Sistem Monitoring Nyamuk Demam Berdarah dengan Ovitrap Berbasis Internet of Things (IoT)

Andik Yulianto[1], Hadi[2], Ni'matul Ma'muriyah[3]
[1]Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Internasional Batam
[2]Program Studi Teknologi Informasi, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Internasional Batam
Email: [1]andik@uib.ac.id, [2]2032009.hadi@uib.edu, [3]nimatul@uib.ac.id

Abstract. *Dengue Fever (DF) is a infectious disease in tropical areas such as Indonesia. Surveillance activities in the DF control program are crucial to controlling the spread of the disease. One of the forms of surveillance that can be done is to observe the presence of infiltrated strains in an area using an ovitrap. The status of the location and the number of ovitraps used are challenges for the officers. This research proposes an Internet of Things (IoT)-based ovitrap concept, which has been designed to monitor ovitraps that can be accessed flexibly via smartphones or computers. The hardware system consists of an ESP32-cam that collects temperature and humidity data from the DHT11 sensor and the photos of the water condition in the ovitrap with the camera. The data is stored and processed before being sent to the database. Temperature and humidity data is used to see its impact on the number of strands in the ovitrap. The software is also designed to allow users to enter data manually and monitor the results through a web application, with Firebase Firestore Database as a data storage medium. The DHT11 sensor result has an error of 1.44% for humidity data, and 1.25% for temperature data. The overall testing showed the system was able to send the water situation data in the ovitrap, temperature and humidity data to the web server and display the data to the website.*
Keywords: *Dengue Fever, Internet of Things , Ovitrap*

Abstrak. Demam Berdarah Dengue merupakan permasalahan yang sering terjadi didaerah tropis seperti Indonesia. Kegiatan surveilans dalam program pengendalian DBD sangat penting dilakukan untuk mengendalikan penyebaran penyakit. Salah satu bentuk surveilans yang bisa dilakukan adalah observasi keberadaan jentik nyamnuk pada suatu daerah menggunakan ovitrap. Kegiatan observasi dengan ovitrap dilakuakan oleh petugas dengan mencatat keberadaan jentik secara langsung di lapangan secara berkala. Keadaan lokasi dan banyaknya ovitrap yang digunakan merupakan tantangan tersendiri bagi petugas. Penelitian ini mengusulkan konsep ovitrap berbasis *Internet of Things* (IoT), telah dirancang aplikasi monitoring ovitrap yang dapat diakses secara fleksibel melalui smartphone atau komputer. Purwarupa sistem perangkat keras terdiri dari ESP32-cam yang mengumpulkan data temperatur dan kelembaban dari sensor DHT11 serta foto kondisi air dalam ovitrap dengan kamera. Data tersebut kemudian data disimpan dan diproses sebelum dikirim ke *database.* Data temperatur dan kelembaban digunakan untuk melihat pengaruhnya terhadap jumlah jentik dalam ovitrap. Perangkat lunak juga dirancang untuk memungkinkan pengguna memasukkan data secara manual dan memantau hasilnya melalui aplikasi web, dengan Firebase Firestore Database sebagai media penyimpanan data. Hasil sensor DHT11 memiliki *error 1,44%* untuk data kelembaban, dan 1,25% untuk data temperatur. Pengujian keseluruhan menunjukkan sistem dapat mengirimkan data situasi air di ovitrap, data temperatur dan kelembaban ke *webserver* dan menampilkan data tersebut ke *website.*
Kata Kunci: *Demam Berdarah, Internet of Things, Ovitrap, Sistem Monitoring, Sensor DHT-11*

1. Pendahuluan

Demam Berdarah (DBD) terus menjadi ancaman serius di Indonesia khususnya di Batam. Dalam pekan pertama tahun 2024 sudah terdapat 5 kasus demam berdarah di Batam(Batam Pos, 2024). Meskipun jarang berujung fatal, DBD dapat menjadi penyakit mematikan jika tidak ditangani secara efektif. Penyakit ini menyebar melalui gigitan nyamuk *Aedes sp.* betina yang terinfeksi virus *dengue*, dengan perkembangan yang lebih luas di daerah perkotaan dan tanpa pandang usia. Untuk mengatasi masalah ini, langkah utama pencegahan adalah melalui pengendalian populasi nyamuk.

Upaya pencegahan DBD di Indonesia melibatkan Program 3M (Menguras, Menutup, dan Memanfaatkan kembali barang bekas yang berpotensi sebagai wadah perkembangbiakan nyamuk *Aedes*

 ISSN: 2579-566X (Online)
ISSN: 2477-5274 (Print)

sp.), fogging, ovitrap, larvitrap, mosquito trap, serta penanaman tanaman pengusir nyamuk alami seperti tanaman lavender, kantong semar, sereh, dan sebagainya (Aji et al., 2022).

Menurut (Williams et al., 2007) penggunaan ovitrap terbukti efektif menurunkan populasi nyamuk diberbagai negara seperti di Brazil dan Thailand. Keunikan ovitrap terletak pada fleksibilitas penggunaannya, memungkinkan penggunaan wadah dan jaring yang terjangkau, bahkan dapat menggunakan barang bekas. Selain itu, ovitrap merupakan solusi ramah lingkungan karena tidak melibatkan penggunaan bahan kimia seperti pada *fogging*. Fungsinya sebagai pengontrol populasi nyamuk *Aedes sp.* membantu memutus rantai kehidupan nyamuk di dalam air.

