

Rancang Bangun Sistem Monitoring dan Kontrol *Smart Infusion*

Aji Setiawan¹, Ibrahim Nawawi², Hery Teguh Setiawan³

^{1,2,3}Universitas Tidar

E-mail: ajisetiawan533@gmail.com¹, Ibrahim_nw@untidar.ac.id², hery.shirohige@gmail.com³

Article History:

Received: 15 Januari 2024

Revised: 04 Februari 2024

Accepted: 06 Februari 2024

Keywords: *Smart Infusion, Monitoring Infusion System, Remote Infusion Control*

Abstract: *Dalam konteks kebutuhan tenaga medis yang terus meningkat dan jumlah pasien rawat inap di rumah sakit yang melampaui jumlah tenaga medis, terutama pada layanan perawatan 24 jam, pengawasan terhadap kondisi cairan infus pada pasien menjadi semakin menantang. Keterbatasan ini dapat mengakibatkan potensi kelalaian dalam pemantauan yang sangat penting. Biasanya, perawat harus secara manual memeriksa kondisi infus secara berkala, menghabiskan waktu yang signifikan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang Alat Smart Infusion yang digunakan untuk mengawasi dan mengontrol cairan infus pada kantong infus pasien. Sistem ini tidak hanya memantau dan mengontrol secara online, tetapi juga memberikan informasi terkait volume cairan infus pasien. Pengiriman notifikasi pada ruang perawat melalui website dan notifikasi telegram. Loadcell digunakan untuk mendeteksi berat cairan pada botol, selain itu menggunakan sensor LM393 Speed Arduino yang digunakan sebagai pendeteksi tetesan cairan pada selang infus, serta dibagian mekanik menggunakan servo yang berfungsi sebagai pengatur laju kecepatan cairan infusnya. Ketika volume cairan kurang dari atau sama dengan 200 mL, maka akan mengirimkan notifikasi ke telegram sebagai tanda bahaya.*

PENDAHULUAN

Infus ialah sebuah perangkat medis yang di situasi khusus dimanfaatkan untuk menggantikan hilangnya cairan juga menyeimbangkan kadar elektrolit dalam tubuh. Saat ini infus digunakan oleh hampir seluruh pasien yang dirawat inap di rumah sakit, puskesmas, serta poliklinik memanfaatkan infus. Pemberian cairan infus bagi pasien rawat inap sangatlah penting karena kebanyakan pasien mengalami kekurangan cairan (Halifatullah, 2019).

Infus, sebagai sebuah alat dalam ranah kesehatan, dipakai pada situasi tertentu untuk menggantikan cairan dalam tubuh serta mengatur keseimbangan elektrolit. Infus juga dapat berfungsi sebagai medium untuk memberikan pengobatan melalui pengaliran cairan langsung ke dalam pembuluh darah. Saat ini, penggunaan infus umumnya masih dilakukan secara manual, sehingga membutuhkan petugas medis untuk secara terus-menerus memeriksa kondisi alat infus secara berkelanjutan, yang tentu saja menghabiskan lebih banyak tenaga dan waktu (Wahidin, 2021).

Perkembangan teknologi saat ini telah memungkinkan pengawasan secara langsung dalam banyak kegiatan medis dan fungsi alat-alat medis melalui internet, meningkatkan efektivitas, efisiensi, dan akurasi. IoT adalah sebuah rangkaian jaringan yang dirancang untuk menghubungkan berbagai perangkat secara terhubung. Konsep IoT semakin ditingkatkan melalui teknologi canggih seperti jaringan sensor tanpa kabel dan komunikasi antar mesin (R. De Fazio, 2021).

Saat ini, pengawasan terhadap infus masih memiliki sejumlah kelemahan, salah satunya yaitu pemantauan cairan infus yang masih dilakukan secara manual. Kondisi seperti ini bisa menjadi berbahaya apabila terjadi kelalaian, menyebabkan kehabisan cairan infus tanpa sepengetahuan petugas medis. Hal ini dapat berpotensi mengancam nyawa pasien karena menghentikan pasokan cairan pengganti elektrolit tubuh dan cairan obat ke dalam pembuluh darah. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu teknologi untuk melakukan pemantauan cairan infus secara real-time dan dapat dimonitor dari jarak jauh (Gunawan, 2020).

