

PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI PENGAKTIFAN WATER HEATER DAN PEMANTAUAN SUHU DAN KETINGGIAN AIR PADA BAK MANDI DENGAN SENSOR ULTRASONIK DAN SENSOR SUHU MENGGUNAKAN ARDUINO BERBASIS ANDROID

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF WATER HEATER ACTIVATION WITH TEMPERATURE AND LEVEL OF BATHTUB MONITORING USING TEMPERATURE SENSOR AND ULTRASONIC SENSOR WITH ARDUINO BASED ON ANDROID

Muhammad Dio Khairunnas¹, Endro Ariyanto², Sidik Prabowo³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Informatika, Fakultas Informatika, Universitas Telkom

¹mdiokhairunnas@gmail.com, ²endroa@telkomuniversity.ac.id, ³pakwowo@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Kegiatan penggunaan air panas yang digunakan untuk mandi merupakan salah satu jenis pemanfaatan teknologi yang sudah berkembang. Dengan menggunakan alat *Water Heater*, seseorang bisa mendapatkan air dengan suhu yang lebih tinggi. Akan tetapi, untuk mencapai suhu yang diinginkan dan melakukan pengisian pada bak mandi agar siap digunakan, *water heater* membutuhkan waktu yang lama. Pada sistem ini telah dirancang sebuah keran otomatis yang dapat aktif sesuai dengan suhu air yang berada di dalam bak utama dengan bantuan sensor suhu, sensor ultrasonik dan pompa air. Kedua sensor memanfaatkan sistem *machine-to-machine* dengan protokol MQTT yang dikontrol oleh sebuah mikrokontroler Arduino Mega2560 berbasis Android. Berdasarkan pengujian, tingkat akurasi suhu yang didapatkan memiliki nilai sebesar 97,60% dengan performansi waktu rata-rata yang didapatkan untuk mencapai suhu yang diinginkan pada bak utama adalah selama 18 menit 30 detik. Pengujian yang telah dilakukan menggunakan bak utama dengan volume air yang akan diisi adalah $\pm 12.320 \text{ cm}^3$, dengan volume air panas yang disediakan adalah $\pm 9.240 \text{ cm}^3$. Selain itu, beberapa faktor yang mempengaruhi lama waktu untuk mencapai suhu yang diinginkan antara lain adalah jenis pompa yang digunakan, besar daya yang digunakan oleh *water heater*, serta besarnya wadah bak utama yang digunakan sebagai penampung tempat pencampuran suhu air panas dan suhu air normal.

Kata kunci : keran otomatis, purwarupa, *machine-to-machine*, *water heater*, jarak jauh

Abstract

Hot water usage for bathing is one of technology utilization that has developed. By using a Water Heater, someone can get water with the desired temperature, but it takes a long lag time to get water to reach the temperature target. Therefore, in this system has been designed an automatic faucet which can be active taps in accordance with the high water in the bathtub or shower with the help of ultrasonic sensors and water pump. Both systems use sensors utilizing machine-to-machine with MQTT Broker controlled by an Arduino Mega 2560 microcontroller and Android-based applications. According to the system test, accuracy level of temperature is 97,60% with average time to finish the system is 18 minutes 30 seconds. Testing was done using the main bath with a volume of water that will be filled are $\pm 12.320 \text{ cm}^3$, the volume of hot water provided is $\pm 9.240 \text{ cm}^3$. In addition, some factors that affect the time to reach the targeted temperature include the type of pump used, much power is used by the water heater, and the size of the main tub container used as a container for mixing a hot water temperature and the normal water temperature.

Keywords : *automatic faucet, prototype, machine-to-machine, water heater, distance*

1. Pendahuluan

Dalam kehidupan sehari-hari, air merupakan salah satu sumber yang sering digunakan oleh setiap makhluk hidup, terutama manusia. Mulai dari penggunaan untuk dikonsumsi, mencuci, dan mandi. Mandi merupakan salah satu kegiatan yang paling sering dilakukan oleh manusia dalam penggunaan air. Tidak sedikit orang yang menginginkan mandi dengan suhu air yang diinginkan agar mendapatkan tingkat kenyamanan yang lebih saat mandi. Untuk melakukan hal tersebut, seseorang perlu menggunakan alat yang bernama *Water Heater* agar mendapatkan air panas yang diinginkan untuk mandi. Namun, seseorang perlu menunggu dengan jeda waktu yang lama sebelum ia dapat mandi dengan air panas yang telah ia siapkan dengan menggunakan *Water Heater*. Upaya yang dapat dilakukan untuk mengatasi hal tersebut salah satunya adalah dengan menghidupkan *Water*

Heater tanpa harus berada di lokasi *Water Heater*, yaitu menghidupkan *Water Heater* dari jarak jauh. Sehingga, tingkat kenyamanan seseorang untuk mendapatkan kondisi bak mandi yang telah siap digunakan sesuai dengan suhu yang diinginkan pengguna akan tercapai.