Ovitrap dapat digunakan sebagai instrumen analisis untuk mengetahui tingkat populasi nyamuk. Untuk dapat melakukan analisis tersebut maka seorang petugas melakukan observasi dengan cara mengamati secara langsung ovitrap yang dipasang ke lapangan setiap minggu (Cahyati et al., 2016). Petugas akan mencatat kondisi temperatur, kelembaban dan jumlah telur atau jentik yang ada pada ovitrap tersebut dalam sebuah lembar observasi. Namun demikian, kondisi maupun lokasi yang berjauhan membuat observasi ini terkadang sulit untuk dilakukan.

Seiring perkembangan jaman, teknologi semakin berkembang pesat dan dapat memudahkan manusia dalam beraktifitas. Salah satunya adalah IoT (*Internet of Things*) yang merupakan konsep untuk menghubungkan manfaat dari konektifitas internet secara terus menerus yang banyak diterapkan di berbagai bidang. Jumlah perangkat IoT yang terhubung dan peralatan komputasi yang dibutuhkan untuk memproses data yang dihasilkan secara cerdas meningkat secara eksponensial (Damsgaard et al., 2024). Salah satu contoh penggunaan IoT adalah sistem monitoring budidaya ikan lele berbasis IoT menggunakan raspberry Pi dengan sensor keasaman (PH), sensor *temperature* dan sebuah relay untuk mengatur aerator oksigen air (Rohadi et al., 2018). Selain itu dapat juga diterapkan sebagai sistem notifikasi kedatangan bus (Yulianto & Gian Goewin, 2022)atau prototipe kontrol irigasi (Indriyani & Ruswiansari, n.d.). Penerapan IoT dalam ovitrap juga sudah dilakukan pada penelitian (Isa et al., 2019). Pada penelitian ini ovitrap yang dilengkapi sensor laser dan hanya digunakan untuk mendeteksi jumlah nyamuk dewasa sedangkan temperatur dan kelembaban dan jentik pada air ovitrap tidak dideteksi.

Berdasarkan latar belakang di atas pada penelitian ini konsep ovitrap berbasis IoT dihadirkan sebagai solusi inovatif. Pada penelitian ini dirancang ovitrap berbasis IoT untuk memonitor secara otomatis kelembaban, temperatur, dan menghitung Angka Bebas Jentik & *Container Index*, mempermudah pengawasan terkhusus pengawasan lebih dari satu *ovitrap.*

2. Kajian Pustaka

Penelitian yang dilakukan oleh (Mohammed & Chadee, 2011) menunjukkan bahwa kelembaban sebesar 80% merupakan kondisi yang optimal bagi perkembangan nyamuk dari tahap pradewasa hingga dewasa. Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh (Joshi et al., 2002), yang menemukan bahwa rentang kelembaban antara 80-85% mendukung pertumbuhan nyamuk dewasa dan produksi telur. Temuan ini juga konsisten dengan penelitian oleh (Hlaing Myat Thu et al., 1998) yang menunjukkan bahwa penyebaran virus DBD pada nyamuk *Aedes aegypti* terus meningkat hingga hari ke-17 ketika kelembaban berada dalam rentang 87-90%.

Nilai temperatur dan kelembaban suatu daerah juga menjadi parameter yang diamati untuk melihat korelasinya dengan kasus DBD. Dalam penelitian (Emilia Chandra, 2019) meneliti tentang korelasi temperatur, kelembaban dan DBD, di mana hasilnya tidak ada korelasi antara temperatur dengan DBD, tetapi ditemukan korelasi sedang dengan kelembaban sekitar 48%. Dalam penelitiannya disebutkan bahwa semakin rendah tingkat kelembaban, semakin tinggi kasus DBD. Semakin tinggi curah hujan maka semakin tinggi juga kasus DBD (Emilia Chandra, 2019). Hal ini didukung oleh penelitian (Nirmala et al., 2012).

Penggunaan *ovitrap* memerlukan pengawasan yang intensif dari hari-hari hingga per minggu karena daur hidup nyamuk dari telur hingga menjadi dewasa hanya 9-10 hari (Kementerian Kesehatan RI, 2021). Selain diperlukan pengawasan yang intensif, penggunaan ovitrap lebih baik dalam jumlah

banyak karena salah satu fungsinya sebagai observasi vektor DBD. Dalam penggunaan ovitrap, terdapat berbagai macam metode analisis yang bisa digunakan untuk pengendalian vektor DBD yaitu analisis telur nyamuk. Menurut standar WHO (*World Health Organization*) analisis dilaksanakan menggunakan penghitungan indeks larva yang terdiri dari Angka Bebas Jentik (ABJ), *Container Index* (CI), *House Index* (HI) dan *Breteau Index*. Dalam analisis ABJ, CI, HI, maupun BI, ada *Ovitrap Index* yang kurang lebih sama, yaitu ada atau tidaknya jentik menjadi pengaruh besar untuk melakukan observasi tersebut seperti yang ditunjukkan pada Persamaan (1).

$$Ovitrap_{index} = \frac{Jumlah\ ovitrap\ dengan\ telur}{Jumlah\ ovitrap\ yang\ ada} \tag{1}$$

