

BAB I

USULAN GAGASAN

1.1 Deskripsi Umum Masalah dan Kebutuhan

Penyebaran penyakit menular yang ditularkan oleh nyamuk, seperti demam berdarah, malaria, dan Zika, menjadi masalah kesehatan serius di berbagai wilayah. Penyakit DBD, yang disebabkan oleh virus dengue melalui gigitan nyamuk *Aedes aegypti* dan *Aedes albopictus*, menjadi endemik terutama di wilayah tropis dan subtropis[1]. Banyak negara menghadapi peningkatan jumlah kasus setiap tahunnya,[2] dan pengendalian populasi nyamuk menjadi salah satu strategi utama untuk mencegah wabah, salah satu pendekatan yang dilakukan yaitu Pendekatan pengendalian malaria tradisional, seperti penggunaan jaring berinsektisida (ITN) dan penyemprotan dalam ruangan (IRS), meskipun efektif dalam mengurangi penularan, sering kali "tidak cukup untuk mencapai tingkat rendah kritis yang diperlukan untuk eliminasi malaria" sepenuhnya[3]. Kendala utama dalam pengendalian ini mencakup kurangnya kolaborasi lintas sektor, keterbatasan sumber daya manusia dan finansial, serta ketergantungan pada satu metode tanpa integrasi dengan pendekatan lain seperti pengelolaan lingkungan atau kontrol larva.

Pengendalian malaria di Indonesia menghadapi berbagai tantangan, terutama dalam penerapan strategi Pengelolaan Vektor Terpadu (Integrated Vector Management/IVM)[4]. Meskipun metode tradisional seperti penggunaan kelambu berinsektisida (ITN) dan penyemprotan dalam ruangan (IRS) telah membantu mengurangi penularan, pendekatan ini sering kali tidak cukup untuk mencapai eliminasi malaria secara penuh. Keterbatasan sumber daya manusia dan finansial, kurangnya kolaborasi lintas sektor, serta manajemen insektisida yang tidak efektif menjadi hambatan utama dalam implementasi IVM. Selain itu, ketergantungan pada satu metode pengendalian tanpa integrasi dengan pendekatan lain, seperti pengelolaan lingkungan atau kontrol larva, mengurangi efektivitas program pengendalian malaria. Untuk mencapai eliminasi yang berkelanjutan, diperlukan pendekatan IVM yang holistik dan terintegrasi, memadukan berbagai strategi kontrol vektor secara sistematis dan berbasis data guna menanggapi dinamika penyebaran penyakit.

Studi menunjukkan bahwa faktor lingkungan seperti kelembaban relatif, suhu udara, dan konsentrasi karbon dioksida (CO₂) memiliki pengaruh signifikan terhadap pola aktivitas nyamuk. Kelembaban relatif yang tinggi terbukti meningkatkan jumlah nyamuk yang aktif, sementara suhu moderat berkisar 15–24 °C memberikan kondisi optimal bagi aktivitas

mencari inang. Sebaliknya, suhu harian yang melebihi $\pm 28^{\circ}\text{C}$ dapat menurunkan jumlah nyamuk karena meningkatkan laju metabolisme dan mengurangi kelangsungan hidup. Selain itu, CO_2 yang dihasilkan oleh pernapasan manusia dan hewan berperan sebagai sinyal kimia utama yang memicu perilaku pencarian inang. Temuan ini menegaskan bahwa pemantauan faktor lingkungan menjadi kunci dalam memahami pola penyebaran nyamuk dan merancang strategi pengendalian yang efektif di daerah endemis[5].

1.1.1 Rumusan Masalah

1. Kurangnya Alat Deteksi Nyamuk yang Efektif:

Belum tersedia alat yang dirancang secara khusus untuk memantau populasi nyamuk di area perumahan secara real-time dengan tingkat akurasi yang tinggi[6].

2. Kebutuhan untuk Mengumpulkan Data Populasi Nyamuk:

Tidak ada sistem yang secara otomatis dapat mengumpulkan data populasi nyamuk, yang dapat digunakan untuk memantau pola penyebaran dan mengidentifikasi potensi lonjakan wabah[7].

3. Ketiadaan Sistem Real-Time untuk Analisis:

Saat ini, sistem deteksi nyamuk tidak dapat memberikan data real-time yang memungkinkan respons cepat terhadap lonjakan populasi nyamuk di lingkungan tertentu.

4. Kurangnya Dukungan Teknologi untuk Prediksi Wabah:

Belum ada teknologi yang memadukan sensor pintar, pengumpulan data, dan analisis berbasis machine learning untuk memprediksi pola penyebaran nyamuk secara efektif.

