

# Sistem pemantauan dan pengisian cairan pada mesin hemodialisa berbasis IoT dengan protokol MQTT

Yanda Aprinaldi<sup>1</sup>, Dede Irawan Saputra<sup>2\*</sup>

<sup>1,2</sup>Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jenderal Achmad Yani  
Jl. Terusan Jenderal Sudirman PO BOX 148, Kota Cimahi, Jawa Barat, Indonesia  
<sup>1</sup>yandaaprinaldy@gmail.com, <sup>2\*</sup>dedeirawan.saputra@lecture.unjani.ac.id

## ABSTRAK

Masalah yang sering terjadi saat melakukan cuci darah adalah habisnya cairan *acid* dan *bicarbonate* saat proses cuci darah sedang berlangsung yang mengakibatkan efek samping pada pasien. *Internet of Things* (IoT) merupakan metode komunikasi sederhana yang dapat menghubungkan semua objek fisik di kehidupan sehari-hari melalui internet. Pada penelitian ini dibuat *prototype* berbasis IoT yang mampu memonitor dan mengisi ulang cairan *acid* dan *bicarbonate* dan dapat mengisi ulang cairan sebelum kosong. Sistem dibuat menggunakan sensor ultrasonic dan aliran untuk pendeteksian cairan. Pengiriman data pada sistem ini dilakukan menggunakan protokol *Message Queuing Telemetry Transport* (MQTT). Hasil pengujian menunjukkan sistem mampu berjalan dengan baik dengan tingkat *error* data sensor ultrasonic yang sudah terkalibrasi sebesar 0,105 cm dan *error* sensor *flowmeter* sebesar 0,11 L/m. Hasil pembacaan pada *serial monitor* memiliki hasil yang sama dengan pembacaan yang ditampilkan *interface*. Data yang dikirimkan mencapai kesesuaian 100% dikarenakan pada sistem monitor dan pengisian ini dilakukan menggunakan protokol MQTT yang terdapat *publish*, *subscribe*, dan *broker*.

**Kata kunci:** pemantauan, pengisian, hemodialisa, IoT, MQTT

## ABSTRACT

*The problem that often occurs when doing dialysis is the depletion of acid and bicarbonate fluids during the dialysis process which results in side effects in patients. Internet of things (IoT) is a simple communication method that can connect all physical objects in everyday life via the internet. In this study, an IoT-based prototype was created which was able to monitor and refill acid and bicarbonate fluids and be able to refill the liquid before it was empty. The system is made using ultrasonic and flow sensors for liquid detection. Data transmission in this system is carried out using the Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) protocol. The test results show the system is able to run well with a calibrated ultrasonic sensor data error rate of 0,05% and a flowmeter sensor error of 0,11%. The reading on the serial monitor has the same result as the reading displayed on the interface. The data sent reaches 100% conformity because the monitoring and filling system is carried out using the MQTT protocol which contains publish, subscribe, and broker.*

**Keywords:** monitoring, refilling, hemodialysis, IoT, MQTT

## 1. PENDAHULUAN

Proses cuci darah di rumah sakit dilakukan menggunakan sebuah mesin hemodialisa. Kebanyakan pada mesin tersebut tidak terdapat indikator peringatan berupa alarm atau perhitungan aliran cairan *acid* dan *bicarbonat*. Kehabisan cairan ini menjadi salah satu faktor yang harus diperhatikan. Dengan demikian, diperlukan sebuah sistem yang mampu mengamati dan juga mengisi cairan secara otomatis sebelum terjadi kekosongan pada galon *acid* dan *bicarbonate*.

Beberapa sistem telah dirancang untuk mengatasi permasalahan tersebut. Pada penelitian sebelumnya, pengamatan cairan ditampilkan pada LCD 16x2 yang dapat menampilkan data jarak cairan dengan satuan centimeter (cm) kemudian saat cairan habis alarm akan berbunyi [1]. Kelemahan dari sistem ini adalah tidak bisa mengisi ulang cairan secara otomatis. Oleh karena itu, perawat harus mengganti cairan tersebut secara manual. Salah satu solusi alternatif yang dapat dilakukan yaitu dengan menerapkan sistem pengamatan dan juga *refillable* (isi ulang) cairan secara otomatis [2].