Dari permasalahan di atas, dirancang sebuah mekanisme baru dengan memanfaatkan *Wireless Sensor Network* dengan bantuan sistem *machine-to-machine* menggunakan protokol MQTT yang membuat seseorang dapat menghidupkan *Water Heater* di rumahnya melalui perintah lewat *Smartphone* dan menyiapkan bak dengan kondisi siap digunakan sesuai dengan suhu yang telah diatur dalam rentang suhu air hangat yang nyaman untuk tubuh manusia, yaitu antara 36°C sampai 40°C [1].

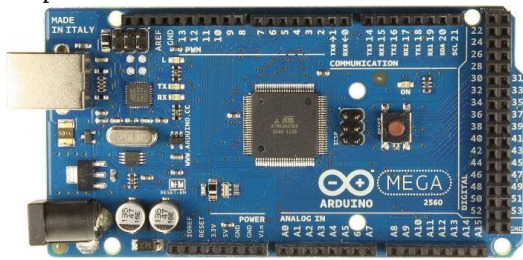
2. Dasar Teori

2.1. Konsep Wireless Sensor Networks (WSN)

Konsep *Wireless Sensor Networks* (WSN) merupakan konsep yang memanfaatkan teknologi yang mendistribusikan sensor *autonomous* untuk memantau kondisi fisik atau lingkungan sekitar [2], seperti suhu, suara, tekanan, dan lain-lain. Sensor-sensor tersebut saling berkerja sama untuk mengirimkan data hasil *sensing* melalui jaringan ke lokasi utama. *Wireless Sensor Networks* terdiri dari beberapa *nodes* yang saling terhubung dan memiliki bagiannya masing-masing dengan fungsi yang berbeda-beda. Dapat diambil contoh ialah mikrokontroler sebagai otak dari fungsionalitas sensor, terdapat antena yang berfungsi mengirimkan sinyal ke antena lainnya, dan ada pula baterai yang berfungsi sebagai sumber energi untuk sensor itu sendiri. Jaringan sensor adalah kunci untuk mengumpulkan informasi yang dibutuhkan oleh lingkungan yang pintar, baik itu bangunan, alat-alat keperluan, industri, rumah, automasi sistem transportasi atau dimanapun [3].

2.2. Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560 adalah sebuah board mikrokontroler berbasis ATmega2560. Pada tugas akhir ini digunakan Arduino Mega 2560 dikarenakan dibutuhkan memori yang lebih besar dibandingkan Arduino UNO R3, selain itu pada Arduino Mega 2560 terdapat lebih dari satu Serial Port atau biasa dikenal dengan Multi Serial Port. Pada tugas akhir ini Multi Serial Port digunakan sebagai Serial tambahan untuk perangkat USB to TTL dimana digunakan untuk membuka port baru guna melakukan monitoring terhadap program ESP-12F yang sedang berjalan pada Serial Monitor.



Gambar 1. Arduino Mega 2560 Board



Gambar 2. ESP-12-F

2.3. ESP8266

ESP8266 merupakan sebuah *wireless System on Chip* (SoC) berstandar 802.11 b/g/n yang diproduksi oleh *Espressif Systems, China* [4]. Dengan menggunakan ESP8266 dapat dibangun sebuah sistem jaringan berbasis WSN hingga IoT dengan biaya yang terjangkau. ESP8266 dapat terintegrasi dengan sensor dan juga aktuator melalui pin-pin GPIO yang sudah tersedia. Pada tugas akhir ini, penulis menggunakan sebuah modul yang bernama ESP-12F pada Gambar 2. ESP-12F merupakan modul pengembangan dari ESP8266-01 yang digunakan untuk mengimplementasikan sistem berbasis IoT.

2.4. MQTT

MQTT (*MQ Telemetry Transport*) merupakan *client server* berbasis *publish/subscribe messaging transport protocol*. MQTT bersifat *lightweight*, terbuka, sederhana dan didesain untuk mudah diimplementasikan. [5]. Pola *publish/subscribe* (*pub/sub*) tidak menghubungkan *client*, *device* yang mengirim pesan tertentu (disebut *publisher*) dari *client* lain (atau lebih banyak *client*), *device* yang menerima pesan tersebut (disebut *subscriber*). Ini berarti antara *publisher* dan *subscriber* tidak saling mengetahui keberadaannya satu sama lain. Oleh karena itu, terdapat komponen ketiga yaitu *broker*. *Broker* diketahui baik oleh *publisher* maupun *subscriber* yang menyaring semua pesan yang masuk dan mendistribusikannya dengan sesuai [6].