Pentingnya fungsi infus bagi pasien membuat maka pemasangannya harus dilaksanakan secara hati-hati untuk mencegah munculnya komplikasi sehingga bisa berdampak pada kondisi pasien. Pengontrolan dan pemantauan yang diteliti oleh perawat menjadi krusial. Dengan tindakan ini, maka dapat meminimalisir potensi kesalahan dalam pengawasan infus sehingga tidak berisiko bahaya bagi pasien. Selain pendekatan manual, ada alat khusus yang memantau, mengontrol, dan memberikan peringatan melalui layar ketika infus sudah habis, yaitu disebut sebagai infusion pump. Meski alat ini memiliki harga yang tinggi, berkisar 12-15 juta per unit tergantung spesifikasinya, sehingga umumnya hanya tersedia di ruang ICU rumah sakit besar. Meskipun harganya tinggi, sekitar 12-15 juta per unit tergantung spesifikasinya, sehingga umumnya hanya tersedia di unit perawatan intensif (ICU) di rumah sakit besar. Meskipun demikian, penggunaan infus tidak terbatas hanya pada ruang ICU, sehingga diciptakanlah alat dengan fungsi serupa tetapi memberikan harga yang jauh lebih terjangkau, memungkinkan rumah sakit kecil dan institusi lain yang menggunakan infus untuk memanfaatkannya. Langkah ini bertujuan untuk meminimalisir kesalahan yang sering terjadi saat infus digunakan. Berdasarkan masalah tersebut, penelitian yang akan dilakukan adalah “RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING *SMART INFUSION*”.

LANDASAN TEORI

Infus

Prinsip dasar cairan infus mirip dengan perilaku air yang mengalir dari tempat yang lebih tinggi ke yang lebih rendah di bawah pengaruh gravitasi. Dalam sistem infus, laju aliran cairan dikendalikan melalui pengaturan klem pada selang infus. Ketika klem dipersempit, laju cairan melambat, terlihat dari jumlah tetesan infus yang sedikit per menit. Sebaliknya, ketika klem dibuka, laju infus meningkat, ditunjukkan dari jumlah tetesan infus yang lebih banyak per menit.

Macro

Jika yang ingin dicari tahu adalah berapa tetesan maka harus mengetahui jumlah cairan yang harus dimasukkan dan lamanya waktu, maka rumusnya adalah:

Macro

$$\text{Tetes/menit} : (\text{jumlah cairan} \times 20) / (\text{Lama Infus} \times 60)$$

Jika yang dicari adalah lama cairan akan habis, maka rumusnya adalah sebagai berikut:

$$\text{Lama Infus} : (\text{Jumlah Cairan} \times 20) / (\text{jumlah tetesan dlm menit} \times 60)$$

Micro

Rumus untuk menghitung jumlah tetesannya adalah sebagai berikut:

$$\text{Jumlah tetes/menit} : (\text{Jumlah cairan} \times 60) / (\text{Lama Infus} \times 60)$$

Sedangkan rumus lamanya cairan habis adalah sebagai berikut:

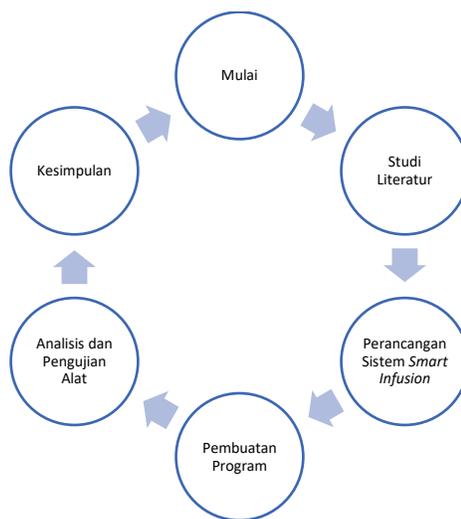
Lama waktu : (Jumlah Cairan x 60) / (jumlah tetesan dalam menit x 60)

