

Prototipe Pemantauan Tetes Cairan Infus Berbasis *IoT* Terkoneksi Perangkat Android

Indra Sucipta¹, Joni Welman Simatupang^{1*}, Carolus Kaswandi¹, Irwan Purnama²

¹Electrical Engineering, Faculty of Engineering, President University, Bekasi, 17530, West Java, Indonesia

²Technical Implementation Unit for Instrumentation Development (UPT-BPI), Indonesian Institute of Sciences (LIPI) and Electrical Engineering, Telkom University, Bandung, West Java, Indonesia

*joniws@ieee.org

Abstrak— Setiap beberapa waktu perawat melakukan pemantauan tetes cairan infus dengan manual secara langsung. Bahkan, saat cairan infus akan habis, keluarga pasien harus memanggil perawat untuk melakukan penggantian cairan infus. Hal ini bisa menyebabkan terlambatnya penanganan terhadap pasien karena keterbatasan waktu. Oleh sebab itu, dibutuhkan sebuah alat pemantauan tetes cairan infus yang dapat memberikan notifikasi otomatis bahwa cairan infus akan habis. Artikel ini menjelaskan tentang implementasi alat pemantauan tetes cairan infus berbasis *IoT* yang terhubung dengan perangkat android. Prototipe ini menggunakan sensor *Optocoupler* sebagai pendeteksi adanya tetes cairan infus, Motor Servo SG90 untuk menekuk selang infus, Mikrokontroler ESP32 sebagai pengendali. Komunikasi perangkat keras dengan perangkat android menggunakan server lokal sehingga harus menggunakan *Hotspot WiFi* yang sama. Data yang dikirimkan dari perangkat android akan tersimpan ke database kemudian diakses oleh ESP32 sehingga menjalankan sensor dan motor servo. Pada *android application* terdapat informasi kondisi tetes cairan infus yang sudah dikonversi menjadi persentase sisa cairan infus. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa prototipe dapat melakukan pengaturan tetes cairan infus per menit sesuai dengan yang diinginkan dan *android application* dapat menampilkan status dan mengirimkan notifikasi secara akurat. Sebagai kesimpulan dari hasil pengukuran, rata – rata rasio persentase yang dicapai dalam pengujian mencapai 70 % dengan rata – rata error sebesar 1,46 %.

Kata Kunci— *Infus, ESP32, Motor Servo, Sensor, IoT.*

DOI: 10.22441/jte.2021.v12i3.003

I. PENDAHULUAN

Infus merupakan alat kesehatan yang pada syarat tertentu dipakai untuk menggantikan cairan yang hilang dan menyeimbangkan elektrolit tubuh [1]. Saat keadaan *emergency*, contohnya pada pasien yang kehilangan cairan tubuh atau dehidrasi, stres metabolik berat yang dapat mengakibatkan syok hipovolemik, asidosis, gastroenteritis akut, dan lain sebagainya, cairan infus sangat dibutuhkan agar dapat mengembalikan cairan tubuh yang hilang [2].

Dalam dunia medis, infus merupakan piranti kesehatan yang paling sering digunakan. Pemberian cairan infus secara

sembarang, tentunya akan berdampak pada pasien. Maka dari itu, perawat selalu melakukan pemeriksaan terhadap kondisi cairan infus di ruang pasien dan masih dilakukan secara manual. Pemeriksaan yang dilakukan adalah kondisi kecepatan tetesan dan sisa cairan infus [3].

Dengan ini diperlukan adanya suatu inovasi pengembangan dalam pemantauan berbasis *Internet of Things (IoT)*, khususnya pemantauan tetes cairan infus serta menghitung tetesan cairan infus yang diperlukan sesuai dengan kebutuhan pasien melalui perangkat android. *Internet of Things* adalah perkembangan luar biasa dalam bidang teknik elektro, teknologi informasi dan komunikasi. Seluruh sektor industri berfokus pada Internet, yang merupakan jaringan global komputer yang terhubung menggunakan rangkaian protokol standar untuk melayani miliaran pengguna di seluruh dunia [4]. Teknologi ini sudah berkembang dan terapkan dalam berbagai area kehidupan. *IoT* memanfaatkan konektivitas internet untuk menghubungkan beberapa perangkat elektronik, termasuk ponsel pintar berbasis android [5]. Salah satu cara yang sudah dilakukan adalah membuat alat pemantau dengan mengukur berat dari banyaknya cairan infus yang dipantau melalui web, tetapi dalam pemantauan tersebut belum terdapat adanya notifikasi khusus kepada perawat yang menyatakan bahwa cairan infus pada pasien tertentu sudah hampir habis. Ada beberapa rumah sakit di Jakarta yang sudah menggunakan infus otomatis yang disebut dengan infus *pump*. Alat tersebut dapat menghitung cairan yang dibutuhkan pasien secara otomatis pada saat akan dipakai. Namun, alat tersebut belum dilengkapi dengan alat pemantauan berbasis *IoT* yang terhubung dengan *smartphone* android. Banyak rumah sakit yang terdapat di kabupaten Karawang belum menggunakan infus *pump* dan tidak ada pemantauan tetes cairan infus berbasis *IoT* yang terhubung dengan perangkat android.

Berdasarkan pemaparan diatas, maka dilakukan pengembangan dari sebuah alat pemantauan tetes cairan infus agar dapat memberikan notifikasi secara khusus bahwa cairan infus akan segera habis. Jika pengembangan alat ini dapat terealisasi dan dikomersilkan, hal ini tentunya akan lebih mempermudah pekerjaan perawat karena dengan adanya alat pemantauan yang dapat mengirimkan notifikasi melalui perangkat android pada pasien tertentu akan membantu perawat untuk mempersiapkan pergantian cairan infus yang hampir habis juga mempermudah melakukan pengaturan terhadap tetesan cairan infus secara otomatis melalui perangkat android.