2.5. Sensor dan Aktuator

Pada tugas akhir perancangan pengaktifan *water heater* dan pemantauan kondisi bak mandi ini digunakan beberapa sensor serta aktuator yang menunjang kinerja sistem. Yang pertama adalah sensor jarak, yaitu Sensor Ultrasonik HCSR04. Sensor jarak digunakan untuk mengukur ketinggian air pada wadah utama yang dapat dimonitoring pada aplikasi Android, serta digunakan sebagai acuan agar pengisian air tidak melebihi batas maksimum wadah. Sensor yang kedua adalah sensor suhu, yaitu Sensor DS18B20 yang bersifat *waterproof*. Selain sensor terdapat juga aktuator, yaitu komponen yang berkerja berdasarkan hasil pembacaan sensor, dalam tugas akhir kali ini adalah pompa air yang berfungsi untuk membuka-tutup saluran air.



Gambar 3. Ultrasonik HC-SR04



Gambar 4. DS18B20 Waterproof

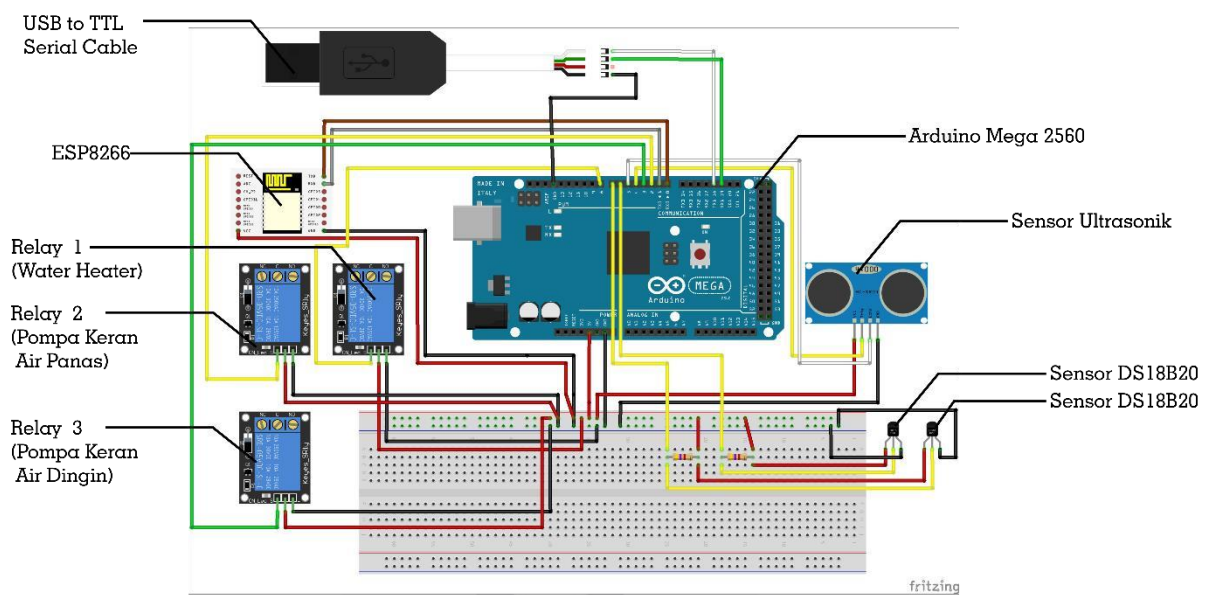


Gambar 5. Pompa Air

3. Perancangan dan Implementasi

3.1. Perancangan skematik perangkat

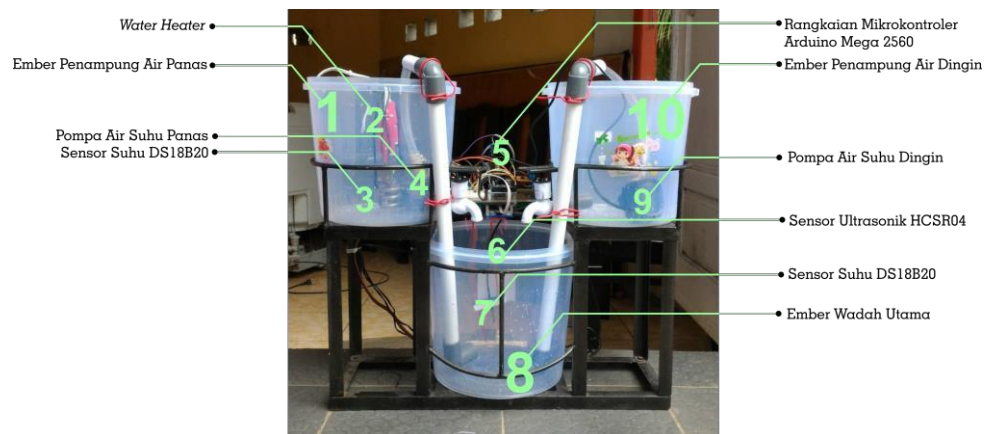
Perancangan skematik perangkat dilakukan dengan menggunakan *software* Fritzing. Dalam perancangan skematik ini digunakan mikrokontroler Arduino Mega 2560 dan *Breadboard* untuk meletakkan komponen-komponen pendukung lainnya.



