

PENGENDALIAN VEKTOR PENYAKIT TROPIS

PENULIS :

- **Jernita Sinaga**
- **AdharArifuddin**
- **Muhammad Choirul Hidajat**
- **Nurdin**
- **Efriza**
- **Daawia**
- **Th Teddy Bambang Soedjadi**
- **Susanti Br Perangin-angin**



PENGENDALIAN VEKTOR PENYAKIT TROPIS

**Jernita Sinaga
Adhar Arifuddin
Muhammad Choirul Hidajat
Nurdin
Efriza
Daawia
Th Teddy Bambang Soedjadi
Susanti Br Perangin-angin**



GET PRESS INDONESIA

PENGENDALIAN VEKTOR PENYAKIT TROPIS

Penulis :

Jernita Sinaga
Adhar Arifuddin
Muhammad Choirul Hidajat
Nurdin
Efriza
Daawia
Th Teddy Bambang Soedjadi
Susanti Br Perangin-angin

ISBN : 978-623-125-348-4

Editor : Mila Sari., S.St., M.Si

Penyunting : Rantika Maida Sahara., S.Tr.Kes

Desain Sampul dan Tata Letak : Atyka Trianisa, S.Pd

Penerbit : GET PRESS INDONESIA
Anggota IKAPI No. 033/SBA/2022

Redaksi :

Jln. Palarik Air Pacah No 26 Kel. Air Pacah Kec. Koto Tangah Kota
Padang Sumatera Barat
Website : www.getpress.co.id
Email : adm.getpress@gmail.com
Cetakan pertama, Agustus 2024

Hak cipta dilindungi undang-undang
Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk dandengan
cara apapun tanpa izin tertulis dari penerbit.

KATA PENGANTAR

Segala Puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT dalam segala kesempatan. Sholawat beriring salam dan doa kita sampaikan kepada Nabi Muhammad SAW. Alhamdulillah atas Rahmat dan Karunia-Nya penulis telah menyelesaikan Buku Pengendalian Vektor Penyakit Tropis ini.

Buku Ini Membahas Konsep Dasar Pengendalian Vektor Penyakit Tropis, Insiden Dan Penyebaran Penyakit Yang Ditimbulkan Oleh Vektor Di Indonesia, Pengendalian Vektor Secara Kimiawi, Pengelolaan Lingkungan, Pengendalian Vektor Secara Terpadu, Pengendalian Vektor Lalat, Pengendalian Vektor Kecoa.

Proses penulisan buku ini berhasil diselesaikan atas kerjasama tim penulis. Demi kualitas yang lebih baik dan kepuasan para pembaca, saran dan masukan yang membangun dari pembaca sangat kami harapkan.

Penulis ucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah mendukung dalam penyelesaian buku ini. Terutama pihak yang telah membantu terbitnya buku ini dan telah mempercayakan mendorong, dan menginisiasi terbitnya buku ini. Semoga buku ini dapat bermanfaat bagi masyarakat Indonesia.

Padang, Agustus 2024

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL.....	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
BAB 1 KONSEP DASAR PENGENDALIAN	
VEKTOR PENYAKIT TROPIS	1
1.1 Pendahuluan.....	1
1.2 Konsep Terjadinya Penyakit Tropis	2
1.2.1 Penyebab penyakit Tropis	3
1.2.2 Reservoir Penyebab Penyakit Tropis.....	5
1.2.3 Keluar Penyakit dari pejamu (<i>Portal of Exit</i>).....	7
1.2.4 Masuk Penyakit pada pejamu (<i>Portal of Entry</i>)..	7
1.2.5 Penularan atau Transmisi Penyakit Tropis	7
1.2.6 Imunitas Tubuh Terhadap Penularan Penyakit Tropis.....	8
1.3 Konsep Vektor Penyakit Tropis.....	8
1.3.1 Penularan Mekanik.....	10
1.3.2 Penularan Biologi	10
1.4 Faktor yang Memengaruhi PengendalianVektor Penyakit	11
1.5 Analisis Hasil Survei Vektor dan Binatang Penggangu	15
1.6 Macam Pengendalian Vektor.....	18
DAFTAR PUSTAKA.....	19
BAB 2 INSIDEN DAN PENYEBARAN PENYAKIT YANG DITIMBULKANOLEH VEKTOR DI INDONESIA	
21	
2.1 Pengendalian Vektor dan Penyakit	21
2.2.1 Pengendalian nyamuk Aedes Aegypti	22
2.2.2 Pengendalian vektor Anopheles	23
2.2 Perubahan Lingkungan dan PenyebaranPenyakit..	25
2.2.1 Faktor Lingkungan	26
2.2.2 Dampak Terhadap Vektor	27
2.2.3 Penyebaran Penyakit	27
2.2.4 Strategi Adaptasi dan Mitigasi.....	29
2.3 Pola Penyebaran Penyakit Vektor-Borne	30

2.3.1 Pola Geografis dan Lingkungan.....	30
2.3.2 Faktor Iklim	32
2.3.3 Faktor Sosial dan Ekonomi	33
2.3.4 Mobilitas Penduduk.....	35
2.3.5 Upaya Pengendalian	36
2.4 Pengaruh Sosial-Ekonomi dalam Penyebaran	
Penyakit	38
2.4.1 Pendidikan dan Kesadaran Kesehatan	39
2.4.2 Infrastruktur dan Akses Transportasi	40
2.4.3 Pekerjaan dan Aktivitas Ekonomi	41
2.4.4 Peran Gender dan Anak-anak	42
2.5 Prediksi Penyebaran Penyakit dengan	
Pendekatan <i>Machine Learning</i>	43
2.6 Deteksi Awal dan Pemantauan Penyakit dengan	
Pendekatan <i>Machine Learning</i>	56
DAFTAR PUSTAKA.....	60
BAB 3 PENGENDALIAN KIMIAWI.....	63
3.1 Pendahuluan	63
3.2 Penggolongan Insektisida.....	64
3.2.1 Penggolongan berdasar cara Kerja.....	64
3.2.2 Macam Insektisida.....	64
3.2.3 Penggolongan berdasar formulasi	65
3.3 Metode aplikasi Insektisida	68
3.4 Resistensi.....	70
3.4.1 Mekanisme Resistensi Vektor terhadap	
Insektisida	70
3.4.2 Faktor-faktor Risiko yang Mempengaruhi	
Kejadian Resistensi	73
3.4.3 Resistensi terhadap Insektisida	
Organofosfat dan Karbamat	74
3.4.4 Resistensi terhadap Insektisida Piretroid.....	75
DAFTAR PUSTAKA.....	77
BAB 4 PENGELOLAAN LINGKUNGAN.....	81
4.1 Pendahuluan	81
4.2 Konsep Pengelolaan Lingkungan Terkait Vektor	
Penyakit Tropis.....	82
4.2.1 Definisi dan Prinsip Dasar Pengelolaan	
Lingkungan.....	82

4.3 Isu-Isu Lingkungan Terkait Vektor	91
4.3.1 Dampak Perubahan Iklim terhadap Penyebaran Vektor Penyakit	91
4.3.2 Pengaruh Urbanisasi dan Perubahan Penggunaan Lahan terhadap Habitat Vektor	92
4.3.3 Isu Pencemaran Lingkungan dan Bagaimana Hal Ini Mempengaruhi Vektor	93
4.4 Keterkaitan Lingkungan terhadap Kesehatan dalam Pengendalian Vektor Penyakit daerah Tropis	94
4.4.1 Jenis-Jenis Vektor Penyakit Tropis	94
DAFTAR PUSTAKA	101
BAB 5 PENGENDALIAN VEKTOR NYAMUK	103
5.1 Pendahuluan	103
5.2 Penyakit yang ditularkan melalui nyamuk	103
5.3 Siklus Hidup dan Bionomik Vektor Nyamuk	105
5.4 Pengendalian Vektor Nyamuk	110
5.4.1 Implementasi Intervensi Pengendalian Vektor Nyamuk	112
5.4.2 Rekomendasi Pengendalian Vektor Nyamuk	116
DAFTAR PUSTAKA	118
BAB 6 PENGENDALIAN VEKTOR LALAT	121
6.1 Pendahuluan	121
6.2 Jenis-jenis Vektor Penyakit	121
6.3 Jenis-jenis Penyakit Akibat Vektor Lalat	122
6.4 Cara mengendalikan Vektor Lalat	128
DAFTAR PUSTAKA	142
BAB 7 MODUL PENGENDALIAN VEKTOR KECOAK	143
7.1 Kecoak Sebagai Vektor Penyakit	143
7.2 Anatomi Dan Siklus Hidup Kecoak	144
7.3 Identifikasi kecoa	147
7.3.1 Jenis – jenis kecoa yang umum ditemui	147
7.3.2 Ciri - ciri fisik yang membedakan kecoa	148
7.4 Bahaya Dan Dampak Pada Kesehatan	156
7.5 Metode Pengendalian Kecoak	160
7.6 Metode Pengendalian Kecoak Di Lingkungan Rumah	161
DAFTAR PUSTAKA	163

BAB 8 PENGENDALIAN PINJAL DAN KUTU	165
8.1 Pendahuluan	165
8.2 Pengertian	165
8.2.1 Pinjal.....	165
8.2.2 Kutu.....	166
8.3 Jenis Pinjal dan Kutu.....	166
8.3.1 Jenis Pinjal	166
8.3.2 Jenis Kutu.....	167
8.4 Siklus Hidup Pinjal dan Kutu.....	168
8.4.1 Siklus Hidup Pinjal	168
8.4.2 Siklus Hidup Kutu.....	169
8.5 Gejala Infestasi Pinjal dan Kutu.....	170
8.5.1 Gejala Infestasi Pinjal	170
8.5.2 Gejala Infestasi Kutu.....	171
8.6 Jenis Penyakit Yang Disebabkan Pinjal dan Kutu....	172
8.6.1 Penyakit yang Disebabkan oleh Pinjal.....	172
8.6.2 Penyakit yang Disebabkan oleh Kutu	172
8.7 Pencegahan Pinjal dan Kutu	173
8.7.1 Pencegahan Pinjal	173
8.7.2 Pencegahan Kutu	174
8.8 Pengendalian Pinjal dan Kutu.....	175
8.8.1 Pengendalian Pinjal	175
8.8.2 Pengendalian Kutu	176
DAFTAR PUSTAKA.....	178
BIODATA PENULIS	

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Jenis Agen, Spesies dan Nama Penyakit.....	4
Tabel 1.2. Kelompok Penyakit Tropis Animal Reservoir.....	6
Tabel 1.3. Portal of entry, portal of exit dan transmisi.....	7
Tabel 1.4. Bahan dan peralatan Survei Kegiatan Pengamatan Vektor	12
Tabel 1.5. Standar baku mutu kesehatan lingkungan untuk vektor nyamuk.....	15
Tabel 1.6. Figur Densitas ae. Aegypti	17
Tabel 5.1. Penyakit yang Ditularkan Melalui Vektor Nyamuk	106
Tabel 5.2. Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan Vektor	107

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Siklus Penularan Spotted Fever Group Rickettsioses	5
Gambar 1.2. Model Pengendalian Vektor Penyakit Tropis.....	9
Gambar 3.1. Mekanisme Resistensi Vektor Penyakit Terhadap Insektisida.....	73
Gambar 3.2. Mutasi pada sisi target aktif Asetilkolinesterase	75
Gambar 1.3. Topologi transmembrane gen VGSC.....	78
Gambar 7.1. Siklus Hidup Kecoa	149
Gambar 7.2. Kecoa Amerika Jantan Dewasa, Periplaneta americana (Linnaeus).....	150
Gambar 7.3. Kecoa Amerika Betina Dewasa, Periplaneta americana (Linnaeus)	151
Gambar 7.4. Oothecae (Kotak Telur) Kecoa Jerman, Blattella Germanica (Linnaeus).	152
Gambar 7.5. Nimfa Instar Pertama Yang Muncul Dari Oothecae (Kotak Telur) Kecoa Jerman, Blattella Germanica (Linnaeus).	152
Gambar 7.6. Kecoa Jerman Jantan, Blattella Germanica (Linnaeus).....	153
Gambar 7.7. Kecoa Jerman Betina Dewasa, Blattella Germanica (Linnaeus).....	153
Gambar 7.8. Ootheca Kecoa Pita Coklat Yang Berkembang Sempurna Dan Terpisah. Supella Longipalpa Fabricius	154
Gambar 7.9. Tahapan kehidupan kecoa pita coklat	155
Gambar 7.10. Tampak Punggung Kecoa Pita Coklat Jantan, Supella Longipalpa Fabricius	155
Gambar 7.11. Pandangan Punggung Kecoa Pita Coklat Betina, Supella Longipalpa Fabricius.....	156
Gambar 7.12. Kecoa Oriental Betina, Blatta Orientalis Linnaeus.....	157
Gambar 7.13. Kecoa Oriental Jantan, Blatta Orientalis Linnaeus.....	157

Gambar 7.14. Kotak Telur (Ootheca) Dan Nimfa Instar
Awal Kecoa Oriental, Blatta Orientalis
Linnaeus..... 158

Gambar 7.15. Nimfa Instar Akhir Kecoa Oriental, Blatta
Orientalis Linnaeus 158

BAB 1

KONSEP DASAR PENGENDALIAN VEKTOR PENYAKIT TROPIS

Oleh Jernita Sinaga

1.1 Pendahuluan

Wilayah letak geografis Indonesia berada pada daerah tropis dan sub tropis yang memiliki musim penghujan dan musim kemarau, Indonesia dengan suhu tropis. Iklim tersebut serangga dan mikroorganisme penyebab penyakit berkembangbiak dengan lingkungan yang sangat baik untuk perkenbang biakan dari pada vektor maupun mikroorganisme penyebab penyakit, dengan hal tersebut sehingga penyakit tropis sangat banyak dijumpai di Indonesia dapat menyebabkan kematian.