Setelah itu ada survei jentik/larva, terdapat beberapa analisis yang bisa dihitung yaitu *Angka Bebas Jentik (ABJ), Container Index (CI), House Index (HI),* dan B*reteau Index (BI)* seperti yang ditunjukkan pada Persamaan (2-3) (Nurhidayah et al., 2022). Masing-masing memiliki persamaan sebagai berikut:

$$ABJ = \frac{Jumlah\ rumah\ yang\ tidak\ ditemukan\ jentik}{Jumlah\ rumah\ yang\ diperiksa} \times 100\% \tag{2}$$

$$CI = \frac{Jumlah\ wadah\ ditemukan\ jentik}{Jumlah\ wadah\ diperiksa} \times 100\% \tag{3}$$

$$HI = \frac{Jumlah\ rumah\ ditemukan\ jentik}{Jumlah\ rumah\ yang\ diperiksa} \times 100\% \tag{4}$$

$$BI = \frac{Jumlah\ wadah\ ditemukan\ jentik}{Jumlah\ rumah\ yang\ diperiksa/100} \tag{5}$$

Peningkatan fungsionalitas ovitrap konvensional melalui penelitian telah dilakukan terutama dalam hal pendeteksian keberadaan nyamuk. Hal ini dilakukan untuk mempelajari bagaimana perilaku nyamuk, pertumbuhannya dan penyebarannya sehingga populasinya dapat dikendalikan. Pendeteksian keberadaan nyamuk dapat dilakukan dimulai masih dalam bentuk telur, jentik hingga nyamuk dewasa. Pada penelitian (Chen et al., 2014) nyamuk dapat diklasifikasikan berdasarkan suara yang dihasilkan pada saat nyamuk dewasa terbang. Selanjutnya pada (Johnson et al., 2018) mikrokontroler Arduino dan *magnetic speaker* digunakan untuk menghasilkan suara dengan frekuensi 484 Hz untuk menarik nyamuk *Aedes aegypti* masuk dalam perangkap. Pada penelitian (Isa et al., 2019) telah dirancang ovitrap dilengkapi dengan sensor laser pendeteksi dan penghitung jumlah nyamuk untuk kemudian hasilnya dikirimkan melalui internet dan ditampilkan pada aplikasi Blynk. Ovitrap yang dirancang dapat menghitung nyamuk dewasa, namun tidak dilengkapi sensor untuk mendeteksi atau menghitung jumlah jentik. Dengan demikian indeks larva tidak dapat dihitung. Teknologi berbasis citra juga digunakan untuk meningkatkan fungsionalitas ovitrap dalam mendeteksi nyamuk dewasa seperti pada (Wang et al., 2020). Pada penelitian ini berhasil menghitung jumlah nyamuk, namun demikan sistem ini menggunakan teknik *optical sensing* yang cukup kompleks sehingga skalabilitasnya menjadi terbatas.

Pada penelitian ini kami mengembangkan *prototype* perangkat keras monitoring ovitrap berbasis IoT dan *website* yang bisa diakses secara fleksible dengan *smartphone* maupun komputer. Sistem yang dikembangkan dapat mengirimkan foto jentik untuk kemudian dianalisis lebih lanjut. Sistem juga mengambil nilai temperatur dan kelembaban untuk mengamati hubungan antara dua parameter tersebut dengan jumlah jentik nyamuk. Penelitian ini fokus pada pengembangan perangkat IoT untuk meningkatkan fungsionalitas ovitrap konvensional untuk mendukung observasi .

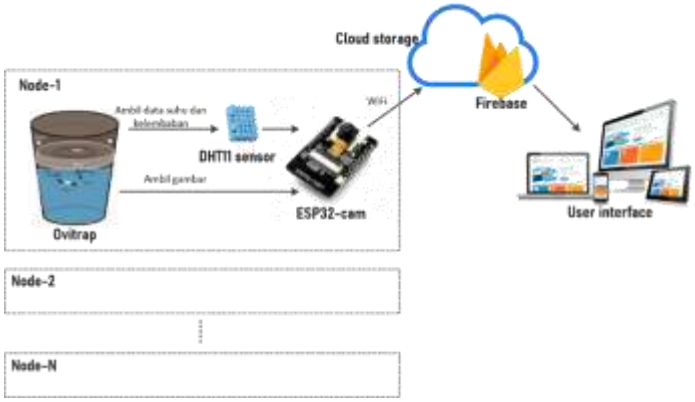
 ISSN: 2579-566X (Online)
ISSN: 2477-5274 (Print)

3. Metode Penelitian

Diagram blok dari sistem ovitrap berbasis IoT yang kami usulkan dapat dilihat pada Gambar 1. Tahap pertama dalam penelitian ini adalah perancangan perangkat keras IoT yang melibatkan penggunaan sensor kelembaban, sensor *temperature*, dan modul ESP32-cam. Setelah perangkat keras dirangkai kemudian dilanjutkan dengan pemrograman modul ESP32-cam.

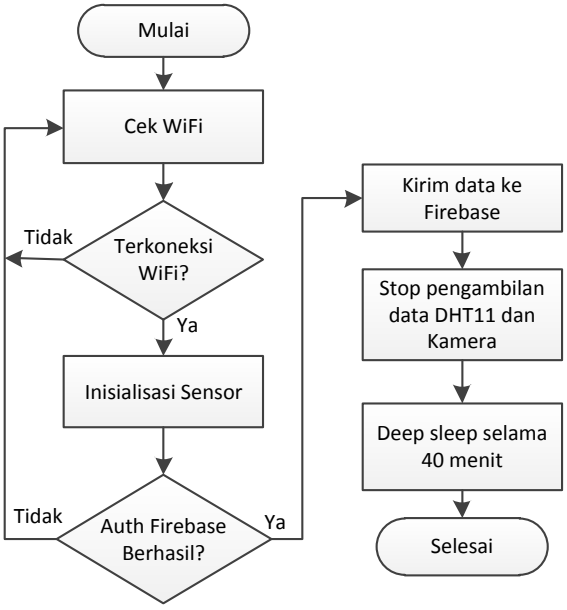
Sistem yang dibangun dapat menerima data yang dikirim dari satu atau lebih *node* ovitrap. Dalam setiap *node* terdiri dari ovitrap yang dilengkapi dengan sensor dan ESP32-cam. Untuk membedakan setiap *node*, maka setiap *node* diberikan ID (*identity*) yang unik. Data yang dikirimkan dari node ke *webserve*r dalam bentuk JSON dengan format tertentu agar memudahkan pemilahan data pada sisi server.

