

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pemberian cairan infus lewat pembuluh darah (*intravena*) adalah salah satu proses medis yang paling sering dilakukan di rumah sakit dan tempat pelayanan kesehatan lainnya untuk menyuplai obat, elektrolit, nutrisi, atau hidrasi secara langsung kepada pasien yang tidak bisa mengonsumsinya melalui mulut[1].

Proses ini menjadi sangat penting dalam perawatan pasien yang berada dalam kondisi kritis, setelah operasi, menjalani kemoterapi, serta dalam perawatan anak-anak dan orang tua. Setiap tahun, jutaan kantong infus digunakan di seluruh dunia, dan proses ini berlangsung tanpa henti selama 24 jam setiap harinya. Di Indonesia, dengan total 3. 228 rumah sakit dan 10. 268 puskesmas [2], jutaan pemasangan infus dilaksanakan setiap tahun sebagai terapi utama bagi banyak pasien rawat inap[2].

Namun, dalam kegiatan sehari-hari sering muncul perubahan kondisi laju tetesan infus yang tidak terdeteksi sejak dini, seperti laju tetesan yang terlalu cepat, terlalu lambat, atau berhenti sehingga dapat memengaruhi kelancaran pemberian cairan infus kepada pasien.[3]. Gangguan tersebut dapat mengakibatkan komplikasi serius, mulai dari kegagalan pemberian obat tepat waktu, emboli udara, *hipovolemia*, hingga kematian pasien jika tidak segera ditangani[4]. Pemantauan infus di rumah sakit sering tidak optimal karena perawat harus mengawasi banyak pasien pada waktu yang bersamaan. Kondisi ini menyebabkan beban kerja tenaga medis menjadi lebih tinggi dan meningkatkan kemungkinan terjadinya keterlambatan dalam mengetahui perubahan kondisi laju tetesan infus, seperti laju tetesan lambat, terlalu cepat, dan macet. Akibatnya, penanganan terhadap kondisi tersebut dapat terlambat dilakukan sehingga berpotensi mengganggu proses terapi pasien.[5].

Kebutuhan untuk memiliki sistem pemantauan infus otomatis yang bisa mengenali kondisi laju tetesan infus secara langsung serta memperkirakan kapan cairan akan habis sangat penting untuk meningkatkan keamanan pasien dan meringankan beban kerja tenaga kesehatan. Sistem diharapkan dapat memberikan

notifikasi langsung ke perawat melalui perangkat yang sudah digunakan sehari-hari, sehingga tindakan dapat dilakukan lebih cepat dan tepat.

Beberapa penelitian terdahulu telah mengembangkan sistem monitoring infus berbasis *Internet of Things* (IoT) dengan menggunakan sensor inframerah yang diletakkan pada *drip chamber* untuk menghitung laju tetesan secara *real-time* serta memberikan alarm ketika cairan hampir habis [9]. Namun, kebanyakan dari sistem tersebut masih bersifat reaktif hanya memberi tahu saat ini hampir habis dan belum mampu melakukan prediksi waktu habis yang tepat serta belum mengintegrasikan *Machine Learning* untuk klasifikasi kondisi laju tetesan infus yang lebih kompleks. Selain itu, notifikasi masih banyak menggunakan buzzer, LCD, atau aplikasi android lainnya, Telegram dipilih sebagai *notifikasi* karena lebih cepat dan lebih mudah diakses. Rata-rata, pengiriman pesan melalui bot Telegram memerlukan waktu hanya 3–8 detik, sehingga informasi bisa dikirim secara langsung, meski dalam kondisi jaringan internet yang tidak stabil[6].