Faktor Tetes

Pemberian infus faktor tetes ada dua metode yaitu Mikro dan Makro. Cara yang digunakan bergantung pada petunjuk dokter, kebutuhan pasien, dan jenis infus yang dibutuhkan. Set mikro biasanya memiliki lubang tetesan yang lebih kecil dibandingkan set makro, sehingga menghasilkan lebih banyak tetes per menit. Hal ini mempengaruhi durasi infus baik mikro maupun makro. Biasanya, set mikro mengeluarkan 45-60 tetes/ml, sedangkan set makro hanya mengeluarkan 10-20 tetes/ml. Selain itu, usia juga mempengaruhi faktor drop. Orang dewasa memiliki rasio tetes 20 tetes/mL, sedangkan anak-anak membutuhkan 60 tetes/mL untuk cairan infus.

METODE PENELITIAN

Dalam melakukan penelitian diperlukan tahapan-tahapan agar penelitian dapat berjalan dengan baik. Tahapan itu terdapat pada sebuah diagram alir seperti ditunjukkan gambar:



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Tahapan awal penelitian dimulai dari proses pencarian literatur terkait dengan monitoring dan kontrol infus berbasis online. Setelah itu dilakukan perancangan system smart infusion. Pada tahap perancangan, akan dilakukan desain perancangan keseluruhan sistem dari diagram blok sistem, diagram perancangan alat, dan diagram alir cara kerja sistem. Setelah itu dilakukan pembuatan program Arduino untuk alat dan program website untuk monitoring kontrol infus berbasis online. Setelah semuanya selesai, maka akan dianalisis dan diuji. Kemudian dilakukan proses tahap akhir yaitu pengambilan kesimpulan terkait dengan alat yang telah dibuat.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Alat *smart infusion* telah berhasil mengontrol laju tetesan cairan infus berdasarkan mode yang di sediakan, untuk modenya ada 2 yaitu mode dewasa dan mode anak-anak. Selain itu, alat ini melakukan pemantauan atau monitoring dan kontrol infus dalam jarak jauh menggunakan website. Bentuk fisik alat terdapat pada Gambar 2.



Gambar 2. Hasil Alat Penelitian

OLED 64x128

Oled 64x128 digunakan sebagai output untuk menampilkan informasi jumlah tetesan, mode yang dipilih dan berat cairan infus. Pengujian Oled dilakukan dengan cara mencari address I2C dari oled yang digunakan terlebih dahulu. Setelah mendapatkan address i2c, selanjutnya membuat program sederhana yang akan menampilkan tulisan, untuk mengecek bahwa oled tersebut bekerja dengan baik. Hasil program sederhana ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Tampilan Oled 64x128

Pada gambar 3 Tampilan yang terlihat di layar menunjukkan bahwa perangkat telah berhasil diatur dan dihubungkan dengan benar, sesuai dengan program yang telah dirancang untuk menampilkan teks. Hasilnya menggambarkan bahwa layar OLED berfungsi dengan baik dan mampu menampilkan teks yang diinginkan.

Sensor LM393 Speed Arduino

Pengujian dilakukan dengan cara memasang sensor lm393 pada *drip chamber* pada infus dan ketika cairan menetes maka sensor lm393 akan mendeteksi dan informasi tersebut akan dikirimkan di ESP32 kemudian ditampilkan di oled dan website. Hasil pembacaan tetesan cairan infus dapat dilihat pada gambar 4 dan 5, terlihat bahwa sensor LM393 mendeteksi tetesan cairan pada botol infus sebanyak 10 tetes dan menampilkannya di Oled dan Website.



