



PEMANFAATAN TEKNOLOGI PENGINDERAAN JAUH DALAM PEMANTAUAN DAN MITIGASI RISIKO MALARIA DI DAERAH KEPULAUAN DAN TERPENCIL: TINJAUAN LITERATUR

Marasi Bless Suryan

joice.langi68@gmail.com, Universitas Pattimura

Abstract

This study is a literature review that explores the utilization of remote sensing technology and geographic information systems (GIS) in monitoring and mitigating malaria risk, particularly in remote and island regions of Indonesia. The study shows that satellite-derived environmental data—such as rainfall, humidity, temperature, and vegetation—can be used to efficiently map high-risk areas for malaria transmission without the need for costly field surveys. Various methods, including the use of drones for direct intervention and integration with remote sensing systems, support early detection and the allocation of resources for mosquito and malaria control. This article reviews existing research on the application of remote sensing in malaria mitigation. Several critical appraisals and risks of bias were identified in some of the reviewed articles. Nevertheless, with the adaptation of this technology, malaria control in Indonesia can be enhanced, especially in the eastern regions, which face significant geographical and accessibility challenges.

Keywords: Environmental Data, Malaria, Remote Sensing, Review, Risk of Bias

Abstrak

Penelitian ini merupakan tinjauan literatur yang mengeksplorasi pemanfaatan teknologi penginderaan jauh dan sistem informasi geografis (GIS) dalam pemantauan serta mitigasi risiko malaria, khususnya di wilayah kepulauan dan terpencil Indonesia. Studi ini menunjukkan bahwa data lingkungan dari satelit, seperti: curah hujan, kelembapan, suhu, dan vegetasi, data ini dapat digunakan untuk memetakan area berisiko tinggi penyebaran malaria secara efisien tanpa perlu survei lapangan yang mahal. Berbagai metode, termasuk penggunaan drone untuk intervensi langsung dan integrasi dengan sistem penginderaan jauh (*remote sensing*), metode ini mampu mendukung deteksi dini dan distribusi sumber daya untuk pemberantasan nyamuk pembawa dan penyakit malaria. Artikel ini mereview penelitian yang sudah ada tentang aplikasi remote sensing pada mitigasi malaria. Masih terdapat beberapa kritikal appraisal dan risiko bias dalam beberapa artikel yang direview. Walaupun demikian, dengan adaptasi teknologi ini, pengendalian malaria di Indonesia dapat ditingkatkan, terutama di kawasan timur yang memiliki tantangan geografis dan aksesibilitas tinggi.

Kata kunci: Data Lingkungan, Malaria, Penginderaan Jauh, Review, Risiko bias

PENDAHULUAN

Malaria masih menjadi masalah kesehatan yang serius di berbagai wilayah tropis, termasuk Indonesia. Di daerah kepulauan yang memiliki bentang alam beragam seperti pesisir, perbukitan, hingga persawahan, nyamuk *Anopheles*—pembawa parasit malaria—dapat berkembang dengan mudah karena kondisi lingkungan yang mendukung, seperti suhu yang hangat, kelembapan tinggi, dan curah hujan yang stabil (Ngadino et al., 2024). Tantangan ini makin berat di wilayah-wilayah terpencil yang sulit dijangkau layanan kesehatan secara rutin.

Di berbagai negara, teknologi penginderaan jauh dan sistem informasi geografis (GIS) telah dimanfaatkan untuk memantau dan memetakan risiko malaria secara lebih efisien. Data dari satelit—seperti tutupan vegetasi, kelembapan tanah, curah hujan, dan ketinggian—bisa membantu mendeteksi perubahan lingkungan yang memicu berkembangnya vektor malaria (Afi Nursafingi et al., 2024; Diriba, 2024). Bahkan, pendekatan ini dapat menunjukkan dengan akurat area yang paling berisiko, tanpa perlu pengumpulan data langsung di lapangan yang mahal dan memakan waktu.

Melalui tinjauan ini, kita bisa belajar dari pengalaman negara lain dan wilayah-wilayah di Indonesia yang sudah lebih dulu menerapkan teknologi ini. Harapannya, pendekatan serupa



bisa diadaptasi untuk daerah kepulauan di Indonesia Timur, agar pemantauan malaria jadi lebih cepat, murah, dan tepat sasaran.