Sistem pengamatan dan *refillable* dapat direalisasikan dengan konsep *machine to machine* (M2M) dengan memanfaatkan *Internet of Things* (IoT) [3], [4].

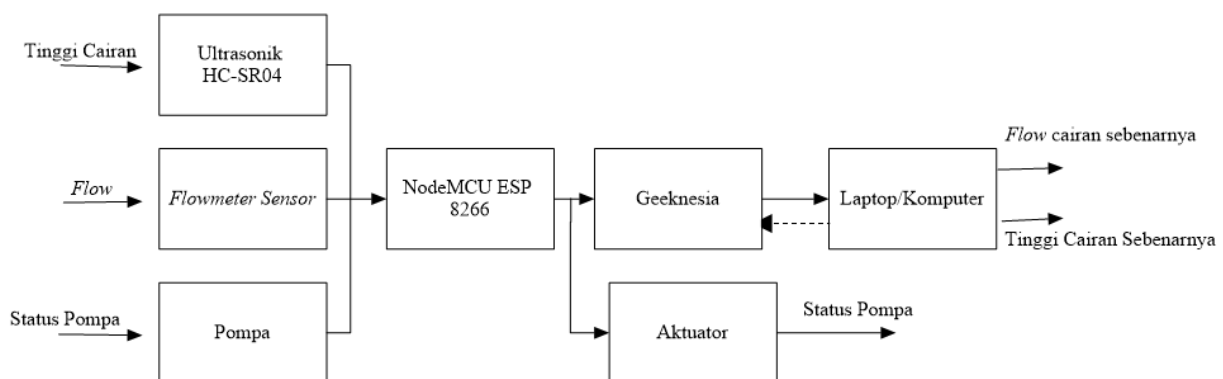
Dalam sistem IoT, pemilihan protokol yang baik akan menentukan performansi dari sistem. Beberapa protokol yang mendukung realisasi IoT diantaranya *Hypertext Transfer Protocol* (HTTP) [5], [6] dan *Message Queuing Telemetry Transport* (MQTT) [7]. Protokol yang sering digunakan untuk sistem berbasis IoT adalah protokol MQTT [8]. Protokol MQTT dapat diaplikasikan pada perangkat kontroler dan dapat diprogram menggunakan perangkat lunak dengan menggunakan konsep *PubSubClient*. Protokol MQTT memiliki ukuran paket data dengan *low overhead* yang kecil sehingga berefek pada konsumsi data yang cukup kecil [9], [10].

Penelitian ini bertujuan untuk merancang *prototype* sistem yang dapat mengamati dan mengisi cairan *acid* dan *bicarbonate* pada mesin hemodialisa secara otomatis dengan konsep IoT. *Prototype* ini terdiri dari beberapa *hardware* dan *software* dan dirancang dengan menggunakan protokol MQTT. Sistem ini terdiri dari modul WiFi ESP8266 yang digunakan untuk terhubung langsung dengan WiFi dan menjadi kontroler. Sistem juga akan mengolah data yang diterima oleh sensor ultrasonik HC-SR04 yang digunakan untuk membaca jarak atau nilai batas atas dan batas bawah cairan. Kemudian sistem akan menampilkan data debit air yang diperoleh oleh sensor *waterflow*. Level cairan *acid*, status pompa, dan debit cairan merupakan data yang akan ditampilkan pada sebuah *interface* dengan memanfaatkan *platform* IoT *geeknesia.com*. Dengan adanya tambahan pada sistem ini diharapkan dapat diintegrasikan pada sistem yang sebenarnya dan mampu meminimalisir efek buruk yang terjadi saat proses cuci darah saat terjadi kehabisan pada cairan *acid* dan *bicarbonate*.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 Diagram Blok Sistem

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah rancang bangun dalam bentuk *prototype*. Gambar 1 merupakan blok diagram sistem yang terdiri dari sensor, NodeMCU, dan juga pompa. Proses pengiriman data dirancang menggunakan protokol MQTT. Sensor ultrasonik, *flowmeter*, dan NodeMCU yang bertugas sebagai *publisher* akan mengirimkan data jarak dan data debit cairan yang kemudian diteruskan pada *platform* IoT *geeknesia.com*. *Platform* ini akan bertugas sebagai *broker*. Setelah data diterima oleh *broker*, kemudian data akan diteruskan kepada *subscriber* dalam hal ini adalah tampilan pada laptop atau *handphone*.