Infus merupakan pemberian nutrisi dalam bentuk cairan melalui sebuah jarum ke dalam pembuluh vena (pembuluh balik) agar cairan atau zat-zat makanan yang hilang dalam tubuh dapat tergantikan. Hal itu digunakan untuk memberikan nutrisi ketika pasien tidak bisa makan, tidak sadarkan diri, dehidrasi atau syok, memberikan garam untuk metabolisme dan memberikan medikasi perlu dilakukan agar dapat mempertahankan keseimbangan elektrolit atau glukosa [6]. Tentu saja tujuan infus untuk menggantikan zat yang mengandung air hilang dalam tubuh seperti vitamin, protein, lemak, kalori, serta elektrolit yang tidak dapat dipertahankan secara adekuat melalui oral, memperbaiki keseimbangan asam basa, memperbaiki volume komponen – komponen darah, memberikan jalan obat – obatan masuk kedalam tubuh, saat mengalami gangguan pada sistem pencernaan maka akan memberikan 9 nutrisi [6].

Pihak medis atau seorang perawat harus mengetahui cara menghitung tetes cairan infus dengan tepat dan cepat disamping harus mengetahui kebutuhan elektrolit dan kebutuhan cairan tubuh. Tidak boleh ditentukan secara sembarang saat menghitung tetes cairan infus, agar dapat mengetahui jumlah tetesan per menit (TPM) cairan infus yang akan diberikan pada pasien, terlebih dahulu kita mengetahui banyaknya cairan infus yang akan diberikan, lama penggunaan, dan faktor tetes atau drop factor tiap infus [7]. Untuk mengetahui jumlah tetesan per menit (TPM) dapat dilihat pada persamaan (1):

$$\text{Jumlah TPM} = (V \times FT) / (T \times 60 \text{ menit}) \quad (1)$$

Keterangan :

V = Kebutuhan Cairan (ml)

FT = Faktor Tetes

T = Lama Pemberian (jam)

Kebutuhan cairan (V) dilihat dari seberapa parah pasien tersebut kekurangan cairan pada tubuh hal tersebut dokter yang dapat menentukan dengan jelas karena melihat dari kondisi kesehatan pasien. Lama pemberian atau waktu pemberian (T) cairan infus tersebut dipertimbangkan dari parah atau tidaknya pasien mengalami kekurangan cairan, jika pasien mengalami dehidrasi berat tentunya waktu yang diberikan akan cepat karena untuk mengganti cairan yang hilang pada pasien. Faktor Tetes (FT) ditentukan dari jenis set infus yang digunakan, terdapat dua jenis infus set yang biasa digunakan yaitu infus set mikro dan infus set makro. Infus set mikro digunakan untuk pasien anak – anak dan bayi, namun ada juga pasien dewasa yang menggunakan infus set mikro seperti pada pasien gagal ginjal kronis. Lalu infus set makro digunakan untuk pasien dewasa, namun ada juga pasien anak – anak yang menggunakan infus set makro untuk terapi hidrasi. [8]. Dari 2 macam infus set tersebut memberikan perbedaan pada faktor tetes yang dihasilkan, faktor tetes untuk infus set makro adalah 20 tetes untuk 1 ml, bisa di kalkulasi bahwa satu tetes adalah 0,05 ml, sedangkan faktor tetes untuk infus set mikro adalah 60 tetes untuk 1ml sehingga satu tetes adalah 0,01665 ml. Dari keterangan tersebut dapat dihitung mengenai banyaknya cairan infus dalam waktu tertentu. Untuk mengetahui banyak cairan infus dalam waktu tertentu dapat dilihat pada persamaan (2) di bawah ini:

$$\text{Banyak cairan infus} = (N \times \text{TPM}) \times t \quad (2)$$

Jika terdapat jumlah TPM yang berbeda setiap menitnya maka dilakukan perhitungan sebagai berikut (persamaan (3)):

$$\text{Banyak cairan infus (ml)} = (N \times \text{TPM1}) + (N \times \text{TPM2}) + (N \times \text{TPM3}) + \dots + (N \times \text{TPMn}) \quad (3)$$

Keterangan :

N = Cairan per tetes (ml)

TPM = Tetes Per Menit

t = waktu (menit)

II. PENELITIAN TERKAIT

Adapun studi serupa juga telah dilaksanakan oleh beberapa peneliti lainnya. Desain yang dibuat menggunakan alat yang berbeda serta memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing.

Dalam penelitian Sabri Kocer dan kawan – kawan (2015) [9] menggunakan mikrokontroler PIC16F877 sebagai pengendali. Menggunakan MPLAB yang biasa digunakan untuk mengirim program pada mikrokontroler tersebut. Penerima dan pemancar inframerah digunakan di dalam sistem sebagai penghitung tetes saat jatuh. Operasi penghitungan tetes saat jatuh dilakukan saat detektor ini dipasang di ruang di atas set serum. Pompa infus berisi mekanisme pemompaan yang digerakkan motor untuk menghasilkan tekanan positif bersih pada cairan di dalam saluran infus. Pemilihan set di awal dapat diamati dari led peringatan di sebelah kanan keypad dan dari layar LCD.

