi..

1.3. Pembatasan Masalah

Berdasarkan latar belakang, identifikasi masalah yang telah diuraikan, maka peneliti perlu membatasi permasalahan supaya tidak menyimpang pada topik bahasan penelitian. Batasan masalah tersebut adalah:

1. Penelitian difokuskan pada perancangan dan pembangunan prototipe sistem monitoring dan pengendalian suhu ruang penghangat berbasis mikrokontroler ESP32 dan IoT yang ditujukan untuk anak kucing pada minggu pertama kehidupan. Apabila digunakan pada usia berikutnya, penyesuaian suhu dilakukan melalui perubahan nilai setpoint secara manual oleh pengguna melalui aplikasi.
2. Prototipe diuji pada ruang penghangat berukuran $30 \times 25 \times 26$ cm dengan kapasitas rancangan satu ekor anak kucing. Perangkat keras yang digunakan meliputi mikrokontroler ESP32-WROOM-32 (ESP32 Dev Module), sensor DHT22, solid state relay Fotek SSR-10DA, dan lampu pijar 5 W sebagai *heater*. Pengujian dilakukan di dalam ruangan (*indoor*).
3. Sistem hanya mengendalikan suhu ruang penghangat melalui *heater*, sedangkan kelembapan hanya diukur dan ditampilkan sebagai informasi tanpa dikendalikan oleh aktuator.
4. Sensor DHT22 digunakan untuk mengukur suhu dan kelembapan udara di dalam ruang penghangat. Pengendalian *heater* hanya didasarkan pada parameter suhu. Sistem menggunakan satu nilai setpoint dengan rentang 30,0 °C sampai 35,0 °C, dengan nilai bawaan 32,0 °C, yang dapat diubah secara manual oleh pengguna melalui aplikasi. Sistem tidak memiliki mekanisme untuk mendeteksi usia anak kucing maupun menentukan setpoint secara otomatis.
5. Monitoring jarak jauh dilakukan melalui jaringan Wi-Fi, Firebase Realtime Database, dan aplikasi Kodular. Sistem tidak menggunakan media penyimpanan lokal seperti SD Card. Firebase Realtime Database hanya menyimpan nilai pengukuran terbaru (*latest value*) sehingga sistem belum menyediakan penyimpanan data historis (*data logging*).
6. Koneksi internet diperlukan untuk mengirim data ke Firebase Realtime Database, menampilkan data pada aplikasi, serta mengubah nilai setpoint

melalui aplikasi. Apabila koneksi internet terputus, pengendalian *heater* tetap berjalan secara lokal pada ESP32 menggunakan nilai setpoint yang masih tersimpan di memori kerja (RAM) selama perangkat tetap menyala. Data pengukuran yang dihasilkan selama koneksi internet terputus tidak disimpan dan tidak dikirim ulang ke Firebase Realtime Database setelah koneksi kembali tersedia. Apabila perangkat dimulai ulang (*real-time*), nilai setpoint kembali ke nilai bawaan yang telah ditentukan pada program.

7. Pengendalian *heater* menggunakan logika histeresis, yaitu *heater* menyala (ON) ketika suhu udara $\leq 31,5$ °C dan mati (OFF) ketika suhu udara $\geq 32,0$ °C.
8. Sistem hanya mengukur suhu udara di dalam ruang penghangat dan tidak mengukur suhu tubuh anak kucing secara langsung. Oleh karena itu, kondisi termal anak kucing diperkirakan berdasarkan suhu lingkungan di dalam ruang penghangat.
9. Prototipe belum dilengkapi pengamanan termal independen, seperti fuse, thermal cut-off, maupun sistem grounding. Mekanisme keselamatan berbasis perangkat lunak belum menjadi bagian yang dievaluasi pada penelitian karena implementasinya belum sepenuhnya sesuai dengan program akhir yang digunakan. Pemerataan distribusi suhu di seluruh bagian ruang penghangat juga belum dievaluasi pada penelitian.
10. Penelitian menghasilkan prototipe elektronika untuk keperluan penelitian. Pengujian hanya difokuskan pada kinerja teknis sistem dalam memonitor dan mengendalikan suhu sesuai rancangan. Penelitian tidak mengevaluasi manfaat medis, tingkat keselamatan penggunaan secara langsung terhadap anak kucing, penurunan angka kematian, maupun keandalan penggunaan jangka panjang. Oleh karena itu, diperlukan penelitian lanjutan sebelum sistem dapat dipertimbangkan untuk penggunaan di bidang kedokteran hewan maupun aplikasi komersial.