Decision Tree merupakan salah satu algoritma *Machine Learning* yang termasuk dalam kategori *Supervised Learning* berbasis pohon keputusan[7]. Algoritma ini bekerja dengan cara membagi data secara rekursif berdasarkan nilai fitur tertentu menggunakan kriteria seperti *Gini Impurity* atau *Information Gain*, hingga menghasilkan aturan keputusan yang mudah dipahami[8]. Dalam kasus medis seperti ini digunakan metode *Decision Tree* karena sifatnya yang prediktif, serta mampu menangani data numerik dan kategorik secara bersamaan[9]. Selain digunakan untuk proses klasifikasi, algoritma *Decision Tree* juga dapat diterapkan pada proses regresi untuk menghasilkan prediksi berupa nilai kontinu. Oleh karena itu, pada penelitian ini *Decision Tree* dimanfaatkan dalam dua pendekatan, yaitu *Decision Tree Classifier* untuk mengklasifikasikan kondisi infus dan *Decision Tree Regressor* untuk memprediksi waktu habis cairan infus. *Decision Tree* dilatih untuk mengenali kondisi laju tetesan infus, seperti normal, cepat, lambat, dan macet, serta memprediksi waktu habis cairan infus berdasarkan data target tpm, aktual tpm, sisa menit, dan sisa cairan infus. Pemilihan *Decision Tree* pada penelitian ini didasarkan pada beberapa keunggulan dibandingkan metode *Machine Learning* lainnya. *Decision Tree* memiliki struktur yang mudah diinterpretasikan karena hasil

keputusan dapat ditelusuri melalui aturan *if-then* yang memiliki *if* sebagai kondisi terpenuhi dan *then* Keputusan yang diambil[10]. Selain itu, algoritma ini memiliki proses perhitungan yang sederhana dan tidak membutuhkan daya komputasi yang besar. Daya komputasi sendiri merupakan kemampuan perangkat dalam memproses dan menghitung data, sehingga algoritma dengan kebutuhan komputasi rendah seperti *Decision Tree* dapat dijalankan dengan baik pada mikrokontroler terbatas seperti ESP32[11]. Meskipun beberapa metode lain seperti *Neural Network* atau SVM memiliki tingkat akurasi yang tinggi pada data kompleks, metode tersebut cenderung membutuhkan komputasi yang lebih besar dan sulit diinterpretasikan. Oleh karena itu, *Decision Tree* dinilai lebih sesuai untuk sistem pemantauan infus berbasis IoT yang menuntut kecepatan, kejelasan hasil, serta kemudahan implementasi secara *real-time*.

Internet of Things memungkinkan penggunaan sensor inframerah yang dipasang pada *drip chamber* terhubung ke mikrokontroler ESP32 untuk mengirimkan data secara *real-time*. Data yang diperoleh dari sensor selanjutnya diolah menggunakan metode *Decision Tree* untuk menentukan kondisi laju tetesan infus dan memprediksi waktu habis cairan infus. Hasilnya ditampilkan pada LCD, sedangkan notifikasi melalui Telegram Bot dikirim ketika sistem mendeteksi kondisi lambat, cepat, macet, waspada, dan habis. Sebagai pendukung, buzzer dan LED digunakan sebagai alarm peringatan lokal.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem pemantauan infus berbasis IoT. Sistem ini akan mengintegrasikan sensor inframerah pada *drip chamber* untuk mendeteksi laju tetesan secara langsung, serta menggunakan sensor *load cell* pada kantong infus sebagai penanda mengenai sisa volume cairan dalam mililiter. Kedua sensor ini terhubung dengan mikrokontroler ESP32, dan data kombinasi dari laju tetesan serta penurunan berat selanjutnya diolah menggunakan algoritma *Decision Tree* untuk melakukan klasifikasi kondisi laju tetesan infus seperti normal, macet, cepat dan lambat sekaligus memprediksi waktu tersisa sampai cairan habis dalam bentuk estimasi waktu (WIB). Informasi klasifikasi kondisi laju tetesan infus dan prediksi waktu habis cairan infus ditampilkan secara *real-time* pada LCD. Selain itu, sistem

mengirimkan notifikasi melalui Telegram Bot ketika terdeteksi kondisi laju tetesan infus lambat, cepat, macet, waspada, dan habis, serta memberikan peringatan melalui buzzer dan LED sebagai indikator lokal.