Septian Prastyo Aji, 2017 [10] dalam penelitiannya menggunakan mikrokontroler ESP8266-12E sebagai pengendali. Software yang digunakan untuk mengirimkan program pada mikrokontroler adalah Arduino IDE. sensor IR untuk mendeteksi aliran tetesan infus. Berkecepatan rendah, sedang, dan kecepatan tinggi meneteskan cairan infus untuk dilakukan pengujian pada sensor. Ketika sensor mendeteksi tetesan infus dapat dilihat berbarengan dengan hidupnya led indikator pada sensor serta terjadi penyesuaian pada aplikasi Cayenne.

Tia Sentia Destiana, 2018 [11] dalam tugas akhir penelitiannya menggunakan mikrokontroler Arduino Atmega 2560 sebagai pengendali. Software yang digunakan untuk mengirimkan program pada mikrokontroler adalah Arduino IDE. Hasil output akan ditampilkan melalui LCD berupa berat dalam satuan mililiter dengan load cell sebagai sensornya yang dikendalikan oleh mikrokontroler Arduino Uno. Sensor warna berguna mendeteksi saat adanya darah yang tidak lazim pada selang infus, jika terdeteksi adanya darah maka buzzer akan bunyi dan mengirimkan sms kepada user.

Adapun Alwa Fanah Shinta, 2019 [12] dalam penelitiannya menggunakan sensor load cell sebagai pendeteksi berat dari tabung infus dan sensor Photodiode sebagai pendeteksi tetes cairan infus dengan hasil output yang ditampilkan dengan LCD. Mikrokontroler ESP8266-12E sebagai pengendali dan penghubung ke internet sehingga pemantauan dapat dilihat dalam aplikasi Cayenne. Software yang digunakan untuk

mengirimkan program pada mikrokontroler adalah Arduino IDE.

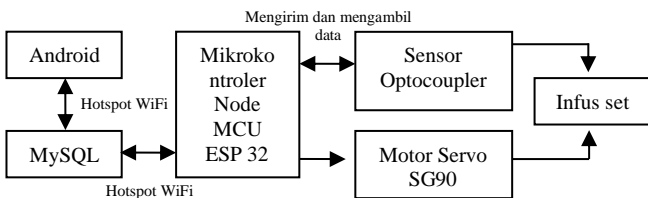
MHD Fadhel Zufa, 2020 [13] dalam tugas akhir penelitiannya menggunakan sensor Photodiode sebagai pendeteksi tetes cairan infus. Mikrokontroler ESP8266-12E sebagai pengendali dalam pemantauan tersebut. Software yang digunakan untuk mengirimkan program pada mikrokontroler adalah Arduino IDE. Output yang dihasilkan bisa dilihat melalui perangkat android dalam aplikasi yang sudah di sediakan di Firebase berupa tiga tingkatan yaitu High level, Medium Level, dan Low Level. Ketika cairan infus berada di Low Level ada buzzer yang akan menyala menandakan cairan infus tersebut akan habis.

Sedangkan penelitian ini menggunakan mikrokontroler ESP32 yang mengendalikan sensor Optocoupler sebagai pendeteksi tetes cairan infus dan Motor Servo SG90 untuk menekuk selang infus. Software yang digunakan untuk mengirimkan program pada mikrokontroler adalah Arduino IDE. Pemantauan ini menggunakan spring boot yang ada dalam software Netbeans sebagai server lokal sedangkan MySQL sebagai penyimpanan data. Komunikasi dua arah dilakukan antara software Arduino dengan MySQL untuk mengambil data dari perangkat android dan mengirim data ke perangkat android. Output yang dihasilkan dapat dilihat berupa persentase cairan infus melalui *android application* yang dibuat menggunakan software Visual studio Code. Selain dapat melihat persentase cairan infus pemantauan ini dapat mengirimkan notifikasi kepada user melalui *android application* jika cairan infus tersebut akan habis.

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Implementasi Keseluruhan

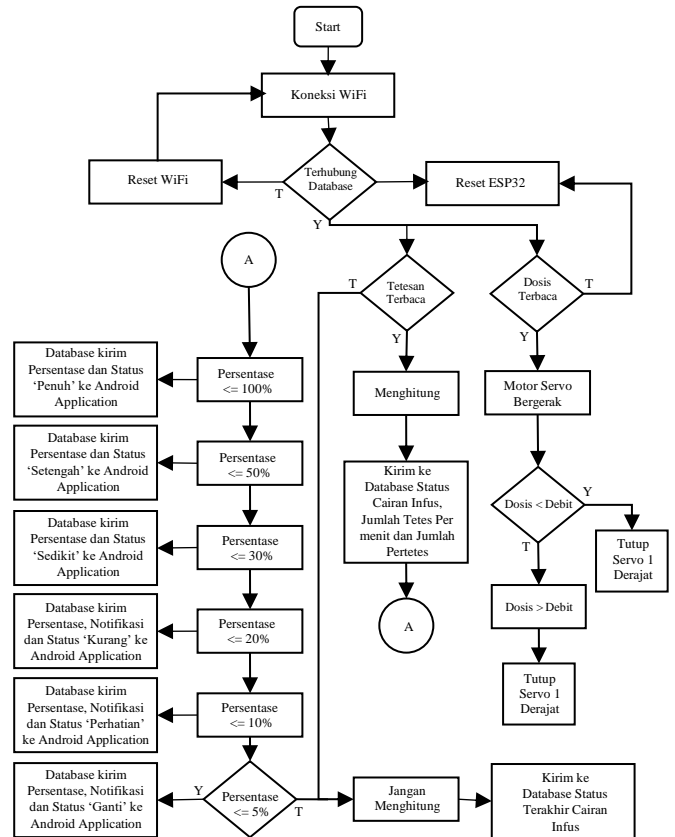
Tujuan dari penelitian ini adalah membuat unit atau prototipe yang dapat merealisasikan rancangan alat pemantauan dan pengaturan tetesan cairan infus berbasis IoT yang terhubung pada perangkat android menggunakan Mikrokontroler ESP32. Implementasi proyek akan diterangkan dalam bentuk diagram blok (Gambar 1) dan diagram alir (Gambar 2) dari keseluruhan sistem.