Gambar 1. Diagram blok sistem

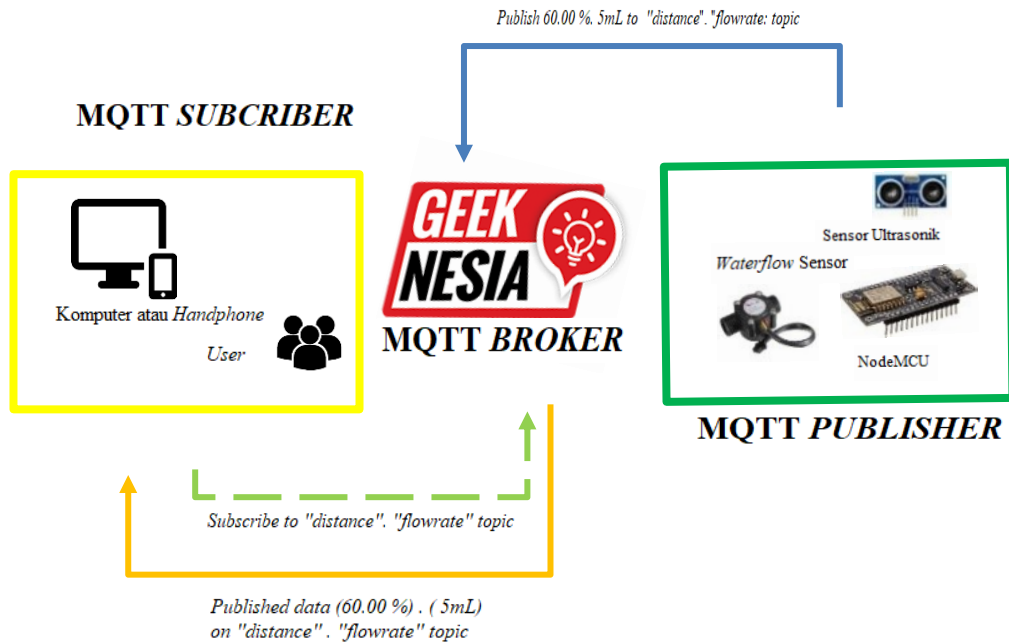
### 2.2 Arsitektur Sistem

Gambar 2 menunjukkan arsitektur IoT pada sistem yang dirancang. Sensor ultrasonik dan *flowmeter* yang bertugas sebagai *publisher* akan membaca jarak cairan 60% dan debit cairan 5 liter dengan *topic* "distance" dan "flowmeter". Setelah data dibaca kemudian dikirimkan menuju kontroler yaitu NodeMCU. Selanjutnya, data akan dikirimkan melalui *broker* dengan modul komunikasi ESP8266.

MQTT *broker* bertugas sebagai penghubung transaksi data antara *publisher* dan *subscriber*. Ketika *publisher* mengirimkan data sensor jarak 60 dan *flowmeter* 5 liter dengan *topic* "distance" dan "flowmeter", maka bisa dipastikan *subscriber* akan menerima data sensor ultrasonik dan *flowmeter*.

MQTT *subscriber* blok ini bertugas untuk melakukan *subscribe* pada *topic* "distance". "flowmeter". Setelah mendapatkan data berupa nilai sensor ultrasonik 60% dan *flowmeter* 5 liter dari *publisher*, data tersebut bisa dijadikan sistem monitor yang akan tampil pada *interface*, laptop, komputer, ataupun *handphone*.