Selanjutnya pada perancangan *webserver* melibatkan perancangan *database* dan pengaturan konfigurasi layanan *database* Firebase serta perancangan *website*. *Website* ini digunakan untuk memonitor hasil pengukuran *temperature* dan kelembaban ovitrap, serta untuk menampilkan foto hasil tangkapan kamera. Tahapan berikutnya pengujian perangkat keras dan komunikasi antara perangkat keras dengan *webserver*.



Gambar 1. Diagram Blok Sistem Ovitrap Berbasis IoT

3.1. Alur pengiriman data



Gambar 2. Alur Pengiriman Data

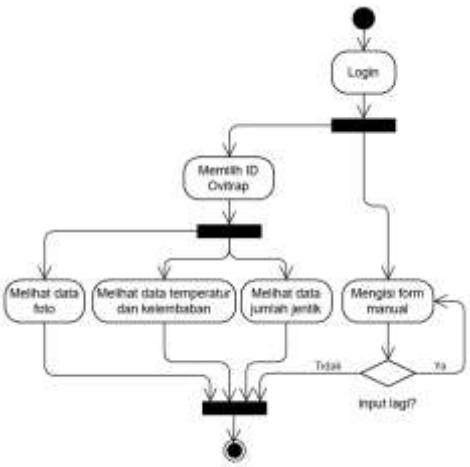
Gambar 2 alur pengiriman data, Perangkat ovitrap terdiri dari sensor DHT11 yang berfungsi mengambil data *temperature* dan kelembaban yang ada di dalam ovitrap. Pengambilan foto kondisi air dalam ovitrap menggunakan kamera yang terpasang pada ESP32-cam kemudian data tersebut dikirimkan ke *webserver* dalam durasi 40 menit sekali. Untuk mengirimkan data ESP32-cam harus terhubung ke WiFi yang tersedia dalam jangkauan ESP32-cam. Jika sistem gagal mendapatkan koneksi WiFi maka sistem akan diset ke mode *deep-sleep* kemudian akan mencari koneksi lagi 5 menit kemudian. Setelah sukses mendapatkan koneksi WiFi selanjutnya sistem akan melakukan proses autentifikasi ke *database* Firebase, jika berhasil selanjutnya akan mengirimkan paket data. Setelah sukses mengirimkan data selanjutnya pengambilan data dihentikan dan ESP32-cam berada dalam keadaan *deep-sleep* selamat 40 menit, hal ini dimaksudkan agar menghemat penggunaan daya baterai.

Agar data yang dikirimkan dapat dibedakan asalnya, maka data dikirimkan beserta dengan Ovitrap-ID yang unik dalam format JSON. Adapun format JSON dari data yang dikirimkan seperti contoh pada Gambar 3. Data terdiri dari (1) *ovitrap_id*, sebagai identitas ovitrap, (2) *clock*, merupakan waktu pengambilan data, (3) *temperatur*e, untuk nilai temperatur, (4) date, merupakan tanggal pengambilan data, (5) *humidity*, untuk nilai kelembaban, (6) *createTime*, untuk waktu dan tanggal pembuatan data document, dan (7) *updateTime*, untuk waktu dan tanggal *update document*.


```
{
  "name": "projects/esp32-try-16cf7/databases/(default
    )/documents/esp32-try/2024-3-18,18:55:13",
  "fields": {
    "ovitrap_id": {
      "doubleValue": 2
    },
    "clock": {
      "stringValue": "18:55:13"
    },
    "temperature": {
      "doubleValue": 31
    },
    "date": {
      "stringValue": "2024-3-18"
    },
    "humidity": {
      "doubleValue": 89
    }
  },
  "createTime": "2024-03-18T11:55:16.240590Z",
  "updateTime": "2024-03-18T11:55:16.240590Z"
}
```


Gambar 3. Contoh format data JSON yang dikirim ke *webserver*

3.2. Perancangan *Website Monitoring*



Gambar 4. *Activity Diagram* Website Monitoring Ovitrap

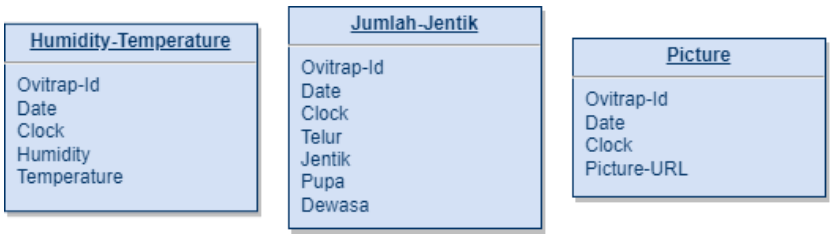
 ISSN: 2579-566X (Online)
ISSN: 2477-5274 (Print)

Gambar 4 menunjukkan diagram aktifitas pada aplikasi website monitoring ovitrap. Pada saat aplikasi web dijalankan dan aktivitas login berhasil, aplikasi akan melakukan inisialisasi untuk tampilan web awal yang terdiri dari 2 menu, yaitu Manual Input atau pemilihan Ovitrap-ID.