Gambar 1. Blok Diagram

Perangkat android digunakan untuk input data perintah berupa dosis yang akan diberikan sesuai dengan kebutuhan pasien. Data yang sudah dimasukkan akan dikirim dan disimpan pada database. Lalu Mikrokontroler mengambil data dari database untuk diolah sehingga dapat diteruskan pada sensor optocoupler dan motor servo sg90. Sensor optocoupler langsung terhubung pada set infus untuk mendeteksi cairan infus sedangkan motor servo sg90 untuk menekuk selang infus. Ketika sensor optocoupler mendeteksi cairan infus akan

memiliki data baru sehingga akan diambil kembali oleh mikrokontroler kemudian diteruskan disimpan pada database lalu diambil kembali data baru tersebut oleh perangkat android sehingga dapat melakukan pemantauan pada perangkat android.



Gambar 2. Diagram Alir

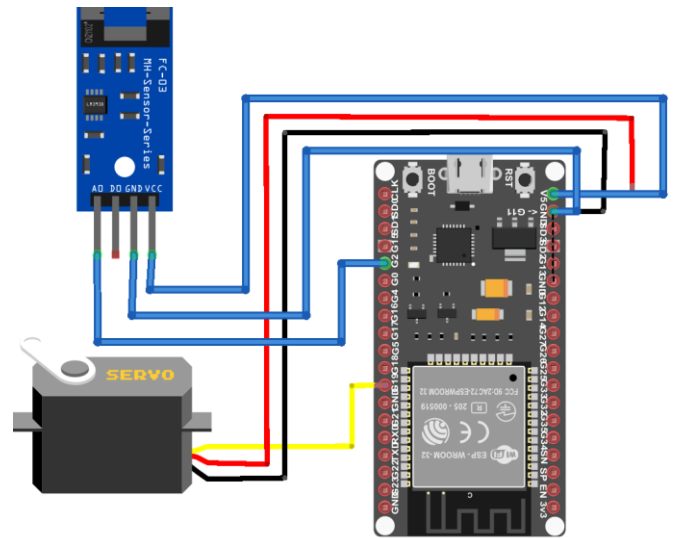
Pada saat melakukan start melalui aplikasi pada perangkat android data akan langsung terkirim ke database dengan koneksi wifi yang sudah terhubung. Secara bersamaan data yang sudah dikirimkan akan langsung membuat sensor *optocoupler* membaca tetes cairan infus juga membuat motor servo SG90 bergerak pada sudut tertentu sampai dosis yang diinginkan tercapai. Ketika sensor *Optocoupler* membaca tetes cairan infus maka akan dilakukan kalkulasi data yang terbaca setelah itu data akan dikirimkan ke *MySQL* sehingga terjadi pembaharuan data yang dapat dilihat melalui aplikasi pada perangkat android. Ketika sensor *Optocoupler* tidak membaca tetes cairan infus maka tidak akan dilakukan kalkulasi data sehingga data yang dikirimkan pada *MySQL* merupakan data yang terakhir terbaca oleh sensor *Optocoupler*.

Pada saat dosis terbaca maka motor servo SG90 akan melakukan penjepitan pada selang infus dengan sudut tertentu sehingga debit tetes cairan infus sesuai dengan dosis yang diinginkan. Ketika debit tetes cairan infus kurang dari dosis maka motor servo SG90 akan menutup 1 derajat secara terus menerus sampai debit tersebut sesuai dengan dosis yang diinginkan. Begitu sebaliknya, ketika debit tetes cairan infus lebih dari dosis maka motor servo SG90 akan membuka 1 derajat secara terus menerus sampai debit tersebut sesuai dengan dosis yang diinginkan.

Ketika persentase kurang sama dengan 100% maka database akan mengirimkan persentase, dan status 'Penuh' pada *android application*. Ketika persentase kurang sama dengan 50% maka database akan mengirimkan persentase, dan status 'Setengah' pada *android application*. Ketika persentase kurang sama dengan 30% maka database akan mengirimkan persentase, dan status 'Sedikit' pada *android application*. Ketika persentase kurang sama dengan 20% maka database akan mengirimkan persentase, notifikasi dan status 'Kurang' pada *android application*. Ketika persentase kurang sama dengan 10% maka database akan mengirimkan persentase, notifikasi dan status 'Perhatian' pada *android application*. Ketika persentase kurang sama dengan 5% maka database akan mengirimkan persentase, notifikasi dan status 'Ganti' pada *android application*.

B. Perangkat Keras

Dulu umum untuk melihat dokter dan perawat dengan arloji di tangan, mengubah kecepatan infus dari 'durasi infus' menjadi tetes per menit dan menyesuaikan roller clamp pada set 'tetes' intravena. Infus akan mengalir terlalu cepat atau terlalu lambat, karena bentuk tabung plastik berubah atau resistansi hilir di kanula intravena berubah karena sejumlah alasan. Seringkali hanya perhitungan yang salah. Ini digantikan pertama kali oleh *penghitung tetesan* elektronik, yang kemudian dibuat untuk mengontrol penjepit berupa klem yang dapat disesuaikan pada set pemberian makan gravitasi (pengontrol infus) dan, akhirnya, dengan pompa infus yang dikendalikan mikroprosesor [14]. Prototipe terdiri dari kerangka yang terbuat dari akrilik. Ukuran alat ini 4 x 3.5 x 12.5 cm (PxLxT). Pada bagian dalam terdapat komponen seperti, *Sensor Optocoupler*, dan holder untuk penyangga infus set (*Drip Chamber*). Di bagian bawah terdapat *Motor Servo SG90* untuk menjepit selang infus. Di bagian belakang terdapat *Mikrokontroler ESP32* sebagai pengendali juga penghubung ke internet.

