

Perancangan Inkubator Bakteri Berbasis WEB Sebagai Inovasi Penunjang Laboratorium Mikrobiologi

Tita Aisyah¹, Rendi Dwiyanto²

Dosen Program Studi Teknik Elektro, Institut Teknologi Indonesia¹

Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro, Institut Teknologi Indonesia²

Email: tita.aisyah@iti.ac.id¹, rendidwiyanto9@gmail.com²

Abstrak

Bakteri merupakan organisme yang paling melimpah di Bumi dan dapat dimanfaatkan dalam berbagai bidang seperti pangan, penelitian, pengobatan, dan industri. Untuk memanfaatkannya, dibutuhkan alat inkubator bakteri yang dapat menginkubasi bakteri dalam laboratorium mikrobiologi. Namun, alat ini membutuhkan komponen yang mahal dan konsumsi daya listrik yang tinggi (744 Watt), sehingga dirancanglah inkubator bakteri yang ekonomis dan konsumsi daya rendah dengan sistem pemantauan suhu berbasis web server ubidots. Inkubator ini terdiri dari dua unit yang dikendalikan oleh mikrokontroler Arduino Mega dan sensor suhu DS18B20 untuk menjaga suhu stabil pada 37°C. Data suhu dikirim ke web server ubidots melalui ESP8266 untuk memonitor suhu selama proses inkubasi. Dengan akurasi pembacaan sensor suhu rata-rata $|\%Error|$ 0,06% dan daya maksimum hanya 26,11 Watt, maka inkubator bakteri ini dapat bekerja dengan baik dan efisien.

Kata kunci: Inkubator bakteri, sensor suhu, NodeMCU ESP8266, ubidots, SMS.

Abstract

Bacteria are the most abundant organisms on Earth and can be utilized in various fields such as food, research, medicine, and industry. To harness their potential, a bacteria incubator is required to incubate bacteria in microbiology laboratories. However, these machines require expensive components and consume a high amount of electricity (744 Watts). Hence, an economical and low-power bacteria incubator with a web server-based temperature monitoring system named ubidots was designed. This incubator consists of two units controlled by an Arduino Mega microcontroller and DS18B20 temperature sensors to maintain a stable temperature at 37°C. Temperature data is sent to the ubidots web server via ESP8266 to monitor the temperature during the incubation process. With an average $|\%Error|$ temperature sensor reading accuracy of 0.06% and a maximum power of only 26.11 Watts, this bacteria incubator can operate well and efficiently.

Keywords: Bacterial incubator, temperature sensor, NodeMCU ESP8266, ubidots

PENDAHULUAN

Bakteri adalah organisme paling melimpah di Bumi, dengan ukuran berkisar antara 0,5-5 μm dan umumnya bersel tunggal tanpa membran inti sel. Bakteri memiliki peran yang signifikan dalam ekosistem, meskipun ada kelompok bakteri yang merugikan dan menguntungkan. Bakteri merugikan dapat menyebabkan infeksi dan penyakit, sementara bakteri menguntungkan dapat dimanfaatkan dalam berbagai bidang seperti pangan, penelitian, obat-obatan, dan industri. Namun, sebelum bakteri dapat dimanfaatkan, mereka harus dibiakan terlebih dahulu dalam suhu yang sesuai dengan kondisi biologis dan fisik mereka. Untuk memenuhi kebutuhan ini, digunakan alat inkubasi bakteri.

Inkubator digunakan untuk menstimulasi pertumbuhan bakteri pada media atau substrat tertentu. Dalam inkubasi bakteri, timer sangat penting karena setiap spesies bakteri membutuhkan waktu yang berbeda untuk berkembangbiak. Misalnya, jika bakteri membutuhkan waktu 24 jam untuk berkembangbiak, memberikan waktu lebih dari itu dapat menyebabkan kematian bakteri.