Gambar 6. Perancangan skematik perangkat

3.2. Perancangan alat

Dalam perancangan alat tugas akhir, penulis merancang alat dengan menggunakan 3 buah ember, masing-masing fungsinya adalah sebagai wadah air dengan suhu normal, air dengan suhu panas, dan air penampung sebagai wadah utama. Penulis menggunakan rangkaian besi sebagai kerangka tempat meletakkan berbagai macam peralatan yang digunakan diantaranya mikrokontroler Arduino Mega 2560, Pompa Air, Sensor Ultrasonik, Sensor Suhu, *Water Heater*, serta komponen-komponen pendukung lainnya.



Gambar 7. Perancangan alat keseluruhan

3.3. Perancangan MQTT Broker

MQTT broker yang digunakan pada Tugas Akhir ini menggunakan Mosquitto.. Dimana Mosquitto Broker digunakan pada *command prompt* untuk melakukan *testing* pengiriman data dengan metode *publish/subscribe* yang dikonfigurasi pada *software* Arduino IDE. Port yang digunakan untuk jalur pengiriman paket data pada jaringan MQTT adalah 1883 melalui server broker.hivemq.com.

4. Hasil Pengujian dan Analisis

4.1. Pengujian Keakuratan Sensor Ultrasonik HCSR04

Pengujian keakuratan Sensor HCSR04 yang telah dilakukan adalah dengan membandingkan nilai yang dibaca sensor dengan penghitungan jarak menggunakan penggaris terhadap permukaan yang sama yaitu permukaan air. Berikut merupakan tabel dari hasil pengujian yang telah dilakukan.

Tabel 1. Hasil pengujian keakuratan Sensor Ultrasonik HCSR04

Uji ke-	Nilai Pengukuran Sensor HCSR04 (cm)	Nilai Pengukuran Penggaris (cm)	Selisih Pengukuran (cm)	Persen Akurasi
1	0	0	0	100%
2	3	2,8	0,2	96,55%
3	6	6,3	0,3	95,23%
4	8	8,2	0,2	97,56%
5	10	9,7	0,3	96,90%
6	11	11,1	0,1	99,09%
7	13	13,2	0,2	98,48%
8	15	15,5	0,5	96,77%
9	17	16,8	0,2	98,81%
10	20	20,4	0,4	98,03%
Rata- Rata			0,24	97,74%

Dari Tabel 1 menunjukkan hasil pengukuran Sensor HCSR04 dan penggaris dengan 10 jenis ketinggian air pada bak mulai dari kondisi kosong hingga penuh. Kemudian dianalisa keakuratan hasil pengukuran dengan Sensor HCSR04 dan hasil pengukuran dengan penggaris. Dengan nilai rata-rata selisih pengukuran adalah 0,24 cm. Maka didapatkan hasil pengujian keakuratan Sensor HCSR04 ini memiliki tingkat akurasi sebesar 97,74%.

4.2. Pengujian Keakuratan Sensor Suhu DS18B20

Pengujian keakuratan sensor DS18B20 yang telah dilakukan adalah dengan membandingkan nilai yang dibaca sensor dengan penghitungan suhu menggunakan thermometer terhadap medium yang sama yaitu permukaan air. Berikut merupakan tabel dari hasil pengujian yang telah dilakukan.

Tabel 2. Hasil pengujian keakuratan Sensor Suhu DS18B20

Uji ke-	Nilai Pengukuran Sensor DS18B20 (°C)	Nilai Pengukuran Thermometer (°C)	Selisih Pengukuran (°C)	Persen Akurasi
1	27,50	28,00	0,5	98,21%
2	28,50	28,80	0,3	98,95%
3	31,50	32,20	1,2	96,27%
4	33,00	34,80	1,8	94,82%
5	35,50	36,60	1,1	96,99%
6	37,00	38,60	1,6	95,85%
7	39,50	40,80	2,3	94,49%
8	41,00	42,30	1,3	96,92%
9	43,50	44,80	1,3	97,09%
10	45,00	46,20	1,2	97,40%
Rata- Rata			1,26	96,70%

Tabel 2 menunjukkan hasil pengukuran Sensor DS18B20 dan thermometer dengan 10 nilai suhu air yang berbeda pada bak mulai dari kondisi suhu air yang paling rendah hingga suhu air yang paling tinggi. Kemudian dianalisa keakuratan hasil pengukuran dengan Sensor DS18B20 dan hasil pengukuran dengan thermometer. Dengan nilai rata-rata selisih pengukuran adalah 1,26 °C. Maka didapatkan hasil pengujian keakuratan Sensor HCSR04 ini memiliki tingkat akurasi sebesar 96,70%.