METODE

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah literature review sistematis untuk mengeksplorasi pemanfaatan teknologi remote sensing dalam upaya mitigasi dan pengendalian penyakit malaria, khususnya di wilayah tropis dan kepulauan seperti Indonesia Timur. Pendekatan ini dipilih karena memungkinkan peneliti untuk merangkum dan mengevaluasi temuan-temuan ilmiah terbaru dari berbagai studi yang telah dipublikasikan secara global. Proses pencarian literatur dilakukan secara sistematis menggunakan kombinasi kata kunci seperti “remote sensing,” “malaria,” “geospatial,” “NDVI,” “LST,” dan “vector-borne diseases.” Kata kunci ini digunakan untuk mengakses literatur melalui beberapa database ilmiah terkemuka, yaitu PubMed, ScienceDirect, SpringerLink, Scopus, Web of Science, serta Google Scholar sebagai pelengkap untuk validasi sila

Rentang waktu pencarian dibatasi dari tahun 2017 hingga 2024 guna memastikan bahwa literatur yang dikaji merepresentasikan kondisi dan teknologi terkini. Kriteria inklusi dalam pemilihan literatur meliputi: (1) artikel ilmiah yang telah melalui proses peer-review; (2) studi yang berfokus pada pemanfaatan remote sensing dalam konteks malaria; (3) penggunaan data lingkungan seperti indeks vegetasi (NDVI), suhu permukaan tanah (LST), kelembapan, curah hujan, atau tutupan lahan; (4) studi yang dilakukan di wilayah tropis, terutama Asia Tenggara dan Indonesia; serta (5) artikel yang ditulis dalam bahasa Inggris atau Indonesia. Adapun kriteria eksklusi meliputi artikel yang tidak relevan dengan tema malaria dan pengindraan jauh, artikel opini atau editorial yang tidak menyajikan data empiris, serta studi yang tidak memberikan penjelasan metodologis yang dapat ditinjau ulang.

Beberapa artikel ilmiah termasuk kriteria eksklusi karena tidak termasuk dalam kategori *review*, karena mempunyai tahun terbit diluar tahun 2017-2024 sekalipun membahas tentang aplikasi remote sensing pada Kesehatan. Contohnya: (Setyanto et al., 2025), (Pitria Hakim et al.,2025), (Adimi et al.,2010). Selain itu artikel aplikasi remote sensing yang tidak berhubungan dengan nyamuk pembawa malaria, tidak termasuk dalam artikel yang akan dibahas, seperti (Rhodes et al.,2022) yang membahas penggunaan remote sensing untuk melacak lokasi migrasi hewan herbivora, maupun (Ocholla et al.,2024) dimana membahas aplikasi remote sensing untuk memantau pasokan daging dari hewan yang hidup. Artikel berbasis penanganan malaria tanpa menggunakan remote sensing juga merupakan eksklusi yang tidak termasuk, diantaranya (Cowman et al.,2016) artikel ini membahas tentang Malaria secara biologi dan parasite, atau (Wassmer 2016) dimana menjelaskan Malaria dari sudut pandang Patogen. Oleh karena itu, relevansi Remote Sensing dan penanganan Malaria harus dibahas dalam artikel tersebut agar masuk dalam kriteria inklusi.

Proses seleksi literatur dilakukan dalam tiga tahap: pertama, penyaringan awal berdasarkan kesesuaian judul dan abstrak terhadap topik kajian; kedua, evaluasi menyeluruh terhadap isi artikel untuk menilai kualitas metodologi dan relevansi isi; dan ketiga, pemilihan akhir atas literatur yang paling relevan dan bermutu tinggi. Studi-studi yang terpilih kemudian dianalisis untuk mengidentifikasi jenis data yang digunakan, pendekatan spasial yang diterapkan, efektivitas metode dalam konteks geografis tertentu, serta potensi replikasi metode tersebut di wilayah kepulauan Indonesia. Tabel 1 menunjukkan beberapa artikel terpilih beserta metode dan hasil penelitian yang dapat digunakan untuk pemberantasan nyamuk pembawa maupun penyakit malaria, sedangkan tabel berikutnya yaitu, tabel 2. Menyajikan data kritikal appraisal, untuk membahas apa saja yang menjadi keterbatasan dari penelitian tersebut, agar penelitian selanjutnya dapat ditingkatkan untuk mengatasi masalah tersebut. Berikutnya kolom risiko bias ditambahkan untuk mendapatkan informasi cakupan dan batas dari penelitian