Inkubator memainkan peran penting dalam proses inkubasi di laboratorium mikrobiologi. Namun, alat tersebut membutuhkan komponen yang mahal dan memakan daya listrik yang tinggi hingga 744 watt selama penggunaannya. Oleh karena itu, tulisan ini memperkenalkan inkubator bakteri yang lebih terjangkau dan hemat energi. Alat ini terbuat dari bahan yang mudah didapat dan relatif murah. Selain itu, inkubator bakteri baru ini hanya membutuhkan daya listrik yang rendah dan dilengkapi dengan pemantau suhu dan waktu untuk

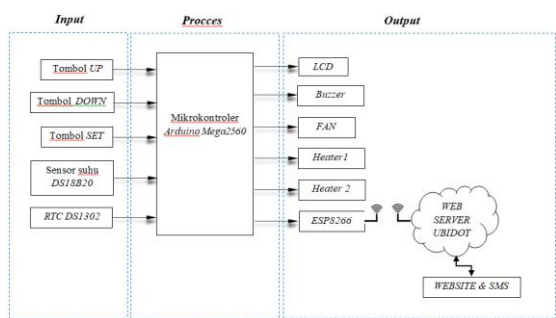
memudahkan penggunaan. Pemantauan dapat dilakukan melalui web server ubidots dan notifikasi akan dikirim melalui SMS dan email. Inkubator bakteri ini ideal untuk pertumbuhan bakteri mesofil, yang tumbuh dengan cepat pada suhu optimum 37°C. Dengan inovasi ini, inkubasi bakteri menjadi lebih efisien dan terjangkau bagi laboratorium mikrobiologi.

METODE

Dalam pembuatan inkubator bakteri, dilakukan pendekatan fungsional dan struktural. Pendekatan fungsional meliputi perancangan perangkat lunak menggunakan Mikrokontroler Atmega2560 dan koneksi ke web server ubidots dengan bahasa Arduino IDE. Sedangkan pendekatan struktural meliputi perancangan mekanis alat dan modul elektronik. Perancangan perangkat keras mencakup desain mekanis dan penempatan komponen dalam inkubator bakteri, sedangkan perancangan perangkat lunak mencakup pembuatan program yang akan diupload ke dalam mikrokontroler Arduino Mega. Dengan demikian, inkubator bakteri yang dirancang memiliki gambaran sistem alat yang lengkap dan terintegrasi seperti pada penjelasan berikut ini:

1. Pendekatan Fungsional

Diagram blok sistem inkubator bakteri dilengkapi dengan suhu dan timer berbasis Web, dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Blok Inkubator Bakteri

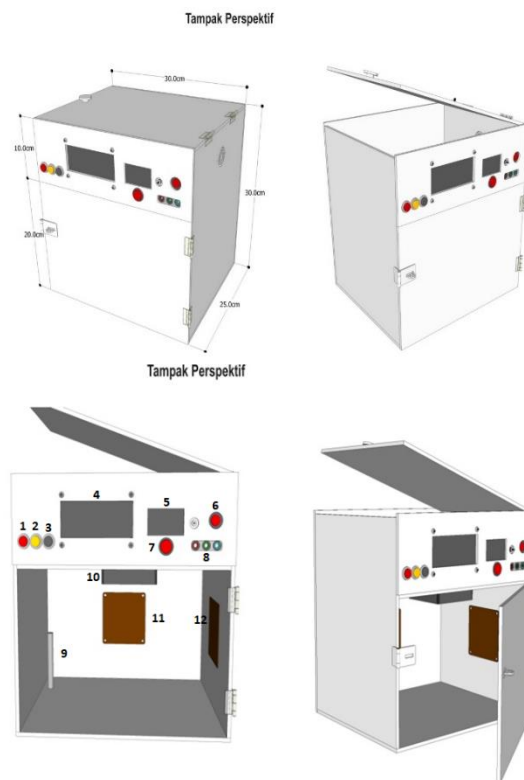
Alat ini beroperasi dengan menggunakan tegangan dari power supply 5-12 DC sebagai sumber utama untuk semua komponen rangkaian. Pengguna dapat mengatur waktu inkubasi dengan menekan tombol up/down dan set pada alat. Setelah pengaturan dilakukan, mikrokontroler ATMEGA2560 akan memberikan perintah kepada heater untuk mengaktifkan proses pemanasan sesuai dengan waktu yang telah ditentukan. Sensor suhu DS18B20 akan membaca suhu di dalam inkubator selama proses pemanasan, dan suhu yang terdeteksi akan ditampilkan pada layar LCD. Selain itu, pengguna juga dapat memantau suhu melalui handphone atau laptop dengan menghubungkannya ke NodeMCU. Ketika proses inkubasi selesai, buzzer akan berbunyi dan notifikasi SMS akan dikirimkan ke handphone atau laptop pengguna melalui web server ubidots sebagai tanda bahwa proses inkubasi bakteri telah selesai.