4.3. Pengujian Publish/Subscribe MQTT Broker

Pengujian Mosquitto Publish yang telah dilakukan adalah dengan melakukan pengiriman data testing, yang akan ditampilkan pada Serial Monitor Arduino. Dengan memanfaatkan Mosquitto Broker, pengiriman data testing akan dikirimkan dari *command prompt* dengan bantuan aplikasi *mosquitto_pub* yang akan mem-publish sesuai dengan topik yang akan diterima, yaitu "dio/input_suhu" melalui internet dengan menggunakan server broker.hivemq.com dan ditampilkan pada Serial Monitor Arduino. Berikut merupakan gambar dari hasil pengujian yang telah dilakukan.

```

C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
Microsoft Windows [Version 10.0.10586]
(c) 2015 Microsoft Corporation. All rights reserved.

C:\Users\Muhammad Dio K>cd..
C:\Users>cd..
C:\>cd "Program Files (x86)"
C:\Program Files (x86)>cd mosquitto
C:\Program Files (x86)\mosquitto>mosquitto_pub -h "broker.hivemq.com" -t "dio/inputSuhu" -m "37"
C:\Program Files (x86)\mosquitto>mosquitto_pub -h "broker.hivemq.com" -t "dio/inputSuhu" -m "39"
C:\Program Files (x86)\mosquitto>mosquitto_pub -h "broker.hivemq.com" -t "dio/inputSuhu" -m "41"
C:\Program Files (x86)\mosquitto>mosquitto_pub -h "broker.hivemq.com" -t "dio/inputSuhu" -m "43"
C:\Program Files (x86)\mosquitto>mosquitto_pub -h "broker.hivemq.com" -t "dio/inputSuhu" -m "45"
C:\Program Files (x86)\mosquitto>mosquitto_pub -h "broker.hivemq.com" -t "dio/inputSuhu" -m "50"
C:\Program Files (x86)\mosquitto>
  
```

Gambar 8. Pengiriman Publish data pada *command prompt* dengan *mosquitto_pub*

```

connected with WADAAAAW, channel 7
dhcp client start...
ip:192.168.137.157,mask:255.255.255.0,gw:192.168.137.1
WIFI CONNECTED
Connected
Received: topic=dio/inputSuhu
data=37
Received: topic=dio/inputSuhu
data=39
Received: topic=dio/inputSuhu
data=41
Received: topic=dio/inputSuhu
data=43
Received: topic=dio/inputSuhu
data=45
Received: topic=dio/inputSuhu
data=50
Autoscroll
  
```

Gambar 9. Pembacaan data hasil pengiriman pada Serial Monitor Arduino IDE

Gambar 8 dan Gambar 9 menunjukkan hasil pengujian yang telah dilakukan dengan mengirimkan data testing melalui Mosquitto Broker pada *command prompt* yang akan dibaca pada Serial Monitor Arduino telah berhasil dilakukan. Selanjutnya adalah pengujian *Subscribe* dengan bantuan *mosquitto_sub* pada *command prompt*.

```

connected with WADAAAAW, channel 7
dhcp client start...
ip:192.168.137.157,mask:255.255.255.0,gw:192.168.137.1
WIFI CONNECTED
Connected
Received: topic=dio/ketinggian
data=29
Received: topic=dio/ketinggian
data=29
Received: topic=dio/ketinggian
data=29
Received: topic=dio/ketinggian
data=29
Received: topic=dio/ketinggian
data=29
Received: topic=dio/ketinggian
data=29
  
```

Gambar 10. Hasil pembacaan pada Serial Monitor Arduino

```

C:\WINDOWS\system32\cmd.exe - mosquitto_sub -h "broker.hivemq.com" -t "dio/ketinggian" -v
C:\Users\Muhammad Dio K>cd..
C:\Users>cd..
C:\>cd "Program Files (x86)"
C:\Program Files (x86)>cd mosquitto
C:\Program Files (x86)\mosquitto>mosquitto_sub -h "broker.hivemq.com" -t "dio/ketinggian" -v
dio/ketinggian 29
dio/ketinggian 29
dio/ketinggian 29
dio/ketinggian 29
dio/ketinggian 29
dio/ketinggian 29
dio/ketinggian 29
dio/ketinggian 29
dio/ketinggian 29
dio/ketinggian 29
  