tersebut. Sehingga, pembaca mendapatkan penilaian yang objektif tentang kelebihan dan kekurangan metode dan hasil penelitian tersebut.

Tabel 1. Metode dan Hasil Penelitian

No.	Penulis dan Tahun	Daerah Penelitian	Judul	Metode	Hasil Penelitian
1	João Viana et al. (2017)	AS, Prancis, Inggris	Remote Sensing in Human Health: A 10-Year Bibliometric Analysis	Analisis bibliometrik (2007-2016)	Penginderaan jauh efektif untuk analisis berbagai penyakit, termasuk malaria, infeksi dan asma. Meningkatkan penggunaan di sektor kesehatan dan pemerintahan.
2	Dechasa Diriba (2024)	Kota Nekemte, Etiopia Barat	Spatial analysis and mapping of malaria risk areas using geospatial technology	Analisis spasial dan lingkungan menggunakan remote sensing	Peta risiko malaria membantu identifikasi area berisiko tinggi, optimalkan distribusi sumber daya, dan perencanaan pengendalian malaria.
3	Chaitawat Sangmuang et al. (2023)	Asia Tenggara dan sekitarnya	Assessment of malaria risk in Southeast Asia: a systematic review	Literature review metode remote sensing satelit	Metode satelit (NDVI, EVI, NDWI, dll.) efektif untuk memprediksi risiko malaria dengan data open-source tanpa biaya tambahan.
4	Manjunatha M.C et al. (2024)	Asia Tenggara, Jepang, Korea, Zanzibar, Cina	Remote Sensing Applications for Human Healthcare: A Review	Review literatur penginderaan jauh dan penggunaan drone	Penginderaan jauh identifikasi habitat nyamuk, drone menyemprot cairan pengendali pada genangan air, efektif peta cekungan air dan daerah perkembangbiakan nyamuk.
5	Afi Nursafingi et al. (2024)	Indonesia (34 provinsi)	Determinants of malaria from environmental and poverty aspects in Indonesia, 2016-2020	Random forest regression dan analisis spasial	Variabel iklim (vegetasi, temperatur, kelembapan, curah hujan, ketinggian) adalah faktor utama malaria di Indonesia. Program mitigasi dan adaptasi sangat diperlukan.
6	Henry Surendra et al. (2024)	IKN (Kalimantan Timur)	Mitigating risks of malaria and other vector borne diseases in Indonesia's new capital	Analisis spasial GIS dan citra Landsat-8	Pembangunan menyebabkan kerusakan hutan, menciptakan habitat baru bagi vektor malaria. Penting untuk pengawasan perubahan bentang alam dalam pengendalian malaria.
7	Maria Holly Herawati et al. (2023)	Beberapa provinsi Indonesia	Service availability and readiness of malaria surveillance information systems at PHCs	Survei cross-sectional dan ANCOVA	Implementasi SISMAL mempermudah pemantauan malaria di daerah terpencil dan kurang mampu secara finansial, cocok untuk negara berkembang.
8	Ngadino et al. (2024)	Jawa Timur	Spatial analysis of malaria cases and Anopheles species in East Java	Analisis spasial GIS	Topografi dan faktor lingkungan (kelembapan, temperatur, curah hujan) berpengaruh pada penyebaran nyamuk Anopheles, dengan risiko tinggi di daerah pesisir dan persawahan.



No.	Penulis dan Tahun	Daerah Penelitian	Judul	Metode	Hasil Penelitian
9	Fahmi Fahmi et al. (2022)	Sumatera Utara	Spatial analysis to evaluate risk of malaria in Northern Sumatera	Analisis spasial dan data iklim remote sensing	Titik risiko tertinggi di Tanjung Balai dan Asahan, lokasi malaria bergeser ke beberapa kabupaten lain. Pengendalian perlu fokus pada faktor risiko iklim dan lingkungan.

