

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, pengujian, dan analisis sistem monitoring dan kontroler infus berbasis Internet of Things (IoT) yang telah dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem monitoring dan kontroler infus berbasis IoT berhasil dirancang dan diimplementasikan menggunakan ESP32 sebagai mikrokontroler utama dengan integrasi sensor load cell, sensor tetes, servo motor, OLED, serta website monitoring. Sistem dapat melakukan proses pembacaan berat cairan infus, mendeteksi laju tetesan, mengatur aliran melalui servo motor, serta menampilkan informasi kondisi infus pada perangkat dan website.
2. Sensor load cell berhasil digunakan untuk mengukur berat cairan infus yang tersisa. Hasil pembacaan load cell yang telah melalui proses kalibrasi dapat digunakan sebagai parameter untuk mengetahui perubahan berat infus selama proses pengujian. Nilai berat yang diperoleh selanjutnya ditampilkan pada sistem sebagai informasi mengenai jumlah cairan infus yang masih tersedia.
3. Sensor tetes berhasil digunakan untuk mendeteksi dan menghitung laju tetesan infus dalam satuan tetes per menit (TPM). Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai TPM aktual yang diperoleh sensor dapat digunakan untuk memantau laju tetesan dan membandingkannya dengan nilai TPM target. Perbedaan antara nilai target dan nilai aktual dapat dipengaruhi oleh kestabilan aliran cairan, karakteristik tetesan, serta proses pendeteksian setiap tetesan oleh sensor.
4. Servo motor berhasil digunakan sebagai mekanisme pengatur aliran cairan infus. Servo bergerak berdasarkan parameter yang telah ditentukan pada masing-masing mode pengoperasian. Hasil pengujian menunjukkan adanya perbedaan antara TPM target dan TPM aktual pada setiap posisi servo, dengan rata-rata error TPM pada mode GINJAL sebesar 19,05%, DEWASA sebesar

8,33%, KECIL sebesar 7,84%, dan CUSTOM sebesar 9,33%. Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa posisi servo memiliki pengaruh terhadap laju aliran yang dihasilkan.

5. Sistem berhasil menerapkan beberapa kategori atau mode pengoperasian, yaitu KECIL, DEWASA, GINJAL, dan CUSTOM. Setiap mode memiliki parameter target TPM dan posisi servo yang berbeda, sedangkan mode CUSTOM memberikan fleksibilitas dalam menentukan nilai target TPM melalui website. Berdasarkan data pengujian, dari 706 data yang diamati terdapat 702 data yang sesuai dengan parameter posisi servo berdasarkan mode, sehingga diperoleh tingkat kesesuaian sebesar 99,43%.
6. Website monitoring berhasil diintegrasikan dengan sistem menggunakan ESP32 sebagai pengirim data. Website dapat menampilkan beberapa parameter utama, yaitu berat infus, TPM aktual, mode yang sedang dipilih, target TPM, jumlah tetesan aktual, posisi servo, serta kondisi infus. Website juga dapat memberikan informasi kondisi infus dalam kategori MASIH, SEDANG, dan HABIS, serta menampilkan peringatan ketika berat infus mulai rendah.
7. Secara keseluruhan, sistem telah mampu mengintegrasikan proses monitoring dan pengaturan infus dalam satu sistem. Data dari sensor diproses oleh ESP32 kemudian digunakan untuk menampilkan kondisi alat pada OLED dan website. Dengan adanya website, proses pemantauan dapat dilakukan melalui smartphone maupun laptop sehingga informasi mengenai kondisi infus, laju tetesan, mode pengoperasian, dan posisi servo dapat dipantau secara lebih terpusat.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian yang telah dilakukan, terdapat beberapa hal yang dapat dikembangkan pada penelitian selanjutnya, yaitu:

1. Meningkatkan ketelitian sensor load cell dengan menggunakan proses kalibrasi yang lebih akurat serta melakukan pengujian pada beberapa variasi beban agar pembacaan berat dan estimasi cairan infus menjadi lebih stabil.

2. Mengembangkan sistem sensor tetes agar mampu mendeteksi setiap tetesan dengan lebih konsisten. Pengembangan dapat dilakukan pada posisi pemasangan sensor, metode pendeteksian, maupun pengolahan data untuk mengurangi kesalahan pembacaan TPM.
3. Melakukan pengembangan pada mekanisme servo motor agar pengaturan aliran dapat menghasilkan nilai TPM yang lebih mendekati nilai target. Mekanisme penjepit selang juga dapat dibuat lebih presisi sehingga perubahan posisi servo menghasilkan perubahan laju aliran yang lebih konsisten.
4. Mengembangkan website monitoring dengan menambahkan fitur penyimpanan data, grafik perubahan berat infus dan TPM secara real-time, riwayat penggunaan, serta notifikasi ketika kondisi infus mulai mendekati batas minimum.
5. Meningkatkan sistem komunikasi IoT agar website dapat digunakan melalui jaringan yang lebih luas dan tidak hanya bergantung pada jaringan lokal. Dengan demikian, proses monitoring dapat dilakukan dari lokasi yang berbeda selama perangkat memiliki koneksi internet.
6. Melakukan pengujian dengan jumlah data dan variasi kondisi yang lebih banyak untuk mengetahui tingkat kestabilan sistem dalam jangka waktu pengoperasian yang lebih panjang. Pengujian selanjutnya juga dapat mencakup berbagai variasi volume cairan, target TPM, posisi servo, serta kondisi aliran.
7. Mengembangkan aspek keselamatan dan keandalan sistem sebelum diterapkan pada kondisi penggunaan sebenarnya, termasuk mekanisme penghentian aliran, deteksi kondisi tidak normal, pemberian alarm, dan validasi sistem secara lebih menyeluruh. Penggunaan pada pasien nyata memerlukan pengujian dan validasi sesuai standar serta pengawasan tenaga medis yang berwenang.