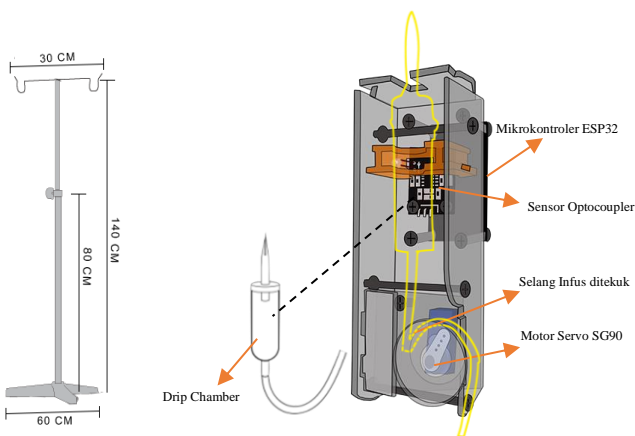


Gambar 4. Skematik Diagram

Sensor optocoupler merupakan komponen elektronik yang memanfaatkan cahaya sebagai pemicu untuk menyalakan atau mematikan komponen tersebut. Sensor ini dapat memberikan input pada mikrokontroler ESP32 menggunakan IC LM393 ketika sinar inframerah dalam sensor ini terhalang oleh suatu objek. optocoupler terdiri dari dua bagian yaitu transmitter serta receive [15]. Kemudian Motor Servo merupakan sebuah penggerak yang menggunakan sistem umpan balik tertutup, pada sistem ini rangkaian kontrol yang terdapat di dalam motor servo akan menerima informasi kembali tentang posisi motor. Pada motor servo terdapat 3 buah jalur kabel yang terdiri dari VCC, GND dan SIGNAL [16].

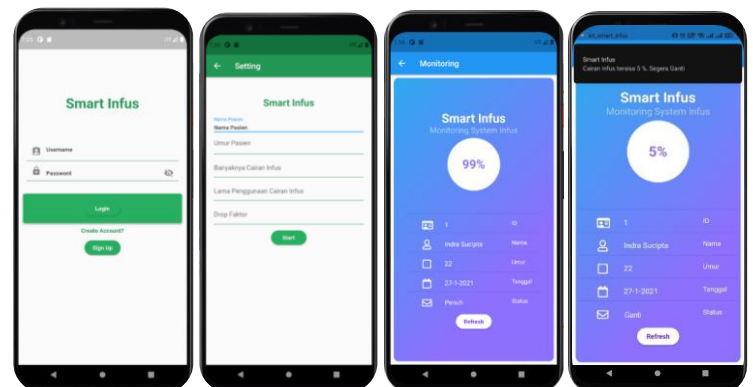
C. Perangkat Lunak

Prototipe ini menggunakan *software NetBeans* untuk server lokal, *Visual Studio Code* dengan Extension *Flutter* untuk membuat design android application [17], *MySQL* sebagai penyimpanan data [18], dan *Arduino IDE* untuk memprogram Mikrokontroler ESP32 terhadap sensor optocoupler dan motor servo sg90.



Gambar 3. Perangkat Keras

Komponen-komponen perangkat keras terdiri dari Mikrokontroler ESP32, Sensor Optocoupler dan Motor Servo SG90.



Gambar 5. Desain Tampilan Android Application

IV. HASIL DAN ANALISA

A. Pengujian Perangkat Keras

Pengujian ini dilakukan pengukuran tegangan terhadap *Sensor Optocoupler* agar dapat mengetahui response yang diberikan oleh sensor tersebut ESP32.

Tabel 1. Keterangan Input dan Output Sensor Optocoupler

Sensor	Tegangan Input	Tegangan Output	Keterangan
Sensor Optocoupler	5 VDC	0.54 VDC	Terkena Cahaya
	5 VDC	2.7 VDC	Tidak Terkena Cahaya

Sensor Optocoupler akan bernilai high jika tidak terkena cahaya, sebaliknya sensor akan bernilai low jika terkena cahaya.

Kemudian dilakukan pengujian pengukuran waktu terhadap tetes cairan infus per menit dengan membandingkan secara aktual antara yang terbaca di software Arduino IDE dan menggunakan stopwatch agar hasilnya sesuai.

Tabel 2. Pengujian Tingkat Keakuratan *Sensor Optocoupler*

No	Tetes Permenit	Waktu di Arduino IDE (detik)	Waktu di Stopwatch (detik)	Akurasi (%)
1	14	60	59.97	99.95
2	19	60	59.37	98.95
3	26	60	59.64	99.40
4	44	60	60.41	99.31
5	53	60	60.04	99.93
6	64	60	60.33	99.45
7	71	60	60.03	99.95
8	82	60	59.86	99.76
9	95	60	60.29	99.51
10	103	60	59.41	99
Rata – rata Persentase Akurasi				99,52

Ditemukan adanya perbandingan perbedaan hasil pengukuran dengan rata-rata persentase akurasi didapat 99.52% untuk tingkat pengujian ini sehingga dapat dinyatakan bahwa *Sensor Optocoupler* bekerja dengan baik.