Pada halaman awal setelah login user dapat memilih Ovitrap-ID mana yang akan dilihat datanya. Ovitrap-ID juga menunjukkan jumlah ovitrap yang telah terpasang dan mengirimkan data pada *webserver*. Pada saat salah satu Ovitrap-ID dipilih, sistem akan mulai untuk mengambil data dari database dan menampilkannya ke halaman web. Data tersebut meliputi data kelembaban, *temperature*, jumlah jentik, dan foto keadaan air ovitrap. Tampilan hasil perhitungan parameter ABJ (Angka Bebas Jentik) dan CI (*Container Index*) juga dapat dilihat pada halaman *website*. Perhitungan ini didapat ketika jumlah jentik telah dimasukkan ke dalam *database*. Data parameter kelembaban, *temperature* dan foto diambil dari ESP32-cam secara otomatis dan berkala setiap 40 menit sekali. Sedangkan jumlah jentik, pupa dan nyamuk dewasa didapat berdasarkan *input* manual oleh operator setelah mengamati foto yang dikirim oleh ESP32-cam. Untuk keperluan ini, kami merancang formulir untuk memasukkan nilai-nilai tersebut secara manual.

3.4. Perancangan Database

Pada tahap ini dilakukan perancangan dan pengaturan *webserver* untuk menyimpan data hasil pengukuran *temperature* dan kelembaban pada ovitrap, serta data gambar hasil tangkapan kamera. Pada penelitian ini kami menggunakan layanan database *webserver* Firebase dari Google. Layanan Firebase memiliki beberapa fitur yang memudahkan kita untuk mengembangkan aplikasi yang memanfaatkan *cloud database*. *Database* pada Firebase berbasis NoSQL yang memiliki kapabilitas untuk melakukan *update* data secara *real-time* dari IoT ke *database* dan dari *database* ke Web Application. NoSQL adalah *database* yang tidak perlu terikat pada relasi suatu *table* dan memiliki berbagai macam jenis seperti Key to Value, Column Family, Graph, dan Document. Pada penelitian ini kami menggunakan jenis Document, untuk menyimpan data kelembaban, *temperature*, Jumlah jentik dan foto.

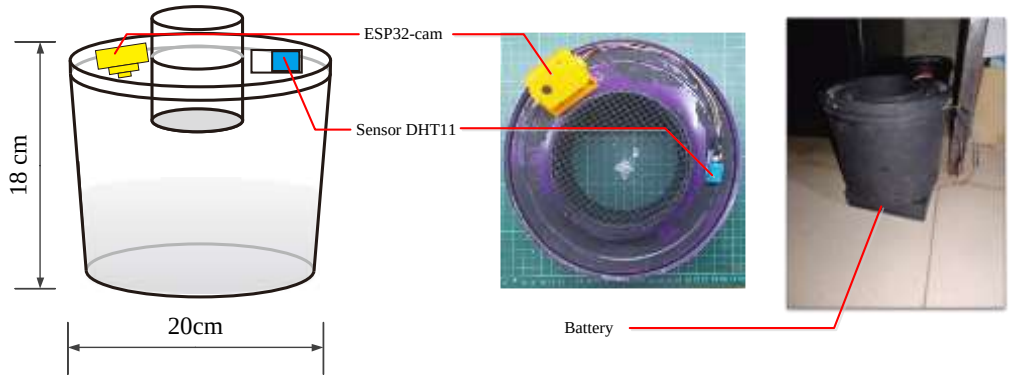


Gambar 5. Desain Tabel *Database*

Gambar 5 desain tabel *database*, pada document Humidity-Temperature, terdapat 5 field yaitu Ovitrap-ID, Date, Clock, Humidity, dan *Temperature*. Document Jumlah-Jentik memiliki 7 field yaitu Ovitrap-ID, Date, Clock, Telur, Jentik, Pupa, dan Dewasa. Pada Picture terdapat 4 field yaitu Ovitrap-ID, Date, Clock, dan Picture-URL. Meskipun terdapat 3 field yang identik, tetapi pengambilan untuk field Date dan Clock tidak dilakukan secara bersamaan, sehingga semua dipisah menjadi 3 document.

4. Hasil dan Pembahasan

Hasil perancangan perangkat ovitrap berbasis IoT dapat dilihat pada Gambar 6. Kami menggunakan ember ovitrap dengan diameter 20cm dan tinggi sekitar 18cm. Ovitrap dipilih dengan warna hitam karena warna hitam sudah terbukti memiliki kelebihan dibandingkan warna lain untuk memikat perhatian nyamuk (Khansa et al., n.d.).



Gambar 6. Prototipe Ovitrap Berbasis IoT (posisi pemasangan ESP32-cam dan DHT11)

Gambar 6 menggambarkan perangkat keras elektronik IoT dipasang pada tutup ovitrap bagian dalam sehingga memungkinkan kamera pada ESP32-cam dapat mengambil foto kondisi air dalam ovitrap. Perangkat IoT terhubung dengan internet melalui WiFi disekitar perangkat. ESP32-cam mendapatkan sumber tenaga dari dua buah baterai Li-Ion masing-masing dengan kapasitas 3.7V 2000 mAh dapat bertahan lebih dari dua minggu. Hal ini dikarenakan sistem hanya menggunakan energi yang besar setiap 40 menit sekali yaitu pada saat mengambil data dan mengirimkannya ke *cloud storage* dan database. Setelah proses pengiriman data sistem diatur berada pada keadaan *deep-sleep*.