Gambar 4. Hasil Tetesan Pada Oled



Gambar 5. Hasil Tetesan Pada Website

Setelah dilakukannya pengujian antara sensor LM393 yang terhubung dengan website dan oled, maka pengujian selanjutnya dilakukan percobaan selama 10 menit untuk mengetahui jumlah tetesan permenit ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Percobaan Tetesan Permenit

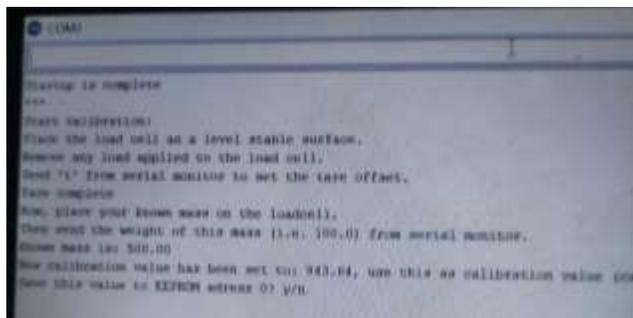
Percobaan	TPM	
	Mode Dewasa (130 derajat)	Mode Anak-anak (60 derajat)
1	52	21
2	54	19
3	57	19
4	57	18
5	58	19
6	58	17
7	57	19
8	59	20
9	59	20
10	58	21

Pengujian Mekanik Pada Alat

Mekanik yang terdapat pada alat yang dibuat oleh penulis diantaranya adalah servo dan 3 buah button. Servo digunakan sebagai pengontrol laju kecepatan aliran cairan infus dan buton sebagai pengganti mode. Mode yang disediakan ada 3 yaitu mode dewasa (Button 1), mode anak (Button 2) dan mode reset (Button 3). Untuk mode dewasa sudut yang digunakan oleh servo sebesar 130 derajat, untuk mode anak sudut yang digunakan oleh servo sebesar 60 derajat dan untuk mode reset 180 derajat. Mode reset digunakan sebagai mereset hitungan tetesan dan menghentikan laju kecepatan cairan infus.

Sensor Loadcell

Sensor loadcell diuji dengan melakukan kalibrasi terhadap benda yang sudah diketahui massa beratnya. Dalam mencari nilai value kalibrasi, penulis menggunakan cairan NaCl 0.9% 500 mL untuk menentukan nilai kalibrasi yang nantinya nilai kalibrasi tersebut digunakan untuk menghitung volume cairan yang akan diuji. Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa sensor loadcell dapat bekerja dengan baik dan menunjukkan hasil pembacaan sesuai dengan ukuran berat volume yang di uji. Hasil kalibrasi ditunjukkan pada gambar.6 dan gambar.7.



Gambar 6. Nilai Value Kalibrasi



Gambar 7. Hasil Uji Volume 500 mL

Pada gambar 7. dijelaskan bahwa penulis melakukan proses kalibrasi pada sensor loadcell dengan menggunakan cairan NaCl 0.9% 500 mL dan mendapatkan hasil nilai value kalibrasi sebesar 843.64. Pada gambar 7 merupakan hasil dari pembacaan berat volume dari sensor loadcell. Larutan infus NaCl 0,9% adalah larutan yang terdiri dari natrium klorida (garam) yang dilarutkan dalam air. Dalam kondisi standar, larutan ini memiliki densitas yang mirip dengan densitas air murni. Secara umum, pada suhu dan tekanan standar, larutan NaCl 0,9% memiliki densitas sekitar 1 gram per mililiter (g/ml). Densitas ini sama dengan densitas air murni pada kondisi standar. Jadi, cairan infus NaCl 0,9% mempunyai densitas sekitar 1 g/ml, yang hampir sama dengan densitas air murni pada kondisi yang sama. Pengujian volume cairan infus ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji Volume Pada Loadcell

Cairan Infus NaCl 0.9%	Nilai Volume Pada Loadcell	Error (%)
500 mL	499.70 mL	0.06
400 mL	400.54 mL	0.12