Identifikasi vektor sebagai artropoda yang penyebab penyakit tropis, kelompok arthropoda antara lain nyamuk, kecoa dan lalat. Sedangkan binatang pembawa penyakit adalah binatang selain artropoda. Berbagai vektor penyakit tropis di Indonesia kelompok arthropoda ditularkan nyamuk diantaranya jenis nyamuk *Anopheles sp.*

Epidemi dengue diketahui telah terjadi di daerah tropis, subtropis dan beriklim panas. Epidemi demam berdarah pertama tercatat di Hindia Barat Prancis, penyakit yang kompatibel dengan demam berdarah telah dilaporkan di Cina, epidemi penyakit seperti demam berdarah dijelaskan secara global di daerah tropis. Epidemi ini adalah demam berdarah klinis, meskipun beberapa dikaitkan dengan bentuk penyakit hemoragik parah. Upaya untuk mengendalikan *aedes aegypti* dan pembangunan ekonomi telah secara nyata mengurangi ancaman demam berdarah epidemi di negar-negara beriklim sedang selama 50 tahun terakhir (WHO SEARO, 2011)

Penyebaran oleh nyamuk yang ditularkan terdapat virus dengue nyamuk dari subgenus *Stegomyia*. *Aedes aegypti* adalah vektor epidemi, vektor menjadi tuan rumah buat virus dengue,

umumnya vektor epidemi kurang efisien dibandingkan dengan *Aedes aegypti*.

Filariasi atau penyakit dikenal dengan kaki gajah ditularkan genus nyamuk anopheles. Vektor penular dari filariasi vektor utama filariasis anopheles farauti dan punctulatus. Cacing Filariasis vektor pembawa nyamuk jenis culex fatigans. Manusia reservoir cacing filaria. Larva cacing masuk ke peredaran darah perifer malam hari, penderita digigit membawa larva filaria. Gigitan memindahkan mikrofilaria kepada korban baru dan mikrofilaria mengikuti peredaran darah menuju saluran limfatik dan menjadi dewasa. Filaria menyebabkan penyumbatan saluran limfatik, cairan tubuh tidak dapat mengalir seperti biasanya kemudian menjadi pembengkakan semakin membesar dengan memeras. Penyakit chikungunya merupakan penyakit tropis tular vektor, Vektor kelompok artropoda nyamuk antara lain aedes aegypti zika. *Japanesa Encephalitis* (JE) radang otak oleh Culex terinfeksi virus.

Vektor tular lalat panyakit tropis teridentifikasi diare, polimelitis, konjungtivitis, trachoma dan antrax. World Health Organization (WHO) 6 jenis penyakit ditularkan lalat disentri, diare, tipas, kolera, infeksi mata, infeksi kulit (WHO SEARO, 2011)

Lipas atau kecoa panyakit tropis agent seperti bakteri, *salmonella*, *staphylococcus* dan *streptococcus*. Kecoa pembawa virus dan parasit, seperti cacing. Penyakit tropis tular vektor kecoak diantaranya diare, demam tifoid. Penyakit pes kedaruratan kesehatan masyarakat (KKM). Penular bakteri yang di akibatkan melalui gigitan pinjal pada tikus yang penularannya dari droplets karena adanya bakteri. Penyakit yang disebabkan oleh bakteri yang dapat menyebabkan Demam semak (*scrub typhus*). Gigitan tungauterinfeksi bakteri (Nugrahaeni DK, 2011)

Indonesia semua pihak pemerintah dan swasta bersinergis dalam program maupun masyarakat, maksimal dapat mengurangi angka kematian akibat vektor penular penyakit tropis (Sabitu Y and AF.M, 2021)

1.2 Konsep Terjadinya Penyakit Tropis

Terjadinya infeksi, proses terjadinya rantai penularan dengan kehadiran vektor berperan infeksi baru, melibatkan peran

spesies nyamuk menjadi vektor utama filariasis dengan adanya interaksi antara host, agen dan enviromen.

Virus dengue anggota genus flavivirus. Virus kecil RNA virionterdiri dari nukleocapsid dengan dalam lipoprotein, Genom virus dengue terdiri dari protein struktural, protein inti, membran, tujuh gen non struktural. Glikoprotein amplop dikaitkan dengan aktivitas haemagglutination dan netralisasi virus. Virus dengue berbeda dengan flavivirus dengan karakteristik antigenik dan biologis.

Meskipun keempat serotipe secara antigenik serupa, cukup berbeda untuk memperoleh perlindungan silang setelah infeksi olehvirus. Keempat serotipe virus dengue telah dikaitkan epidemi demam berdarah di mana ada sedikit atau tidak ada bukti DBD. Keempat serotipe virus juga menyebabkan epedemi DBD yang terkait dengan penyakit parah dan fatal, Beberapa komponen danfaktor terjadinya vektor penyakit tropis.

1.2.1 Penyebab penyakit Tropis

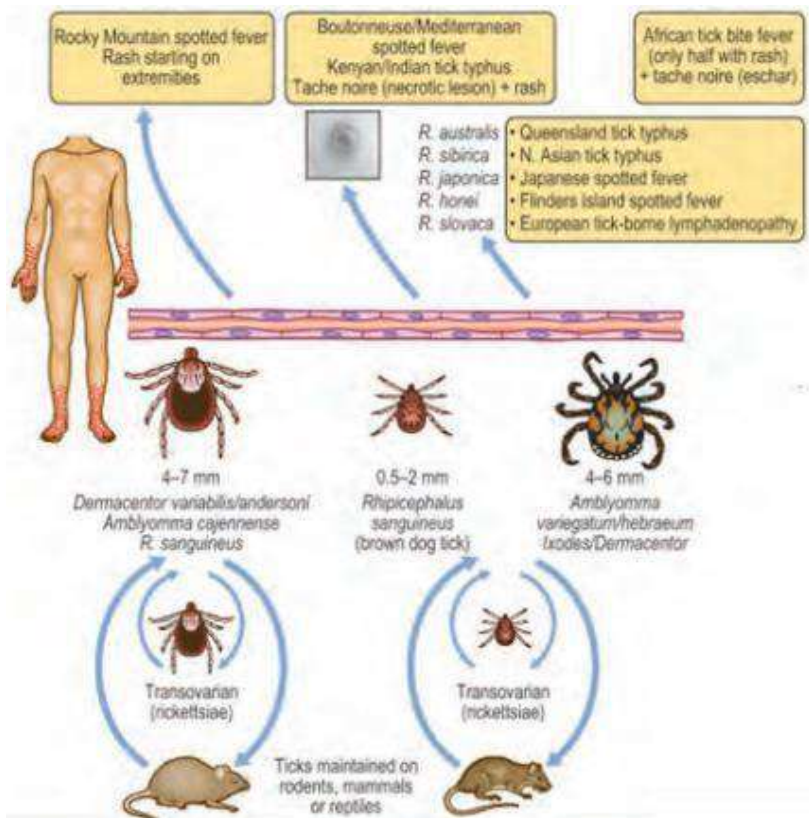
Agen penyakit dikelompokkan yang dapat menyebabkan penyakit tropis yang merupakan epidemiologi penyakit dan status kesehatan. Memiliki perspektif multidimensi (biologis, fisik, psikologis dan sosial/perilaku) dengan perbedaannya penyakit merupakan konsep “negatif” dan kesehatan merupakan konsep “positif”. Jenis penyakit tropis dengan adanya mikroorganisme yang terdapat pada lingkungan penyebab penyakit tropis: (Supandi Tatang, 2014).

Tabel 1.1. Jenis Agen, Spesies dan Nama Penyakit (Supandi Tatang, 2014)

Jenis Agent	Spesies Agen	Nama Penyakit
Metazoa	Ascaris lumbricoides Necator americanus Schistosoma japonicum	Ascariasis Anylostomiasis Schistosomiasis
Protozoa	Entamoeba histolytica Plasmodium falciparum Plasmodium vivax	Amoebiasis Malaria Tropica Malaria Quartana
Fungi	Histoplasma capsulatum P. Orbiculare Candida albicans	Histoplasmosis Tinea versicolor Candidiasis
Bakteri	Mycobacterium tuberculosis Vibrio cholerae Salmonella typhi	Tuberkulosis Kolera Tifus abdominalis
Rickettsia	Rickettsia tsutsugamushi Rickettsia prowazeki	Scrub typhus Epidemic typhus
Virus	Virus influenza Virus morbilli Virus hepatitis A Virus poliomyelitis	Influenza Morbili Hepatitis A Poliomyelitis anterior acuta

Gigitan dari kelompok riketsia yang dapat menimbulkan infeksi kulit kondisi pada inang dapat menimbulkan penyakit scrub typhus menyebabkan demam (Tachibanan,) Gigitan pada kulit akan meninggalkan keropeng, Penularan spotted fever group rickettsioses ke manusia melalui gigitan caplak. Artropoda tersebut akan mengisap darah manusia dan setelah beberapa jam bakteri Rickettsia akan ditransfer masuk ke dalam pembuluh darah dibagian kulit melalui saliva. Caplak dapat

menularkan penyakit kemandu selama periode makan yang lama yaitu sekitar 1-2 minggu. Riketsia tular melalui gigitan terjadi masalah kulit dapat dilihat padagambar berikut.



Gambar 1.1. Siklus Penularan Spotted Fevev Group Rikettsioses (Akbar, H, 2018) (Widoyono, 2005)

1.2.2 Reservoir Penyebab Penyakit Tropis

Agen reservoir komponen utama lingkaran penularan penyakit, dari suatu habitat penyakit tropis vektor adalah:

1. Manusia sebagai reservoir penyakit tropis.

Reservoir penyakit tropis masyarakat, bibit penyakit tumbuh pada manusia. Penyakit dapat berpindah dapat menimbulkan penyakit. Penyebaran orang ke orang oleh nyamuk *Aedes* (*Ae*) yang ditularkan terdapat virus dengue nyamuk dari subgenus *Stegomya*. *Aedes aegypti* adalah

vektor epidemi, untuk nyamuk itu sendiri dan meskipun vektor menjadi tuan rumah buat virus dengue, umumnya vektor epidemi kurang efisien dibandingkan dengan *Aedes aegypty*.

Dengue menginfeksi dan beberapa spesies primata tingkat rendah. Manusia reservoir perkotaan utama virus. Studi di Malaysia dan Afrika terdapat pada monyet terinfeksi dan kemungkinan merupakan inang reservoir, meskipun signifikan epidemiologis dari pengamatan ini masih harus ditetapkan. Dengue tumbuh pada kultur serangga dan pada kultur mamalia dan beradaptasi.

2. Hewan sebagai reservoir penyakit tropis

Reservoir (*animal reservoir*) tubuh hewan dan menyerang manusia. Pada manusia berasal dari hewan zoonosis, Alamiah penyakit terjadi pada hewan vertebrata tetapi penyakit tersebut dapat ditularkan kemanusia. kelompok zoonosis ini reservoir utamanya adalah hewan.

Virus spesies primata tingkat rendah. Reservoir perkotaan utama virus. Studi di Malaysia dan Afrika terdapat pada monyet terinfeksi dan kemungkinan merupakan inang reservoir, meskipun signifikan epidemiologis dari pengamatan ini masih harus ditetapkan. Strain virus dengue tumbuh pada kultur serangga dan pada kultur mamalia dan beradaptasi, Animal reservoir penyakit tropis. (Kemenkes Direktorat Jendral Pengendalian Penyakit, 2017)

Tabel 1.2. Kelompok Penyakit Tropis Animal Reservoir
(Kemenkes Direktorat Jendral Pengendalian Penyakit, 2017)

No	Nama Penyakit	Reservor
1	Pes	Tikus
2.	Rabies	Anjing, Kucing, Kera
3.	Antraks, Brucellosis	Sapi, Kambing, Domba
4.	Leptospirosis	Tikus
5.	Trichinosis	Babi

3. Lingkungan reservoir penyakit tropis

Reservoir (*enviroment reservoir*) di lingkungan tanah, air,

udara, makanan, agen penyakit menemukan pejamu yang rentan. Soil transmitted helminth penyakit infeksi cacing tambang, cacing gelang.

1.2.3 Keluar Penyakit dari pejamu (*Portal of Exit*)

Hidup pejamu pada manusia, burung dan artropoda merupakan proses alamiah perkembangan penyakit. seperti pejamu umur, jenis kelamin, ras, genetik, anatomi, gizi. Bibit penyakit keluar dan cros kontak dengan pejamu baru. Keluar dari reservoir orang dan hewan istilah portal of exit, Pernapasan, pencernaan, saluran kemih, kulit, konjungtiva dan placenta. Beberapa istilah tentang pejamu:

1. Resistensi: Bertahan terhadap infeksi
2. Imunitas: Kesanggupan host respons imunologis.
3. Infektivitas: Potensi terinfeksi pada orang.

1.2.4 Masuk Penyakit pada pejamu (*Portal of Entry*)

Rantai penular agen, keluar dari tubuh reservoir masuk ke orang rentan melalui *portal of entry*, terinfeksi atau menderita penyakit.

Tabel 1.3. Portal of entry, portal of exit dan transmisi (Akbar, H, 2018)

No	Portal of exit	Transmisi	Portal of entry	Jenis penyakit
1.	Darah	Artropoda (penghisap darah)	Kulit	DBD, Malaria, Filariasis. dll
2.	Feses/Tinja	lalat	Pencernaan	Tifus, diare
3.	Feces/Tinja	Tanah	Kulit	Cacing

1.2.5 Penularan atau Transmisi Penyakit Tropis

Transmisi penyakit tropis terdapat langsung dan tidak langsung.

1. Penularan penyakit langsung.
Orang ke orang perpindahan agent langsung dari pejamu ke orang rentan. Kontak saat bersentuhan, terkontaminasi, berciuman atau berhubungan seksual, kulit dan pernafasan
2. Penularan penyakit secara tidak langsung.
Berpindah atau terbawa melalui organisme, perantara

pejamu rentan, seperti: 1) Udara melalui pernafasan (*airborne diseases/respiratory borne*), perantara vektor (vektor *borne disease*). 2) Lesi (luka terbuka). 3) Bawaan benda mati (*vehicleborne diseases*) penyakit tropis pada vektor seperti DBD, chikungunya, malaria dan filariasis.

Terinfeksi *Aedes (stegomyia)* timbulnya gejala akibat nyamuk mengambil darah dari seseorang selama fase demam akut (viraemik) Vektor nyamuk *Aedes (stegomyia)* dengan masa inkubasi ekstrinsik 8-10 hari, infeksi gigitan nyamuk di inkubasi intrinsik 3-14 hari (rata-rata dapat terjadi antara 4-6 hari), viremia timbulnya gejala dan berlangsung rata-rata lima hari setelah timbulgejala, kemungkinan penularan vertikal, mungkin penting dalam pemeliharaan virus, namun tidak dalam siklus epidemi (Marlinae Lenie, dkk, 2021).