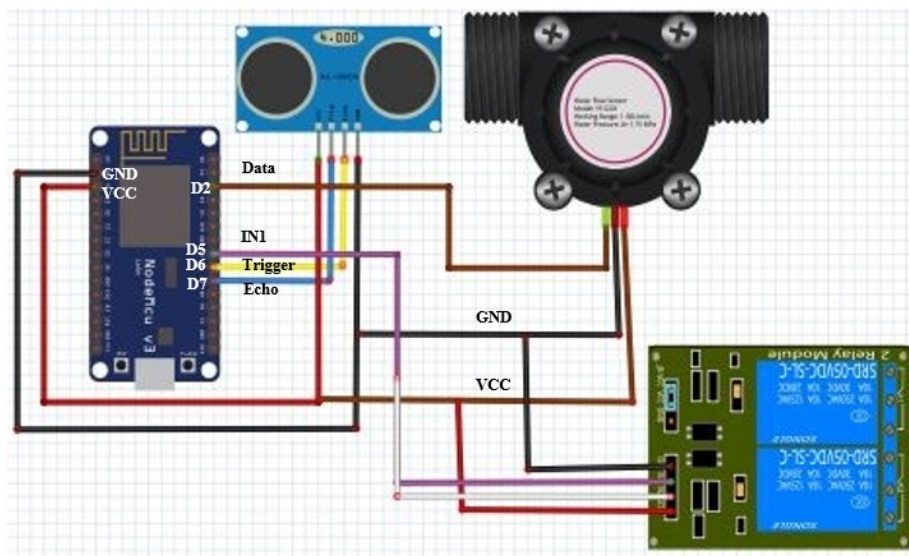
*Topic* pada protokol MQTT bersifat wajib. Pada setiap transaksi, data antara *publisher* dan *subscriber* harus memiliki *topic* yang akan dikirimkan. *Topic* ini dikirimkan oleh *publisher* yaitu sensor ultrasonik dan sensor *flowmeter*, kemudian diteruskan pada *broker* berupa nilai dan diteruskan kepada *client* yaitu *subscriber* agar data ini dapat ditampilkan pada *interface*.



Gambar 2. Arsitektur sistem

### 2.3 Komponen Sistem

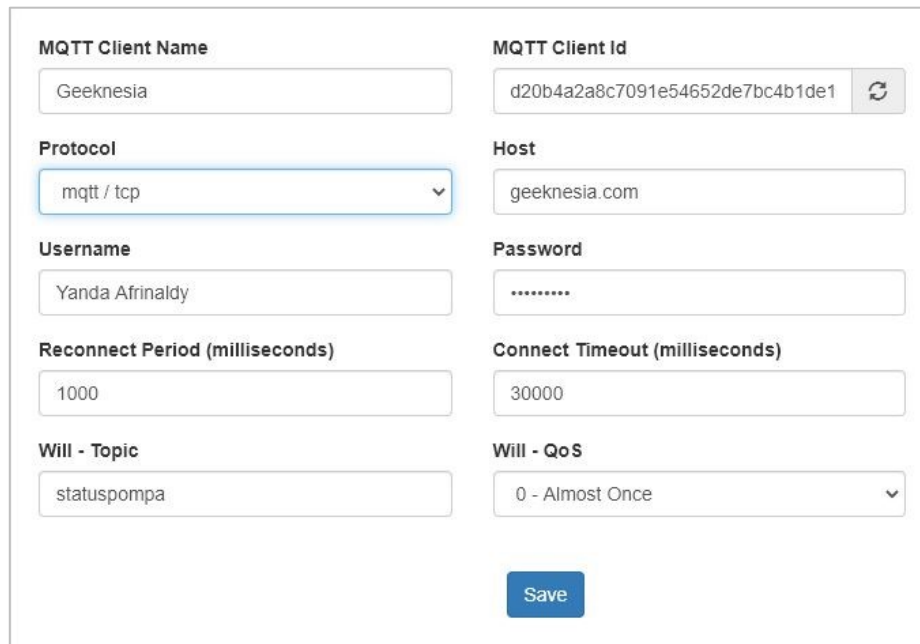
Rangkaian sistem ini memiliki beberapa *hardware* yang terdiri dari NodeMCU ESP8266, sensor ultrasonik HC-SR04, relay 2 *channel*, dan sensor *flowmeter*. Setelah rangkaian sistem dibuat, kemudian masing-masing pin dikonfigurasi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Skematik sistem