2. Pendekatan Struktural

Ketika inkubator dinyalakan, mikrokontroler akan menginisialisasi LCD, RTC, dan sensor suhu DS18B20 menggunakan tegangan 5VDC dari power supply. Program akan mulai berjalan dan menampilkan data suhu di dalam inkubator pada LCD. Sensor DS18B20 akan membaca suhu dan memeriksa apakah suhu sudah mencapai suhu optimum 37°C, kurang dari 37°C, atau lebih dari 37°C. Setelah suhu mencapai 37°C, berdasarkan tampilan suhu pada LCD, maka heater dan fan akan dimatikan sesuai dengan pembacaan sensor suhu DS18B20. Setelah itu, sampel bakteri dimasukkan ke dalam inkubator dan timer diatur selama 16 jam. Timer akan mulai berjalan, dan jika waktu yang diatur belum tercapai, mikrokontroler akan menghidupkan kembali heater dan fan untuk menjaga suhu tetap stabil pada 37°C. Namun, jika waktu yang ditentukan telah habis (timer OFF), buzzer akan berbunyi sebagai indikator bahwa waktu telah habis, dan notifikasi SMS akan dikirimkan ke ponsel atau laptop pengguna untuk menginformasikan bahwa proses inkubasi telah selesai.

3. Manufakturing Prototipe

Berikut ini adalah inkubator bakteri yang dilengkapi dengan suhu dan timer berbasis web. ditunjukkan pada Gambar 2.