1.1.2 Aspek Teknis

Masalah wabah nyamuk, khususnya yang disebabkan oleh spesies *Aedes aegypti* dan *Aedes albopictus*, menimbulkan dampak signifikan pada berbagai aspek kehidupan. Dari sisi teknis, alat pemantau nyamuk yang tersedia saat ini umumnya masih bersifat manual dan tidak mampu memberikan informasi populasi nyamuk secara real-time. Selain itu, kemampuan untuk mengidentifikasi spesies nyamuk secara akurat juga masih terbatas. Teknologi deteksi seperti sensor suara yang mampu mengenali frekuensi kepakan sayap nyamuk—misalnya pada kisaran 300–600 Hz—merupakan potensi inovasi yang dapat

dikembangkan untuk meningkatkan akurasi pengenalan spesies nyamuk. Sistem monitoring yang menggabungkan sensor dan komponen pemrosesan data diperlukan untuk mendeteksi pola aktivitas nyamuk berdasarkan parameter lingkungan. Tantangan teknis lainnya termasuk ketersediaan antarmuka visual yang informatif bagi pengguna serta kemampuan perangkat untuk bertahan dalam berbagai kondisi lingkungan. Oleh karena itu, solusi teknis yang terintegrasi, memanfaatkan teknologi sensor dan analisis data berbasis kecerdasan buatan, sangat dibutuhkan untuk memantau dan menganalisis populasi nyamuk secara efektif serta mendukung strategi pengendalian yang berbasis data.

1.1.3 Aspek Ekonomi

Wabah demam berdarah dengue (DBD) menimbulkan beban ekonomi yang sangat besar, baik dalam bentuk pengeluaran langsung untuk perawatan medis maupun biaya tidak langsung akibat hilangnya produktivitas. Sebuah studi di Asia Tenggara memperkirakan bahwa beban ekonomi tahunan akibat DBD di Indonesia dapat mencapai hingga 2 miliar dolar AS. Biaya tersebut mencakup pengeluaran pemerintah dan rumah tangga untuk pengobatan serta pelaksanaan program pengendalian nyamuk, yang turut memberikan tekanan pada anggaran kesehatan nasional dan membatasi alokasi dana untuk sektor kesehatan lainnya. Selain itu, ketidakhadiran kerja yang disebabkan oleh infeksi DBD juga berdampak negatif terhadap produktivitas di berbagai sektor ekonomi utama di Indonesia.

1.1.4 Aspek Kesehatan

Kasus demam berdarah dengue (DBD) di Indonesia menunjukkan angka tinggi, dengan perkiraan lebih dari 7 juta kasus tahunan, banyak di antaranya tidak tercatat karena keterbatasan sistem pelaporan dan surveilans yang efektif. Lonjakan kasus DBD setiap tahunnya menambah beban sistem kesehatan, meningkatkan jumlah rawat inap, dan sering kali mengakibatkan kematian terutama di kalangan anak-anak dan kelompok rentan lainnya[8]. Selain itu, banyak keluarga di Indonesia mengalami tekanan psikologis karena risiko infeksi berulang di daerah dengan tingkat penularan tinggi

1.1.5 Aspek Lingkungan

Upaya pengendalian nyamuk yang mengandalkan insektisida dalam jumlah besar berisiko merusak ekosistem. Pencemaran lingkungan, khususnya pencemaran air dan tanah, menjadi salah satu isu utama yang diakibatkan oleh penggunaan insektisida kimia yang berlebihan. Selain itu, resistensi nyamuk terhadap insektisida tradisional semakin menyulitkan upaya

pengendalian penyakit, sehingga penggunaan metode yang lebih ramah lingkungan, seperti perangkap nyamuk berbasis sensor suara dan bakteri *Wolbachia*, semakin diperlukan .

1.2 Analisa Solusi yang Ada

Berbagai solusi telah diterapkan untuk mengatasi dampak wabah nyamuk, khususnya untuk penyakit yang ditularkan oleh nyamuk *Aedes aegypti*, seperti demam berdarah dengue (DBD). Berikut adalah beberapa metode pengendalian yang telah digunakan:

1.2.1 Penggunaan Insektisida

Penyemprotan insektisida masih menjadi metode utama untuk mengendalikan populasi nyamuk, meskipun penggunaannya terbatas karena meningkatnya resistensi nyamuk terhadap bahan kimia tertentu, seperti piretroid. Oleh karena itu, penyesuaian insektisida dan pola penyemprotan yang lebih strategis diperlukan untuk mengurangi risiko resistensi.