300 mL	300.66 mL	0.22
200 mL	200.15 mL	0.07
100 mL	100.28 mL	0.28
0 mL	0 mL	0

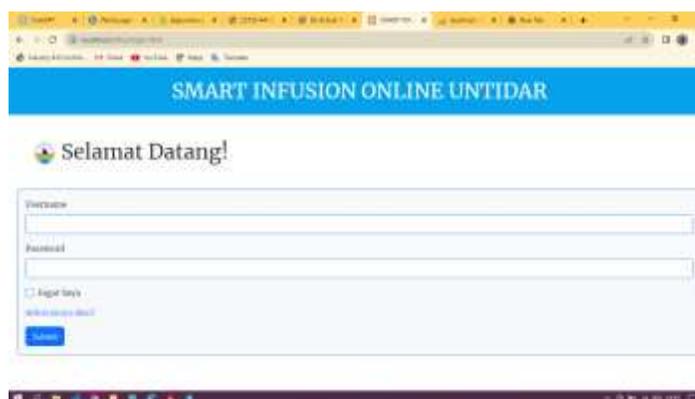
Penulis melakukan 6 kali percobaan dengan volume cairan yang berbeda-beda. Terlihat pada tabel 2. Hasil nilai volume pada loadcell di tampilkan pada serial monitor software Arduino IDE. Pengujian selanjutnya dilakukan dengan membandingkan hasil volume cairan yang ditampilkan pada Serial Monitor, Oled dan Website. Hasil perbandingan volume pada Serial Monitor, Oled dan Website ditunjukkan pada tabel 3.

Tabel 3. Pengujian Hasil Uji Volume

Pengujian	Volume Infus (ml)			
	Volume Cairan (mL)	Sensor LoadCell		
		Serial Monitor (mL)	Oled (mL)	Website (mL)
1	500	499.70	499.70	499
2	400	400.54	400.54	400
3	300	300.66	300.66	300
4	200	200.15	200.15	200
5	100	100.28	100.28	100
6	0	0	0	0

Pengujian Website

Pengujian website monitoring infus dilakukan dengan menggunakan bahasa dan lingkungan pemrograman PHP dan HTML, dengan basis data yang digunakan adalah MySQL, bahasa pemrograman PHP dan HTML tersebut dijalankan dan dihubungkan pada alat kontrol monitoring infus. Pada halaman awal website ditunjukkan halaman login seperti gambar 8.



Gambar 8. Halaman Login Pada Website

Untuk masuk ke halaman utama pada Website Smart Infusion Online Untidar, maka diminta untuk memasukkan username dan password yang sudah didaftarkan sebelumnya, setelah itu akan masuk ke halaman utama seperti gambar 8. Terdapat beberapa fitur menu yang disediakan antara lain monitoring, data realtime dan data. Beberapa fitur lainnya ditunjukkan pada gambar 9.



Gambar 9. Halaman Kontrol Mode Pada Website

Pengujian Bot dan Notifikasi Telegram

Dari pengujian notifikasi telegram yang terhubung pada website untuk memberikan notifikasi ke grup telegram dengan maksud sebagai notifikasi bahwa berat cairan infus akan habis. Berat cairan yang di setting sebagai notifikasi bahaya adalah kurang dari atau sama dengan 200 mL. Ketika sensor loadcell membaca berat cairan infus kurang dari atau sama dengan 200, maka data tersebut akan dikirimkan ke database melalui ESP32 setelah itu akan dibaca oleh website untuk ditampilkan dan mengirimkan notifikasi ke grup telegram yang sudah dibuat seperti gambar 10. Pengiriman notifikasi mengalami delay 10 detik sejak sensor LoadCell membaca berat kurang dari atau sama dengan 200 mL.