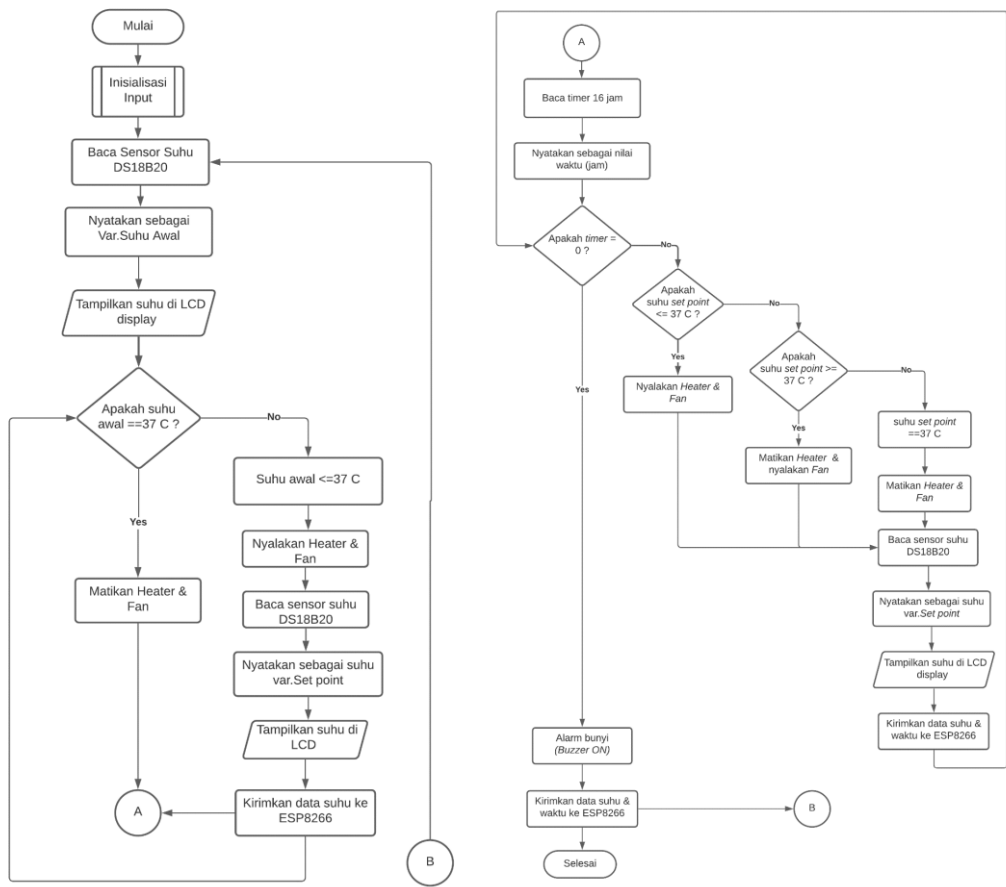
Gambar 2. Inkubator Bakteri

Terlihat pada Gambar 2 modul inkubator bakteri memiliki volume 30 cm x 25 cm x 30 cm. Di ruang inkubasi terdapat 1 rak, dinding bagian belakang dan samping kanan yang digunakan untuk peletakan heater, dinding bagian atas untuk peletakan fan, dinding samping kiri untuk peletakan sensor suhu DS18B20 dan peletakkan cawan petri (sampel bakteri e.coli) di bagian rak tengah yang akan digunakan sebagai proses inkubasi bakteri.

4. Pendekatan Struktural

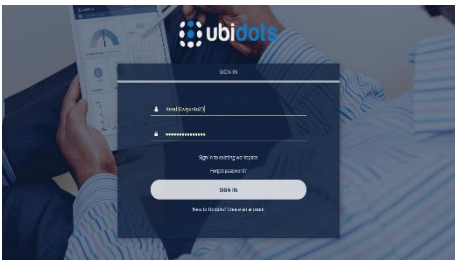
Inkubator dibangun dengan komponen-komponen: heater 12V12W, sensor suhu DS18B20, fan, ATmega2560, LCD, RTC dan buzzer. Cara kerjanya dapat dilihat seperti pada Gambar 3.

Ketika inkubator dinyalakan, mikrokontroler akan melakukan inisialisasi LCD, RTC, dan sensor suhu menggunakan tegangan 5VDC dari power supply. Program akan menampilkan suhu di dalam inkubator melalui LCD dan membaca suhu melalui sensor DS18B20. Jika suhu kurang dari 37°C atau lebih dari 37°C, sensor akan menyesuaikan suhu. Setelah suhu mencapai 37°C, heater12V12W dan fan akan dimatikan. Sampel bakteri dimasukkan ke dalam inkubator dan timer diatur selama 16 jam. Jika waktu belum tercapai, mikrokontroler akan menghidupkan heater12V12W dan mematikan fan agar suhu tetap stabil. Setelah waktu habis, buzzer akan menyala sebagai indikator bahwa proses inkubasi bakteri telah selesai.