Sumber: data diolah

Tabel 2. Kritisal Apraisal dan Risiko Bias

No	Penulis dan Tahun	Metode	Kritisal Apraisal	Risiko Bias
1	João Viana et al. (2017)	Analisis bibliometrik 10 tahun (2007-2016) terhadap 2000 artikel	Memberikan gambaran luas tren pemanfaatan remote sensing dalam kesehatan- Menyediakan insight pola publikasi dan perkembangan teknologi- Kurang fokus spesifik ke malaria- Data hingga 2016, kurang up-to-date	Bias seleksi studi karena hanya artikel terindeks dan publikasi positif- Bias cakupan karena fokus luas, kurang fokus malaria
2	Dechasa Diriba (2024)	Analisis spasial dan pemetaan risiko malaria di Nekemte, Ethiopia dengan remote sensing & GIS	Pendekatan multidimensi menggabungkan faktor sosial & lingkungan- Hasil aplikatif untuk pengendalian lokal- Terbatas pada satu lokasi, kurang generalisasi- Data sosial mungkin kurang akurat	Bias lokasi: hanya kota tertentu- Bias data sosial: potensi ketidakakuratan data input sosial
3	Chaitawat Sangmuang et al. (2023)	Sistematik review literatur metode remote sensing malaria di Asia Tenggara	Menyajikan rangkuman metode dan aplikasi dari berbagai negara- Data satelit open-source dipaparkan- Tidak menyajikan data empiris baru- Risiko bias publikasi dan seleksi literatur	Bias publikasi: studi negatif sering tidak dipublikasikan- Bias seleksi literatur (bahasa dan aksesibilitas)
4	Manjunatha M.C et al. (2024)	Literatur review dan aplikasi drone untuk pemetaan habitat nyamuk malaria	Penggunaan drone inovatif, akurat dan efisien- Potensi aplikasi luas dengan validasi lapangan- Pembatasan teknologi dan regulasi di daerah terpencil	Bias implementasi: teknologi belum merata- Bias validasi data: perlu verifikasi lapangan
5	Afi Nursafingi et al. (2024)	Random forest regression analisis faktor penyebab malaria di 34 provinsi Indonesia	Model mampu mengatasi data spasial kompleks- Identifikasi variabel penting untuk mitigasi- Risiko overfitting dan kurang transparan	Bias model: overfitting dan kurang generalisasi- Bias data: input data kurang representatif atau kualitas rendah
6	Henry Surendra et al. (2024)	Analisis spasial GIS perubahan tutupan hutan di IKN dan risiko malaria	Memberikan insight dampak pembangunan pada habitat vektor- Data satelit cukup akurat untuk perubahan lahan- Hanya korelasional, kurang kontrol faktor konfonder	Bias konfonder: faktor lingkungan lain tidak dikontrol- Bias temporal: data hanya 2 titik waktu
7	Maria Holly Herawati et al. (2023)	Survei cross-sectional dan ANCOVA kesiapan sistem informasi malaria di Puskesmas	Memberikan data kesiapan fasilitas di daerah terpencil- Cross-sectional tidak capture perubahan jangka panjang- Analisis statistik terbatas untuk evaluasi longitudinal	Bias temporal: snapshot tidak capture evolusi- Bias responden: kemungkinan jawaban bias sosial



No	Penulis dan Tahun	Metode	Kritikal Appraisal	Risiko Bias
8	Ngadino et al. (2024)	Analisis spasial GIS kasus malaria dan distribusi nyamuk Anopheles di Jawa Timur	Pemetaan detail menghubungkan topografi dan lingkungan dengan risiko- Data entomologi dan lingkungan mungkin tidak lengkap- Faktor temporal kurang dipertimbangkan.	Bias data: entomologi dan variabilitas lingkungan tidak lengkap- Bias pengukuran: variasi metodologi pengumpulan data
9	Fahmi Fahmi et al. (2022)	Analisis spasial data iklim dari remote sensing risiko malaria di Sumatra Utara	Mengidentifikasi faktor iklim penting terkait malaria- Metode spasial efektif untuk hotspot- Terbatas wilayah dan data bulanan kurang sensitif	Bias cakupan: wilayah terbatas mengurangi generalisasi- Bias temporal: data bulanan tidak tangkap fluktuasi pendek

