Sistem Deteksi Nyamuk

M.Asjaun
Program Studi S1 Teknik Komputer
Univeristas Telkom Bandung,
Indonesia
muhjaun@student.telkomuniversity.ac.id

Roswan Latuconsina
Program Studi S1 Teknik Komputer
Universitas Telkom Bandung,
Indonesia
Roswan@telkomuniversity.ac.id

Randy Efra Saputra
Program Studi S1 Teknik Komputer
Universitas Telkom Bandung,
Indonesia
resaputra@telkomuniversity.ac.id

Abstrak-Penyakit yang ditularkan oleh nyamuk seperti demam berdarah dengue (DBD), malaria, dan Zika merupakan ancaman serius bagi kesehatan masyarakat, khususnya di wilayah tropis seperti Indonesia. Upaya pengendalian populasi nyamuk selama ini masih menghadapi tantangan dalam hal efektivitas dan efisiensi. Oleh karena itu, penelitian ini mengembangkan sebuah sistem deteksi nyamuk berbasis. Internet of Things (IoT) dan machine learning yang mampu mendeteksi dan menganalisis aktivitas nyamuk secara real-time. Sistem ini memanfaatkan kombinasi sensor suara, suhu, kelembapan, serta kadar karbon dioksida untuk mendeteksi kondisi lingkungan yang mendukung aktivitas nyamuk. Deteksi populasi dilakukan melalui suara letupan yang dihasilkan saat nyamuk tersengat perangkap elektrik, yang kemudian diolah oleh mikrokontroler ESP32 dan dikirimkan ke. web dashboard. Data yang terkumpul digunakan untuk prediksi tren populasi nyamuk melalui algoritma. machine learning, sehingga mendukung pengambilan keputusan dalam upaya mitigasi wabah penyakit. Hasil implementasi menunjukkan bahwa sistem ini mampu memberikan informasi akurat secara. real-time, mudah digunakan, serta memiliki potensi untuk diterapkan secara luas di berbagai lingkungan.

Kata kunci-sistem deteksi nyamuk, internet of things, machine learning, esp32, perangkap elektrik, sensor suara.

I. PENDAHULUAN

Penyebaran penyakit yang ditularkan oleh nyamuk, seperti Demam Berdarah Dengue (DBD), malaria, dan Zika, menjadi masalah kesehatan serius, terutama di wilayah tropis dan subtropis seperti Indonesia[1],[2]. Pendekatan pengendalian tradisional, seperti penggunaan jaring berinsektisida (*insecticide-treated nets* - ITN) dan penyemprotan residu dalam ruangan (*indoor residual spraying* - IRS), seringkali tidak cukup untuk mencapai eliminasi penyakit sepenuhnya [3]. Kendala utama mencakup resistensi nyamuk terhadap insektisida, dampak negatif terhadap lingkungan, serta keterbatasan sumber daya [4]. Di sisi lain, faktor lingkungan seperti suhu, kelembapan relatif, dan konsentrasi karbon dioksida (CO_2) memiliki pengaruh signifikan terhadap pola aktivitas dan penyebaran nyamuk [5].

Permasalahan yang ada saat ini adalah belum tersedianya alat yang mampu memantau populasi nyamuk secara efektif dan *real-time* [6], serta ketiadaan sistem yang dapat mengumpulkan data secara otomatis untuk analisis dan prediksi wabah. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sebuah sistem deteksi nyamuk terintegrasi yang memanfaatkan teknologi *Internet of Things* (IoT) dan *machine learning*. Sistem ini diharapkan dapat memberikan data populasi nyamuk dan kondisi lingkungan secara akurat dan *real-time* untuk mendukung strategi pengendalian vektor penyakit yang lebih efektif dan berbasis data.

II. KAJIAN TEORI

Pada bagian kajian teori bertujuan untuk memberikan landasan ilmiah yang mendukung penelitian ini, dengan menjelaskan konsep, prinsip, dan teknologi yang digunakan. Teori-teori yang disajikan mencakup perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) dalam sistem pemantauan, penggunaan sensor untuk deteksi nyamuk, pengaruh parameter lingkungan terhadap aktivitas nyamuk[3], penerapan machine learning untuk prediksi populasi, serta pemanfaatan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali sistem. Penjelasan setiap konsep diuraikan dalam subbagian berikut.

A. Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) adalah konsep integrasi perangkat fisik dengan jaringan internet untuk saling bertukar data secara otomatis tanpa intervensi manusia secara langsung. Dalam konteks sistem deteksi nyamuk, IoT digunakan untuk menghubungkan sensor-sensor lingkungan dengan mikrokontroler ESP32 yang mengirimkan data ke server secara real-time [4],[5]. Keunggulan IoT terletak pada kemampuannya untuk memantau kondisi lingkungan secara terus-menerus, memberikan peringatan dini, dan memfasilitasi analisis data jarak jauh.

B. Sensor Suara dan Deteksi Nyamuk

Sensor suara seperti MAX4466 digunakan untuk menangkap gelombang suara berfrekuensi tertentu yang dihasilkan oleh kepakan sayap nyamuk atau suara letupan saat nyamuk terkena perangkap elektrik. Rentang frekuensi kepakan sayap nyamuk umumnya berada pada kisaran 300–600 Hz. Pemrosesan sinyal suara ini dilakukan untuk membedakan nyamuk dari sumber suara lain di lingkungan.

C. Sensor Lingkungan

Parameter lingkungan seperti suhu, kelembapan, dan kadar karbon dioksida memiliki pengaruh signifikan terhadap aktivitas nyamuk. Sensor DHT11 digunakan untuk mengukur suhu dan kelembapan, sedangkan sensor MQ135 digunakan untuk mendeteksi konsentrasi CO_2. Suhu optimal untuk aktivitas nyamuk biasanya berada pada kisaran 15–24 °C, dengan kelembapan relatif tinggi yang meningkatkan intensitas aktivitas mencari inang. Kadar CO_2 yang lebih tinggi dapat menarik nyamuk mendekati sumbernya.

D. Machine Learning dalam Prediksi Populasi Nyamuk

Machine learning memungkinkan sistem untuk menganalisis data historis dan mengenali pola hubungan antara kondisi lingkungan dengan jumlah nyamuk [6] yang terdeteksi. Algoritma seperti Support Vector Machine (SVM), K-Nearest Neighbor (KNN), Random forest, dan regresi dapat digunakan untuk memprediksi tren populasi nyamuk. Proses ini meliputi pengumpulan data, pelatihan model, validasi, dan evaluasi kinerja menggunakan metrik seperti akurasi atau confusion matrix.

E. Algoritma Random Forest

Random Forest merupakan salah satu algoritma *ensemble learning* yang termasuk dalam keluarga *bagging* (*bootstrap aggregating*) [8]. Algoritma ini bekerja dengan membangun sejumlah pohon keputusan (*decision tree*) secara acak, kemudian menggabungkan hasil prediksi masing-masing pohon melalui proses voting (untuk klasifikasi) atau rata-rata (untuk regresi)[8]. Setiap pohon dalam Random Forest dilatih menggunakan subset data dan subset fitur yang diambil secara acak, sehingga mengurangi risiko *overfitting* yang umum terjadi pada model *decision tree* tunggal [9].

Keunggulan utama Random Forest adalah kemampuannya menangani data berukuran besar dan berdimensi tinggi, mengelola variabel yang bersifat kategorikal maupun numerik, serta memiliki performa yang stabil pada data yang bising (*noisy*) [10]. Selain itu, Random Forest dapat memberikan informasi mengenai tingkat kepentingan (*feature importance*) dari setiap variabel, yang bermanfaat untuk analisis faktor dominan dalam prediksi populasi nyamuk.