4.1. *Website* monitoring ovitrap

Aplikasi *website* monitoring ovitrap dibangun menggunakan Integrated Development Environment (IDE) Stackblitz. Fungsi dalam aplikasi ditulis menggunakan Javascript sedangkan tampilan *website* ditulis menggunakan HTML. Berikut merupakan halaman-halaman yang terdapat dalam aplikasi web monitoring ovitrap berbasis IoT.

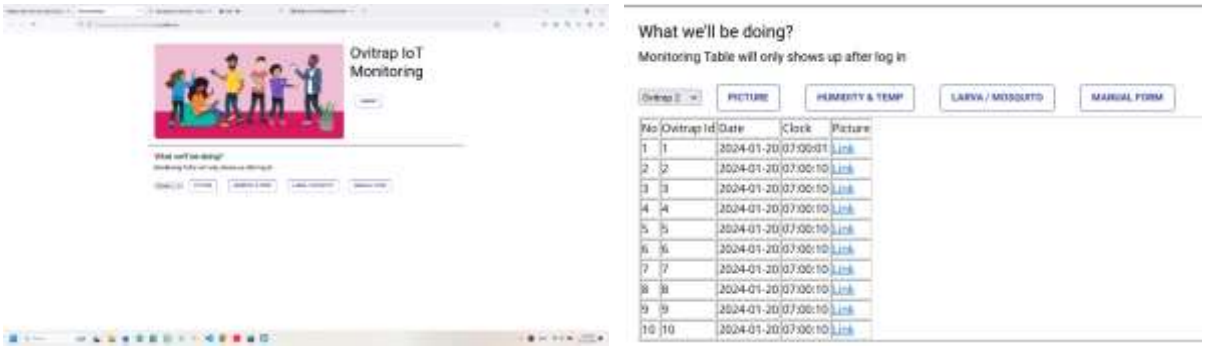


(a) (b)

Gambar 7. (a) Halaman *Home* dan (b) halaman *Login*

Pada Gambar 7(a) terdapat tampilan Halaman *Home* sebagai titik awal, dengan menekan tombol "Login", pengguna bisa melakukan *login* seperti pada Gambar 7(b) sehingga hanya orang tertentu yang bisa mengakses aplikasi. Data yang diperlukan untuk mengakses aplikasi ini merupakan *email* dan *password*. Setelah data yang diperlukan sudah di masukkan, kemudian tekan *login* untuk memulai proses validasi data. Jika data yang di masukkan oleh *user* valid, maka akan masuk ke halaman utama, sedangkan jika tidak valid maka akan tetap berada di halaman *login* dengan notifikasi bahwa *login* gagal.

 ISSN: 2579-566X (Online)
ISSN: 2477-5274 (Print)



(a) (b)

Gambar 8. (a) Halaman Utama, dan (b) halaman *Picture*

Pada Gambar 8(a) terdapat tampilan Halaman Utama sebagai titik awal dari aplikasi setelah melakukan *login* aplikasi. Halaman ini memuat 1 buah tombol pilihan & 4 buah tombol menu. Yang pertama dari kiri adalah tombol pilihan untuk Ovitrap-ID, pengguna bisa memilih berdasarkan Ovitrap-ID sehingga memungkinkan pengguna untuk melakukan pengawasan lebih dari satu ovitrap. Pada Gambar 8(b) terdapat tampilan Halaman *Picture* (gambar) sebagai tempat untuk mencari *record* foto dari kondisi air dalam ovitrap. Dalam tabel terdapat kolom nomor Ovitrap-ID, tanggal, jam dan tautan menuju foto ovitrap. Halaman ini berguna untuk mempermudah pengguna menentukan ABJ atau CI secara *remote*.



Gambar 9. Halaman populasi

Pada Gambar 9 terdapat tampilan Halaman Populasi sebagai tempat untuk mencari *record* perhitungan telur, jentik, pupa, dan nyamuk dari masing-masing ovitrap. Dalam gambar terdapat 10 ovitrap dan juga 10 ovitrap yang memiliki jentik di dalamnya. Sehingga dapat dihitung nilai ABJ = 0% dan CI sebesar 100%:



Gambar 10. Halaman *Manual Input*

Pada Gambar 10 terdapat tampilan Halaman *Manual Input* yang bisa digunakan untuk memasukkan value yang penting seperti memasukkan foto, temperatur, kelembapan dan jumlah populasi telur, jentik, pupa dan dewasa. Pada Gambar 11 terdapat tampilan Halaman Humidity & *Temperature* sebagai tempat untuk melihat data kelembaban dan temperatur sebuah ovitrap.