```

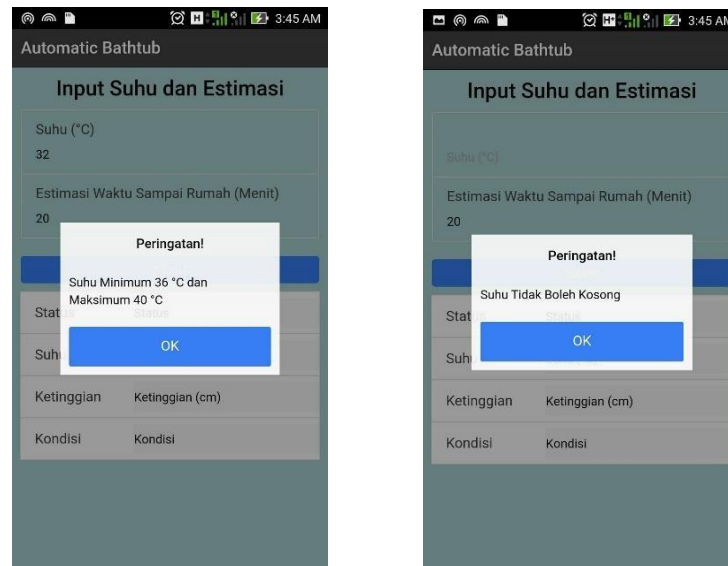
Gambar 11. Hasil pembacaan Sensor Ultrasonik pada *command prompt* dengan *mosquitto_sub*

Gambar 10 dan Gambar 11 menunjukkan hasil pengujian yang telah dilakukan untuk mengetahui pembacaan nilai Sensor Ultrasonik pada Serial Monitor Arduino dan Mosquitto Broker pada *command prompt*. Dimana hasil yang dibaca pada Serial Monitor Arduino dan Mosquitto pada *command prompt* adalah sama. Sehingga dapat dibuktikan bahwa hasil pembacaan Sensor Ultrasonik yang terdapat pada Serial Monitor Arduino dan hasil pembacaan Sensor Ultrasonik yang dikirimkan melalui internet dengan Mosquitto Broker adalah sama.

5. Pengujian Aplikasi Android

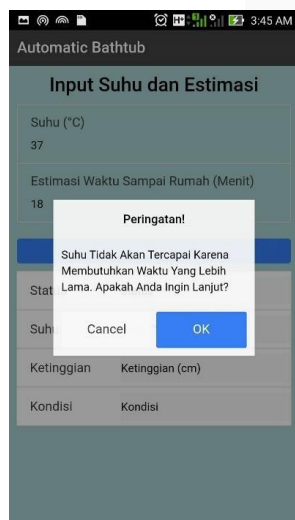
5.1. Pengujian input suhu dan input estimasi sampai rumah

Pengujian input suhu melalui aplikasi Android telah dilakukan dengan menginputkan suhu pada aplikasi Android, dan akan dibaca pada Serial Monitor Arduino IDE untuk melihat apakah input suhu berhasil diterima oleh sistem. Pengujian input suhu juga dilakukan dengan memasukkan beberapa kondisi suhu input yang tidak valid untuk beberapa penanganan pada aplikasi, serta untuk memastikan bahwa suhu yang diinput tidak akan diterima oleh sistem jika berstatus tidak valid, yaitu suhu input tidak pada range suhu 36°C sampai 40°C.



Gambar 12. Penanganan Input suhu tidak valid pada Aplikasi

Selain input suhu, pada aplikasi terdapat juga input estimasi, yaitu waktu sampai rumah berdasarkan inputan dari pengguna. Ketika estimasi waktu diinputkan, terdapat dua kondisi yang berbeda, yaitu ketika estimasi waktu input pengguna lebih kecil dari estimasi waktu kerja sistem, dan estimasi waktu input pengguna lebih besar dari estimasi waktu kerja sistem. Apabila estimasi waktu input pengguna lebih kecil dari estimasi waktu kerja sistem, maka aplikasi akan memberikan warning yang memberitahukan bahwa sistem tidak akan selesai tepat waktu, dan memberikan pilihan untuk melanjutkan sistem atau berhenti. Kondisi kedua adalah apabila waktu input pengguna lebih besar dari estimasi waktu kerja sistem, maka program akan melakukan perhitungan kapan sistem akan mulai berkerja sehingga dapat selesai sesuai dengan estimasi waktu yang telah diinputkan oleh pengguna.