Kemudian Pengujian pada *Motor Servo SG90* dimulai dengan mengukur sudut yang diuji yaitu 0°, 30°, 45°, 60°, 90°, 120° dilakukan untuk mengetahui sudut dari *Motor Servo SG90* dengan menggunakan busur untuk mengetahui tingkat kestabilan akurasi kendali ESP32 terhadap motor servo.

Tabel 3. Pengujian Tingkat Kesalahan Motor Servo

No	Sudut yang diinginkan	Pengukuran menggunakan Busur	Persentase Kesalahan (%)
1	0°	0°	0
2	30°	29°	3.3
3	45°	43°	4.44
4	60°	58°	3.3
5	90°	88°	2.2
6	120°	115°	4.16
Rata – rata Persentase Kesalahan			2.9

Terdapat perbandingan perbedaan hasil pengukuran dengan rata-rata persentase kesalahan didapat 2.9 % untuk tingkat kestabilan pengujian ini sehingga dinyatakan *Motor Servo SG90* dapat bekerja dengan baik karena memiliki tingkat akurasi sebesar 97.1 %.

B. Pengujian Secara Keseluruhan

Dalam penelitian ini semua komponen dapat berkerjasama dengan baik. Berikut merupakan hasil alat yang sudah dirancang.



Gambar 6. Prototipe Pemantauan Tetes Cairan Infus

Pengujian dilakukan dengan memasukan beberapa perintah pada android application sesuai dengan kebutuhan pasien. Dengan contoh nama pasien ‘Indra Sucipta’, umur pasien ‘22’, banyaknya cairan infus ‘1500’, lama penggunaan cairan infus ‘24’, dan drop faktor ‘20’. Setelah selesai melakukan setting atau mengisi data dengan perintah kemudian menekan tombol start untuk memulai penghitungan dan menggerakkan *Motor Servo SG90*. Penghitungan yang dimaksud merujuk pada rumus persamaan (1) yang ada di bagian II. Rumus Tetesan Per Menit (TPM) :

$$\text{Jumlah TPM} = \frac{V \times \text{FT}}{T \times 60 \text{ menit}} = \frac{1500 \times 20}{24 \times 60} = \frac{30000}{1440} = 20.83$$

Dihasilkan, pasien membutuhkan 20.83 tetes permenit atau dibulatkan kebawah menjadi 20 tetes per menit untuk menghabiskan cairan infus dalam satu hari. Sudut *Motor Servo SG90* akan bergerak mengikuti tetesan infus yang terbaca oleh *Sensor Optocoupler*.

Pengujian yang saya lakukan menggunakan infus set makro dengan faktor tetes atau drop faktor sebesar 20 tetes per 1 ml, sehingga menghasilkan 0,05 ml per tetes. Hasil dari pengujian ini di sajikan dalam bentuk tabel dimana di dalamnya terdapat perintah dosis pasien, aktual dosis pasien, banyak cairan dalam 10 menit, rasio persentase, dan keterangan status juga notifikasi. Pengujian ini dilakukan sebanyak 8 kali dengan memasukan perintah berupa volume, waktu, drop faktor dan tetes permenit yang dihasilkan, perintah tersebut berupa data secara random beranggapan bahwa data tersebut merupakan kebutuhan pasien. Dalam tabel ini terdapat jumlah cairan yang dihasilkan dalam 10 menit menurut target yang harus di capai dan cairan secara aktual. Hitungan menurut target merujuk pada persamaan (2.2), setelah kalkulasi yang dihasilkan dari rumus jumlah tetes permenit pada persamaan (1) hasilnya akan dikalikan dengan berat cairan per tetes kemudian dikali berapa lama waktu tetesan itu berlangsung. Contohnya pada pengujian nomor 1, setelah kalkulasi dari rumus jumlah tetes per menit menghasilkan 16 tetes permenit kemudian dikalikan dengan berat cairan per tetes yaitu 0,05 ml, setelah itu dikalikan 10

karena waktu tetesan yang di ambil selama 10 menit. Maka dapat dihitung banyaknya cairan infus dalam satu menit adalah $16 \times 0,05 = 0,8$ ml, jadi banyaknya cairan infus selama sepuluh menit adalah $0,8 \times 10 = 8$ ml. Hitungan menurut aktual merujuk pada persamaan (2.3), tetes per menit yang dihasilkan secara aktual dikalikan dengan berat cairan per tetes kemudian hasil tersebut dijumlahkan sampai sepuluh menit. Sehingga kita bisa

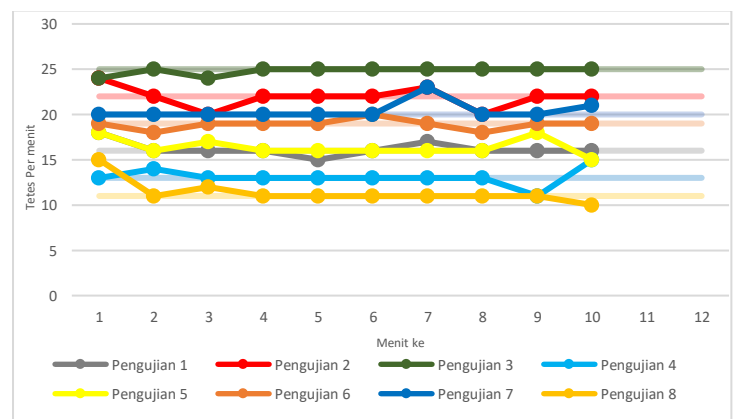
mendapatkan nilai error yang terjadi antara target banyak cairan infus dengan aktual banyak cairan infus. Nilai rasio persentase didapatkan dari banyaknya tetes per menit yang dicapai sesuai dengan perintah. Tabel 4 menampilkan hasil pengujian total.