1.2.6 Imunitas Tubuh Terhadap Penularan Penyakit Tropis

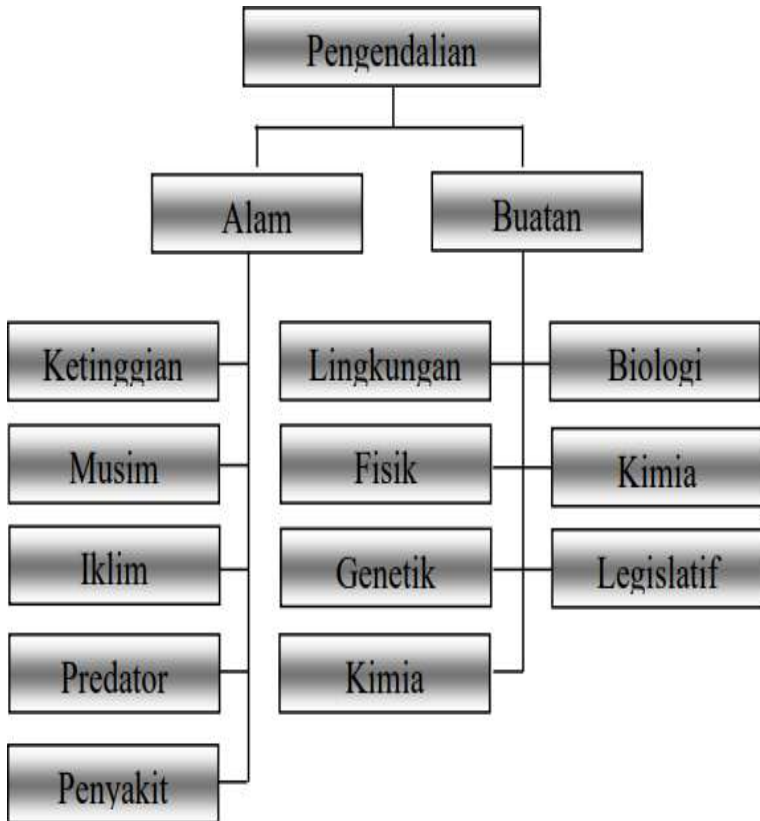
Faktor imunitas merupakan kekebalan atau struktur biologis atas imunitas dengan mengenali dalam membunuh patogen. Respon kolektif dan terkoordinasi respons imun berfungsi, Imun mengidentifikasi biologis, jamur, protozoa, dari sel jaringan organisme sehat supaya normal.

1.3 Konsep Vektor Penyakit Tropis

Kegiatan atau tindakan yang ditujukan dalam menurunkan dan menghindari kontak dari tilar vektor (Khairiyati Z, 2021) :

1. Populasi vektor dapat diturunkan serendah mungkin hingga titik tidak berisiko tular vektor.
2. Kontak dengan vektor perlu dihindari sehingga dapat dilakukan berdasarkan azas keamanan, rasionalitas dan efektifitas.

Menurunkan populasi untuk menekan kepadatan tidak menyebabkan masalah bagi lingkungan dan kesehatan masyarakat. Secara garis besar metode pengendalian secara alami dan secara buatan. (Widoyono, 2005):



Gambar 1.2. Model Pengendalian Vektor Penyakit Tropis (Widoyono, 2005) (Permenkes Nomor 50 , 2017)

Teknik pengendalian memutuskan rantai kehidupan vektor baik tingkat pradewasa maupun dewasa. Target pengendalian vektor: (Anggraeni Nancy Dian, 2017)

1. Memperkecil peluang gigitan.
2. Menekan perkembangan terinfeksi parasit vakibat vektor.
3. Menekan perkembangan vektor

Pengendalian vektor penyakit dengan berbagai alasan:

1. Hampir semua penyebab virus.
2. Obat, vaksinya sudah ada belum efektif, penyebab parasit.
3. Sulit dikendaikan penyakit pada hewan selain manusia.
4. Penularannya cepat, terutama insekta bersayap.
5. Menyebabkan cacat dan kematian.

Lingkup pelayanan kesehatan lingkungan pengelolaan unsur-unsur timbulnya gangguan kesehatan :

1. Perindukan, perilaku vektor dan masyarakat
2. Perlindungan perindukan.
3. Pemberdayaan masyarakat.

Artropoda secara umum mempunyai peran terhadap kesehatan manusia (Widoyono, 2005).

1. Menularkan atau memindahkan penyakit disebut vektor
2. Menyebabkan penyakit (Parasit atau *agents*)
3. Mengandung dan menghasilkan zat racun (toksin)
4. Menimbulkan dan menyebabkan gangguan (*nuisance*)
5. Menimbulkan rasa takut atau ngeri (*entomofobia*)

Vektor menularkan agen yang berada di dalam atau di bagian luar tubuh vektor. Tertular penyakit melalui vektor yang membawa agen dengan cara menggigit dan mengisap darah dari orang yang sakit. Dinamika penularan, perjalanan alamiah penyakit meliputi inang (*host*) termasuk perilaku masyarakat, agens dan lingkungan. Mekanisme penularan ada dua macam mekanik dan biologis.

1.3.1 Penularan Mekanik

Penularan mekanik perantara tubuh vektor. Kuman dalam tubuh serangga tidak bertahan ataupun berubah bentuk. Bersumber dari tinja, urine atau sputum penderita melekat di vektor dan dapat dipindahkan pada makanan dll. (Anggraeni Nancy Dian, 2017)

1.3.2 Penularan Biologi

Agens penyakit terjadi perubahan siklus dengan atau tanpa multiplikasi pada tubuh artropoda. Transmisi biologi dibagi tiga cara yaitu (Nugrahaeni DK, 2011) (Anggrini, dkk, 2021):

1. *Cyclo propogative*. Agens mengalami multiplikasi, perubahan siklus pada tubuh artropoda. Seperti plasmodium, penyakit malaria ditubuh nyamuk *Anopheles*.
2. *Cyclo developmenta*. Agens mengalami perubahan bentuk

- tanpa penambahan jumlah pada antropoda. Seperti wuchererria bancrofti penyebab filiaris yang ditularkan oleh nyamuk Culex fatigans.
3. *Propogative*: Agens mengalami multiplikasi, tidak mengalami perubahan bentuk pada antropoda. Seperti pes, kuman pasteurella pestis akan memperbanyak diri dalam tubuh pinjal tikus, bentuk tubuh sama dengan morfologi kuman pada saat diisap dari tubuh penderita.

1.4 Faktor yang Memengaruhi Pengendalian Vektor Penyakit

Masalah pengendalian vektor terutama pada keragaman vektor, belum teridentifikasinya spesies vektor (pemetaan sebaran vektor) peningkatan jumlah spesies, resisten pestisida, keterbatasan biaya operasional dan kurangnya sinergis tem pengendalian.

Fungsi pelaksanaan survei dengan beberapa alat dan bahan untuk menangkap vektor dalam mengoleksi atau mengumpulkan vektor harus dipersiapkan untuk kelancaran survei, bahan dan peralatan yang digunakan ada tiga kelompok, yang dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1.4. Bahan dan peralatan Survei Kegiatan Pengamatan Vektor (Puspawati Catur, 2019) (Rokhmayanti, 2021)

Peralatan	Fungsi
Peralatan Optik (survei entomologi) Identifikasi spesimen nyamuk atau serangga	
Kaca pembesar/lup /magnifer	Alat optik, 3 lensa digunakan pencirian vektor dengan pembesaran 5x, 10x, 15x atau 20x.
Mikroskop stereo	Stereo mikroskop atau mikroskop binokuler melihat pencirian vektor
Mikroskop Compound	Optik kompleks melihat pencirian vektor dan pembedahan
Bahan dan Peralatan untuk merangkap dan menguji vektor	

Chloroform, Aspirator, jaring penangkap, Ovitrap, perangkap cahaya, perangkap vektor, uji kerentanan dan uji efikasi, bahan alkohol, susceptibility tes kit, impregnated paper standar WHO, CDC bottle dan kurungan nyamuk.

Peralatan untuk mengukur faktor lingkungan

Termometer Maksimum-minimum	Pengukuran suhu pada saat penangkapan vektor dan pengamatan setelah vektor dikontakkan dengan racun serangga
Termometerair	Mengukur suhu air
Sling Hygrometer	Mengukur persentase kelembapan udara (% R.H)
pH Indikator	Keasaman air
Anemometer	Kecepatan angin
Pengukuran curah hujan	Memperkirakan kepadatan nyamuk
Altimeter	Ketinggian permukaan laut
Lensatic compas	Petunjuk arah dalam pemetaan tempat perindukan vektor

1. Surveilans Vektor Penyakit Tropis

Surveilans untuk nyamuk penting dalam distribusi, kepadatan jumlah vektor, habitat larva utama, faktor risiko spasial dan temporal yang terkait dengan penularan demam berdarah, dan tingkat kerentanan atau resistensi insektisida, memprioritaskan area dan musim untuk pengendalian vektor. Data ini akan memungkinkan pemilihan dan penggunaan alatkontrol vektor yang paling tepat, dan dapat digunakan untuk memantau efektivitas vektor. Ada beberapa metode yang tersedia untuk mendeteksi dan memantau populasi larva dan nyamuk dewasa. Pemilihan metode pengambilan sampel yang tepat tergantung pada tujuan surveilans, tingkat serangga dan ketersediaan sumber daya (Rokhmayanti, 2021)

2. Survei larva

Untuk alasan praktis, metodologi survei yang paling umum menggunakan prosedur pengambilan sampel larva dari

pada koleksi telur atau nyamuk dewasa. Unit pengambilan sampel dasar adalah rumah atau premis yang secara sistematis dicari untuk wadah penampungan air. Wadah diperiksa untuk diperiksa keberadaan larva nyamuk dan kepompong/jentik. Pengumpulan spesimen untuk pemeriksaan laboratorium diperlukan mengkonfirmasi spesies yang ada. Ada tiga indeks yang bias digunakan untuk memantau tingkat infestasi *Ae. Aegypti*, indeks rumah paling banyak digunakan untuk memantau tingkat kepadatan vektor, Memberikan informasi proporsi wadah penampungan air yang positif (Marlinae Lenie,dkk, 2021)

Indeks Breteau menetapkan hubungan antara kontainer positif dan rumah dan dianggap paling informatif, Mendapatkan profil karakteristik habitat larva dengan secara bersamaan mencatat kelimpahan relatif dari berbagai jenis wadah, baik sebagai lokasi potensial atau aktual produksi nyamuk. Tingkat kontribusi nyamuk dewasa yang baru muncul terhadap populasi nyamuk dewasa dari berbagai jenis wadah dapat sangat bervariasi. Perkiraan produksi dewasa relatif didasarkan jumlah nyamuk yaitu menghitung semua pupa yang ditemukan di setiap wadah indeks kepompong (Sumantri Arif, 2017)

Survei jentik dilakukan dengan metode :

- a. Single larva mengambil 1 jentik di tempat genangan air diidentifikasi dengan menggunakan gayung, cidukan, selang.
- b. Visual, ada tidaknya jentik di genangan air, dengan tidak mengambil jentik, Indeks pada waktu survei (Permenkes Nomor 50 , 2017)

c. Survei Nyamuk Dewasa

Pengambilan sampel vektor dapat memberikan data berharga untuk studi spesifik, seperti tren populasi musiman, dinamika transmisi, risiko penularan dan evaluasi intervensi pemalsuan. Hasilnya mungkin kurang dapat direproduksi daripada yang diperoleh dari pengambilan sampel tahap yang belum matang. Metode pengumpulan juga cenderung pada dan sangat bergantung pada kemahiran dan ketrampilan

kolektor.

d. Mendarat/menggigit koleksi

Mendarat/menggigit pada manusia adalah cara sensitif untuk mendeteksi infestasi tingkat rendah, tetapi sangat padat, Baik *Ae. Aegypti* jantan dan betina tertarik pada manusia. Karena jantan dewasa memiliki tingkat penyebaran yang rendah, kehadiran vektor dapat menjadi indikator yang dapat diandalkan untuk dekat dengan habitat larva yang tersembunyi. Tingkat penangkapan, biasanya menggunakan tangan atau aspirator saat nyamuk mendekati atau mendarat di kolektor, biasanya dinyatakan dalam jumlah pendaratan/gigitan per jamorang (Marlinae Lenie, dkk, 2021)

e. Perangkap Oviposisi

Ovitrap adalah perangkap yang digunakan mendeteksi keberadaan vektor dimana kepadatan populasi rendah dan survei larva sebagian besar tidak produktif (ketika indeks Breteau kurang dari 5), serta dalam kondisi normal. Perangkap sangat berguna untuk deteksi dini infestasi baru di daerah di mana nyamuk sebelumnya telah dihilangkan. Untuk alasan nyamuk digunakan untuk pengawasan di pelabuhan masuk internasional, khususnya bandara, yang mematuhi peraturan sanitasi internasional dan yang harus dijaga bebas dari pengembangbiakan vektor. (WHO SEARO, 2011)

1.5 Analisis Hasil Survei Vektor dan Binatang Pengganggu

Tabel 1.5. Standar baku mutu kesehatan lingkungan untuk vektor nyamuk (Permenkes Nomor 50 , 2017) (Kemenkes Direktorat Jendral Pengendalian Penyakit, 2017)

Vektor	Parameter	Satuan Ukur	Nilai Baku Mutu
Nyamuk Anopheles sp	MBR (Man biting rate)	Angka gigitan nyamuk per orang per malam	<0,025
Larva Anopheles sp	Indeks habitat	Persentase habitat perkembangbiakan yang positif larva	<1
Nyamuk Aedes aegypti dan atau aedes albopictus	Angka istirahat (resting rate)	Angka kepadatan nyamuk istirahat (resting) per kam	<0,025
Larva Aedes aegypti dan atau aedes albopictus	ABJ (angka bebas jentik)	Persentase rumah/bangunan yang negatif larva	≥95
Nyamuk Culex sp	MHD (Man Hour Density)	Angka nyamuk yang hinggap per orang per jam	<1
Larva Culex sp	Indeks Habitat	Persentase habitat perkembangbiakan yang positif larva	<5

1. Angka bebas jentik (ABJ)

Semakin tinggi ABJ pada suatu wilayah maka semakin rendah kasus DBD dapat dihitung dengan:

$$ABJ = \frac{\text{Jumlah rumah ataupun bangunan negatif jentik}}{\text{Jumlah seluruh rumah diperiksa}} \times 100\%$$

2. Angka istirahat (resting rate)

Angka kepadatan nyamuk istirahat (resting) per jam, dihitung jumlah nyamuk Aedes tertangkap satu hari (12

jam) dibagi jumlah penangkap (kolektor) dikali lama penangkapan (jam) dikali dengan waktu penangkapan (menit) dalam tiap jamnya.