## 2.4 Integrasi Protokol MQTT

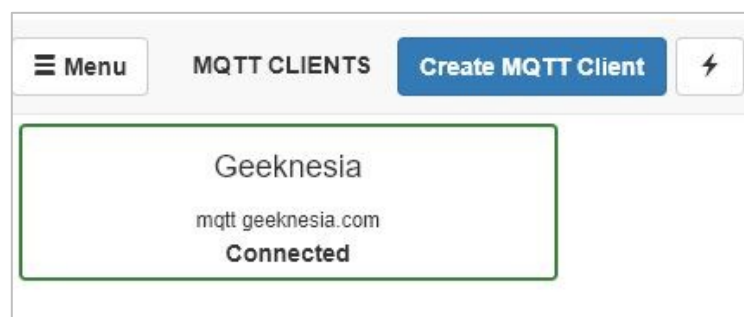
MQTTBox merupakan aplikasi *client* untuk protokol MQTT dan merupakan salah satu aplikasi yang dapat digunakan untuk implementasi *client* MQTT. Pada langkah ini, dibuat fitur *feedback* dari *device* ke *cloud*. Langkah pertama adalah melakukan instalasi MQTTBox pada *browser chrome* dan melakukan konfigurasi seperti ditunjukkan Gambar 4.



<b>MQTT Client Name</b> Geeknesia	<b>MQTT Client Id</b> d20b4a2a8c7091e54652de7bc4b1de1
<b>Protocol</b> mqtt / tcp	<b>Host</b> geeknesia.com
<b>Username</b> Yanda Afrinaldy	<b>Password</b> .....
<b>Reconnect Period (milliseconds)</b> 1000	<b>Connect Timeout (milliseconds)</b> 30000
<b>Will - Topic</b> statuspompa	<b>Will - QoS</b> 0 - Almost Once
<b>Save</b>	

Gambar 4. Konfigurasi *broker* MQTT

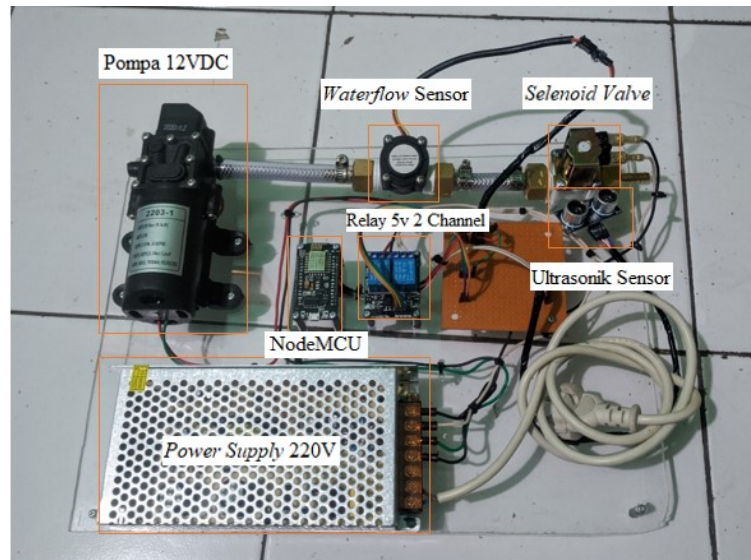
MQTT *client name* diisi dengan *broker* yang digunakan yaitu *geeknesia.com*. Jika pada *prototype* menggunakan MQTT sebagai protokol, maka kolom protokol dimasukan MQTT/TCP. Kemudian mengisi *username* dan *password* sesuai dengan yang dimasukan pada *coding* yang telah dibuat. Pada MQTT *client*, isi data dengan data *api key* yang diterima pada saat membuat *gateway* di *geeknesia.com*. Setelah mengisi kolom sesuai dengan Gambar 4, maka tekan tombol *save* untuk menyimpan MQTT *client* yang telah dibuat. Kemudian hubungkan *prototype* dengan MQTTBox dan MQTT *client* akan terhubung seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Tampilan koneksi terhubung pada sistem

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Implementasi sistem dilakukan sesuai dengan diagram skematik yang dijelaskan di bagian metode penelitian. Adapun hasil implementasi dari sistem *hardware* dapat dilihat pada Gambar 6. Setelah dilakukan integrasi sensor, kontroler, dan pompa yang akan digunakan untuk isi ulang cairan *acid* dan *bicarbonate*, langkah selanjutnya adalah pengujian sistem sensor dan pengiriman data menggunakan protokol MQTT.