Gambar 11. Halaman Humidity & *Temperature*

Pengujian sistem

Pengujian awal dilakukan dengan mengamati keluaran dari ESP32-cam pada *serial monitor* di Arduino IDE. Gambar 12 menunjukkan *log* sistem pada saat dijalankan. Tampak bahwa sistem dapat mengirimkan data dalam format JSON ke *webserver*. Setelah mengirimkan data sistem berada pada keadaan *deep sleep.*

 ISSN: 2579-566X (Online)
ISSN: 2477-5274 (Print)



Gambar 12. Hasil keluaran ESP32-cam pada serial monitor

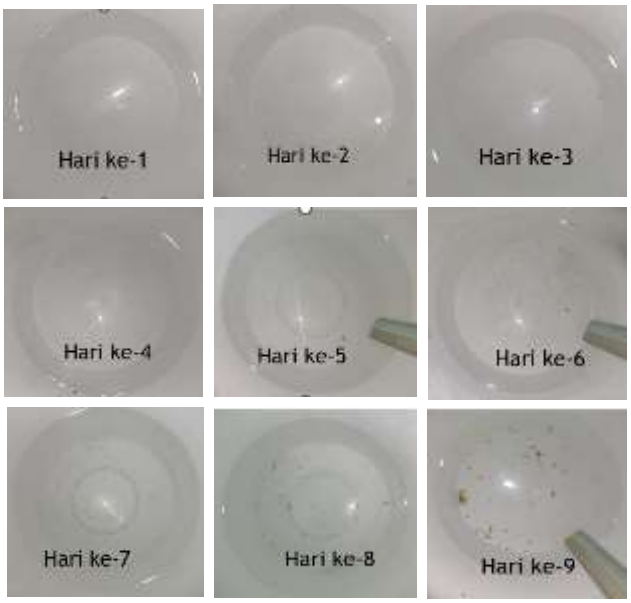
Selanjutnya pengujian sensor DHT11 dilakukan untuk mengetahui seberapa akurat pengambilan data kelembaban dan temperatur pada ovitrap. Kami membandingkan hasil pembacaan sensor DHT11 dengan alat ukur termometer dan higrometer standar. Pada Tabel 1 ditunjukkan bahwa error rata-rata pengambilan data kelembaban sebesar 1,44% dan data temperatur sebesar 1,25%.

Tabel 1. Hasil Pengujian Sensor DHT11

Percobaan	DHT11		Alat ukur		Error (%)	
	Kelembaban	Temperatur	Kelembaban	Temperatur	Kelembaban	Temperatur
1	71	30,7	72	31,2	1,39	1,60
2	90	30,4	92	31	2,17	1,94
3	95	30,4	94	31	1,06	1,94
4	89	31,9	89	32	0	0,31
5	83	32,2	82	32	1,22	0,63
6	72	31,5	70	31	2,86	1,61
7	70	31,5	69	31	1,45	1,61
8	69	31,6	69	31	0	1,94
9	67	31,6	68	31	1,47	1,94
10	70	31,7	69	32,2	1,45	1,55
11	71	31,8	72	32,3	1,39	1,55
12	68	32,1	70	32	2,86	0,31
13	70	32	71	32	1,41	0
14	71	32,3	70	32	1,43	0,94
15	69	32,3	70	32	1,43	0,94
			Rata-rata		1,44	1,25

Kegiatan pengujian selanjutnya dilakukan dengan menaruh ovitrap di sekitar perumahan dengan waktu dari 4 September 2023 hingga 4 Januari 2024 dalam durasi 4 bulan menggunakan 4 titik ovitrap. Setiap titik ovitrap merupakan 4 tempat acak yang masih terjangkau dengan jaringan internet. Gambar 13 menunjukkan hasil pengambilan data foto kondisi air dalam salah satu ovitrap. Pada pengambilan

foto pada salah satu ovitrap hari pertama tampak bahwa air dalam ovitrap masih bersih, kemudian pada hari ke-6 air mulai tampak ada jentik hingga hari ke-9 menjadi pupa.



Gambar 13. Hasil tangkapan kamera dari hari 1 ke 9

5. Kesimpulan

Sistem ovitrap berbasis Internet of Things (IoT) yang telah dirancang memanfaatkan modul ESP32-cam dan sensor DHT11. Hasil pengujian sensor DHT11 menunjukkan terdapat *error* rata-rata 1,44% pada hasil pembacaan data kelembaban, dan 1,25% pada hasil pembacaan data temperatur. Sistem telah berhasil mengirimkan data hasil pengamatan berupa temperatur, kelembaban, foto & jumlah jentik dapat di tampilkan di halaman website sehingga petugas bisa mengakses secara *online*. Foto hasil pengambilan gambar keadaan air dalam ovitrap memiliki kualitas yang kurang baik sehingga terkadang sulit untuk dilakukan penghitungan jentik. Untuk itu pengembangan sistem berikutnya dapat menggunakan kamera yang memiliki resolusi yang lebih tinggi dan tingkat pencahayaan yang lebih baik sehingga bisa didapatkan hasil foto yang lebih baik. Jika didapatkan foto yang lebih baik, tidak menutup kemungkinan sistem dapat ditambahkan pemrosesan citra (*image processing*) terintegrasi sehingga penghitungan jentik nyamuk dapat dilakukan secara otomatis. Hasil pengujian juga menunjukkan bahwa sistem ini dapat beroperasi secara efektif, dengan perangkat *multi-node* yang dapat bekerja dengan baik serta mampu mentransfer data secara lancar.