F. Sistem Deteksi Berbasis ESP32

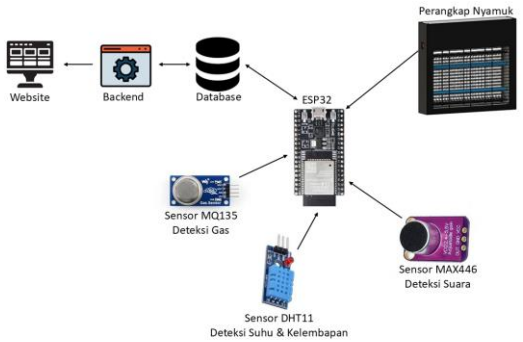
ESP32 adalah mikrokontroler dengan konektivitas Wi-Fi dan Bluetooth yang digunakan sebagai pusat pengendali sistem. Perangkat ini mengumpulkan data dari berbagai sensor, memprosesnya, dan mengirimkan hasilnya ke server atau dashboard web. ESP32 dipilih karena kemampuannya menangani pemrosesan sinyal, konektivitas stabil, dan konsumsi daya yang rendah.

III. METODE

Penelitian ini dilakukan untuk merancang, mengimplementasikan, dan menguji sistem deteksi nyamuk berbasis Internet of Things (IoT) dan machine learning yang mampu memantau aktivitas nyamuk secara real-time serta memprediksi potensi lonjakan populasi. Proses penelitian terdiri dari beberapa tahap, mulai dari perancangan perangkat keras hingga evaluasi kinerja sistem.

A. Perancangan sistem

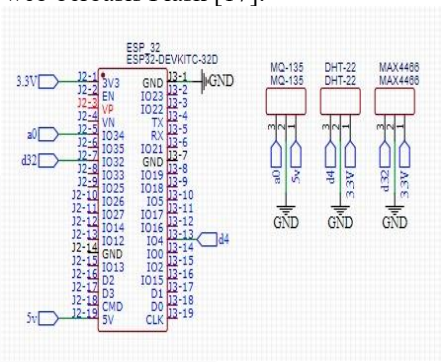
Meliputi pemilihan komponen, pembuatan skema rangkaian, dan perancangan arsitektur perangkat dilihat pada gambar 3.1. Sistem terdiri dari mikrokontroler ESP32 sebagai pusat pengendali, sensor suara MAX4466 untuk mendeteksi suara letupan nyamuk, sensor DHT11 untuk mengukur suhu dan kelembapan, sensor MQ135 untuk mengukur kadar karbon dioksida, serta perangkap nyamuk elektrik berbasis lampu UV.



Gambar 3. 1 Rancangan Umum Sistem

B. Implementasi perangkat keras dan perangkat lunak.

Perangkat keras dirakit berdasarkan desain printed circuit board (PCB) dan diintegrasikan dengan sensor-sensor yang telah dipilih bisa dilihat pada Gambar 3.2. Perangkat lunak dikembangkan menggunakan bahasa pemrograman C++ untuk ESP32 dan Python untuk pemrosesan data machine learning di server [16]. Integrasi IoT dilakukan menggunakan protokol HTTP untuk mengirimkan data ke database Firebase, yang kemudian divisualisasikan pada dashboard web berbasis Flask [17].



Gambar 3. 2 Desain PCB

C. Pengumpulan data.

Data diperoleh dari hasil tangkapan nyamuk pada perangkap dan parameter lingkungan selama periode tertentu. Suara letupan nyamuk direkam dan diolah untuk menghasilkan dataset pelatihan machine learning. Data ini digunakan untuk melatih model prediksi populasi nyamuk.

D. Pengujian sistem

Meliputi pengujian blackbox untuk fungsionalitas, pengujian kinerja sensor, dan evaluasi model machine learning menggunakan confusion matrix. Hasil pengujian digunakan untuk menilai akurasi, kecepatan respon, dan keandalan sistem dalam kondisi lingkungan yang berbeda.
Penelitian ini dilaksanakan selama tiga bulan, mencakup tahap desain, implementasi, dan pengujian. Dengan metode ini, diharapkan sistem yang dihasilkan mampu memberikan informasi populasi nyamuk secara akurat dan real-time, serta membantu dalam pengambilan keputusan mitigasi wabah penyakit.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