Gambar 3 Cara Kerja Inkubator Bakteri

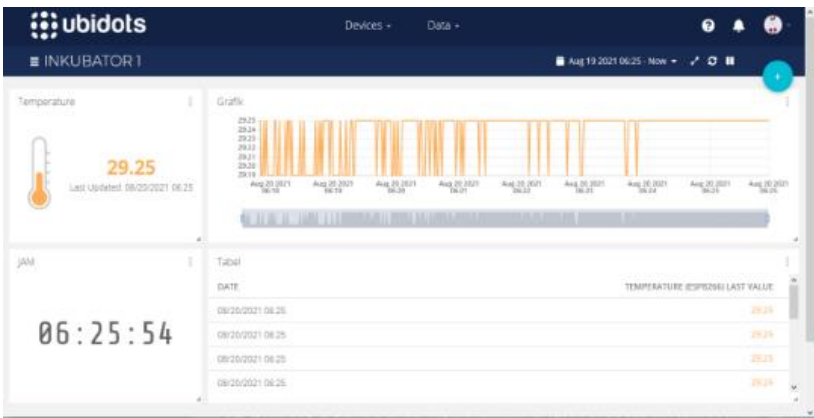
5. Perancangan Web Server Ubidots



Gambar 4. Tampilan halaman utama ubidots

Tujuan dari pembuatan web server adalah untuk memonitor suhu inkubator dan memberikan notifikasi melalui email ketika sampel bakteri telah menyelesaikan waktu inkubasinya. Platform Ubidots digunakan untuk membuat web server ini. Layanan pembuatan web server dari Ubidots dapat diintegrasikan dengan mikrokontroler Arduino Mega 2560 melalui ESP8266. Tampilan halaman utama Ubidots dapat dilihat pada Gambar 4.

Untuk mengirim pesan melalui SMS atau E-mail, bisa dilakukan dengan memilih menu "then actions" dan memilih media "Send SMS" atau "Send E-mail" pada dashboard. Untuk notifikasi melalui SMS, tampilannya dapat dilihat pada Gambar 5.



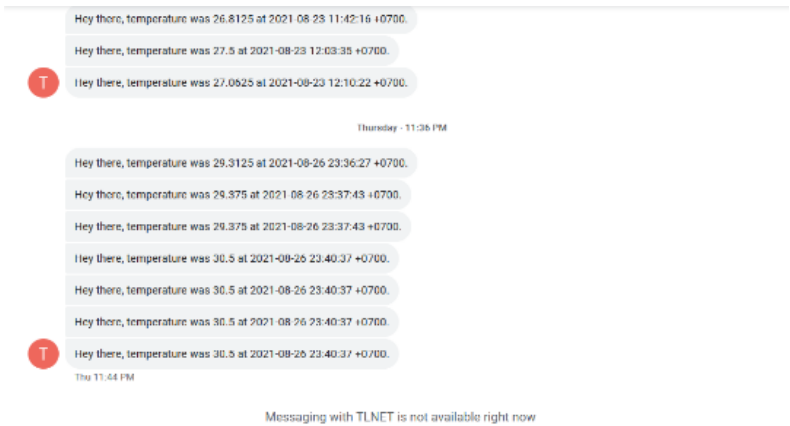
Gambar 5. Tampilan data dan notifikasi pada ubidots

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pengukuran Timer

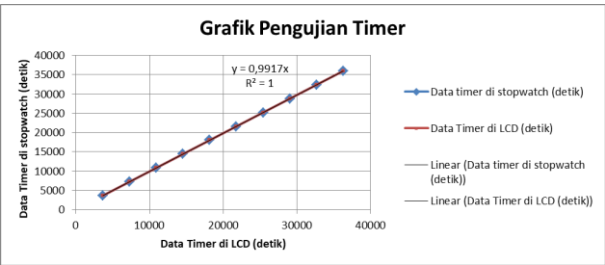
Pengukuran *timer* dilakukan dengan menggunakan *stopwatch handphone* menggunakan waktu dalam satuan detik dengan *range* waktu 1 sampai 10 jam. Pengukuran timer dilakukan sebanyak 10 kali percobaan dengan interval waktu 1 jam.

Tabel 1. Pengukuran *timer* dengan *stopwatch* pada satuan waktu detik.



Data Ke-	Data di stopwatch (detik)	Data di LCD (detik)	error
1	3630	3600	0,82
2	7260	7200	0,82
3	10890	10800	0,82
4	14520	14400	0,82
5	18150	18000	0,82
6	21780	21600	0,82
7	25410	25200	0,82
8	29040	28800	0,82
9	32670	32400	0,82
10	36300	36000	0,82
Rata-rata % Error			0,82

Berikut adalah grafik dari pengukuran timer yang didapat dari Tabel 1, dapat dilihat perubahan waktu sehingga dapat menghasilkan Gambar 6.