1.2.2 Teknologi Biologis

Penyebaran nyamuk yang diinfeksi bakteri *Wolbachia* merupakan salah satu pendekatan biologis terbaru yang menjanjikan. *Wolbachia* dapat mengurangi kemampuan nyamuk menularkan virus DBD, dan program ini telah dilakukan di beberapa kota di Indonesia dengan hasil yang cukup positif, membantu mengurangi angka penularan.

1.2.3 Edukasi Masyarakat dan Kebersihan Lingkungan

Program edukasi masyarakat dan kampanye kebersihan lingkungan terus didorong oleh pemerintah untuk menghilangkan tempat perindukan nyamuk, seperti genangan air dan tempat sampah yang tidak terkelola. Masyarakat diajak aktif dalam menjaga kebersihan lingkungan sebagai bagian dari program "3M Plus" (Menguras, Menutup, Mengubur, dan Plus) untuk mengurangi tempat bertelur nyamuk.

1.2.4 Sterile Insect Technique (SIT)

Teknik Serangga Mandul (Sterile Insect Technique, SIT) adalah metode biologis untuk pengendalian populasi hama atau vektor penyakit dengan cara melepas serangga jantan yang telah disterilisasi ke alam liar. Serangga-serangga ini, umumnya jantan, tetap kompetitif dalam mencari pasangan tetapi tidak menghasilkan keturunan, sehingga secara bertahap menurunkan angka populasi target di area intervensi.

Tabel 1. 1 Kelebihan dan Kekurangan

Metode	Kelebihan	Kekurangan
Penggunaan Insektisida	Efektif dalam membasmi nyamuk dalam waktu singkat; dapat diaplikasikan secara luas pada daerah endemis.	Meningkatkan resistensi nyamuk terhadap bahan kimia tertentu; berpotensi mencemari lingkungan dan berdampak negatif bagi kesehatan manusia
Teknologi Biologis	Dapat mengurangi kemampuan nyamuk dalam menularkan virus DBD; pendekatan yang lebih ramah lingkungan dibandingkan insektisida.	Memerlukan waktu untuk melihat dampak signifikan; penerimaan masyarakat masih menjadi tantangan.
Edukasi Masyarakat dan Kebersihan Lingkungan	Meningkatkan kesadaran masyarakat dalam pencegahan penyakit; metode yang berkelanjutan dan tidak memerlukan biaya besar.	Efektivitas bergantung pada partisipasi masyarakat; memerlukan edukasi dan sosialisasi yang berkelanjutan.
Sterile Insect Technique (SIT)	Teknik Serangga Mandul (SIT) menawarkan solusi yang sangat spesifik dan ramah lingkungan karena hanya menargetkan satu jenis serangga vektor tanpa meninggalkan residu kimia atau merusak ekosistem, serta tidak menimbulkan resistensi seperti pada insektisida konvensional	implementasinya memerlukan investasi besar untuk fasilitas budidaya massal dan radiasi, logistik pelepasan jantan steril yang teratur, serta seringkali kurang efektif jika populasi awal sangat padat sehingga perlu dikombinasikan dengan metode pengendalian lain, dan juga memerlukan upaya sosialisasi agar masyarakat memahami dan mendukung program tersebut.

1.3 Kesimpulan

Masalah penyebaran penyakit yang ditularkan oleh nyamuk, seperti DBD, malaria, dan Zika, masih menjadi tantangan besar di Indonesia dan negara-negara tropis lainnya. Pendekatan pengendalian tradisional seperti penggunaan insektisida dan kelambu berinsektisida memang memberikan hasil sementara, namun memiliki keterbatasan dari segi efektivitas jangka panjang, dampak lingkungan, dan resistensi nyamuk terhadap bahan kimia. Upaya pengendalian nyamuk yang lebih komprehensif perlu mempertimbangkan integrasi teknologi pemantau lingkungan, edukasi masyarakat, dan metode biologis yang ramah lingkungan. Selain itu, kebutuhan akan sistem deteksi nyamuk secara real-time dan prediksi pola penyebaran berbasis data menjadi sangat penting untuk mendukung pengambilan keputusan yang lebih cepat dan tepat dalam mencegah potensi lonjakan kasus penyakit. Pendekatan teknis, ekonomi, kesehatan, dan lingkungan perlu dirancang secara terpadu agar solusi yang diusulkan tidak hanya efektif, tetapi juga berkelanjutan dan dapat diterima oleh masyarakat luas.