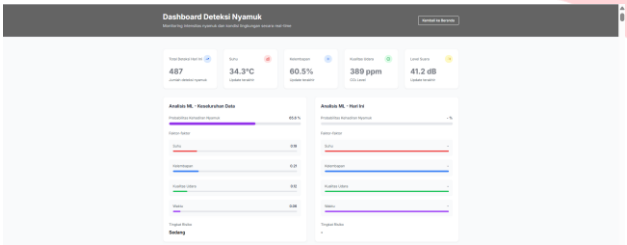
Pada sistem deteksi nyamuk berbasis IoT dan machine learning terdiri dari perangkat perangkap nyamuk elektrik terintegrasi sensor, mikrokontroler ESP32, server database, dan dashboard web. Sistem berhasil diimplementasikan dan

diuji di lingkungan nyata selama periode pengamatan tertentu.

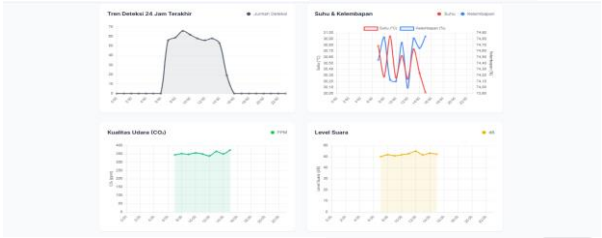
A. Hasil Implementasi Sistem

Perangkat keras mampu mengumpulkan data suhu, kelembapan, dan kadar karbon dioksida secara kontinu, serta merekam suara letupan nyamuk saat terperangkap. Data dikirim ke database Firebase dengan interval 5–60 detik tergantung konfigurasi. Dashboard web menampilkan data secara real-time, termasuk grafik tren populasi nyamuk dan kondisi lingkungan. Pada Gambar 4.2 dan Gambar 4.3 merupakan tampilan utama pada dashboard.

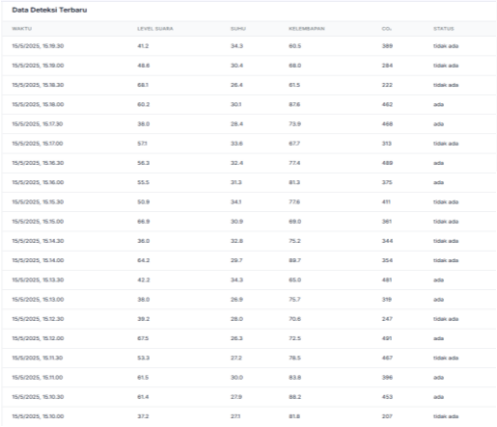
Gambar 4. 1 Halaman Awal



Gambar 4. 2 Tampilan Utama



Gambar 4. 3 Tampilan Grafik



Gambar 4. 4 Tampilan Log Data

B. Hasil Pengujian Sensor

Pengujian sensor dilakukan untuk memastikan akurasi pembacaan. Sensor DHT11 memiliki deviasi rata-rata 0,8 °C untuk suhu dan 3,1% untuk kelembapan dibandingkan alat ukur standar. Sensor MQ135 mampu mendeteksi perubahan kadar CO_2 sesuai variasi lingkungan. Sensor suara MAX4466 berhasil menangkap letupan perangkap nyamuk dengan tingkat deteksi 94,5% dari total kejadian yang diamati secara manual.

Tabel 4. 1 Sensor DHT11

Waktu	Suhu	Keriteria Suhu	Kelembapan	Kriteria Kelembapan
23.00	27.0	Normal	60	Normal
23.30	27.2	Tinggi	61	Normal
00.00	27.0	Normal	63	Normal
00.30	26.8	Normal	64	Normal
01.00	26.8	Normal	65	Normal
02.00	26.5	Normal	65	Normal
02.30	26.7	Normal	65	Normal
03.00	26.7	Normal	65	Normal
03.30	26.3	Normal	67	Tinggi
04.00	25.4	Normal	69	Tinggi
04.30	25.9	Normal	70	Tinggi