RR

$$= \frac{\text{Nyamuk Aedes spp. yang ditangkap}}{\text{Penangkap} \times \text{Lama penangkapan (jam)} \times \text{waktu penangkapan (menit)}} \times 100\%$$

3. Indeks Habitat

Indeks habitat positif larva dihitung terhadap perkembangan jumlah habitat positif.

$$\text{Indeks Habitat} = \frac{\text{Jumlah habitat positif larva}}{\text{Jumlah seluruh habitat yang diamati}} \times 100\%$$

4. Man biting rate (MBR)

Angka gigitan nyamuk per orang per malam, jumlah nyamuk (spesies tertentu) yang tertangkap dalam satu malam (12 jam) dibagi dengan jumlah penangkap (kolektor) dikali dengan waktu (jam) penangkapan.

$$\text{MBR} = \frac{\text{Jumlah nyamuk (spesies tertentu) yang tertangkap}}{\text{Jumlah penangkapan} \times \text{waktu penangkapan (jam)}} \times 100\%$$

5. Man bour density (MHD)

Angka nyamuk hinggap per orang per jam, jumlah nyamuk (spesies tertentu) dengan jumlah penangkap (kolektor) harus diperhatikan untuk penentu MHD.

$$\text{MHD} = \frac{\sum \text{Nyamuk (spesies tertentu) yang tertangkap}}{\sum \text{Penangkapan} \times \text{Lama penangkapan (jam)} \times \text{waktu penangkapan (menit)}} \times 100\%$$

Perhitungan hasil survei jentik meliputi *Hous Indek* (HI), *Container Index* (CI) dan *Breteaues Indeks* (BI) dan *Densyti Figure* (DF) dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Permenkes Nomor 50, 2017):

- House Indeks (HI), risiko tinggi: nilai HI 5% risiko rendah: nilai HI $< 5\%$. Semakin tinggi nilai HI maka tinggirisiko penularan DBD

$$\text{HI} = \frac{\text{Jumlah rumah positif jentik}}{\text{Jumlah rumah yang diperiksa}} \times 100\%$$

- b. Container Indeks (CI), risiko tinggi CI 10%, risiko rendah CI 10% Tinggi nilai CI maka $\geq$ tinggi risiko penularan $<$ DBD

$$CI = \frac{\text{Jumlah container positif jentik}}{\text{Jumlah container diperiksa}} \times 100\%$$

- c. Breuto Indeks (BI) : Jumlah container positif jentik Ae. Aegypti dalam 100 rumah diperiksa

Daerah endemis DBD, jumentik digunakan identifikasi populasi keberadaan Ae.aegypti dengan pertimbangan tindakan pengendalian vektor dilihat dalam figur densitas Ae. Aegypti.

Tabel 1.6. Figur Densitas ae. Aegypti (Permenkes Nomor 50 , 2017)
(Kemenkes Direktorat Jendral Pengendalian Penyakit, 2017)

Figur Densitas	HI	CI	BI
1	1-3	1-2	1-4
2	4-7	3-5	5-9
3	8-17	6-9	10-19
4	18-28	10-14	20-34
5	29-37	15-20	35-49
6	38-49	21-27	50-74
7	50-59	28-31	75-99
8	60-76	32-40	100-199
9	>77	>41	>200

Keterangan: Figur densitas (1) rendah, kepadatan sedang figur densitas (2-5), Kepadatan tinggi figur densitas (6-9).

Success trap tikus, keberhasilan penangkapan hasil trap success di dalam dan diluar rumah yang dinyatakan sebagai berikut:

1. *Trap success* di dalam rumah:

$$\text{Trap success} = \frac{\text{Jumlah tikus tertangkap dalam rumah}}{\text{Jumlah Perangkap}} \times 100\%$$

2. *Trap success* di luar rumah:

$$\text{Trap success} = \frac{\text{Jumlah tikus tertangkap di luar rumah}}{\text{Jumlah Perangkap}} \times 100\%$$

Hasil trap success dikatakan memiliki kepadatan tinggi apabila:

1. *Trap success* di habitat rumah $\geq 7\%$
2. *Trap success* di habitat luar rumah $\geq 2\%$

1.6 Macam Pengendalian Vektor

1. Pengendalian Kimiawi

Kimiawi menggunakan insektisida. pemberantasan sangat memadai akan tetapi perlakuan terputus-putus, resistensi vektor akibat pemakaian tidak sesuai. bersifat persisten (DOT) dampak lain terhadap pencemaran lingkungan. Harus yang mudah terurai, pemberantasan kimiawi mahal, penduduk tumbuh cepat

2. Pengendalian Biologi

Teknik biologi ada dua cara, yakni (Wahyuni Denai, dkk, 2017):

a. Memelihara musuh alami

Musuh alami pemangsanya mikroba, pemangsa efektif dan efisien menekan populasi vektor. Pertumbuhan pemangsa dan penyebab penyakit dapat dikoordinasikan sedapat mungkin untuk tetap dikendalikan.

b. Mengurangi fertilitas insekta

Menyebarkannya meradiasi insekta jantan steril pada insekta betina. Telur yang dibuahi tidak menetas, program perlu dikaji.

3. Pengendalian Rekayasa

Mengurangi sarang insekta (*breeding places*), pengelolaan lingkungan dengan manipulasi dan modifikasi lingkungan. Tindakan sementara menunjang kehidupan vektor. Sebagai contoh membuat pintu air Pengelolaan permanen dan sebaiknya menjadi program kerja terpadu, pembangunan dapat menimbulkan sarang insekta, kesejahteraan ataupun mencegah penyakit pengendalian jangan sampai menimbulkan penyakit baru bawaan vektor.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, H. (2018). *Pengantar Epidemiologi*. Bandung: PT Refika Aditama.
- Anggraeni Nancy Dian. (2017). *Buku Pedoman Penyelidikan dan Penanggulangan Kejadian Luar Biasa Penyakit Menular dan Keracunan Pangan 9 pedoman Epidemiologi Penyakit) edisi Revisi 2017*. Jakarta: Subdit Surveilans Direktorat Surveilans dan Karantina Kesehatan Direktorat Jendral Pencegahan dan Pengendalian Penyakit Kemenkes Republik Indonesia.
- Anggrini, dkk. (2021). *Phytophagus Insects and Predatory Arthropods in Soybean and Zinnia*. Biodiversitas, volume 22: Biodiversitas, ISSN. 1412-033x.
- Kemenkes Direktorat Jendral Pengendalian Penyakit. (2017). *Pedoman Pengendalian Demam Berdarah Dengue di Indonesia*. Jakarta: Direktorat Jendral Pengendalian Penyakit dan Penyehatan Lingkungan Kemenkes RI.
- Khairiyati Z. (2021). *Buku Ajar Pengendalian Vektor dan Binatang Pengganggu Edited By A.M.Rahmat Banjar Baru Cv Mien*.
- Marlinae Lenie, dkk. (2021). *Buku Ajar Pengendalian Vektor dan Binatang Pengganggu*. Yoyakarta: CV. Mine, Yoyakarta, ISBN: 978-453-541-4.
- Nugrahaeni DK. (2011). *Konsep Dasar Epidemiologi, edited by m.ester*. Jakarta: Buku Kedokteran EGC.
- Permenkes Nomor 50 . (2017). *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 50 tahun 2017 tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan untuk Vektor dan Binatang Pembawa Penyakit serta pengendaliannya*. Jakarta.
- Puspawati Catur. (2019). *Kesehatan Lingkungan, Teori dan Aplikasi*. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- Rokhmayanti. (2021). *Petunjuk Praktikum Surveilans Kesehatan Masyarakat*. Yogyakarta: Universitas Ahmad Dahlan.
- Sabilu Y and AF.M. (2021). *Hubungan Iklim dengan Kejadian Demam Berdarah Dengue (DBD) The Relationship Between Climate With Dengue Hemorrhagic Fever (DHF) 12 PP-266-272*.
- Sumantri Arif. (2017). *Kesehatan Lingkungan*. Jakarta: PT Kencana,

ISBN 97860242221843.

Supandi Tatang. (2014). *Mikrobiologi Pangan*. Yogyakarta: CV. Andi Offset.

Wahyuni Denai, dkk. (2017). *Buku Ajar Entomologi dan Pengendalian Vektor*. Yoyakarta: Penerbit Yoyakarta Deepublish, ISBN: 978-602-453-541-4.

WHO SEARO. (2011). *Comprehensive Guideline for Prevention and Control of Dengue and Dengue Haemorrhagic Fever*.

Widoyono. (2005). *Penyakit Tropis: Epidemiologi, Penularan, Pencegahan dan Pemberantasan*. Semarang : Erlangga.

BAB 2

INSIDEN DAN PENYEBARAN PENYAKIT YANG DITIMBULKANOLEH VEKTOR DI INDONESIA

Oleh Adhar Arifuddin

2.1 Pengendalian Vektor dan Penyakit

Di Indonesia, pengendalian populasi vektor seperti nyamuk *Aedes aegypti* dan *Anopheles* menjadi krusial dalam upaya pencegahan penyebaran penyakit seperti demam berdarah dan malaria. Berbagai strategi telah diterapkan untuk mengurangi jumlah populasi vektor ini, namun menghadapi tantangan yang signifikan dalam implementasinya. Salah satu strategi yang umum digunakan adalah penggunaan insektisida untuk membunuh larva dan nyamuk dewasa. Program fogging (pengasapan) sering dilakukan untuk mengurangi populasi nyamuk dewasa di area yang terinfeksi. Meskipun efektif dalam jangka pendek, penggunaan insektisida sering kali menimbulkan kekhawatiran terkait resistensi vektor terhadap bahan kimia, serta dampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan manusia. Selain itu, pendekatan berbasis komunitas juga telah diterapkan di banyak daerah di Indonesia. Ini melibatkan partisipasi aktif masyarakat dalam mengelola lingkungan mereka untuk mengurangi tempat berkembangbiak nyamuk, seperti dengan membersihkan genangan air atau mengubah praktik budaya seperti pengelolaan sampah. Tantangan utama dalam pendekatan ini adalah memastikan partisipasi berkelanjutan dan kesadaran masyarakat yang tinggi, terutama di daerah-daerah pedesaan atau perkotaan dengan sumber daya terbatas.

Teknologi juga memainkan peran penting dalam pengendalian vektor di Indonesia. Penggunaan teknologi informasi dan komunikasi (TIK), seperti aplikasi berbasis ponsel

untuk melaporkan tempat perkembangbiakan nyamuk atau memantau kasus penyakit, telah meningkatkan efisiensi dalam pengumpulan data dan respons cepat terhadap kejadian luar biasa. Akan tetapi, keragaman geografis dan kondisi lingkungan yang berbeda di setiap wilayah juga menjadi tantangan dalam pengendalian vektor di Indonesia. Wilayah-wilayah yang terpencil atau terisolasi sering kali sulit dijangkau dan memiliki tantangan tambahan dalam mengimplementasikan program pengendalian yang konsisten dan efektif. Selain itu, anggaran yang terbatas, kebijakan yang kurang konsisten, serta kurangnya kapasitas sumber daya manusia juga menjadi hambatan dalam upaya-upaya pengendalian vektor yang berkelanjutan dan efektif di seluruh Indonesia.

2.2.1 Pengendalian nyamuk *Aedes Aegypti*

Pengendalian nyamuk *Aedes aegypti*, vektor utama penyakit demam berdarah di Indonesia, memerlukan strategi yang terintegrasi dan berkelanjutan. Salah satu pendekatan utama adalah penggunaan pengendalian biologis, seperti *Bacillus thuringiensis israelensis* (BTI), yang merupakan bakteri yang aman bagi manusia namun efektif dalam mengendalikan larva nyamuk. BTI bekerja dengan cara menghasilkan protein toksin yang mematikan bagi larva nyamuk ketika dikonsumsi, tetapi tidak berbahaya bagi organisme lain atau manusia. Pendekatan ini dianggap lebih ramah lingkungan dan berpotensi mengurangi risiko resistensi nyamuk terhadap insektisida kimia.

Selain itu, penggunaan insektisida kimia masih menjadi komponen penting dalam pengendalian nyamuk *Aedes aegypti*. Insektisida seperti pyrethroid sering digunakan untuk fogging (pengasapan) guna menekan populasi nyamuk dewasa, terutama selama periode wabah demam berdarah. Namun, tantangan utamanya adalah perkembangan resistensi nyamuk terhadap pyrethroid dan penggunaan insektisida yang berlebihan dapat mengakibatkan dampak negatif terhadap kesehatan manusia dan lingkungan.

Pendekatan fisik juga menjadi bagian penting dalam pengendalian nyamuk *Aedes aegypti*. Ini meliputi eliminasi tempat-tempat perkembangbiakan nyamuk, seperti genangan air di tempat-

tempat penampungan air, bak mandi, atau tempat-tempat lain yang potensial. Masyarakat didorong untuk secara rutin menguras atau menutup rapat tempat-tempat ini untuk mencegah nyamuk bertelur dan berkembang biak. Program 3M (Menguras, Menutup, Mengubur) adalah salah satu inisiatif yang telah sukses diterapkan untuk melibatkan partisipasi aktif masyarakat dalam pengendaliannyamuk.

Penggunaan teknologi juga semakin diintegrasikan dalam upaya pengendalian nyamuk *Aedes aegypti*. Aplikasi berbasis ponsel digunakan untuk melaporkan lokasi tempat perkembangbiakan nyamuk, memantau penyebaran penyakit, dan menyebarkan informasi kepada masyarakat mengenai langkah-langkah pencegahan. Teknologi ini memungkinkan respons yang lebih cepat dan efektif terhadap kasus demam berdarah serta meningkatkan transparansi dalam pengumpulan dan analisis data.

Pendidikan masyarakat juga merupakan komponen penting dalam pengendalian nyamuk *Aedes aegypti*. Melalui kampanye edukasi, masyarakat diberikan informasi mengenai gejala demam berdarah, pentingnya pencegahan dengan mengurangi kontak dengan nyamuk, dan bagaimana melaporkan kasus-kasus yang mencurigakan. Peningkatan kesadaran ini tidak hanya membantu dalam mengurangi risiko penyebaran penyakit, tetapi juga mendorong partisipasi aktif masyarakat dalam menjaga lingkungan mereka agar bebas dari nyamuk *Aedes aegypti*.