Sumber: data diolah

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penggunaan teknologi remote sensing dalam mitigasi malaria di daerah kepulauan dan terpencil Indonesia Timur menghadapi berbagai tantangan dan peluang yang perlu dikaji secara kritis. Berdasarkan analisis studi yang ada, beberapa aspek penting dapat diidentifikasi.

Pertama, keragaman ekologis wilayah kepulauan Indonesia Timur sangat tinggi, dengan variasi topografi dan ekosistem yang kompleks, termasuk hutan tropis, rawa, dan pesisir. Studi Ngadino et al. (2024) menunjukkan bahwa topografi dan variabel lingkungan seperti kelembapan dan curah hujan sangat memengaruhi persebaran vektor Anopheles di Jawa Timur, yang dapat menjadi model awal bagi wilayah kepulauan. Namun, terdapat kekurangan data empiris yang spesifik untuk wilayah Maluku dan Papua, sehingga adaptasi model remote sensing yang sensitif terhadap karakteristik lokal sangat dibutuhkan. Hal ini menunjukkan adanya gap penelitian dalam mengembangkan model yang dapat menangkap dinamika ekologis unik daerah kepulauan, sehingga akurasi prediksi risiko malaria masih terbatas.

Kedua, dinamika perubahan iklim menambah kompleksitas risiko malaria yang terus berkembang. Meskipun beberapa studi telah menggunakan data cuaca historis untuk memetakan risiko (Afi Nursafingi et al., 2024; Fahmi Fahmi et al., 2022), integrasi model prediktif jangka panjang yang mengakomodasi perubahan iklim masih jarang dilakukan. Padahal, daerah terpencil yang rawan terhadap bencana lingkungan akan sangat diuntungkan dengan pemodelan adaptif yang dapat memandu intervensi preventif secara real-time. Kurangnya data longitudinal menjadi penghambat dalam pengembangan model prediksi dinamis, sehingga risiko sebenarnya mungkin lebih tinggi atau berubah seiring waktu.

Ketiga, validasi lapangan (ground truthing) masih menjadi kelemahan utama dalam pemanfaatan remote sensing untuk malaria. Maria Holly Herawati et al. (2023) menggarisbawahi tantangan pengumpulan data surveilans di daerah terpencil yang berpengaruh pada keandalan data remote sensing. Tanpa validasi yang memadai, hasil pemetaan risiko dapat menjadi indikatif dan kurang dapat diandalkan untuk pengambilan keputusan. Oleh karena itu, pengembangan metode pengumpulan data lapangan inovatif, seperti mobile health technology atau citizen science, harus diintegrasikan dalam kerangka kerja mitigasi.

Keempat, studi yang ada lebih menekankan aspek teknis pengindraan jauh dan analisis spasial tanpa integrasi yang cukup terhadap pendekatan multisektoral. Henry Surendra et al. (2024) mencontohkan pentingnya pemantauan perubahan bentang alam dalam konteks pembangunan ibu kota baru (IKN), namun kolaborasi lintas sektor kesehatan, lingkungan, dan pembangunan wilayah masih kurang digali. Pendekatan multidisipliner ini sangat penting agar strategi mitigasi malaria dapat mempertimbangkan faktor sosial-ekonomi dan kebijakan publik yang mempengaruhi distribusi risiko penyakit, khususnya di daerah terpencil dan kepulauan.



Terakhir, efektivitas relatif remote sensing dalam mitigasi malaria sangat bergantung pada kesiapan teknologi dan kapasitas sumber daya manusia di lapangan. Studi Maria Holly Herawati et al. (2023) menunjukkan bahwa implementasi sistem informasi surveilans malaria (SISMAL) lebih efektif di daerah dengan akses teknologi yang baik, namun masih menghadapi kendala di wilayah terpencil. Oleh karena itu, penguatan kapasitas lokal melalui pelatihan dan peningkatan infrastruktur teknologi informasi merupakan prasyarat penting agar manfaat remote sensing dapat terealisasi secara optimal.