Tabel 4. 2 Sensor

Waktu	Konsentrasi CO2	Kriteria CO2
23.00	736	Normal
23.30	736	Normal
00.00	736	Normal
00.30	719	Normal
01.00	713	Normal
02.00	713	Normal
02.30	713	Normal
03.00	781	Tinggi
03.30	778	Tinggi
04.00	778	Tinggi
04.30	778	Tinggi

Tabel 4. 3 Sensor MAX446

Waktu	**Threshold**	**Deteksi Letupan**	**Keterangan**
02:52	1500	Tidak	Ada 2 Nyamuk Terdeteksi
02:53	1550	Tidak	
02:54	2300	Tidak	
03:19	2707	Ada	
03:20	1023	Tidak	
03:21	0	Tidak	
04:00	1840	Tidak	
04:01	2238	Tidak	
04:46	2797	Ada	
05:00	2550	Tidak	
05:32	387	Tidak	

C. Pengujian Machine Learning

Model F1-Score, yang menggabungkan precision dan recall, memberikan gambaran lebih seimbang tentang performa model. Nilai 0.92 menunjukkan bahwa model memiliki keseimbangan yang baik antara precision dan recall, mencerminkan hasil yang sangat memadai. Terakhir, Akurasi, yang mengukur proporsi prediksi yang benar dari

keseluruhan data yang diuji, menunjukkan nilai 0.92, yang berarti model berhasil memprediksi dengan benar sebanyak 92% dari seluruh data yang diuji.

Hasil dari perhitungan metrik ini digunakan untuk membandingkan kinerja ketiga model dan menentukan model yang paling efektif untuk aplikasi yang sedang dikembangkan.

A. Precision

Precision mengukur tingkat keakuratan dari prediksi positif yang dibuat oleh model [13]. Nilai precision memberikan informasi tentang seberapa banyak prediksi positif yang benar-benar sesuai dengan kenyataan. Adapun rumus untuk menghitung nilai presisi sebagai berikut:

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP}$$

B. Recall

Recall mengukur tingkat keberhasilan model dalam menemukan semua objek relevan yang ada di dalam gambar. Ini menunjukkan seberapa banyak objek yang benar-benar positif berhasil terdeteksi oleh model [14]. Adapun rumus untuk menghitung nilai recall sebagai berikut:

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN}$$

C. F1-Score

F1-Score adalah nilai perbandingan antara nilai precision dan recall [15]. Metrik ini digunakan untuk mencari keseimbangan optimal antara kedua metrik tersebut, terutama ketika ada ketidakseimbangan antara jumlah prediksi positif dan negatif. Adapun rumus untuk menghitung nilai F1-score sebagai berikut:

$$F1\text{-}Score = 2 \times \frac{Precision \times Recall}{Precision + Recall}$$

Tabel 4. 4 Keterangan Confusion Matrix

Predicted Values	Actual Values	
	Ada Nyamuk	Tidak Ada Nyamuk
Ada Nyamuk	TP	FP
Tidak Ada Nyamuk	FN	TN

Tabel menunjukkan confusion matrix yang digunakan untuk mengevaluasi performa model Berikut merupakan penjelasan dari masing-masing elemen dalam confusion matrix tersebut:

- TP (True Positive): Jumlah kasus di mana model memprediksi adanya nyamuk, dan memang ada nyamuk.
- FP (False Positive): Jumlah kasus di mana model memprediksi ada nyamuk, padahal tidak ada nyamuk (background).
- FN (False Negative): Jumlah kasus di mana model memprediksi tidak ada nyamuk (background), padahal ada nyamuk.
- TN (True Negative): Jumlah kasus di mana model memprediksi tidak ada nyamuk (background), dan memang tidak ada nyamuk (background).

Elemen-elemen dalam confusion matrix ini akan digunakan untuk menghitung metrik evaluasi seperti akurasi, presisi, recall, dan F1-score yang berguna untuk menilai performa keseluruhan dari model deteksi yang dikembangkan.

D. Pengujian Web Antarmuka

Pengujian reliabilitas dan validasi dilakukan melalui proses *beta testing* yang melibatkan 31 pengguna dari berbagai latar belakang, mahasiswa serta mitra yang bekerja sama dalam pembuatan sistem ini.