Gambar 6. Grafik pengukuran timer

Gambar 6 di atas menunjukkan grafik pengukuran timer dengan interval waktu selama 1 jam, dapat dilihat penunjukan pada stopwatch dan LCD linier dengan koef korelasi $R^2 = 1$. Adapun nilai persentase error sebesar 0,82%. Jadi, dapat disimpulkan bahwa timer yang digunakan pada modul inkubator bakteri telah bekerja dengan baik. Timer bekerja dengan baik.

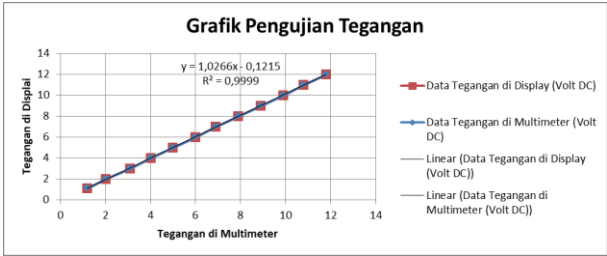
2. Pengukuran Tegangan

Data hasil dari pengukuran tegangan ditunjukkan pada Tabel 2. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan multimeter merk lutron, tegangan DC dibandingkan pada saat diukur langsung pada pembacaan data, terlihat data yang diterima mendekati data yang diinginkan dengan rata-rata $|\%Error|$ adalah 1,5%.

Tabel 2. Pengukuran tegangan pada tampilan display

Data Ke-	Data Multimeter Lutron (Volt DC)	Data LCD (Volt DC)	\% Error
1	1,2	1,1	8,3
2	2	2	0,0
3	3,1	3	3,2
4	4	4	0,0
5	5	5	0,0
6	6	6	0,0
7	6,9	7	1,4
8	7,9	8	1,2
9	8,9	9	1,1
10	9,9	10	1,0
11	10,9	11	0,9
12	11,8	12	1,7
Rata-rata \%Error	1,5		

Grafik pengukuran tegangan dapat dilihat perbedaan tegangan yang terbaca pada tampilan display dengan multimeter lutron yang menghasilkan Gambar 7 berikut :



Gambar 7. Grafik pengukuran tegangan

Gambar 7 menunjukkan bahwa kemiringan garis 1,03 dan nilai korelasi $R^2 = 1$ yang berarti bahwa pengukuran baik.

3. Pengukuran Arus

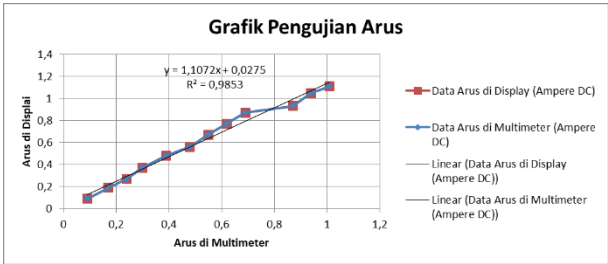
Berikut ini adalah data hasil dari pengukuran arus yang terbaca di *display* inkubator bakteri dengan pembanding menggunakan multimeter *lutron*.

Berdasarkan Tabel 3, nilai yang terbaca di *display* dengan pembanding menggunakan multimeter *lutron* didapatkan arus yang terbaca di multimeter dan di LCD mempunyai persamaan garis $y = 1,1072x - 0,0275$ dan $R^2 = 0,9853$ dapat disimpulkan bahwa pembacaan arus pada *LCD* mempunyai korelasi yg cukup kuat.