1.4. Perumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah di atas, perumusan masalah yang ditetapkan yaitu “Bagaimana mengembangkan sistem *monitoring* suhu dan kelembapan serta pengendalian *heater* pada ruang penghangat anak kucing berbasis IoT?”

1.5. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, tujuan penelitian adalah mengembangkan sistem monitoring suhu dan kelembapan serta pengendalian *heater* pada ruang penghangat anak kucing berbasis *Internet of things* (IoT) yang mampu memantau suhu dan kelembapan secara berkala melalui LCD I2C dan aplikasi Kodular, serta mengendalikan *heater* secara otomatis berdasarkan parameter suhu yang telah ditentukan. Prototipe yang dihasilkan diuji berdasarkan galat pembacaan sensor terhadap alat referensi, fungsi pengendalian *heater*, kesesuaian tampilan data pada LCD I2C dan aplikasi Kodular, kesesuaian data yang dikirim ke Firebase Realtime Database, interval pembaruan data pada sistem, keberlanjutan fungsi pengendalian *heater* secara lokal ketika koneksi internet terputus, serta kemampuan sistem melanjutkan komunikasi dan sinkronisasi data setelah koneksi internet kembali tersedia. Pengujian pada penelitian hanya difokuskan pada evaluasi kinerja teknis prototipe dan tidak mencakup penilaian terhadap keselamatan penggunaan secara langsung pada anak kucing maupun keandalan penggunaan jangka panjang.

1.6. Manfaat Penelitian

Penelitian diharapkan dapat memberikan manfaat bagi peneliti, pengembangan ilmu pengetahuan, serta pemelihara anak kucing sesuai dengan ruang lingkup penelitian yang dilakukan. Manfaat penelitian adalah sebagai berikut:

1. Manfaat Teoritis

- a. Diharapkan dapat menjadi referensi bagi pengembangan ilmu pengetahuan di bidang *embedded system* dan IoT, khususnya dalam penerapan sistem monitoring suhu dan kelembapan serta pengendalian aktuator pada ruang penghangat berskala kecil.
- b. Diharapkan dapat memberikan contoh penerapan model pengembangan V-Model pada proses perancangan dan pengujian sistem berbasis perangkat keras dan perangkat lunak yang terintegrasi, sehingga dapat menjadi bahan rujukan bagi penelitian selanjutnya.

2. Manfaat Praktis

- a. Menyediakan prototipe yang mampu memantau suhu dan kelembapan ruang penghangat secara berkala melalui LCD I2C dan aplikasi Kodular.

- b. Menyediakan fasilitas monitoring jarak jauh yang menampilkan informasi suhu, kelembapan, nilai setpoint, dan status *heater* melalui aplikasi Kodular selama perangkat terhubung dengan jaringan internet.
- c. Menyediakan fungsi pengendalian suhu ruang penghangat secara otomatis melalui *heater* berdasarkan nilai setpoint yang telah ditentukan.

Manfaat tersebut berlaku sesuai dengan ruang lingkup penelitian dan hasil pengujian prototipe yang telah dilakukan. Penelitian ini tidak mengevaluasi manfaat medis, tingkat keselamatan penggunaan secara langsung terhadap anak kucing, maupun keandalan penggunaan jangka panjang sehingga diperlukan penelitian lanjutan sebelum sistem diterapkan pada penggunaan yang lebih luas.