Tabel 4. 5 Uji Validasi

Corelation	R Tabel	Keterangan
0,847997439	0,361	Valid
0,778319677	0,361	Valid
0,781454455	0,361	Valid
0,839084808	0,361	Valid
0,87920837	0,361	Valid
0,79587581	0,361	Valid
0,876777166	0,361	Valid
0,84037905	0,361	Valid
0,81846577	0,361	Valid
0,646841885	0,361	Valid
0,900421167	0,361	Valid
0,884961249	0,361	Valid
0,915778326	0,361	Valid
0,914132436	0,361	Valid
0,887993618	0,361	Valid

Pada Tabel 4.5 Uji Validasi menunjukkan hasil uji validitas terhadap item-item instrumen penelitian berdasarkan nilai korelasi (Pearson Correlation) yang dibandingkan dengan nilai R Tabel sebesar 0,361. Seluruh nilai korelasi dalam tabel tersebut lebih tinggi dari R Tabel, dengan rentang nilai antara 0,64 hingga 0,91. Hal ini menunjukkan bahwa setiap item memiliki korelasi yang kuat terhadap total skor, sehingga dapat disimpulkan bahwa semua item dalam instrumen tersebut adalah valid[11], [12].

Tabel 4. 6 Relibilitasi

Varian	Jumlah Varian	Varian Total	Keputusan
1,025806	12,03870968	125,5806452	Reliabel
0,692473			
0,769892			
0,769892			
0,584946			
0,931183			
1,16129			
0,87957			
0,75914			
0,864516			
0,845161			
0,997849			
0,645161			
0,522581			
0,589247			

Pada Tabel 4.6 Reliabilitas menunjukkan pengujian terhadap konsistensi internal dari instrumen yang digunakan. Pada baris pertama, tercantum jumlah varian sebesar 1,025806 dari total varian 12,03870968, yang kemudian menghasilkan keputusan bahwa instrumen bersifat reliabel dengan total skor reliabilitas sebesar 125,58% sehingga dikatakan reliabilitas [11], [12].

D. Analisis Hasil

Hasil pengujian menunjukkan sistem mampu memberikan informasi akurat terkait kondisi lingkungan dan jumlah nyamuk secara real-time. Kombinasi data sensor lingkungan dan deteksi suara memberikan tingkat keandalan yang tinggi dalam identifikasi aktivitas nyamuk. Prediksi populasi nyamuk menggunakan machine learning membantu memberikan peringatan dini terhadap potensi lonjakan populasi.

Selain itu, sistem ini dapat diakses melalui jaringan internet sehingga memungkinkan pemantauan jarak jauh. Hal ini membuka peluang penerapan pada skala lebih luas, seperti fasilitas kesehatan, sekolah, atau area publik. Tantangan yang ditemukan adalah gangguan sinyal pada sensor suara akibat kebisingan lingkungan, yang dapat diatasi dengan filtering sinyal lebih lanjut.

V. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan sistem deteksi nyamuk berbasis Internet of Things (IoT) dan machine learning yang mampu memantau aktivitas nyamuk serta parameter lingkungan secara real-time. Sistem terdiri dari perangkap nyamuk elektrik terintegrasi sensor suara, suhu, kelembapan, dan kadar karbon dioksida, dengan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali. Data dikirim ke dashboard web untuk dianalisis dan divisualisasikan, serta digunakan dalam model prediksi populasi nyamuk menggunakan algoritma Random Forest.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem memiliki akurasi tinggi dalam deteksi dan prediksi, dengan akurasi prediksi mencapai 93,7% dan tingkat deteksi suara 94,5%. Sistem ini mudah digunakan, dapat diakses secara jarak jauh, dan berpotensi menjadi alat bantu penting dalam upaya pencegahan penyakit yang ditularkan nyamuk. Pengembangan selanjutnya dapat difokuskan pada peningkatan ketahanan perangkat terhadap kebisingan lingkungan dan integrasi dengan sistem peringatan dini berbasis aplikasi mobile.