1.2 Penelitian Terdahulu

Pada penelitian ini, penulisan terkait berisi uraian singkat dan perbandingan terhadap riset yang telah dilakukan sebelumnya, dan menjadi acuan literasi dalam pembuatan tugas akhir ini. Referensi jurnal penelitian dapat dilihat pada Tabel 1.1.

Tabel 1. 1 Referensi jurnal.

Peneliti	Tahun	Judul
M. S. Yadnya and A. R. Larasati	2025	Monitoring Tetesan Cairan Infus Berbasis IoT
J. S. Sunny <i>et al.</i>	2022	<i>Anomaly Detection Framework for Wearables Data: A Perspective Review on Data Concepts , Data Analysis Algorithms and Prospects</i>
O. Alfandi	2023	<i>Intelligent IoT Monitoring and Prediction System for Health Critical Conditions</i>
Jayakumar Venkata Alamelu, Asaithambi Mythili	2022	<i>Machine Learning approach to predict delay in smart infusion pump</i>
Ahmad Reza Farrasy, Amar Naufal Al-kharits, Muhamad Bustomi, Nazar Maulana, Taupik Abdul Rahman	2025	Prediksi diabetes berdasarkan faktor medis pasien menggunakan algoritma <i>Decision Tree</i>

Paper [12] mengembangkan sistem monitoring cairan infus berbasis ESP8266 dan sensor *load cell* yang mampu menampilkan sisa cairan infus secara

real-time melalui aplikasi Android, sehingga perawat dapat memantau beberapa pasien sekaligus tanpa pengawasan langsung. *Paper* [13] membahas mengenai perangkat *wearable* menggunakan sensor untuk mengevaluasi parameter fisiologis, seperti detak jantung, denyut nadi, jumlah langkah, lemak tubuh, dan pola makan serta mengidentifikasi anomali dalam detak jantung dan fitur lainnya dapat membantu mengidentifikasi pola yang dapat memainkan peran penting dalam memahami penyebab mendasar dari kondisi penyakit. Selanjutnya, *paper* [14] mengenai perawatan kesehatan cerdas memanfaatkan generasi baru teknologi informasi, seperti *Internet of Things* (IoT), big data, komputasi awan, dan kecerdasan buatan, untuk sepenuhnya mengubah sistem medis tradisional. Dengan tujuan untuk menyajikan konsep perawatan kesehatan cerdas, untuk memprediksi kegagalan alat medis untuk manajemen layanan perawatan kesehatan. *Paper* [15] menggunakan pendekatan *Machine Learning* untuk memprediksi keterlambatan aliran (*lag time*) pada *smart infusion pump* menggunakan metode *Support Vector Regression* (SVR), dengan hasil prediksi mencapai akurasi sebesar 99,41% pada laju aliran 10 ml/jam dan 99,7% pada laju aliran 50 ml/jam. *Paper* [16] menerapkan algoritma *Decision Tree* untuk memprediksi risiko diabetes menggunakan dataset medis dan parameter kesehatan, dan hasilnya menunjukkan bahwa atribut usia dan kadar glukosa menjadi faktor dominan dalam proses klasifikasi, serta model mampu menghasilkan aturan keputusan berbasis logika *if-then*.