Tabel 4. Total Pengujian Prototipe

Pengujian Ke	Perintah				Aktual										Rasio Persentase (%)	Banyak cairan dalam 10 menit			Status	Notifikasi			
	Volume (ml)	Waktu (jam)	Drop Faktor (tetes)	Tetes Permenit	Volume (ml)	Waktu (jam)	Drop Faktor (tetes)	Tetes Permenit										Target (ml)			Aktual (ml)	Error (%)	
								Menit ke															
								1	2	3	4	5	6	7		8	9						10
1	1200	24	20	16	1200	24	20	18	16	16	16	15	16	17	16	16	16	70	8	8,1	1,23	Yes	Yes
2	4800	72	20	22	4800	72	20	24	22	20	22	22	22	23	20	22	22	60	11	10,95	0,45	Yes	Yes
3	3600	48	20	25	3600	48	20	24	25	24	25	25	25	25	25	25	25	80	12,5	12,4	0,8	Yes	Yes
4	1000	24	20	13	1000	24	20	13	14	13	13	13	13	13	13	11	15	70	6,5	6,55	0,76	Yes	Yes
5	2400	48	20	16	2400	48	20	18	16	17	16	16	16	16	16	18	15	60	8	8,2	2,43	Yes	Yes
6	1400	24	20	19	1400	24	20	19	18	19	19	19	20	19	18	19	19	70	9,5	9,45	0,52	Yes	Yes
7	1500	24	20	20	1500	24	20	20	20	20	20	20	20	23	20	20	21	80	10	10,2	1,96	Yes	Yes
8	800	24	20	11	800	24	20	15	11	12	11	11	11	11	11	11	10	70	5,5	5,7	3,5	Yes	Yes
Rata - Rata																	70				1,46		

Tabel 4 menunjukkan pengujian yang dilakukan sebanyak 8 kali dengan mengambil data sampai 10 menit. Terlihat pada tabel di menit pertama tetes cairan infus yang terbaca mulai dari 13 sampai 24 tetes per menit, terdapat 3 pengujian yang sudah mencapai angka perintah yang sudah ditetapkan yaitu pengujian ke 4, ke 6 dan ke 7 ditandai dengan warna merah. Di menit kedua terdapat 5 pengujian yang baru mencapai angka perintah yang ditetapkan yaitu pengujian ke 1, ke 2, ke 3, ke 5, dan ke 8 ditandai dengan warna merah. Pada menit ke 3 sampai ke 10, tetes permenit bergerak naik turun tidak jauh dari perintah yang ditetapkan. Hanya membutuhkan waktu 2 menit, prototipe ini dapat mencapai angka perintah yang ditetapkan bahkan ada 3 pengujian yang mencapai angka perintah dalam waktu 1 menit, hal ini dikarenakan saat mulai pertama kali sudut motor berada di posisi 90 derajat sehingga tidak butuh waktu lama untuk mencapai perintah yang ditetapkan dibandingkan dengan memulai motor servo di posisi 0 derajat akan membutuhkan waktu lebih lama. Dari 10 menit data yang diambil terdapat adanya selisih tetes permenit sebesar 4 tetes, yang paling banyak selisihnya terjadi pada pengujian ke 8 di menit pertama dengan perbedaan 4 tetes per menit, selain itu rata – rata perbedaan selisih hanya 2 tetes per menit. Dalam 10 menit data yang diambil terdapat 2 pengujian yang mencapai angka perintah sebanyak 6 kali, kemudian terdapat 4 pengujian yang mencapai angka perintah sebanyak 7 kali, lalu 2 pengujian yang mencapai angka perintah sebanyak 8 kali, sehingga rata – rata pengujian yang mencapai angka perintah sebanyak 7 kali atau pada tabel terdapat pada kolom Rasio Persentase dengan hasil rata – rata 70 %. Dalam pengujian ini terdapat banyak cairan infus yang harus di capai dalam waktu 10 menit, terlihat pada

tabel aktual banyak cairan infus yang di dapat ternyata ada selisih karena mengacu pada perbedaan tetes permenit yang dihasilkan dalam waktu 10 menit, sehingga dari perbedaan tersebut dihasilkan nilai error dengan rata – rata sebesar 1,46 %. Pada pengujian tersebut Status dan Notifikasi bekerja seperti pada gambar 6 dimana Status dan Notifikasi akan berubah pada kondisi persentase menyentuh angka yang sudah ditetapkan. Dengan demikian Status dan Notifikasi bekerja dengan baik.



Gambar 7. Grafik Pengujian Prototipe

Pada grafik di atas terdapat beberapa garis dengan dua bagian warna yang tingkat kecerahannya berbeda, bagian garis dengan kecerahan setengah atau warnanya tidak terlihat jelas sebagai target tetes cairan infus yang harus dicapai dalam pengujian tersebut. Kemudian bagian garis dengan kecerahan penuh atau terlihat jelas menunjukkan pergerakan tetes cairan

infus per menit. Pengujian dilakukan sebanyak delapan kali dengan mengambil data sampai 10 menit. Terlihat bahwa grafik menunjukkan visualisasi kestabilan garis yang bergerak setiap menit, ada beberapa garis yang bergerak naik dan turun tidak jauh dari angka yang diperintahkan. Penyebab terjadinya naik dan turun garis tersebut karena hal tersebut dipengaruhi beberapa faktor diantaranya adanya gangguan sinyal pulsa atau noise pada motor yang menyebabkan motor bergerak pada sudut tertentu yang tidak bisa dikontrol kemudian terjadi perubahan pada posisi derajat motor sehingga menghasilkan adanya selisih pada tetes per menit. Sistem penyumbatan pada selang infus dengan cara ditekuk oleh *Motor Servo SG90* terkadang kurang berfungsi maksimal sehingga menyebabkan adanya selisih tetes per menit antara perintah dan aktual. Kemiringan *drip chamber* mempengaruhi pembacaan *Sensor Optocoupler* terhadap tetes cairan infus yang menyebabkan adanya delay saat pembacaan tetes cairan infus sehingga terjadi selisih antara tetesan permenit antara perintah dan aktual.