Tantangan dalam pengendalian nyamuk *Aedes aegypti* di Indonesia meliputi koordinasi antarlembaga yang lebih baik, pengelolaan sumber daya yang efisien, serta adaptasi strategi dengan berbagai kondisi geografis dan sosial yang heterogen di seluruh wilayah negara. Diperlukan komitmen yang kuat dari semua pihak terkait untuk melanjutkan upaya ini secara berkelanjutan guna mengurangi beban penyakit demam berdarah bagi masyarakat Indonesia.

2.2.2 Pengendalian vektor Anopheles

Pengendalian vektor *Anopheles*, yang menjadi vektor utama penyakit malaria di Indonesia, melibatkan strategi multi-tahap yang berfokus pada pengurangan populasi nyamuk dan

pencegahan penularan penyakit. Strategi utama termasuk pengendalian larva, penggunaan insektisida, pendekatan komunitas, penggunaan teknologi, dan edukasi masyarakat.

Pertama, untuk mengendalikan larva *Anopheles*, program-program diterapkan untuk mengurangi tempat-tempat berkembangbiakan potensial seperti genangan air, sungai kecil, dan danau kecil. Ini dilakukan dengan menguras atau mengelola air yang tidak mengalir dengan lancar serta menggunakan larvasida yang efektif tapi aman bagi lingkungan. Pendekatan ini bertujuan untuk menghambat siklus hidup nyamuk sebelum mereka menjadi dewasa dan dapat menularkan malaria.

Kedua, penggunaan insektisida tetap menjadi komponen penting dalam mengendalikan populasi nyamuk *Anopheles*. Insektisida, terutama golongan pyrethroid, sering digunakan untuk fogging atau pengasapan di daerah-daerah yang teridentifikasi sebagai daerah endemis malaria. Namun, perlu perhatian khusus terhadap kemungkinan resistensi nyamuk terhadap insektisida ini, yang dapat mengurangi efektivitas pengendalian dalam jangka panjang.

Pendekatan komunitas juga krusial dalam pengendalian malaria. Masyarakat didorong untuk aktif dalam praktik pencegahan seperti menggunakan kelambu berinsektisida saat tidur, memasang jaring nyamuk di jendela atau pintu, serta menjaga kebersihan lingkungan untuk mengurangi tempat berkembangbiakan nyamuk. Program 3T (Tolak, Tangkap, Tutup) telah diterapkan untuk meningkatkan kesadaran masyarakat tentang cara-cara ini serta melibatkan mereka dalam upaya pengendalian vektor.

Teknologi informasi dan komunikasi juga dimanfaatkan untuk memperkuat pengendalian malaria. Aplikasi berbasis ponsel digunakan untuk melaporkan kasus malaria, memantau lokasi dan kondisi tempat berkembangbiakan nyamuk, serta menyebarkan informasi tentang pencegahan dan pengobatan kepada masyarakat secara efisien. Hal ini membantu dalam respons cepat terhadap wabah dan pengelolaan data yang lebih baik untuk perencanaan dan evaluasi program.

Terakhir, edukasi masyarakat memainkan peran penting dalam mengubah perilaku dan meningkatkan kesadaran tentang

malaria. Kampanye-kampanye kesadaran dilakukan untuk memperkenalkan gejala-gejala malaria, pentingnya mencari perawatan medis segera, serta langkah-langkah pencegahan yang dapat dilakukan secara individu dan bersama-sama dalam masyarakat.

Pengendalian vektor *Anopheles* dan pencegahan malaria di Indonesia memerlukan pendekatan terpadu dan berkelanjutan yang melibatkan semua pemangku kepentingan, termasuk pemerintah, lembaga non-pemerintah, sektor swasta, dan masyarakat umum. Hambatan seperti resistensi insektisida, sumber daya terbatas, dan tantangan geografis harus diatasi dengan strategi yang inovatif dan kolaboratif untuk mencapai tujuan eliminasi malaria secara efektif di Indonesia.

2.2 Perubahan Lingkungan dan Penyebaran Penyakit

Perubahan lingkungan seperti perubahan iklim, urbanisasi, dan deforestasi memiliki dampak yang signifikan terhadap penyebaran penyakit yang ditularkan oleh vektor di berbagai daerah di Indonesia. Perubahan iklim, misalnya, dengan kenaikan suhu, pola hujan yang tidak teratur, dan fenomena El Niño/La Niña, dapat mengubah siklus hidup vektor seperti nyamuk dan menyebabkan perubahan dalam habitat mereka. Sementara itu, urbanisasi yang cepat mempengaruhi aliran air, drainase, dan penggunaan lahan, menciptakan kondisi baru yang memungkinkan perkembangbiakan vektor. Deforestasi dan konversi lahan untuk pertanian atau pemukiman juga mengubah ekosistem, memberikan dampak langsung terhadap habitat vektor.

Dampak ini pada gilirannya mempengaruhi ketersediaan habitat vektor dan perilaku mereka, termasuk mobilitas dan penyebaran ke wilayah-wilayah baru. Hal ini meningkatkan risiko penularan penyakit seperti malaria, demam berdarah, dan lainnya, yang dapat berdampak serius terhadap kesehatan manusia, terutama di daerah-daerah yang rentan. Untuk mengatasi tantangan ini, strategi adaptasi dan mitigasi sangat diperlukan, termasuk pengelolaan lingkungan yang berkelanjutan dengan fokus pada pengendalian vektor dan manajemen penggunaan sumber daya air

dan lahan. Penguatan sistem surveillance dan respons cepat terhadap wabah juga menjadi kunci dalam menghadapi ancaman penyakit yang dipengaruhi oleh perubahan lingkungan ini. Dengan demikian, integrasi pendekatan lintas sektor dan kolaborasi antar berbagai pihak menjadi esensial dalam upaya menjaga kesehatan masyarakat dan lingkungan di Indonesia.

2.2.1 Faktor Lingkungan

1. Perubahan Iklim

Perubahan iklim, urbanisasi, dan deforestasi serta perubahan lahan adalah faktor-faktor utama yang mempengaruhi dinamika penyebaran penyakit yang ditularkan oleh vektor di Indonesia. Perubahan iklim mencakup kenaikan suhu, pola hujan yang tidak teratur, serta fenomena El Niño/La Niña yang signifikan dalam mengubah kondisi lingkungan tempat hidup vektor. Kenaikan suhu global, misalnya, dapat memperpendek siklus hidup vektor seperti nyamuk *Aedes aegypti* yang menularkan demam berdarah, mempercepat reproduksi mereka, dan memperluas area geografis di mana vektor tersebut dapat hidup dan berkembang biak. Pola hujan yang tidak teratur juga dapat mempengaruhi ketersediaan air untuk vektor dan meningkatkan risiko penyebaran penyakit tertentu.

2. Urbanisasi

Urbanisasi yang pesat juga berperan penting dalam perubahan lingkungan. Pertumbuhan kota dan perkembangan permukiman manusia mempengaruhi pola aliran air dan sistem drainase, yang pada gilirannya menciptakan kondisi yang ideal untuk berkembangbiakan vektor. Air yang tergenang di kolam atau genangan air di perkotaan dapat menjadi tempat berkembangbiakan bagi nyamuk, meningkatkan risiko penularan demam berdarah dan penyakit lainnya di tengah populasi manusia yang padat.

3. Deforestasi dan Perubahan Lahan:

Deforestasi dan konversi lahan untuk pertanian, perkebunan, atau pemukiman juga memainkan peran krusial dalam perubahan habitat vektor. Penggundulan hutan mengurangi habitat alami vektor seperti nyamuk *Anopheles* yang

menularkan malaria, sementara perubahan lahan untuk pertanian dan perkebunan dapat menciptakan lingkungan baru yang mendukung berkembangbiakan vektor tersebut. Selain itu, perubahan ini juga dapat meningkatkan interaksi antara manusia dan vektor penyakit, meningkatkan risiko penularan dan prevalensi penyakit seperti malaria dan demam berdarah.

2.2.2 Dampak Terhadap Vektor

1. Perubahan Habitat Vektor

Perubahan habitat vektor sebagai respons terhadap perubahan lingkungan dapat berdampak signifikan terhadap distribusi dan prevalensi penyakit yang ditularkannya. Akibat perubahan iklim, urbanisasi, dan deforestasi, habitat alami vektor seperti nyamuk bisa mengalami perubahan yang kompleks. Misalnya, perubahan suhu dan pola hujan dapat mempengaruhi ketersediaan air dan vegetasi yang merupakan habitat utama vektor. Hal ini bisa mengurangi atau mengubah habitat alami vektor, namun sebaliknya juga bisa memperluas area distribusi mereka atau menciptakan kondisi baru yang mendukung berkembangbiakan.

2. Perilaku dan Mobilitas Vektor

Faktor-faktor lingkungan juga mempengaruhi perilaku dan mobilitas vektor. Pola migrasi vektor seperti nyamuk bisa dipengaruhi oleh perubahan lingkungan seperti urbanisasi atau perubahan suhu yang menggeser pola penyebarannya. Perilaku ini dapat meningkatkan risiko penularan penyakit ke wilayah-wilayah yang sebelumnya tidak terjangkau, terutama ketika vektor bermigrasi atau menyebar ke lingkungan manusia yang lebih padat.

2.2.3 Penyebaran Penyakit

1. Risiko Penularan

Perubahan lingkungan, seperti perubahan iklim, urbanisasi, dan deforestasi, memiliki dampak langsung terhadap peningkatan risiko penularan penyakit oleh vektor. Ketika suhu meningkat, musim hujan berubah, dan fenomena cuaca ekstrem menjadi lebih sering, populasi vektor seperti nyamuk dapat meningkat secara signifikan. Kondisi-kondisi ini menciptakan lingkungan

yang lebih cocok untuk perkembangbiakan nyamuk, mempercepat siklus hidup mereka, dan memungkinkan mereka untuk berkembang biak lebih cepat dan dalam jumlah yang lebih besar. Selain itu, perubahan lingkungan ini dapat memperluas wilayah persebaran vektor ke daerah-daerah yang sebelumnya tidak terjangkau. Misalnya, nyamuk yang membawa penyakit demam berdarah atau malaria dapat menyebar ke daerah-daerah yang lebih tinggi atau lebih jauh dari habitat asli mereka akibat perubahan iklim yang mengubah batas-batas ekologi.

Risiko penularan penyakit juga meningkat dengan urbanisasi yang pesat dan tidak terencana. Pertumbuhan kota yang cepat sering kali disertai dengan masalah drainase yang buruk dan genangan air yang tidak terkontrol, yang merupakan tempat perkembangbiakan ideal bagi nyamuk. Selain itu, perpindahan populasi manusia ke daerah perkotaan yang padat menciptakan kondisi ideal untuk penyebaran penyakit vektor karena kontak yang lebih dekat antara manusia dan vektor. Kondisi hidup yang padat dan seringkali kurang higienis memperburuk situasi, membuat pengendalian vektor menjadi lebih sulit dan meningkatkan kemungkinan wabah penyakit.

2. Kesehatan Manusia:

Efek dari perubahan lingkungan terhadap penyebaran penyakit memiliki dampak kesehatan yang signifikan bagi populasi manusia, terutama di daerah-daerah yang rentan. Daerah pedesaan dan wilayah miskin sering kali kurang memiliki akses ke layanan kesehatan dan infrastruktur yang memadai untuk mengelola dan mengontrol penyebaran penyakit. Akibatnya, wabah penyakit yang ditularkan oleh vektor seperti demam berdarah, malaria, dan chikungunya dapat memiliki konsekuensi yang lebih parah di daerah-daerah ini. Tingginya angka morbiditas dan mortalitas akibat penyakit-penyakit ini dapat menyebabkan beban kesehatan yang berat, mengganggu kesejahteraan masyarakat, dan berdampak pada ekonomi lokal. Selain itu, perubahan lingkungan dapat memperburuk kondisi kesehatan yang sudah ada, seperti malnutrisi dan penyakit menular lainnya, yang membuat

populasi semakin rentan terhadap infeksi baru. Dalam konteks ini, penting untuk mengembangkan strategi adaptasi dan mitigasi yang kuat untuk menghadapi tantangan yang ditimbulkan oleh perubahan lingkungan terhadap kesehatan manusia. Ini termasuk peningkatan sistem surveillance penyakit, penguatan infrastruktur kesehatan, serta edukasi dan pemberdayaan masyarakat untuk melakukan tindakan pencegahan yang efektif. Dengan demikian, dampak buruk dari perubahan lingkungan terhadap penyebaran penyakit vektor dapat diminimalkan dan kesehatan populasi dapat terjaga dengan lebih baik.

2.2.4 Strategi Adaptasi dan Mitigasi

1. Pengelolaan Lingkungan

Pengelolaan lingkungan secara berkelanjutan adalah kunci dalam mengurangi risiko penyebaran penyakit yang ditularkan oleh vektor. Pengendalian vektor yang efektif mencakup langkah-langkah seperti pengelolaan tempat berkembangbiakan nyamuk melalui penyedotan atau pengeringan genangan air, pengenalan predator alami, dan penggunaan larvasida yang ramah lingkungan. Penggunaan air yang bijaksana juga penting; ini termasuk memastikan sistem drainase yang baik untuk mencegah genangan air yang dapat menjadi tempat berkembang biak vektor. Kebijakan penggunaan lahan yang berkelanjutan, seperti mempertahankan hutan dan vegetasi alami, serta perencanaan tata kota yang memperhitungkan risiko kesehatan terkait vektor, juga sangat penting. Pendekatan-pendekatan ini tidak hanya membantu mengurangi populasi vektor tetapi juga mendukung kesehatan ekosistem secara keseluruhan.

2. Surveillance dan Respons Cepat

Penguatan sistem surveillance penyakit dan respons cepat adalah komponen vital dalam strategi adaptasi dan mitigasi. Surveillance yang efektif melibatkan pemantauan berkelanjutan terhadap populasi vektor dan kejadian penyakit untuk mendeteksi tren dan wabah sejak dini. Teknologi modern, seperti sistem pemantauan berbasis satelit, sensor lingkungan,

dan aplikasi berbasis ponsel, dapat digunakan untuk mengumpulkan data secara real-time dan meningkatkan kemampuan analisis. Respons cepat terhadap wabah melibatkan koordinasi yang efisien antara berbagai sektor, termasuk kesehatan, lingkungan, dan pemerintah lokal, untuk mengimplementasikan tindakan pengendalian yang tepat waktu. Ini bisa termasuk penyemprotan insektisida, kampanye kesadaran masyarakat, dan penyediaan layanan medis yang cepat bagi mereka yang terkena penyakit.