Berdasarkan tinjauan literatur beberapa penelitian sebelumnya, baik pada sistem monitoring infus berbasis IoT maupun penerapan *Machine Learning* dari beberapa macam dan metode penunjang lainnya. Pada penelitian ini akan dilakukan pendekatan yang berbeda, yakni merancang dan membangun sistem monitoring infus yang menggunakan IoT serta mengimplementasikan algoritma *Decision Tree* untuk mendeteksi pola tetes cairan infus dari data sensor inframerah yang ditempatkan pada *drip chamber*, dikombinasikan dengan data penurunan berat dari sensor *load cell*. Algoritma *Decision Tree* digunakan untuk mengklasifikasikan kondisi laju tetesan infus secara otomatis berdasarkan laju tetesan infus ke dalam kategori normal, cepat, lambat, dan macet. Selain itu, *Decision Tree* juga digunakan untuk memprediksi waktu habis cairan infus yang ditampilkan dalam bentuk

estimasi waktu (WIB) pada LCD. Sistem juga mengirimkan notifikasi secara *real-time* melalui Telegram Bot ketika terdeteksi kondisi laju tetesan infus Lambat, Cepat, Macet, Waspada, atau Habis, serta memberikan alarm peringatan melalui LED dan buzzer.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan, ada beberapa masalah yang perlu dipersamakan:

1. Bagaimana rancangan dan implementasi sistem monitoring infus yang mendeteksi kondisi laju tetesan infus serta memprediksi cairan infus akan habis berdasarkan data input sensor inframerah dan sensor *load cell* menggunakan metode *Decision Tree*?
2. Bagaimana kinerja sistem dalam mendeteksi kondisi laju tetesan infus serta memprediksi cairan infus akan habis berdasarkan data input sensor inframerah dan sensor *load cell* menggunakan metode *Decision Tree*?

1.4 Tujuan dan Manfaat

1.4.1 Tujuan

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Merancang dan mengimplementasikan sistem monitoring infus yang mendeteksi kondisi laju tetesan infus serta memprediksi cairan infus akan habis berdasarkan data input dari sensor inframerah dan sensor *load cell* menggunakan metode *Decision Tree*.
2. Menganalisis kinerja sistem dalam mendeteksi kondisi laju tetesan infus serta memprediksi cairan infus akan habis berdasarkan data input sensor inframerah dan sensor *load cell* menggunakan metode *Decision Tree*.

1.4.2 Manfaat

Pada penelitian ini terdapat dua manfaat yang ingin di capai yaitu :

1. Manfaat Akademis

Penelitian ini mampu berkontribusi pada salah satu bidang ilmu keelektroan khususnya pada bidang biomedik, IoT dan *Machine*

Learning, khususnya pada model *Decision Tree* untuk mendeteksi kondisi laju tetesan infus dan memprediksi waktu cairan infus akan habis.

2. Manfaat Praktis

Manfaat praktis dari penelitian ini adalah mempermudah tenaga medis dalam memantau kondisi laju tetesan infus dari jarak jauh melalui sistem monitoring yang mampu mendeteksi kondisi laju tetesan infus, yaitu normal, cepat, lambat, dan macet, serta memprediksi waktu habis cairan infus beserta informasi sisa cairan infus.

1.5 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini diharapkan mempunyai fokus penelitian yang jelas, sehingga perlu adanya batasan masalah untuk menghindari meluasnya topik. Batasan-batasan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