Tantangan implementasi

Secara keseluruhan, meskipun remote sensing menawarkan potensi besar sebagai alat bantu mitigasi malaria di wilayah kepulauan dan terpencil Indonesia Timur, penelitian dan implementasi saat ini masih menghadapi kendala signifikan terkait validasi data, adaptasi model lokal, integrasi multisektoral, dan kesiapan teknologi. Penelitian selanjutnya perlu fokus pada pengembangan model dinamis yang mempertimbangkan perubahan iklim dan heterogenitas ekologis, serta penguatan sistem surveilans dan kolaborasi lintas sektor untuk memastikan mitigasi malaria yang efektif dan berkelanjutan. Pemberantasan nyamuk dan penyakit malaria menggunakan metode remote sensing di daerah kepulauan maupun terpencil ini masih belum maksimal seperti ditunjukkan oleh kolom kritikal appraisal yaitu: karena keterbatasan pengolahan data dengan jangka waktu yang panjang (temporal), serta perlunya data lapangan langsung untuk pengecekan validitas data juga diperlukan variable data lingkungan yang lengkap agar pemberantasan bisa dilakukan secara holistik dan tepat.

Selanjutnya, kolom bias pada tabel 2. menunjukkan bahwa beberapa artikel masih terdapat beberapa ketidaksempurnaan. Beberapa Contohnya yaitu: tantangan dalam pengambilan data belum banyak dibahas secara rinci, daerah yang diteliti belum cukup luas, hanya menggunakan beberapa daerah sebagai representasi, masih terdapat bias data dimana perlu divalidasi langsung ke Lokasi penelitian. Data lingkungan yang lengkap harus disediakan agar tidak terjadi bias atau generalisasi karena tiap daerah, pulau atau wilayah terpencil memiliki keunikan dalam hal variasi data lingkungan. Sehingga, data daerah/wilayah yang disediakan tidak boleh representatif maupun mewakili data di tempat yang lain.

PENUTUP

Pemanfaatan teknologi remote sensing untuk mitigasi malaria di daerah kepulauan dan terpencil Indonesia Timur menunjukkan potensi yang signifikan dalam meningkatkan pemetaan risiko dan pengendalian penyakit. Namun, berbagai tantangan teknis dan konseptual masih membatasi efektivitas implementasinya. Studi-studi yang ada mengindikasikan bahwa akurasi prediksi sangat bergantung pada ketersediaan data lapangan yang memadai, adaptasi model yang sesuai dengan karakteristik ekologis lokal, serta integrasi multidisipliner yang menggabungkan aspek lingkungan, sosial, dan kebijakan. Selain itu, kesiapan infrastruktur teknologi dan kapasitas sumber daya manusia menjadi faktor kunci dalam keberhasilan aplikasi remote sensing di wilayah ini. Oleh karena itu, untuk mencapai mitigasi malaria yang efektif dan berkelanjutan, diperlukan upaya yang lebih terfokus pada pengembangan model prediktif dinamis, peningkatan validasi data lapangan, dan penguatan sistem surveilans berbasis teknologi informasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Viana, J., Santos, J. V., Neiva, R. M., Souza, J., Duarte, L., Teodoro, A. C., & Freitas, A. (2017). Remote sensing in human health: A 10-year bibliometric analysis. *Remote Sensing*, 9(12). <https://doi.org/10.3390/rs9121225>
- Diriba, D., Karuppanan, S., Regasa, T., & Kasahun, M. (2024). Spatial analysis and mapping of malaria risk areas using geospatial technology in the case of Nekemte City, western