2.3 Pola Penyebaran Penyakit Vektor-Borne

Penyakit yang ditularkan oleh vektor seperti malaria, demam berdarah dengue (DBD), chikungunya, dan filariasis menunjukkan pola penyebaran yang bervariasi di berbagai wilayah Indonesia. Faktor-faktor geografis, lingkungan, sosial, dan ekonomi semuanya berkontribusi pada distribusi penyakit ini. Penelitian tentang pola penyebaran penyakit vektor-borne di Indonesia sangat penting untuk memahami bagaimana penyakit ini berkembang dan bagaimana langkah-langkah mitigasi dapat diimplementasikan secara efektif.

2.3.1 Pola Geografis dan Lingkungan

Wilayah tropis Indonesia, dengan iklim panas dan lembab sepanjang tahun, menciptakan lingkungan yang sangat mendukung bagi perkembangbiakan berbagai vektor penyakit, terutama nyamuk. Faktor iklim yang stabil ini menyediakan kondisi ideal bagi siklus hidup nyamuk, yang sangat bergantung pada kelembaban dan suhu hangat untuk berkembang biak dan menyebar. Genangan air yang terbentuk dari curah hujan yang tinggi dan tidak teratur menjadi tempat ideal bagi nyamuk untuk bertelur dan berkembang biak, meningkatkan populasi nyamuk dan risiko penularan penyakit vektor-borne seperti malaria dan demam berdarah dengue (DBD).

Malaria, yang disebabkan oleh nyamuk *Anopheles*, memiliki prevalensi tinggi di daerah pedalaman dan hutan-hutan di Papua, Kalimantan, dan Sumatra. Daerah-daerah ini memiliki banyak genangan air alami, seperti rawa-rawa, sungai,

dan kolam yang terbentuk dari curah hujan, serta vegetasi lebat yang menyediakan perlindungan bagi nyamuk *Anopheles*. Penduduk yang tinggal di sekitar hutan atau bekerja di ladang dan area perhutanan sering terpapar gigitan nyamuk ini, yang aktif terutama pada malam hari. Selain itu, akses terbatas ke layanan kesehatan dan infrastruktur yang kurang memadai di daerah pedalaman memperburuk situasi, menjadikan pengendalian malaria lebih menantang.

Demam berdarah dengue (DBD) yang ditularkan oleh nyamuk *Aedes aegypti* dan *Aedes albopictus*, lebih sering terjadi di daerah perkotaan dan sub-urban di seluruh Indonesia. Jawa, Bali, dan Sulawesi adalah beberapa wilayah dengan kasus DBD yang tinggi. Kepadatan penduduk yang tinggi di kota-kota besar menciptakan lingkungan yang kondusif untuk penularan DBD, terutama karena nyamuk *Aedes* lebih suka berkembang biak di dekat pemukiman manusia dan aktif pada siang hari. Sistem drainase yang buruk, tempat penampungan air yang tidak tertutup, dan perilaku penyimpanan air di dalam rumah tanpa penutup yang memadai menjadi tempat ideal bagi nyamuk *Aedes* untuk bertelur. Lingkungan perkotaan dengan banyaknya wadah air buatan seperti kaleng bekas, botol, dan ban bekas juga meningkatkan risiko perkembangbiakan nyamuk ini.

Mobilitas penduduk yang tinggi antara kota dan desa serta antar pulau di Indonesia berkontribusi pada penyebaran penyakit. Orang yang terinfeksi DBD di daerah perkotaan dapat membawa virus ke daerah pedesaan atau pulau-pulau lain, dan sebaliknya, menyebarkan penyakit lebih luas. Fenomena urbanisasi yang cepat juga berarti bahwa lebih banyak orang tinggal di lingkungan yang padat dan berisiko tinggi terhadap penularan penyakit vektor-borne. Kesadaran masyarakat terhadap pentingnya kebersihan lingkungan dan pencegahan gigitan nyamuk juga bervariasi, yang mempengaruhi efektivitas program pengendalian vektor.

Strategi pencegahan dan pengendalian yang terpadu diperlukan termasuk pengelolaan lingkungan yang lebih baik, seperti perbaikan sistem drainase dan pengurangan tempat-tempat genangan air, serta edukasi masyarakat tentang pentingnya menjaga kebersihan dan menggunakan alat

pelindung diri seperti kelambu dan repelan nyamuk. Program penyemprotan insektisida di daerah endemik, pemantauan populasi nyamuk, dan pengobatan yang cepat bagi yang terinfeksi juga penting untuk menekan penyebaran penyakit.

2.3.2 Faktor Iklim

Perubahan iklim memiliki dampak signifikan terhadap pola penyebaran penyakit yang ditularkan oleh vektor seperti nyamuk. Kenaikan suhu global merupakan salah satu faktor utama yang dapat memperluas habitat nyamuk ke daerah-daerah yang sebelumnya tidak terjangkau. Misalnya, daerah dataran tinggi yang biasanya lebih dingin dan tidak mendukung kehidupan nyamuk kini dapat menjadi habitat baru bagi nyamuk akibat peningkatan suhu. Hal ini memungkinkan nyamuk seperti *Anopheles* dan *Aedes*, yang merupakan vektor penyakit malaria dan demam berdarah dengue (DBD), untuk berkembang biak di ketinggian yang lebih tinggi, sehingga populasi manusia yang tinggal di daerah tersebut menjadi lebih rentan terhadap penyakit yang sebelumnya tidak menjadi ancaman.

Selain kenaikan suhu, perubahan pola hujan juga memainkan peran penting dalam siklus hidup dan populasi nyamuk. Curah hujan yang tinggi dapat menciptakan lebih banyak tempat perkembangbiakan nyamuk, seperti genangan air yang terbentuk di permukaan tanah, wadah-wadah buatan manusia, dan tempat-tempat penampungan air yang tidak tertutup. Nyamuk membutuhkan air untuk bertelur, dan dengan peningkatan curah hujan, lingkungan menjadi lebih kondusif bagi nyamuk untuk berkembang biak dalam jumlah yang lebih besar. Sebagai contoh, peningkatan curah hujan selama musim hujan di Indonesia dapat menyebabkan lonjakan populasi nyamuk *Aedes*, yang berujung pada peningkatan kasus DBD di banyak daerah perkotaan dan sub-urban.

Frekuensi kejadian cuaca ekstrem seperti El Niño dan La Niña juga dapat mempengaruhi penyebaran penyakit vektor-borne. El Niño biasanya menyebabkan kekeringan di beberapa wilayah, sementara La Niña cenderung membawa hujan yang lebih deras dan berkepanjangan. Selama periode El Niño,

kekeringan dapat mengurangi populasi nyamuk karena sumber air untuk berkembangbiakan menjadi terbatas. Namun, kekeringan juga dapat menyebabkan konsentrasi manusia dan vektor di sekitar sumber air yang tersisa, meningkatkan kontak antara manusia dan nyamuk. Sebaliknya, La Niña dengan curah hujan yang berlebihan dapat meningkatkan tempat berkembangbiakan nyamuk, menyebabkan peningkatan populasi nyamuk dan penyebaran penyakit seperti malaria dan DBD.

Perubahan iklim juga berpengaruh pada perilaku dan mobilitas nyamuk. Misalnya, peningkatan suhu dapat memperpendek siklus hidup nyamuk dan mempercepat perkembangan patogen di dalam tubuh nyamuk, sehingga nyamuk menjadi lebih cepat menularkan penyakit. Perubahan iklim yang drastis juga dapat memaksa nyamuk bermigrasi ke daerah-daerah baru dalam mencari lingkungan yang lebih sesuai untuk hidup dan berkembang biak, memperluas area geografis penularan penyakit.

2.3.3 Faktor Sosial dan Ekonomi

Faktor-faktor sosial dan ekonomi memainkan peran penting dalam distribusi dan prevalensi penyakit yang ditularkan oleh vektor seperti nyamuk. Di Indonesia, daerah dengan infrastruktur kesehatan yang kurang memadai seringkali mengalami kesulitan dalam mengendalikan penyebaran penyakit vektor-borne. Ketidadaan atau kekurangan fasilitas medis, tenaga kesehatan, dan obat-obatan esensial membuat diagnosis dan pengobatan penyakit seperti malaria dan demam berdarah dengue (DBD) menjadi lebih sulit. Hal ini mengakibatkan tingginya angka morbiditas dan mortalitas di wilayah-wilayah tersebut, karena penduduk tidak menerima perawatan yang dibutuhkan secara tepat waktu.

Sanitasi yang buruk dan akses yang terbatas ke air bersih juga berkontribusi besar terhadap penyebaran penyakit vektor-borne. Genangan air yang tidak tertangani dengan baik menjadi tempat berkembangbiakan ideal bagi nyamuk, terutama nyamuk *Aedes aegypti* yang merupakan vektor DBD. Di permukiman kumuh perkotaan, sistem drainase yang buruk dan

banyaknya tempat penampungan air yang tidak tertutup meningkatkan populasi nyamuk dan risiko penularan penyakit. Kondisi hidup yang padat di daerah kumuh juga memudahkan penyebaran penyakit karena nyamuk dapat dengan mudah menemukan inang manusia. Lingkungan yang tidak higienis, kurangnya fasilitas sanitasi, dan kebersihan yang buruk memperparah situasi, menjadikan penyakit vektor-borne lebih sulit dikendalikan.

Kemiskinan merupakan faktor sosial ekonomi yang signifikan dalam distribusi penyakit vektor-borne. Penduduk yang hidup di bawah garis kemiskinan seringkali tidak memiliki sumber daya untuk memperbaiki kondisi sanitasi dan lingkungan mereka. Mereka juga mungkin tidak mampu membeli alat pelindung diri seperti kelambu berinsektisida atau repelan nyamuk. Selain itu, kemiskinan mempengaruhi akses mereka terhadap layanan kesehatan. Biaya untuk mendapatkan perawatan medis, membeli obat-obatan, atau bahkan transportasi ke fasilitas kesehatan bisa menjadi beban yang berat bagi keluarga miskin. Akibatnya, banyak dari mereka yang tidak mendapatkan perawatan yang dibutuhkan, sehingga penyakit menyebar lebih luas dan tidak terkontrol.

Di pedesaan, kurangnya pendidikan kesehatan membuat penduduk lebih rentan terhadap penyakit vektor-borne. Banyak orang mungkin tidak memahami cara-cara efektif untuk mencegah gigitan nyamuk atau mengelola lingkungan mereka agar tidak menjadi tempat perkembangbiakan nyamuk. Kurangnya pengetahuan ini seringkali diperburuk oleh akses yang terbatas ke informasi dan edukasi kesehatan. Program-program kesehatan masyarakat yang bertujuan untuk meningkatkan kesadaran dan pengetahuan tentang penyakit vektor-borne menjadi sangat penting di daerah pedesaan. Selain itu, akses yang terbatas ke layanan kesehatan di daerah terpencil berarti bahwa penduduk mungkin harus menempuh jarak yang jauh untuk mendapatkan perawatan medis, yang seringkali tidak praktis atau tidak mungkin bagi mereka.

2.3.4 Mobilitas Penduduk

Mobilitas penduduk, baik dalam bentuk migrasi maupun perjalanan jangka pendek, memainkan peran penting dalam penyebaran penyakit vektor-borne. Ketika orang berpindah dari daerah endemik ke daerah non-endemik, mereka bisa membawa serta patogen dan vektor penyakit, seperti nyamuk yang terinfeksi. Contohnya, seorang individu yang terinfeksi virus dengue di daerah endemik dapat bepergian ke daerah non-endemik, dan jika digigit oleh nyamuk lokal, nyamuk tersebut dapat menjadi vektor baru untuk virus tersebut di daerah yang sebelumnya bebas dari penyakit. Fenomena ini meningkatkan risiko penyebaran penyakit ke wilayah-wilayah baru, menciptakan tantangan baru bagi otoritas kesehatan dalam mengendalikan dan mencegah wabah.

Migrasi musiman dan perpindahan penduduk yang terkait dengan pekerjaan atau konflik juga berkontribusi pada penyebaran penyakit vektor-borne. Misalnya, pekerja migran yang bergerak antara daerah pedesaan dan perkotaan untuk bekerja di sektor pertanian atau konstruksi dapat membawa serta vektor atau patogen penyakit. Selain itu, dalam situasi bencana alam atau konflik, perpindahan massal penduduk sering terjadi, mengakibatkan kondisi hidup yang padat dan sanitasi yang buruk di kamp pengungsian. Lingkungan seperti ini sangat rentan terhadap penyebaran penyakit vektor-borne, karena genangan air yang terbentuk dari infrastruktur yang tidak memadai dan kurangnya fasilitas kebersihan.

Urbanisasi yang cepat juga meningkatkan risiko penularan penyakit vektor-borne. Di banyak kota besar di Indonesia, urbanisasi seringkali terjadi lebih cepat daripada pembangunan infrastruktur yang memadai, menyebabkan peningkatan permukiman informal atau kumuh. Di lingkungan seperti ini, interaksi antara manusia dan vektor meningkat karena kondisi yang padat, sanitasi yang buruk, dan banyaknya tempat perkembangbiakan nyamuk seperti wadah air terbuka dan sistem drainase yang tidak terkelola dengan baik. Nyamuk *Aedes aegypti*, misalnya, sangat adaptif terhadap lingkungan perkotaan dan dapat berkembang biak di berbagai wadah air buatan manusia, sehingga meningkatkan risiko wabah demam

berdarah dengue (DBD).

Perjalanan internasional juga dapat membawa dampak signifikan terhadap penyebaran penyakit vektor-borne. Pelancong internasional yang datang ke Indonesia dari negara-negara dengan tingkat endemisitas penyakit tinggi atau yang kembali dari perjalanan ke daerah endemik bisa membawa serta patogen atau vektor penyakit. Bandara dan pelabuhan internasional menjadi titik kritis dalam pencegahan penyebaran penyakit global, dengan kebutuhan untuk pengawasan kesehatan yang ketat dan tindakan pencegahan seperti pemeriksaan kesehatan dan program edukasi bagi pelancong.

2.3.5 Upaya Pengendalian

Penelitian tentang pola penyebaran penyakit vektor-borne perlu mempertimbangkan berbagai upaya pengendalian yang telah dilakukan untuk menilai efektivitas intervensi dan menyesuaikan strategi ke depan. Kampanye penyemprotan insektisida, misalnya, adalah salah satu metode yang banyak digunakan untuk mengurangi populasi nyamuk vektor. Penyemprotan insektisida secara teratur di area berisiko tinggi dapat menurunkan jumlah nyamuk dewasa dan mengurangi transmisi penyakit. Namun, efektivitas kampanye ini sering kali bergantung pada cakupan penyemprotan, frekuensi, dan resistensi nyamuk terhadap insektisida yang digunakan. Di beberapa daerah, resistensi insektisida telah menjadi masalah, mengurangi efektivitas program ini dan menuntut adanya rotasi insektisida atau pengembangan bahan kimia baru yang lebih efektif.