Gambar 13. Penanganan input estimasi waktu



Gambar 14. Pembacaan suhu dan ketinggian

Dari Gambar 12 dan Gambar 13 dapat dibuktikan bahwa aplikasi Android mampu memberikan penanganan terhadap input suhu yang tidak valid, serta penanganan apabila input estimasi lebih kecil nilainya daripada estimasi waktu kerja sistem yang berlaku sesuai suhu yang diinput.

5.2. Pengujian menampilkan informasi suhu dan tinggi air bak utama

Pengujian fungsionalitas menampilkan informasi suhu tinggi air pada aplikasi Android telah dilakukan dengan mengirimkan hasil pembacaan sensor suhu dan sensor ketinggian dengan memanfaatkan MQTT Broker yang akan diterima oleh aplikasi Android. Dapat dilihat pada Gambar 14.

6. Analisis Hasil Pengujian Suhu dan Waktu Performansi Sistem

6.1. Analisis hasil pengujian suhu

Analisis hasil pengujian suhu yang didapatkan telah dilakukan dengan melakukan input suhu dan input estimasi melalui aplikasi Android. Berikut adalah persamaan yang digunakan untuk menghitung akurasi suhu.

$$Ak = \frac{|S_{diinput} - S_{didapatkan}|}{S_{diinput}} \times 100\%$$

Dengan menggunakan persamaan di atas, berikut adalah hasil dari pengujian serta akurasi suhu yang didapatkan dari pengujian sistem.

Tabel 3. Hasil pengujian sistem beserta tingkat akurasi suhu

Input suhu pada aplikasi (°C)	Suhu yang didapatkan (°C)	Selisih suhu input dan suhu yang didapatkan (°C)	Tingkat akurasi suhu (%)
36	37	1	97,22%
37	38,5	1,5	95,94%
38	37,5	0,5	98,68%
39	40	1	97,43%
40	39,5	0,5	98,75%
Rata-rata		0,9	97,60%

Dapat dilihat pada Tabel 3 didapatkan nilai rata-rata tingkat akurasi suhu dari setiap input suhu melalui aplikasi Android adalah sebesar 97,60%. Dari hasil pengujian di atas, sebaiknya pengguna hanya menginputkan nilai suhu paling tinggi adalah 39°C, agar tidak terjadi peningkatan suhu yang melewati 40°C dan berbahaya jika terlalu lama digunakan oleh manusia.

6.2. Analisis hasil performansi waktu

Analisis pengukuran waktu performansi sistem dilakukan dengan cara melakukan pengukuran berapa lama waktu yang dibutuhkan sistem untuk mencapai suhu yang diinputkan oleh pengguna, yaitu mulai dari 36°C sampai 40°C. Berikut adalah tabel hasil pengamatan yang telah dilakukan.

Tabel 4. Analisis hasil pengujian estimasi waktu kerja sistem

Suhu Input (°C)	Waktu pengujian keseluruhan sistem					
	Pengujian 1	Pengujian 2	Pengujian 3	Pengujian 4	Pengujian 5	Rata-Rata
36	17 menit 23 detik	17 menit 29 detik	17 menit 21 detik	17 menit 39 detik	17 menit 23 detik	17 menit 27 detik
37	17 menit 58 detik	17 menit 42 detik	17 menit 40 detik	17 menit 38 detik	17 menit 42 detik	17 menit 44 detik
38	18 menit 26 detik	18 menit 17 detik	18 menit 31 detik	18 menit 7 detik	18 menit 20 detik	18 menit 20 detik
39	18 menit 44 detik	18 menit 51 detik	18 menit 38 detik	18 menit 36 detik	18 menit 52 detik	18 menit 44 detik
40	19 menit 22 detik	19 menit 8 detik	19 menit 19 detik	19 menit 5 detik	19 menit 33 detik	19 menit 18 detik

Berdasarkan Tabel 4. telah didapatkan waktu total rata-rata dari setiap suhu yang diinputkan adalah selama 18 menit 30 detik, dengan waktu untuk kenaikan 1°C rata-rata sebesar 37 detik.

Tata cara pengujian yang dilakukan untuk mendapatkan hasil di atas adalah pada saat pengujian pertama, data yang didapatkan dari pengujian tidak dimasukkan ke dalam hasil pengujian, hal ini untuk menghindari tidak validnya data yang didapatkan dikarenakan suhu bak utama masih tidak stabil. Kemudian untuk pengujian selanjutnya sistem mulai dijalankan untuk diambil datanya. Setelah data akurasi suhu dan performansi waktu didapatkan, air pada bak wadah utama dan wadah bak air panas dibuang dan diisi kembali untuk menjalankan pengujian sistem dan pengambilan data akurasi suhu dan performansi waktu selanjutnya.