- Ethiopia. *International Journal of Health Geographics*, 23(1).
<https://doi.org/10.1186/s12942-024-00386-3>
- Sa-ngamuang, C., Lawpoolsri, S., Su Yin, M., Barkowsky, T., Cui, L., Prachumsri, J., & Haddawy, P. (2023). Assessment of malaria risk in Southeast Asia: a systematic review. In *Malaria Journal* (Vol. 22, Issue 1). BioMed Central Ltd.
<https://doi.org/10.1186/s12936-023-04772-3>
- M.C. Manjunatha, Dr & B, madhu & Sushant, Sawant & C.B., Karthik & K S, Sahana & Manivasagan, Mounika & Mallaiiah, Chaithra. (2024). Remote Sensing Applications for Human Healthcare: A Review. 14. 70496-70504.
- Nursafingi, A., Widayani, P., Purwoko, S., & Bhermana, A. (2024). Determinants of malaria from environmental and poverty aspects in Indonesia: A spatiotemporal perspective, 2016-2020. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, 17(6), 256–267.
https://doi.org/10.4103/apjtm.apjtm_743_23
- Surendra, H., Djaafara, B. A., Prameswari, H. D., Supriyanto, D., Waluyo, P., Basuki, S. B., Herdiana, H., Ndoen, E., Siswanto, S., Lubis, I. N. D., Liu, X., Mishra, S., Fornace, K. M., & Elyazar, I. R. F. (2024). Mitigating risks of malaria and other vector-borne diseases in the new capital city of Indonesia. In *Nature Communications* (Vol. 15, Issue 1). Nature Research. <https://doi.org/10.1038/s41467-024-54891-x>
- Herawati, M. H., Besral, Lolong, D. B., Pracoyo, N. E., Sukoco, N. E. W., Supratikta, H., Veruswati, M., & Asyary, A. (2023). Service availability and readiness of malaria surveillance information systems implementation at primary health centers in Indonesia. *PLoS ONE*, 18(4 April). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0284162>
- Ngadino, Winarko, Nurmayanti, D., Marlik, Wardoyo, S., Nurhayati, S., & Wuryaningtyas, D. (2024). Spatial analysis of malaria cases and Anopheles species in East Java region, Indonesia. *Tropical Medicine and Health*, 52(1). <https://doi.org/10.1186/s41182-024-00662-9>
- Fahmi, F., Pasaribu, A. P., Theodora, M., & Wangdi, K. (2022). Spatial analysis to evaluate risk of malaria in Northern Sumatera, Indonesia. *Malaria Journal*, 21(1).
<https://doi.org/10.1186/s12936-022-04262-y>
- Setyanto, D., & Laksmi, P. (2025). Studi Literatur Penggunaan Internet of Things (IoT) dalam Sektor Kesehatan. *Detector: Jurnal Inovasi Riset Ilmu Kesehatan*, 3, 26–37.
<https://doi.org/10.55606/detector.v3i1.4783>
- Pitria Hakim, B., Permatasari, I., Sjafrizal, T., & Andias Anugraha, R. (n.d.). Konvergensi Geographic Information System dalam Manajemen Kesehatan Unit Pelaksana Teknis Daerah. In *Jurnal Abdimas Madani dan Lestari (JAMALI)* (Vol. 07).
<https://journal.uui.ac.id/JAMALI>
- Adimi, F., Soebiyanto, R. P., Safi, N., & Kiang, R. (2010). Towards malaria risk prediction in Afghanistan using remote sensing. *Malaria Journal*, 9(1), 125.
<https://doi.org/10.1186/1475-2875-9-125>
- Rhodes, E. C., Perotto-Baldivieso, H. L., Reeves, M. C., & Gonzalez, L. A. (2022). Perspectives on the Special Issue for Applications of Remote Sensing for Livestock and Grazingland Management. *Remote Sensing*, 14(8), 1882. <https://doi.org/10.3390/rs14081882>
- Ocholla, I. A., Pellikka, P., Karanja, F. N., Vuorinne, I., Odipo, V., & Heiskanen, J. (2024). Livestock detection in African rangelands: Potential of high-resolution remote sensing data. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 33, 101139.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rsase.2024.101139>
- Cowman, A. F., Healer, J., Marapana, D., & Marsh, K. (2016). Malaria: Biology and Disease. *Cell*, 167(3), 610–624. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cell.2016.07.055>



Wassmer, S. C., & Grau, G. E. R. (2017). Severe malaria: what's new on the pathogenesis front? *International Journal for Parasitology*, 47(2), 145–152.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2016.08.002>