V. KESIMPULAN

Dalam mencapai tujuan penelitian ini, penulis menggunakan sistem pengendali berbasis mikrokontroler *ESP32*, *Sensor Optocoupler*, *Motor Servo SG90* dan Perangkat *Android* yang berhasil diimplementasikan. *Sensor Optocoupler* dan *Motor Servo SG90* bekerja dengan baik karena sensor dapat mendeteksi tetes cairan infus dan motor dapat menekuk selang infus sehingga fungsi pemantauan melalui perangkat *android* berhasil diimplementasikan pada prototipe ini. Rata – rata rasio persentase yang dicapai dalam pengujian mencapai 70 % dengan rata – rata error sebesar 1,46 %. Selanjutnya, penggunaan *Liquid Level Sensor* bisa dipertimbangkan karena dapat memberikan informasi berupa data maupun sinyal, memungkinkan hasilnya akan lebih akurat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Lembaga Riset dan Pengabdian kepada Masyarakat (LRPM) Universitas Presiden yang bersedia memberikan dukungan dalam bentuk insentif publikasi untuk kegiatan dan publikasi hasil riset ini.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Darmadi, "Infeksi Nosokomial," Jakarta: Salemba, 2010.

[2] H. Muhamad, "Sistem Monitoring Infus Menggunakan Arduino Mega 2560," skripsi, Univ. Islam Negeri Alauddin Makassar, Makassar, 2017.

[3] Smeltzer, dan Bare, "Keperawatan Medikal-Bedah," Jakarta : EGC, 2002.

[4] Z. K. A. Mohammed, and E. S. A. Ahmed, "Internet of Things Applications, Challenges and Related Future Technologies," *WSN*, vol.67 (2), pp. 1-6, 2017.

[5] V. Vincent, dkk, "Kotak Kendali Perangkat Elektronik Nirkabel untuk Aplikasi Smart Home," *InComTech: Jurnal Telekomunikasi dan Komputer*, Vol.10, No.2. Agustus 2020.

[6] P. Patricia, dan P. A. Griffin, "Buku Ajar Fundamental Keperawatan: Konsep, Proses, Dan Praktik," 4th ed., Vol. 2. Jakarta : EGC, 2006.

[7] Puruhito, "Dasar-Dasar Pemberian Cairan dan Elektrolit Pada Kasus-Kasus Bedah," Airlangga University Press, Surabaya, 1995.

[8] A. S. Evers, and M. Maze, *Anesthetic Pharmacology: Physiologic Principles and Clinical Practice*, United Kingdom: Churchill Livingstone, 2004, pp.444-452.

[9] S. Kocer, dkk, "Designing and Performing of Serum Flow Rate by Microcontroller," *Institute of Research Engineers and Doctors (IRED)*, pp. 38-41. Desember 2015.

[10] S. P. Aji, "Alat Monitoring Tetesan Infus Menggunakan Web Secara Online Berbasis Esp8266 Dengan Pemrograman Arduino Ide," Skripsi, Univ. Negeri Yogyakarta, Yogyakarta, 2017.

[11] T. S. Destiana, "Alat Monitoring Infus Berbasis Mikrokontroler At Mega 2560," Skripsi, Institut Informatika Dan Bisnis Darmajaya Bandar Lampung, Bandar Lampung, 2018.

[12] A. F. Shinta, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Volume Dan Laju Tetes Infus Pasien Menggunakan Nodemcu Esp8266," Skripsi, Univ. Negeri Semarang, Semarang, 2019.

[13] M. F. Zufa, "Perancangan Sistem Pemantauan Level Cairan Infus Menggunakan NodeMCU dan Sensor Photodiode Terintegrasi IoT (Internet Of Thing)," Skripsi, Univ. Muhammadiyah Sumatera Utara, Medan, 2020.

[14] *Anesthesiologi*, (2017), *Infusion equipment and intravenous anesthesia*. Tersedia: <https://clinicalgate.com/infusion-equipment-and-intravenous-anaesthesia/> [Diakses : 31 Maret 2021].

[15] M. Subito, dan Rizal, "Alat Pengukur Pemakaian Energi Listrik Menggunakan Sensor Optocoupler Dan Mikrokontroler At89s52," *Jurnal Ilmiah Foristek*, Vol.2, No.2. September 2012.

[16] A. S. Fauziyyah, dan Yohandri, "Rancang Bangun Alat Ukur Jumlah Tetes Dan Volume Sisa Cairan Infus Dengan Warning System Pada Sistem Monitoring Cairan Infus Berbasis Arduino," *Pillar of Physics*, Vol. 12, Desember 2019.

[17] I. A. Pradana, "Analisis Perbandingan Antara Framework Flutter Dengan Framework React Native Untuk Pengembangan Aplikasi Mobile," Skripsi, Sekolah Tinggi Manajemen Informatika Dan Komputer Akakom, Yogyakarta, 2020.

[18] H. Saputro, "Modul Pembelajaran Praktek Basis Data (MySQL)," 2012.