Referensi

Aji, R., Agussalim, A., & Yasmistada, G. (2022). *MODEL ALAT OVITRAP PENGENDALI NYAMUK Keperawatan Komunitas Efektifitas Modifikasi Ovitrap Perangkap Nyamuk*. https://scholar.google.com/scholar?hl=id&as_sdt=0,5&q=model+alat+ovitrap+pengendalian+nyamuk#d=gs_qabs&t=1655867016886&u=%23p%3DzaJgAX7KQLcJ

Batam Pos. (2024). *Waspada Kasus DBD di Musim Hujan, Awal Januari 2024 Sudah Ada 5 Kasus DBD*. https://batampos.jawapos.com/infokota/09/01/2024/waspada-kasus-dbd-di-musim-hujan-awal-januari-2024-sudah-ada-5-kasus-dbd/

Cahyati, W. H., Sukendra, D. M., Santik, Y. D. P., Alamat, ∗, Ilmu, J., & Masyaraka, K. (2016). *330 UJPH 5 (4) (2016) PENURUNAN CONTAINER INDEX (CI) MELALUI PENERAPAN OVITRAP DI SEKOLAH DASAR KOTA SEMARANG Info Artikel*. http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ujph

Chen, Y., Why, A., Batista, G., Mafra-Neto, A., & Keogh, E. (2014). Flying Insect Classification with Inexpensive Sensors. *Journal of Insect Behavior*, *27*(5), 657–677. https://doi.org/10.1007/s10905-014-9454-4

Damsgaard, H. J., Grenier, A., Katare, D., Taufique, Z., Shakibhamedan, S., Troccoli, T., Chatzitsompanis, G., Kanduri, A., Ometov, A., Ding, A. Y., Taherinejad, N., Karakonstantis, G., Woods, R., & Nurmi, J. (2024).

Adaptive approximate computing in edge AI and IoT applications: A review. *Journal of Systems Architecture*, 103114. https://doi.org/10.1016/j.sysarc.2024.103114

Emilia Chandra. (2019). PENGARUH FAKTOR IKLIM, KEPADATAN PENDUDUK DAN ANGKA BEBAS JENTIK (ABJ) TERHADAP KEJADIAN DEMAM BERDARAH DENGUE (DBD) DI KOTA JAMBI. *Jurnal Pembangunan Berkelanjutan*, *1*(1), 1–15.

Hlaing Myat Thu, Khin Mar Aye, & Soe Thein. (1998). The Effect of Temperature and Humidity on Dengu Virus Propagation in Aedes Aegypti Mosquitos. *The Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health*, *29*(2), 280–284.

Indriyani, T., & Ruswiansari, M. (n.d.). *Kontrol Jarak Jauh Sistem Irigasi Sawah Berbasis Internet Of Things (IoT)*.

Isa, I., Ishak, A. R., Dom, N. C., Mohamed, Z., & Anuar, M. A. (2019). An IoT-based ovitrap system applied for aedes mosquito surveillance. *International Journal of Engineering and Advanced Technology*, *9*(1), 5752–5758. https://doi.org/10.35940/ijeat.A3058.109119

Johnson, B. J., Rohde, B. B., Zeak, N., Staunton, K. M., Prachar, T., & Ritchie, S. A. (2018). *A low-cost, battery-powered acoustic trap for surveilling male Aedes aegypti during rear-and-release operations*. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0201709

Joshi, V., Mourya, D. T., & Sharma, R. C. (2002). Persistence of dengue-3 virus through transovarial transmission passage in successive generations of Aedes aegypti mosquitoes. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, *67*(2 SUPPL.), 158–161. https://doi.org/10.4269/ajtmh.2002.67.158

Kementerian Kesehatan RI. (2021). *Stategi Nasional Penanggulangan Dengu 2021-2025*.

Khansa, A. A., Ramadhanty, N. A., & Suryanda, A. (n.d.). *PREFERENSI NYAMUK (Aedes sp.) TERHADAP BERBAGAI WARNA Ovitrap SEBAGAI PENGENDALIAN POPULASI*.

Mohammed, A., & Chadee, D. D. (2011). Effects of different temperature regimens on the development of Aedes aegypti (L.) (Diptera: Culicidae) mosquitoes. *Acta Tropica*, *119*(1), 38–43. https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2011.04.004

Nirmala, F., Layaly, N. S., & Ode Azim, L. L. (2012). Korelasi Faktor Iklim, Kepadatan Penduduk, Dan Angka Bebas Jentik (ABJ) Terhadap Kejadian Demam Berdarah Dengue (DBD) Di Kota Kendari Periode Tahun 2012-2021. *Medula*, *9*(2), 134–144.

Nurhidayah, K., Kurnia, A., Aghnia, H., Khotimah, S. N., & Susilaningsih, S. (2022). Identifikasi Density Figure dan Pengendalian Vektor Demam Berdarah pada Kelurahan Karanganyar Gunung Universitas Negeri Semarang. *Jurnal Bina Desa*, *4*(1), 8–14. https://journal.unnes.ac.id/nju/index.php/jurnalbinadesa

Rohadi, E., Widya Adhitama, D., Asmara, R. A., Ariyanto, R., Siradjuddin, I., Ronilaya, F., & Setiawan, A. (2018). *SISTEM MONITORING BUDIDAYA IKAN LELE BERBASIS INTERNET OF THINGS MENGGUNAKAN RASPBERRY PI*. *5*(6). https://doi.org/10.25126/jtiik.201851135

Wang, J., Zhu, S., Lin, Y., Svanberg, S., & Zhao, G. (2020). Mosquito counting system based on optical sensing. *Applied Physics B: Lasers and Optics*, *126*(2). https://doi.org/10.1007/s00340-019-7361-2

Williams, C. R., Ritchie, S. A., Long, S. A., Dennison, N., & Russell, R. C. (2007). Impact of a Bifenthrin-Treated Lethal Ovitrap on Aedes aegypti Oviposition and Mortality in North Queensland, Australia. In *J. Med. Entomol* (Vol. 44, Issue 2).

Yulianto, A., & Gian Goewin, N. (2022). Sistem Notifikasi Kedatangan Bus Berbasis IoT. *TELCOMATICS*, *7*(1), 1–8.