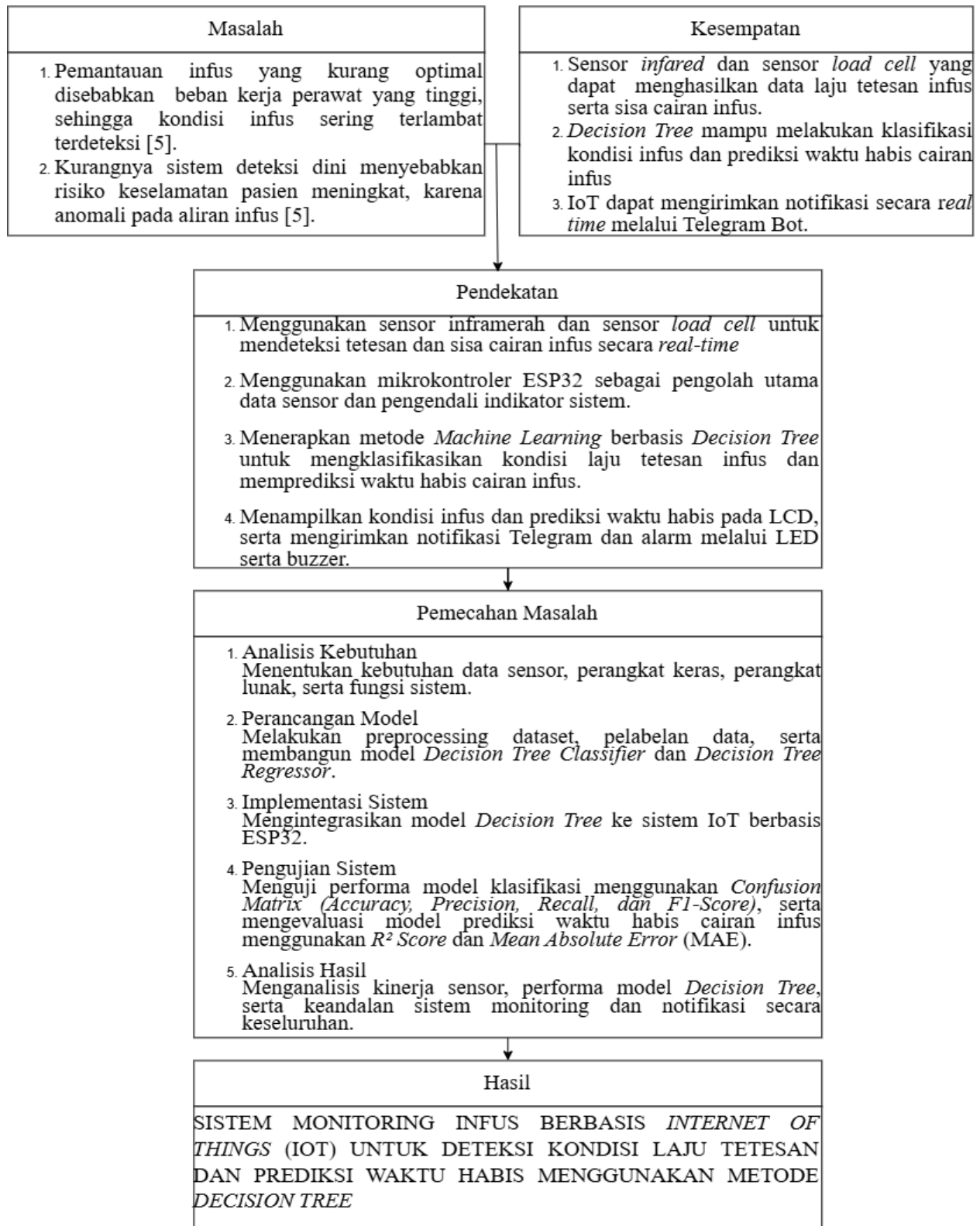
1. Alat ini difokuskan untuk mendeteksi kondisi laju tetesan infus berdasarkan laju tetesan serta memprediksi waktu habis cairan infus menggunakan data dari sensor inframerah dan sensor *load cell*.
2. Mikrokontroler yang utama digunakan adalah ESP32, yang berfungsi membaca sensor, memproses data, menjalankan model *Machine Learning*, dan mengirimkan pemberitahuan.
3. Sensor inframerah berfungsi untuk mendeteksi laju tetesan infus (TPM) sebagai data masukan dalam proses penentuan kondisi laju tetesan infus menggunakan metode *Decision Tree*.
4. Sensor *load cell* berperan dalam mengukur jumlah sisa cairan infus berdasarkan perubahan berat dari botol infus dan membantu memperkirakan kapan cairan akan habis.
5. Penelitian ini difokuskan pada penerapan algoritma *Decision Tree Classifier* untuk mengklasifikasikan kondisi laju tetesan infus (normal, cepat, lambat, dan macet) serta *Decision Tree Regressor* untuk memprediksi waktu habis cairan infus.
6. Evaluasi kinerja model *Decision Tree* dilakukan menggunakan metode *5-fold cross validation* untuk mengukur performa model secara konsisten pada dataset yang digunakan.