Gambar 10. Notifikasi pada Telegram

Pembahasan Sistem Secara Keseluruhan

Hasil alat yang dibuat oleh penulis tentang “Monitoring dan Kontrol Smart Infusion” berjalan dengan baik. Alat tersebut memiliki 2 mode, yaitu mode dewasa dan mode anak-anak serta dilengkapi dengan 3 button, untuk button 1 sebagai mode dewasa dengan servo di atur pada sudut 130 derajat, untuk button 2 sebagai mode anak-anak dengan servo diatur pada sudut 60 derajat, untuk button 3 sebagai reset dengan servo diatur pada sudut 180 yang artinya mereset mode 1 atau 2 dan mereset pembacaan sensor LM393. Untuk faktor tetes mode dewasa adalah 20 tetes permenit dan untuk faktor tetes mode anak-anak adalah 60 tetes permenit.

Untuk mekanisme alat ketika button 1 atau button 2 ditekan (sesuai mode yang dipilih) maka sudut servo akan bergerak sesuai dengan mode yang dipilih sehingga tetesan cairan mengalir dan dibaca oleh sensor LM393. Informasi dari mode dan jumlah tetesan ditampilkan di oled dan di website. Selain button yang ditekan secara manual, button bisa dikontrol dari webserver secara online. Informasi dari jumlah tetesan yang di baca dan berat cairan yang di baca oleh sensor HX711 ditampilkan juga di website. Jadi website tersebut digunakan sebagai kontrol dan monitoring cairan infus secara online. Ketika berat cairan kurang dari atau sama dengan 200 mL maka notifikasi bahaya akan dikirimkan ke grup telegram bahwa infus akan habis.

KESIMPULAN

Setelah dilakukan perancangan, pengujian dan analisa sistem, maka dapat disimpulkan beberapa hal yang dapat digunakan untuk perbaikan dan pengembangan selanjutnya yaitu sistem dapat bekerja dan berjalan dengan baik. Button 1/2/3 dapat membaca mode yang diberikan pada program Arduino. Sensor LM393 dapat mendeteksi jumlah tetesan per menit dan sensor loadcell dapat mengukur jumlah volume infus yang dihitung secara realtime dan ditampilkan pada Oled dan Website. Pengiriman notifikasi mengalami delay 10 detik sejak sensor LoadCell membaca berat kurang dari atau sama dengan 200 mL. Pengontrolan button dari website berjalan dengan baik, begitu juga dengan monitoring tetesan dan berat cairan infus.

DAFTAR REFERENSI

- Achlison, U., & S. (2020). Analisis Hasil Ukur Sensor Load Cell Untuk Penimbang Berat Beras, Paket, dan Buah Berbasis Arduino. *E-Bisnis : Jurnal Ilmiah Ekonomi dan Bisnis*, 13 (1), 96-101.
- Afrianto, R. B. (2020). *Timbangan Digital Otomatis Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno*. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Amin, F. N. (2018). *Timbangan Berbasis Arduino Uno Dengan Output LCD dan Suara*. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Andani, W. (2022). Timbangan Digital Buah Kelapa Sawit Berbasis Internet of Things (IoT). *Jurnal ELEMENTER Vol.8, No.2*, 145-153.
- Arfan, M. S. (2020). Design and Development of IOT enabled IV infusion rate monitoring and control device for precision care and portability. *2020 4th International Conference on Electronics, Communication and Aerospace Technology (ICECA)*, 1-7.
- Atmajaya, D. (2018). Sistem Kontrol Timbangan Sampah Non Organik. *Seminar Nasional Teknologi Informasi Dan Komunikasi*, 434-436.
- Giaquinto, N. S. (2020). Real-time drip infusion monitoring through a computer vision system. *2020 IEEE International Symposium on Medical Measurements and Applications (MeMeA)*, 1-5.
- Gunawan, T. A. (Vol. 4, No. 2, 2020). Prototype Sistem Monitoring Infus Berbasis IoT (Internet of Things). *Edumatic: J. Pendidik. Inform*, 155-163.
- Halifatullah, I. (Volume 5, No.2, 2019). RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING DAN KONTROL INFUS DEGAN PENERAPAN INTERNET of THINGS (IoT) BERBASIS ANDROID. *Jurnal Sistem dan Teknologi Informasi*, 82-83.
- Irwanto. (2022). Perancangan Timbangan Digital Berbasis Mikrokontroler ATMEGA 8535 Dengan Menggunakan Sensor. *Jurnal Pendidikan Teknologi Informasi dan Vokasional. Volume 4, No. 1*, 39-49.
- Itikala, V. (2021). *Arduino Weighing Machine Using Load Cell and HX711 Module*. Available at

SSRN 3918720.