Tabel 3. Pengukuran arus pada tampilan LCD

Data Ke-	Data di Multimeter <i>Lutron</i> (Ampere)	Data di LCD (Ampere)
1	0,09	0,09
2	0,17	0,19
3	0,24	0,27
4	0,30	0,37
5	0,39	0,48
6	0,48	0,56
7	0,55	0,67
8	0,62	0,77
9	0,69	0,87
10	0,87	0,93
11	0,94	1,05
12	1,01	1,11

Grafik pengukuran arus pada Tabel 3 dapat dilihat perubahan arus sehingga menghasilkan Gambar 8 berikut:



Gambar 8. Grafik pengukuran arus

4. Pengukuran konektivitas ESP8266

Hasil dari pengukuran tanggapan waktu atau konektivitas ESP8266 dapat dilihat pada Tabel 4 berikut :

Tabel 4. Data hasil pengukuran konektivitas pada ESP8266

Pengukuran ke-1	Pengukuran ke-2	Pengukuran ke-3	Rata-rata
5 ms	5 ms	5 ms	5 ms

Pada Tabel 4 di atas didapatkan rata-rata koneksi dari *board* ESP8266 menuju laptop dalam satu jaringan *client server* sebesar 5 *mili second*, hal ini menunjukkan bahwa konektivitas pada *board* ESP8266 dapat berfungsi dengan baik dan stabil.

5. Pengukuran kecepatan pengiriman data ke Ubidots

Hasil dari pengukuran pengiriman data dari ESP8266 ke web server ubidots dapat dilihat pada Tabel 5 berikut:

Tabel 5. Hasil pengukuran pengiriman data

Serial monitor ESP8266 (°C)	Web Server ubidots (°C)	Waktu pengiriman ESP8266	Waktu terkirim ke ubidots	Delay (detik)
31,94	31,94	11:19:30	11:19:32	2
32,06	32,06	11:19:32	11:19:33	1
32,19	32,19	11:19:33	11:19:34	1
32,25	32,25	11:19:34	11:19:35	1
Rata-rata delay				1,25

Dalam pengukuran ini, dilakukan pengukuran delay dari titik pengiriman ESP8266 ke server tujuan, yakni web server Ubidots. Rata-rata delay waktu pengiriman data dari ESP8266 ke Ubidots yang diperoleh adalah sebesar 1,25 detik. Pengukuran delay ini dilakukan dengan membandingkan waktu pengiriman data awal ke server tujuan.

6. Pengukuran Sensor Suhu DS18B20

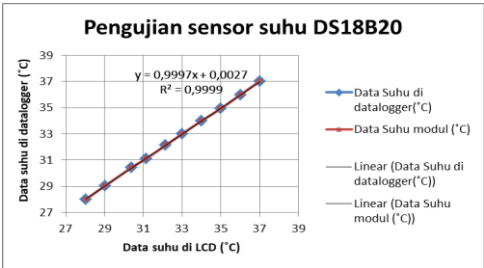
Berikut ini adalah data hasil dari pengukuran sensor suhu DS18B20 yang terbaca di LCD inkubator bakteri dan serial monitor Arduino IDE dengan pembanding menggunakan datalogger hioki, dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Pengukuran Sensor Suhu DS18B20

Data ke-	Data suhu di datalogger Hioki (°C)	Data suhu DS18B20 (°C)	% Error
1	28,03	28,00	0,10
2	29,03	29,04	0,03
3	30,40	30,44	0,13
4	31,15	31,12	0,09
5	32,15	32,13	0,06
6	33,00	33,00	0,00
7	34,00	34,00	0,00
8	35,00	34,94	0,17
9	36,01	36,00	0,00
10	37,00	37,02	0,05
Rata-rata %Error			0,06

Grafik pengukuran suhu menunjukkan perubahan suhu yang terjadi selama penggunaan dua heating pad dengan supply tegangan masukan 12 VDC pada sistem inkubator. Sensor suhu DS18B20 digunakan untuk memantau suhu di ruang inkubasi dan hasil pengukuran menunjukkan bahwa sensor tersebut berfungsi dengan baik. Rata-rata |%Error| adalah 0,06% dan koefisien korelasi mendekati satu, menunjukkan bahwa pengukuran dilakukan dengan baik. Gambar 9 menunjukkan grafik perubahan suhu selama pengukuran.