Gambar 6. Realisasi sistem

### 3.1 Pengujian Sistem Sensor

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui tingkat akurasi dari sensor ultrasonik dan *flowmeter* yang digunakan pada sistem. Pengujian dilakukan dengan cara membandingkan data pengukuran sensor dengan alat ukur sebenarnya. Kemudian, dihitung selisih (*error*) yang dihasilkan antara data sensor dengan alat ukur. Adapun hasil pengujian sistem sensor ditampilkan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Pengujian sensor ultrasonik

No	Sensor ultrasonik (cm)	Meteran manual (cm)	Error (cm)
1	10,01	10	0,01
2	50	50	0
3	100	100	0
4	120,01	120	0,01
5	150,01	150	0,01
6	200	200	0
7	225,02	225	0,02
8	250	250	0
9	300	300	0
10	325,01	325	0,01
Error rata-rata			0,105

Tabel 2. Pengujian sensor *flowmeter*

No	Q ref (L/Min)	Q <i>flowmeter</i> (L/Min)	Error (L/Min)
1	9,7	9,5	0,2
2	9,8	9,7	0,1
3	9,8	9,5	0,3
4	9,7	9,7	0
5	9,9	9,8	0,1
6	9,8	9,8	0
7	9,7	9,5	0,2
8	9,9	9,8	0,1
9	9,8	9,7	0,1
10	9,8	9,8	0
Error rata-rata			0,11

Berdasarkan hasil pengukuran, nilai perbandingan antara pengukuran jarak menggunakan sensor ultrasonik dengan meteran manual menunjukkan nilai yang sama pada beberapa pengukuran dan

terdapat perbedaan kecil pada di beberapa pengukuran dengan kesalahan pengukuran sebesar 0,105 cm. Nilai perbandingan antara pengukuran debit menggunakan *flowmeter* dengan nilai hasil pemompaan menunjukkan nilai yang berbeda dengan selisih yang bervariasi namun tidak terlalu besar yaitu memiliki kesalahan rata-rata pengukuran sebesar 0,11 L/menit.

### 3.2 Pengujian Protokol MQTT

Gambar 7 menampilkan *interface* yang sudah dibuat. Pada gambar tersebut dapat dilihat *publisher* berupa sistem sensor *flowmeter* dan ultrasonik mengirimkan data pembacaan berupa *level acid* 30,06 %, sensor *flow* dengan *output flowmeter* 9.218 mL, dan status pompa *running* dengan debit terbaca 5 L/menit.

Attribute Name	Current Output
Level Acid (%)	30.06
Pompa	Running
Water Flow Rate (L/menit)	5
Output Liquid Quantity (Mlitter)	9218

Gambar 7. Tampilan antarmuka IoT

Data yang diterima oleh *subscriber* sesuai dengan *topic* yang dikirimkan oleh *publisher* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8. Adapun pengujian pengiriman data dilakukan menggunakan MQTTBox dengan *broker* yaitu *geeknesia.com* dapat dilihat pada Gambar 9. Pada kolom *topic to publish* dimasukan "iot/data" *data publish* dan dapat disesuaikan dengan *coding* yang telah dibuat sebelumnya pada Arduino IDE.

Gambar 8. Hasil *publish* dan *subscribe*



Gambar 9. Hasil pengujian MQTT *client* pada *geeknesia.com*

Setelah mengisi kolom *topic to publish*, selanjutnya menentukan *Quality of Service (QoS)* atau kualitas pelayanan yang akan digunakan untuk pengiriman data. Pada Gambar 9 menunjukkan QoS 0 yang berarti tingkat layanan ini menjamin pengiriman data dari *publisher* ke *subscriber* dengan upaya terbaik. Setelah mengisi kolom QoS selanjutnya mengisi *payload type* dengan memilih String/JSON/XML/Character. Format *payload* harus berupa JSON dengan 3 atribut utama yaitu *action*, *topic*, dan *response*. *Topic* akan mengirimkan data status pompa, *level acid*, *water flowrate*, dan *output flow*. Setelah mengisi *payload type* kemudian melakukan *message* dengan isi *message* “**action**”.”**iot/data**”.”**topic**”.”**topic**-(sesuai dengan *topic* yang didapatkan pada *geeknesia.com*)”.”**response\_topic**”**response-topic**-(sesuaikan dengan *topic* yang didapatkan pada *geeknesia.com*). Setelah itu kemudian klik *publish* dan kemudian penerima atau *subscribe* akan menerima data sesuai dengan *topic* yang diminta. Dengan mekanisme ini, maka data yang *publish* akan diterima secara *real time* oleh *subscriber*.