- Madona, E. (2018). Rancang Bangun Timbangan Beras Digital Dengan Tampilan Berat Dan Harga Menggunakan Output Suara. *Elektron : Jurnal Ilmiah*, 10 (1), 13-17.
- Mahfud, A. (2023). Prototype Sistem Penimbangan Otomatis Pada Model Kernel Bulk Berbasis Arduino Uno. *Jurnal Teknologi. Volume 15, No. 1*, 43-50.
- Muslimin, A. M. (2021). *Perancangan Alat Timbangan Digital Berbasis Arduino Leonardo Menggunakan Sensor Load Cell*. Skripsi. Universitas Sumatra Utara.
- Naim, M. (2021). Perancangan Alat Penimbang Beras Digital Dengan Masukan Berat Dan Harga Berbasis Mikrokontroler. *Jurnal Mosfet. Vol. 1 No. 2*, 14-17.
- Ns. Yanti Anggraini, S. M. (2019). *PETUNJUK PRAKTIKUM KEPERAWATAN DASAR. UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA: BMP.UKI : YA-22-KD-PK-II-2019*.
- Nugraha, D. A. (2019). *Timbangan Gantung Digital Dengan Sensor HX711 (Load Cell) Berbasis Arduino Uno*. Skripsi. Universitas Sumatra Utara.
- Prasetyo. (2018). *Rancang Bangun Alat Timbang Beras dan Tepung Berbasis Arduino*. Tugas Akhir Thesis. Universitas Teknologi Yogyakarta.
- Putra, A. A. (Desember 2021). MOTORCYCLE SPEED RECORDING SYSTEM DURINGAN. *e-Proceeding of Engineering* , Vol.8, No.6, Page 11479.
- R. De Fazio, M. D. (2021). Innovative IoT Solutions and Wearable Sensing Systems for Monitoring Human Biophysical Parameter. *Electronics*, Vol. 10, No. 14, hal. 1-28.
- S, P. A. (Jan 22-24 2020). IoT Based Healthcare Monitoring and Intravenous Flow Control. *IEEE ICCCI*.
- Saleh, M. (2018). *Perancangan Sistem Timbangan Digital Berbasis Arduino Mega 2560*. Kalimantan Barat: Universitas Tanjungpura.
- Satriadi, A. (2019). PERANCANGAN HOME AUTOMATION BERBASIS NodeMCU. *TRANSIENT, VOL. 8, NO. 1*, 64-66.
- Wahidin, D. (2021). Smart Monitoring Alat Infus Pasien Berbasis Internet of Things (IoT) Menggunakan Mikrokontroler ESP32. *Scientific Student Journal For Information, Technology and Science*, 142-143.
- Yang, C. J. (2021). Design of LoRa/NB-IoT Gateway for Intelligent Infusion System Based on Binary Exponential Backoff Algorithm. *International Conference on Control, Automation and Information Sciences (ICCAIS)*, 757–762.
- Zega, T. (2019). *Rancang Bangun Timbangan Digital Pada Mesin Perontok Padi Otomatis Berbasis Mikrokontroler*. Medan: Universitas Pembangunan Panca Budi.
- Zhang, H. L. (2018). Connecting Intelligent Things in Smart Hospitals Using NB-IoT. *IEEE Internet of Things Journal*, 1550–1560.
- Zhu, X. &. (2022). Monitoring of clinical signs of intravenous infusion patients with ZigBee wireless technology. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 18(4), 155013292210915.