Gambar 9. Grafik pengukuran sensor DS18B20



7. Pengukuran Daya

Pengukuran daya dilakukan ketika suhu <37o, yaitu fan mati. jangka waktu 16 jam terjadi 6 kali penyalaan heater dengan harga rata-rata daya yang digunakan sebesar 26,11 Watt.

Tabel 7. Pengukuran Daya

Timer (Jam)	Heater 1	Heater 2	FAN	Buzzer	Tegangan (Volt DC)	Arus (Ampere)	Daya (Watt)
0	ON	ON	ON	OFF	11,8	2,18	25,72
0	ON	ON	ON	OFF	11,8	2,18	25,72
1	OFF	OFF	OFF	OFF	11,8	0	0
4	ON	ON	ON	OFF	11,8	2,28	26,9
6	OFF	OFF	OFF	OFF	11,8	0	0
8	ON	ON	ON	OFF	11,8	2,28	26,9
10	ON	ON	ON	OFF	11,8	2,18	25,72
12	OFF	OFF	OFF	OFF	11,8	0	0
15'45"	ON	ON	ON	OFF	11,8	2,18	25,72
16	OFF	OFF	OFF	ON	11,8	0	0

SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian, ruang inkubasi ini dapat berfungsi dengan sangat baik. Hasil suhu rata-rata menunjukkan persentase error yang sangat rendah, hanya sebesar 0,06%. Selain itu, daya yang dibutuhkan selama proses inkubasi juga sangat rendah, hanya sekitar 26,11 watt, yang dapat menghemat daya hingga 96,5% dibandingkan dengan sistem inkubator yang sekarang. Pengatur timer juga berfungsi dengan baik dengan persentase error rata-rata hanya sebesar 0,82%, dan data dapat terkirim secara real-time ke Ubidots dengan delay rata-rata 1,25 detik. Oleh karena itu, sistem monitoring dan notifikasi pada inkubator ini cukup akurat dan efisien.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim, 2015.*Bakteri*. (diakses pada tanggal 30 Desember 2020 pukul 19.00 WIB) <https://id.wikipedia.org/wiki/Bakteri/2015/06>

Anonim. 2007.*Buzzer*. (diakses pada tanggal 02 Januari 2021 pukul 18.30 WIB) <http://elektronika.elektronika.blogspot.co.id/2007/04/buzzer.html?m=1>.

BSN (Badan Standar Nasional).2014.Standar Nasional Indonesia (SNI) 3818:2014.Tentang Bakso Daging. Jakarta.

Dhaffin, A. A. 2017. *Analisis Cemaran Bakteri Coliform Escherischia Coli pada Bubur Bayi Home Industri di Kota Malang dengan Metode TPC dan MPN*. Skripsi. Jurusan Farmasi, Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

NodeMCU ESP8266. (diakses pada tanggal 30 Desember 2020 pukul 19.30 WIB) http://eprints.akakom.ac.id/4894/3/3_143310011_BAB%20II.pdf

Pelczar,M.J and other. 2008, *Dasar-dasar Mikrobiologi*. Jilid kedua. Universitas Indonesia (UI-Press). Jakarta.

Rodiah, Fajar (2018). *Pengisi Gelas Otomatis Bagi Penyandang Tunanetra Menggunakan Sensor Ultrasonik Berbasis Arduino Uno*. Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta. (diakses pada tanggal 02 Januari 2021 pukul 19.30 WIB)

Santhi, D.I., Norma, A. dan Pujiono, W, P. *Sebaran Bakteri Heterotrof, Bahan Organic Total, Nitrat dan Klorofil–A Air Muara Sungai Cipasauran, Serang*. Journal of Maquares. Vol. 6 No. 3.

Smith-Keary P. F. 1988. *Genetic Elements in Escherichia coli*. London: Macmillan Molecular biology series.

Widyastika, D.M. 2008. *Deteksi Bakteri Gram Negatif (Salmonella sp., E. coli dan Coliform) pada Susu Bubuk Skim Impor*. Skripsi. Fakultas Kedokteran Hewan, Institut Pertanian Bogor.