#### 4. KESIMPULAN

Sistem pemantauan dan pengisian cairan mesin hemodialisa berbasis IoT dengan protokol MQTT telah berhasil dirancang. Perangkat yang terhubung dengan internet melalui protokol MQTT yaitu sensor ultrasonik HC-SR04 dan sensor *flowmeter*. Berdasarkan hasil pengujian, sensor ini dapat bekerja sebagai *publisher* dengan rata-rata kesalahan pengukuran jarak sebesar 0,105 cm dan rata-rata kesalahan aliran cairan sebesar 0,11 L/m. Sistem mampu mengirimkan data dengan *topic* yang diinginkan dan mampu diterima dengan baik oleh *platform* *geeknesia.com* sebagai *broker* dan laptop sebagai *subscriber* dapat menerima *topic* yang dikirimkan oleh *publisher*. Dengan sistem ini, data dari sensor dapat ditampilkan pada *user interface* atau *subscriber* secara *real time*. Pada penelitian berikutnya diharapkan dapat mengembangkan arsitektur IoT pada sistem pemantauan dan pengendalian cairan ini dengan membandingkan antar QoS dari protokol MQTT.

#### REFERENSI

- [1] I. Jaya and M. Ilham, “Sistem Monitoring Supply Air Pada Aalat Hemodialisa Berbasis Arduino Uno ATmega 328,” *J. LITEK J. List. Telekomun. Elektron.*, vol. 16, no. 2, pp. 48–51, 2019.
- [2] F. S. Fahmi and D. I. Saputra, “Pengontrolan Buka-an Valve Pada Sistem Vessel Separator Dengan Metode Logika Fuzzy Berbasis Node Nirkabel,” in *SENTER 2019: Seminar Nasional Teknik Elektro 2019*, 2019, no. November 2019, pp. 135–149.
- [3] R. Aburukba, “Role of Internet of Things in the Smart Grid Technology,” *J. Comput. Commun.*, vol. 3, no. May, pp. 229–233, 2015.
- [4] D. I. Saputra, A. Rohmat, A. Najmurokhman, and Z. Fakhri, “Implementation of Fuzzy Inference System Algorithm In Brooding System Simulator With The Concept of IoT And Wireless Nodes Implementation

- of Fuzzy Inference System Algorithm In Brooding System Simulator With The Concept Of Iot And Wireless Nodes,” in *ICIEVE 2019*, 2020, pp. 1–6..
- [5] W. Hlaing, S. Thepphaeng, V. Nontaboot, N. Tangsunantham, T. Sangsuwan, and C. Pira, “Implementation of WiFi-Based Single Phase Smart Meter For Internet of Things (IoT),” *2017 Int. Electr. Eng. Congr. iEECON 2017*, no. March, pp. 8–10, 2017.
- [6] N. Hidayati, “Prototype Smart Home Dengan Modul Nodemcu Esp8266 Berbasis Internet Of Things (IoT),” *Tek. Inform. Univ. Islam Majapahit*, 2018.
- [7] W. Ma’ruf, D. I. Saputra, and S. Sambasri, “Perancangan Sistem Pengamatan dan Pengendalian Penggunaan Air Artesis beserta Informasi Biaya Berbasis Sensor Nirkabel dan IoT,” vol. 13, no. 2, pp. 148–156, 2020.
- [8] D. I. Saputra, G. M. Karmel, Y. B. Zainal, S. Teknik, E. Universitas, and J. Achmad, “Perancangan dan Implementasi Rapid Temperaturw Screening Contactless Dam Jumlah Oorang Berbasis IoT Dengan Protokol MQTT,” *JEEE*, vol. 2, no. 1, pp. 20–30, 2020.
- [9] V. Sarafov and J. Seeger, “Comparison of IoT Data Protocol Overhead,” *Semin. Futur. Internet SS2017, Dep. Informatics, Tech. Univ. Munich*, no. March, pp. 7–14, 2018.
- [10] R. K. Kodali and K. S. Mahesh, “A Low Cost Implementation of MQTT using ESP8266,” in *Proceedings of the 2016 2nd International Conference on Contemporary Computing and Informatics, IC3I 2016*, 2016, pp. 404–408.