7. Sistem secara otomatis mengirimkan notifikasi melalui aplikasi Telegram ketika terdeteksi kondisi laju tetesan infus cepat, lambat, macet, waspada, dan habis.
8. Pengujian sistem dilakukan menggunakan cairan infus NaCl dan tidak melibatkan pasien secara langsung, sehingga pengujian difokuskan pada kinerja dan keakuratan sistem sebelum diterapkan pada lingkungan medis sebenarnya.
9. Penelitian ini menggunakan infus makro dewasa factor tetes 20ml/tetes, sehingga sistem dirancang dan diuji berdasarkan karakteristik infus makro.

1.6 Kerangka Berpikir

Kerangka berpikir merupakan alur sistematis dari proses penyelesaian permasalahan yang telah dipersamaankan. Untuk menggambarkan hal tersebut, kerangka berpikir penelitian ini dijabarkan lebih luas pada Gambar 1.1.





Gambar 1. 1 Kerangka berpikir.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan tugas akhir ini terdiri dari enam bab yang menguraikan permasalahan yang dibahas. penulisan laporan tugas akhir ini mengikuti sistematika penulisan yang terdiri dari:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini membahas secara menyeluruh dasar pemikiran dan arah dari penelitian yang dilakukan. Di dalamnya diuraikan latar belakang yang menjadi dasar dilaksanakannya penelitian, diikuti dengan tinjauan penelitian terdahulu yang relevan sebagai pembanding dan penguat landasan teoritis. Selanjutnya, dijelaskan persamaan masalah yang ingin diselesaikan serta tujuan yang hendak dicapai melalui penelitian ini. Bab ini juga mencakup uraian mengenai manfaat penelitian baik secara akademis maupun praktis, batasan-batasan yang diterapkan untuk menjaga fokus dan ruang lingkup penelitian, serta kerangka berpikir yang menggambarkan alur logis pengembangan sistem. Terakhir, disampaikan pula sistematika penulisan yang memberikan gambaran umum mengenai struktur laporan penelitian ini secara keseluruhan.

BAB II TEORI DASAR

Bab ini memuat landasan teori yang mendasari penelitian, mencakup konsep-konsep utama yang berkaitan dengan sistem monitoring infus, sensor infrared, mikrokontroler ESP32, serta penerapan *Machine Learning* khususnya metode *Decision Tree*. Teori-teori yang dibahas pada bab ini berfungsi sebagai acuan dalam merancang dan mengembangkan sistem yang diusulkan, yang bertujuan untuk mendeteksi kondisi laju tetesan infus serta memprediksi waktu habis cairan infus secara otomatis.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan metode yang digunakan dalam penelitian, mulai dari studi literatur, identifikasi masalah, analisis kebutuhan, pengumpulan data, hingga tahapan perancangan dan implementasi sistem. Selain itu, bab ini juga membahas metode pengujian dan evaluasi sistem untuk menilai kinerja sistem. Selain itu, bab ini juga memuat jadwal penelitian yang menggambarkan alur waktu pelaksanaan

setiap tahapan, guna memastikan proses pengembangan sistem berjalan sesuai rencana.

BAB IV PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

Pada bab ini menjelaskan tahapan perancangan dan implementasi sistem monitoring serta prediksi waktu habis cairan infus menggunakan *Decision Tree*.

BAB V PENGUJIAN DAN ANALISIS

Pada bab ini memaparkan hasil pengujian yang telah dilakukan serta menganalisis kinerja sistem monitoring cairan infus berdasarkan hasil pengujian.

BAB VI PENUTUP

Pada bab ini menjelaskan tentang bagian penutup dari penelitian. Pada bagian ini terdapat kesimpulan serta saran untuk penelitian selanjutnya.