Penggunaan kelambu berinsektisida adalah langkah pencegahan lain yang sangat efektif, terutama dalam melindungi individu dari gigitan nyamuk saat tidur. Kelambu ini telah terbukti mengurangi insiden malaria secara signifikan di banyak negara, termasuk Indonesia. Efektivitas kelambu berinsektisida sangat bergantung pada distribusi yang merata dan penggunaan yang konsisten oleh masyarakat. Di daerah pedesaan dan terpencil, distribusi kelambu bisa menjadi tantangan logistik, dan edukasi masyarakat mengenai pentingnya penggunaannya sangat penting. Selain itu, pemeliharaan kelambu agar tetap

dalam kondisi baik dan bebas dari kerusakan juga mempengaruhi efektivitasnya dalam jangka panjang.

Program vaksinasi, meskipun masih dalam tahap pengembangan dan implementasi terbatas untuk beberapa penyakit vektor-borne, merupakan strategi yang menjanjikan. Vaksin untuk dengue, misalnya, telah dikembangkan dan digunakan di beberapa negara, meskipun efektivitasnya bervariasi tergantung pada serotipe virus dan populasi target. Penelitian dan pengembangan vaksin yang lebih efektif dan aman terus berlangsung, dan keberhasilan program vaksinasi akan sangat bergantung pada distribusi yang adil dan penerimaan oleh masyarakat.

Edukasi masyarakat juga merupakan komponen kunci dalam pengendalian penyakit vektor-borne. Kampanye edukasi yang menginformasikan masyarakat tentang cara-cara mencegah gigitan nyamuk, pentingnya menjaga kebersihan lingkungan, dan langkah-langkah yang harus diambil ketika mengalami gejala penyakit sangat penting. Partisipasi aktif dari masyarakat dalam program pencegahan dan pengendalian penyakit dapat meningkatkan efektivitas upaya ini. Misalnya, pengelolaan lingkungan yang lebih baik dengan menghilangkan tempat-tempat genangan air dan penggunaan repelan nyamuk secara rutin dapat membantu mengurangi populasi nyamuk dan risiko penularan penyakit.

Efektivitas upaya pengendalian ini sangat dipengaruhi oleh kondisi lokal, termasuk infrastruktur, tingkat pendidikan, dan budaya masyarakat. Di daerah dengan infrastruktur yang baik dan akses mudah ke layanan kesehatan, upaya pengendalian cenderung lebih berhasil. Sebaliknya, di daerah terpencil dengan akses terbatas ke sumber daya, tantangannya lebih besar. Oleh karena itu, penelitian yang mempertimbangkan kondisi lokal dan melibatkan partisipasi masyarakat sangat penting untuk mengembangkan strategi pengendalian yang efektif dan berkelanjutan.

2.4 Pengaruh Sosial-Ekonomi dalam Penyebaran Penyakit

Faktor sosial-ekonomi memiliki pengaruh yang signifikan terhadap penyebaran penyakit yang ditularkan oleh vektor, seperti malaria, demam berdarah dengue (DBD), dan chikungunya. Akses terhadap perawatan kesehatan merupakan salah satu faktor utama. Di daerah dengan infrastruktur kesehatan yang kurang memadai, penduduk seringkali mengalami kesulitan dalam mendapatkan diagnosis dan perawatan yang tepat waktu. Klinik dan rumah sakit yang jarang serta kurangnya tenaga medis yang terlatih memperburuk situasi ini. Akibatnya, penyakit yang seharusnya bisa diobati atau dicegah dengan cepat malah menyebar lebih luas dan menyebabkan tingkat morbiditas dan mortalitas yang lebih tinggi.

Kondisi sanitasi yang buruk juga berkontribusi besar terhadap penyebaran penyakit vektor-borne. Genangan air yang terbentuk akibat sistem drainase yang tidak memadai menciptakan tempat perkembangbiakan ideal bagi nyamuk, terutama nyamuk *Aedes aegypti*, yang merupakan vektor utama DBD. Permukiman kumuh di perkotaan seringkali memiliki masalah sanitasi yang serius, dengan banyaknya tempat penampungan air yang tidak tertutup dan penanganan sampah yang buruk. Lingkungan seperti ini mendukung proliferasi nyamuk dan meningkatkan risiko kontak antara manusia dan vektor. Masyarakat yang hidup dalam kondisi sanitasi yang buruk lebih rentan terhadap wabah penyakit, yang seringkali dapat dicegah dengan perbaikan infrastruktur dasar dan praktik kebersihan yang lebih baik.

Status ekonomi juga memainkan peran penting dalam penyebaran penyakit vektor-borne. Penduduk dengan status ekonomi rendah biasanya tinggal di lingkungan yang padat dan tidak sehat, yang meningkatkan risiko penularan penyakit. Mereka mungkin tidak mampu membeli kelambu berinsektisida atau repelan nyamuk, sehingga lebih rentan terhadap gigitan nyamuk yang menularkan penyakit. Selain itu, kemiskinan juga berdampak pada akses terhadap pendidikan dan informasi kesehatan. Tanpa pengetahuan yang memadai tentang cara-cara pencegahan penyakit dan pentingnya kebersihan lingkungan,

masyarakat cenderung mengabaikan langkah-langkah preventif yang dapat mengurangi risiko penularan.

Status ekonomi yang rendah seringkali berhubungan dengan pekerjaan yang memerlukan perpindahan atau migrasi, baik musiman maupun permanen. Pekerja migran yang berpindah dari daerah endemik ke daerah non-endemik dapat membawa serta patogen atau vektor penyakit, memperluas penyebaran penyakit ke wilayah baru. Di sisi lain, pekerja di sektor informal yang sering bekerja di luar ruangan juga lebih rentan terhadap gigitan nyamuk, terutama jika mereka bekerja di area yang dekat dengan tempat perkembangbiakan nyamuk.

2.4.1 Pendidikan dan Kesadaran Kesehatan

Pendidikan memainkan peran yang sangat penting dalam upaya pencegahan dan pengendalian penyakit vektor-borne. Tingkat pendidikan yang tinggi dikaitkan dengan pengetahuan yang lebih baik tentang penyakit dan langkah-langkah pencegahan yang efektif. Masyarakat yang teredukasi cenderung lebih sadar akan bahaya gigitan nyamuk dan cara-cara untuk melindungi diri mereka sendiri dan keluarga mereka.

Salah satu contoh nyata adalah penggunaan kelambu berinsektisida. Masyarakat yang teredukasi sering kali menyadari bahwa kelambu berinsektisida dapat efektif melindungi mereka dari gigitan nyamuk saat tidur. Mereka juga lebih mungkin memahamipentingnya menjaga kelambu tersebut dalam kondisi baik dan mengganti kelambu yang rusak atau aus secara teratur untuk memastikan perlindungan yang maksimal.

Pendidikan juga mempengaruhi praktik kebersihan masyarakat. Masyarakat yang teredukasi lebih cenderung untuk mengikuti praktik kebersihan yang baik, seperti menghilangkan genangan air, membersihkan tempat-tempat penampungan air, dan mendisinfeksi tempat penampungan air yang digunakan sehari-hari. Ini adalah langkah-langkah penting untuk mengurangi tempat perkembangbiakan nyamuk, terutama nyamuk *Aedes aegypti*, yang bertanggung jawab atas penularan demam berdarah dengue (DBD) dan virus Zika.

Program edukasi yang efektif juga dapat mempengaruhi perilaku masyarakat dalam menggunakan repelan nyamuk dan

mengikuti saran dari petugas kesehatan tentang cara mencegah penyakit. Informasi yang tepat waktu dan akurat dapat membantu mengurangi kebingungan dan kekhawatiran yang sering kali muncul di masyarakat terkait dengan penyakit vektor-borne.

Lebih dari sekadar pengetahuan, pendidikan juga membentuk sikap dan kesadaran tentang pentingnya kesehatan lingkungan secara keseluruhan. Masyarakat yang teredukasi lebih mungkin untuk mendukung inisiatif dan program pemerintah dalam meningkatkan infrastruktur sanitasi dan pengelolaan lingkungan. Mereka dapat menjadi agen perubahan dalam komunitas mereka, mengadvokasi untuk perbaikan lingkungan yang dapat mengurangi risiko penyebaran penyakit vektor-borne. Indonesia, di mana banyak daerah rentan terhadap penyakit seperti malaria, DBD, dan chikungunya, pendidikan menjadi kunci untuk memperkuat upaya pengendalian. Program pendidikan yang menyeluruh, terintegrasi dalam kurikulum sekolah dan juga melalui kampanye-kampanye kesadaran masyarakat, dapat membantu mengubah perilaku masyarakat dan memperkuat pertahanan terhadap penyakit vektor-borne.

2.4.2 Infrastruktur dan Akses Transportasi

Daerah yang terisolasi atau memiliki infrastruktur transportasi yang buruk seringkali menghadapi tantangan dalam akses terhadap layanan kesehatan yang memadai. Ini menjadi salah satu faktor utama yang meningkatkan rentan terhadap penyakit vektor-borne. Infrastruktur transportasi yang tidak memadai menghambat penduduk untuk mendapatkan perawatan medis tepat waktu dan akses ke alat pencegahan seperti kelambu berinsektisida atau repellent nyamuk, yang sangat penting untuk melindungi diri dari gigitan nyamuk yang menularkan penyakit seperti malaria, demam berdarah, dan chikungunya.

Kondisi ini sering kali terjadi di daerah pedalaman atau terpencil di berbagai wilayah Indonesia, termasuk pulau-pulau yang lebih terpencil di Nusa Tenggara, Papua, dan Kalimantan. Jarak yang jauh dan kondisi jalan yang buruk dapat memperlambat akses penduduk ke pusat kesehatan atau rumah sakit terdekat. Sebagai contoh, dalam kasus malaria di pedalaman Papua, di mana transportasi darat sering tidak dapat diandalkan, penduduk

sering kali harus menempuh perjalanan jauh dengan kondisi medan yang sulit untuk mendapatkan perawatan medis yang diperlukan.

Kesenjangan akses ini memperburuk dampak penyakit vektor-borne pada populasi yang tinggal di daerah terpencil. Mereka cenderung menghadapi tingkat morbiditas dan mortalitas yang lebih tinggi karena keterlambatan dalam diagnosis dan pengobatan. Selain itu, kurangnya akses ke alat pencegahan seperti kelambu berinsektisida atau repellent nyamuk membuat mereka lebih rentan terhadap gigitan nyamuk yang bisa membawa penyakit mematikan. Peningkatan infrastruktur transportasi merupakan langkah penting untuk mengatasi masalah ini. Pembangunan jalan yang lebih baik dan fasilitas transportasi lainnya, seperti jembatan dan pelabuhan, dapat memperpendek waktu perjalanan dan meningkatkan aksesibilitas ke pusat kesehatan. Hal ini tidak hanya membantu dalam mengurangi waktu tanggap terhadap kejadian penyakit yang mungkin timbul, tetapi juga meningkatkan distribusi alat pencegahan dan perlindungan kepada masyarakat yang membutuhkan di daerah terpencil. Pengembangan infrastruktur transportasi yang lebih baik juga mendukung mobilitas penduduk secara keseluruhan. Hal ini dapat membantu dalam distribusi obat-obatan dan peralatan medis, serta memfasilitasi intervensi kesehatan masyarakat yang lebih luas.

2.4.3 Pekerjaan dan Aktivitas Ekonomi

Jenis pekerjaan memiliki dampak signifikan terhadap risiko paparan terhadap vektor penyakit, terutama di sektor-sektor seperti pertanian, kehutanan, dan konstruksi di Indonesia. Pekerja di sektor pertanian sering terpapar nyamuk karena pekerjaan mereka yang dilakukan di luar ruangan dan seringkali dalam lingkungan yang mendukung perkembangbiakan vektor penyakit seperti genangan air di sawah atau tempat penampungan air. Hal ini meningkatkan risiko terkena penyakit seperti malaria, demam berdarah, dan filariasis.

Di sektor kehutanan, pekerja sering kali berada di hutan atau daerah yang memiliki populasi vektor penyakit tertentu seperti nyamuk *Anopheles* (penyebab malaria). Pekerja

konstruksi juga sering terpapar vektor penyakit seperti nyamuk *Aedes aegypti* dan *Aedes albopictus*, terutama karena mereka sering bekerja di sekitartempat-tempat konstruksi yang mungkin memiliki genangan air atau tempat penampungan air yang tidak terawat.

Selain paparan fisik terhadap vektor, kondisi kerja yang kurang memperhatikan keselamatan dan kesehatan lingkungan kerja juga dapat memperburuk risiko penularan penyakit. Faktor-faktor seperti buruknya sanitasi di tempat kerja, kurangnya akses ke alat perlindungan diri (APD) yang sesuai, dan kurangnya kesadaran akan bahaya yang terkait dengan vektor penyakit dapat meningkatkan risiko pekerja terkena penyakit.

Program pencegahan dan intervensi di tempat kerja menjadi sangat penting untuk mengurangi risiko ini. Hal ini mencakup penyuluhan tentang bahaya yang terkait dengan vektor penyakit dan langkah-langkah pencegahan yang efektif seperti penggunaan kelambu berinsektisida, penggunaan repellent nyamuk, dan praktik kebersihan yang baik di lingkungan kerja. Pelatihan reguler untuk pekerja tentang bagaimana mengenali gejala penyakit vektor-borne dan langkah-langkah pertolongan pertama juga dapat meningkatkan kesadaran dan mengurangi dampak negatif penyakit ini terhadap produktivitas dan kesehatan pekerja.

Pemerintah dan perusahaan juga perlu bekerja sama untuk memastikan bahwa standar kesehatan dan keselamatan kerja ditegakkan dengan baik di sektor-sektor yang rentan terhadap penyakit vektor-borne. Ini termasuk pengembangan kebijakan yang memastikan lingkungan kerja yang aman dari perspektif kesehatan publik, serta alokasi sumber daya yang memadai untuk pemantauan dan penilaian risiko kesehatan pekerja secara teratur.