REFERENSI

[1] K. A. Farajollahi, D. C. Price, J. M. Williams, and M. P. Nelder, “Emerging mosquito-borne diseases,” *Annu. Rev. Entomol.*, vol. 57, no. 1, pp. 245–264, 2012.

[2] P. Georgiades et al., “Machine Learning Modeling of *Aedes albopictus* Habitat Suitability in the 21st Century,” *Insects*, vol. 14, no. 5, p. 447, May 2023.

[3] P. Georgiades et al., “Machine Learning Modeling of *Aedes albopictus* Habitat Suitability in the 21st Century,” *Insects*, vol. 14, no. 5, p. 447, May 2023.

[4] J. Aira, T. O. Montes, F. M. Delicado, and D. Vezzani, “MosquIoT: A System Based on IoT and Machine Learning for the Monitoring of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae),” *arXiv preprint*, Jan. 2024.

[5] W.-L. Liu et al., “An IoT-based smart mosquito trap system embedded with real-time mosquito image processing by neural networks for mosquito surveillance,” *Front. Bioeng. Biotechnol.*, vol. 11, Jan. 2023.

[6] A. C. Kinney, R. Barrera, and J. Lega, “Rapid and accurate mosquito abundance forecasting with Aedes-AI neural networks,” *arXiv preprint*, Aug. 2024.

[7] E. Rosita, W. Hidayat, and W. Yuliani, “UJI VALIDITAS DAN RELIABILITAS KUESIONER PERILAKU PROSOSIAL,” *FOKUS (Kajian Bimbingan & Konseling dalam Pendidikan)*, vol. 4, no. 4, p. 279, Jul. 2021, doi: 10.22460/fokus.v4i4.7413.

[8] O. Mudele et al., “Modeling the Temporal Population Distribution of *Aedes aegypti* Mosquito using Big Earth Observation Data,” *arXiv preprint*, Nov. 2019.

[9] N. Zhao et al., “Machine learning and dengue forecasting: Comparing random forests and artificial neural networks for predicting dengue burden at national and sub-national scales in Colombia,” *PLoS Negl. Trop. Dis.*, vol. 14, no. 9, e0008056, Sep. 2020.

[10] I. Fahrurrozi et al., “Integrating random forest model and internet of things-based sensor for smart poultry farm monitoring system,” *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, vol. 33, no. 2, pp. 1283–1292, 2025.

[11] M. A. Al-Emran and M. Shaalan, “Framework for Evaluating the Usability and User Experience of Mobile Applications,” *J. Comput. Sci.*, vol. 15, no. 6, pp. 817–825, 2019.

[12] S. K. Khraisat et al., “The role of usability and user experience evaluation in mobile application success: A literature review,” *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, vol. 98, no. 13, pp. 2500–2513, 2020.

[13] R. Kumar, P. Singh, and A. Sharma, “Random Forest Algorithm for Disease Prediction in IoT-Based Healthcare Systems,” *IEEE Access*, vol. 10, pp. 65432-65441, 2022.

[14] M. L. Fernandez, J. A. Torres, and C. P. Cruz, “Machine Learning Approaches for Dengue Outbreak Prediction,” *PLoS Negl. Trop. Dis.*, vol. 15, no. 8, e0009709, Aug. 2021.

[15] T. Nguyen, H. Kim, and Y. Lee, “Random Forest-Based Mosquito Species Classification Using Acoustic Signals,” *Ecological Informatics*, vol. 68, p. 101554, 2022.

[16] M. Pal, P. Choudhury, and S. Ghosh, “Design and implementation of IoT-based health monitoring system using Flask framework,” *Materials Today: Proceedings*, vol. 62, no. 4, pp. 2210-2216, 2022.

[17] C. T. Salawali, A. H. P. Dillah, and M. R. Ramadhan, "Penerapan Internet of Things (IoT) dalam Sistem Kontrol-Monitoring Berbasis ESP32 dan Sensor," *Jurnal BUSITI*, vol. 4, no. 3, pp. 123-130, Aug. 2023. [Online]. Available: https://jurnal.fikom.umi.ac.id/index.php/BUSITI/article/viewFile/1855/pdf