Dari analisis yang telah dilakukan terhadap hasil pengujian, terdapat beberapa kelebihan dan kekurangan yang didapatkan serta performansi waktu dan akurasi suhu dari sistem yang telah dirancang.

Kelebihan dari sistem adalah sistem mampu mengatur suhu bak utama melalui aplikasi Android dari jarak jauh, dengan batas *range* suhu yang telah diatur sesuai dengan suhu aman yang dapat diterima oleh kulit manusia. Kemudian kekurangan dari sistem yang telah dibuat adalah, perlu melakukan pengisian terhadap dua buah wadah yaitu wadah air normal dan wadah air panas, sehingga membutuhkan persiapan yang lebih banyak. Selain itu, beberapa faktor yang mempengaruhi lama waktu untuk mencapai suhu yang diinginkan antara lain adalah jenis pompa yang digunakan, besar daya yang digunakan oleh *water heater*, serta besarnya wadah bak utama yang digunakan sebagai penampung tempat pencampuran suhu air panas dan suhu air normal.

7. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan dan implementasi pengaktifan *water heater* dan pemantauan suhu dan ketinggian air pada bak mandi dengan sensor ultrasonik dan sensor suhu menggunakan Arduino berbasis Android, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Implementasi pengaktifan *water heater* untuk mendapatkan suhu yang diinginkan pada bak dapat dibangun sesuai dengan perancangan sistem. Sistem mampu bekerja menjalankan program yang telah dibuat dan melakukan pemantauan informasi tinggi dan suhu pada bak utama pada aplikasi Android. Sistem juga dapat menyesuaikan kapan harus mulai menjalankan program berdasarkan input dari pengguna.
2. Akurasi sensor yang didapatkan dari sistem untuk sensor ultrasonik HCSR04 adalah 97,74% dan sensor suhu DS18B20 adalah 96,70%.
3. Penerapan metode *publish/subscribe* MQTT untuk melakukan pengiriman dan pembacaan data pada aplikasi Android berhasil dilakukan.
4. Dari hasil pengujian performansi suhu, didapatkan akurasi suhu untuk sistem adalah sebesar 97,60% dengan rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan sistem adalah 18 menit 30 detik. Dengan volume bak utama yang akan diisi adalah $\pm 9.240 \text{ cm}^3$. dengan volume air tersedia pada bak air panas adalah $\pm 12.320 \text{ cm}^3$.
5. Beberapa faktor yang mempengaruhi lama waktu untuk mencapai suhu yang diinginkan antara lain adalah jenis pompa yang digunakan, besar daya yang digunakan oleh *water heater*, dan besarnya wadah bak utama yang digunakan sebagai penampung tempat pencampuran suhu air panas dan suhu air normal.

8. Saran

Adapun saran yang dapat diberikan penulis untuk penelitian lebih lanjut dari Tugas Akhir ini yaitu:

1. Mengganti perangkat Arduino Mega dengan Arduino Wido, sehingga tidak membutuhkan perangkat WiFi tambahan untuk melakukan pengiriman hasil pembacaan sensor ke Internet.
2. Menambahkan mekanisme pembuangan air dari bak utama secara otomatis, yang terintegrasi dengan aplikasi Android agar sistem dapat digunakan secara terus menerus tanpa harus melakukan pembuangan air secara manual dengan campur tangan manusia.
3. Menggunakan *Tankless Water Heater* atau *Tank Water Heater*, sehingga waktu pemanasan bak air lebih cepat dicapai.
4. Membangun sistem dengan menggunakan satu keran. Sensor suhu diletakkan pada ujung keran tempat keluarnya air, sehingga proses pengaturan untuk suhu air panas tidak dilakukan pada bak utama, melainkan dilakukan pada pengaturan keran yang digunakan.

Referensi

- [1] Victorian Building Authority, "About," *Hot Water Safety*, pp. 1-2, April 2014.
- [2] -, "Centrak Website," [Online]. Available: <http://www.centrak.com/temperature-environmental-monitoring>. [Accessed 19 Oktober 2015].
- [3] L. F., "Wireless Sensor Networks," *Wireless Sensor Networks*, p. 8, 2005.
- [4] E. S. I. TEAM, "Espressif," 2015. [Online]. Available: <https://espressif.com/en/products/hardware/esp8266ex/overview>. [Accessed 16 November 2015].
- [5] HiveMQ, "MQTT Essentials: Part 1 - Introducing MQTT.," [Online]. Available: <http://www.hivemq.com/blog/mqtt-essentials-part-1-introducing-mqtt>. [Accessed 4 Agustus 2016].
- [6] HiveMQ, "MQTT Essentials: Part 2 - Publish & Subscribe.," [Online]. Available: <http://www.hivemq.com/blog/mqtt-essentials-part2-publish-subscribe>. [Accessed 4 Agustus 2016].