2.4.4 Peran Gender dan Anak-anak

Wanita dan anak-anak memang rentan terhadap penyakit vektor-borne dengan pertimbangan berbagai faktor sosial-ekonomi yang memengaruhi paparan mereka terhadap vektor penyakit seperti nyamuk. Wanita, khususnya ibu rumah tangga, cenderung menghabiskan lebih banyak waktu di dalam rumah, terutama di daerah perkotaan dan sub-urban di Indonesia. Hal ini dapat meningkatkan risiko terpapar nyamuk *Aedes aegypti*, vektor

penyakit seperti demam berdarah dan virus Zika, yang sering berkembang biak di sekitar tempat-tempat seperti genangan air di dalam rumah atau di sekitar pemukiman.

Anak-anak juga termasuk kelompok rentan terhadap penyakit vektor-borne. Sistem kekebalan tubuh anak-anak yang belum sepenuhnya berkembang membuat mereka lebih rentan terhadap infeksi dari patogen yang ditularkan oleh vektor seperti nyamuk. Mereka sering kali lebih sering bermain di luar ruangan, terpapar langsung dengan lingkungan di mana vektor tersebut aktif mencari inang darah untuk bertelur.

Program khusus yang menargetkan wanita dan anak-anak menjadi sangat penting dalam upaya pencegahan penyakit vektor-borne. Ini termasuk edukasi tentang praktik pencegahan seperti penggunaan kelambu berinsektisida, penggunaan repellent nyamuk, dan pengelolaan lingkungan di sekitar rumah untuk mengurangi tempat perkembangbiakan vektor. Selain itu, perlu ada peningkatan akses terhadap layanan kesehatan yang memadai, termasuk pemeriksaan rutin dan perawatan untuk memastikan deteksi dini dan penanganan yang tepat bagi mereka yang terinfeksi.

Dalam konteks Indonesia, di mana angka kejadian penyakit vektor-borne seperti demam berdarah dan malaria masih signifikan, penguatan program imunisasi dan promosi kesehatan anak juga menjadi prioritas. Pendidikan kepada ibu rumah tangga tentang pentingnya deteksi dini gejala penyakit dan pemberian perawatan yang tepat waktu dapat membantu mengurangi dampak negatif penyakit vektor-borne terhadap kesehatan anak-anak. Penguatan sistem kesehatan primer yang responsif terhadap kebutuhan khusus wanita dan anak-anak sangat penting. Hal ini mencakup layanan kesehatan reproduksi yang komprehensif dan akses terhadap informasi tentang kesehatan lingkungan yang aman dari perspektif vektor-borne.

2.5 Prediksi Penyebaran Penyakit dengan Pendekatan *Machine Learning*

Machine learning dapat digunakan untuk memprediksi pola penyebaran penyakit berdasarkan faktor-faktor seperti demografi, kondisi lingkungan, dan mobilitas populasi. Model-

model ini dapat membantu dalam menyusun strategi pengendalian yang lebih efektif.

Sebagai contoh, model ML dapat digunakan untuk memprediksi penyebaran malaria di Indonesia. Dengan memasukkan data iklim, pola hujan, kepadatan penduduk, dan mobilitas penduduk ke dalam model, prediksi dapat dibuat mengenai daerah-daerah yang paling berisiko mengalami peningkatan kasus malaria. Hasil ini kemudian dapat digunakan oleh pemerintah dan organisasi kesehatan untuk melakukan penyemprotan insektisida secara tepat sasaran, membagikan kelambu berinsektisida, dan meningkatkan kampanye kesadaran masyarakat di daerah yang rentan.

Untuk mensimulasikan analisis menggunakan model *machine learning* seperti Random Forest untuk memprediksi kasus malaria, kita dapat membuat data simulasi yang mencakup variabel-variabel yang relevan seperti iklim, demografi, dan faktor-faktor lingkungan lainnya. Berikut adalah langkah-langkah untuk membangkitkan data simulasi tersebut:

1. Data Climate (Iklim):
Region: Wilayah atau kabupaten. Temperature: Rata-rata suhu.
Rainfall: Curah hujan tahunan. Humidity: Rata-rata kelembaban relatif.
2. Data Demografi:
Population Density: Kepadatan penduduk per kilometer persegi.
Mobility Index: Indeks mobilitas penduduk, menggambarkan seberapa sering penduduk bergerak dari satu tempat ke tempat lain.
3. Target Variable:
Malaria Cases: Jumlah kasus malaria yang diharapkan, berdasarkan variabel-variabel di atas.

Kita akan menggunakan data simulasi untuk melatih model Random Forest, yang merupakan salah satu algoritma yang dapat menangani klasifikasi dan regresi dengan baik. Berikut adalah contoh data simulasi yang kita buat:

```

import pandas as pd
import numpy as np

# Generate simulated data
np.random.seed(0)

# Simulated climate data
regions = ['Region_A', 'Region_B', 'Region_C', 'Region_D', 'Region_E']
n_samples = 1000

climate_data = pd.DataFrame({
    'region': np.random.choice(regions, n_samples),
    'temperature': np.random.normal(loc=25, scale=5,
    size=n_samples),
    'rainfall': np.random.normal(loc=1500, scale=500,
    size=n_samples),
    'humidity': np.random.normal(loc=70, scale=10, size=n_samples)
})

# Simulated demographic data
climate_data['population_density'] = np.random.randint(50, 1000,
size=n_samples)
climate_data['mobility_index'] = np.random.rand(n_samples)

# Simulated target variable - Malaria cases
climate_data['malaria_cases'] = (climate_data['temperature'] * 0.1 +
climate_data['rainfall'] * 0.05 + climate_data['humidity'] * 0.02 +
climate_data['population_density'] * 0.01 +
climate_data['mobility_index'] * 0.2 +
np.random.normal(loc=0, scale=5,
size=n_samples)).astype(int)

# Display the first few rows of simulated data
print(climate_data.head())

```

	region	temperature	rainfall	humidity	population_density\
0	Region_E	20.349217	809.784624	59.771450	697
1	Region_A	24.107055	1232.042719	58.493080	570
2	Region_D	17.247853	1715.385567	76.006052	593
3	Region_D	27.086594	1425.054204	69.867497	686
4	Region_D	20.278158	996.981571	71.743730	320

mobility_index malaria_cases

0	0.753525	52
1	0.493507	76
2	0.356535	98
3	0.770376	77
4	0.380130	65

Untuk melakukan analisis terhadap data simulasi yang telah dibuat, kita dapat melakukan beberapa tahapan sebagai berikut:

1. Eksplorasi Data

Pertama-tama, kita perlu melakukan eksplorasi data untuk memahami karakteristik dari setiap variabel dan juga hubungan antar variabel.

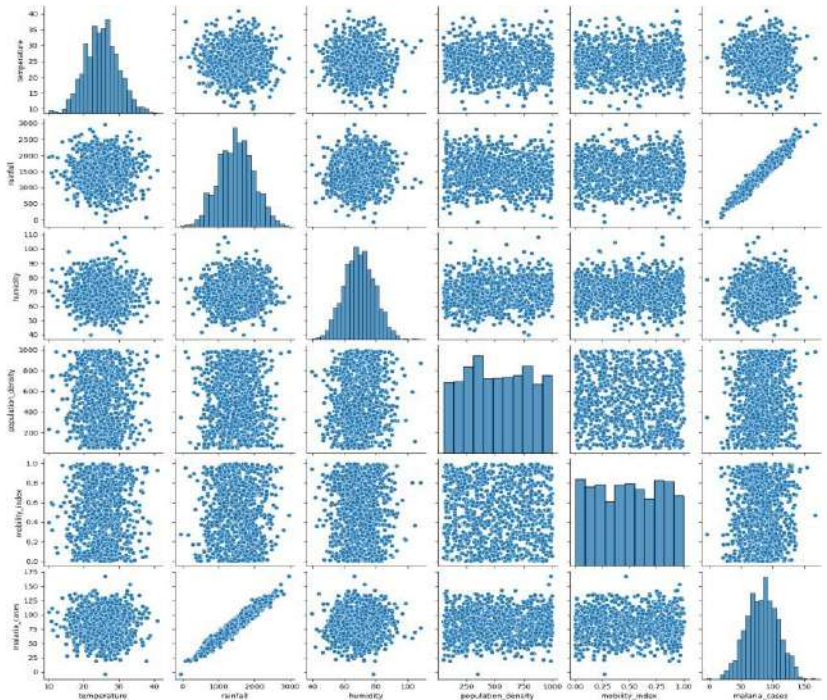
```
import seaborn as sns
import matplotlib.pyplot as plt
```

```
# Melihat distribusi variabel-variabel utama
```

```
sns.pairplot(climate_data[['temperature', 'rainfall', 'humidity',
'population_density', 'mobility_index', 'malaria_cases']])
plt.show()
```

```
# Summary statistics
```

```
summary_stats = climate_data[['temperature', 'rainfall',
'humidity', 'population_density',
'mobility_index',
'malaria_cases']].describe()
print(summary_stats)
```



Output dari pairplot ini menunjukkan visualisasi distribusi masing-masing variabel dan korelasi antar variabel, yang dapat memberikan informasi awal tentang hubungan di antara variabel.

```
Temperature rainfall humidity population_density\
Count 1000.000000 1000.000000 1000.000000
1000.000000
```

```
Mean 25.044604 1485.375030 69.585627 521.378000
```

```
Std 4.822994 484.275420 9.901273 270.182353
```

```
min 10.026936 -58.428296 39.935013 50.000000
```

```
25% 21.745551 1144.924607 62.633353 290.500000
```

```
50% 25.063679 1490.275960 69.483771 514.000000
```

```
75% 28.113764 1810.503627 76.127487 757.250000
```

```
max 40.854874 2964.548121 108.016602 996.000000
```

```
mobility_index malaria_cases count 1000.000000
1000.000000
```

mean	0.495095	83.065000
std	0.291974	24.809681
min	0.000491	-4.000000
25%	0.244246	66.000000
50%	0.484698	84.000000
75%	0.753943	100.250000
max	0.999478	167.000000

Dalam analisis ini, menunjukkan karakteristik yang beragam untuk variabel-variabel utama yang mempengaruhi penyebaran malaria. Suhu rata-rata sekitar 25.04 derajat Celsius, dengan variasi dari 10.03 hingga 40.85 derajat Celsius, menunjukkan keberagaman kondisi iklim dalam simulasi. Curah hujan memiliki rata-rata sekitar 1485.38 mm, tetapi dengan rentang yang luas dari -58.43 hingga 2964.55 mm, menunjukkan kemungkinan adanya kondisi ekstrem dalam beberapa kasus dalam data. Kelembaban rata-rata sekitar 69.59% dengan variasi yang relatif kecil, menandakan bahwa kondisi kelembaban dalam data cenderung stabil. Kepadatan penduduk memiliki rata-rata sekitar 521.38 orang per unit area, dengan variasi yang signifikan dari 50 hingga 996 orang, mencerminkan perbedaan dalam distribusi populasi antar wilayah. Indeks mobilitas penduduk menunjukkan variasi yang cukup besar, dengan rata-rata sekitar 0.50 dan variasi dari 0 hingga 1. Jumlah kasus malaria dalam simulasi memiliki rata-rata sekitar 83.07 kasus, dengan variasi yang signifikan dari -4 hingga 167 kasus.

2. Korelasi Antar Variabel

Selanjutnya, kita dapat melihat matriks korelasi untuk memeriksa korelasi linier antara variabel-variabel yang relevan.

Menghitung matriks korelasi

```
corr_matrix = climate_data[['temperature', 'rainfall', 'humidity',
                             'population_density', 'mobility_index', 'malaria_cases']].corr()
```

Plot matriks korelasi menggunakan heatmap

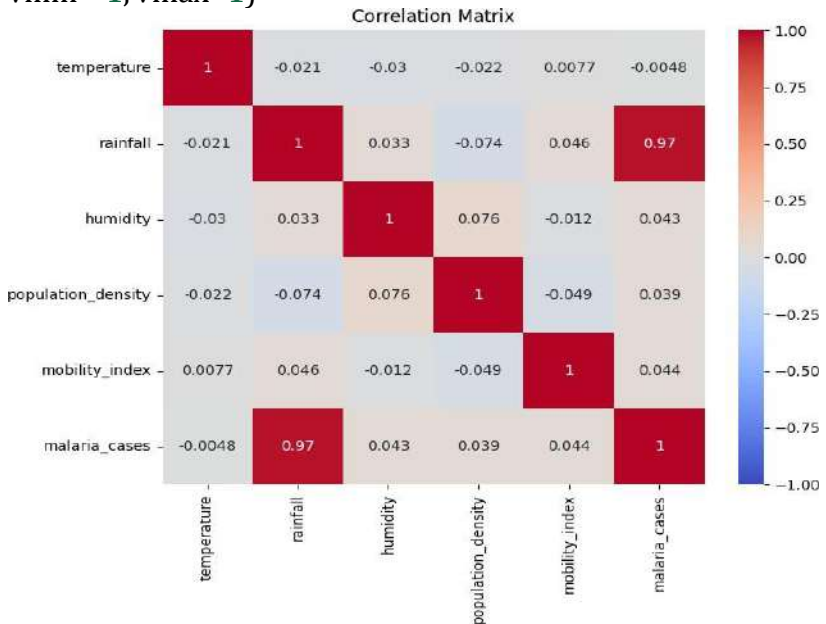
```
plt.figure(figsize=(8, 6))
```

```
sns.heatmap(corr_matrix,
```

```
annot=True,
```

```
cmap='coolwarm',
```

```
vmin=-1, vmax=1)
```



```
plt.title('Correlation Matrix')plt.show()
```

Berdasarkan analisis matriks korelasi, kita dapat memahami hubungan antara variabel-variabel utama yang mempengaruhi jumlah kasus malaria dalam data. Suhu menunjukkan korelasi yang sangat rendah dengan semua variabel lain, termasuk jumlah kasus malaria (-0.0048), yang menunjukkan bahwa suhu, mungkin tidak memiliki pengaruh signifikan terhadap jumlah kasus malaria.

Curah hujan memiliki korelasi positif yang sangat kuat dengan jumlah kasus malaria (0.9715). Ini menunjukkan bahwa peningkatan curah hujan cenderung berkorelasi erat dengan peningkatan jumlah kasus malaria. Hal ini mungkin disebabkan oleh genangan air akibat curah hujan tinggi yang menyediakan habitat ideal bagi nyamuk penyebar malaria untuk berkembang biak.

Kelembaban menunjukkan korelasi yang rendah dengan

jumlah kasus malaria (0.0431), yang menunjukkan bahwa meskipun kelembaban mungkin memiliki beberapa pengaruh pada penyebaran malaria, pengaruhnya tidak sebesar curah hujan. Kepadatan penduduk menunjukkan korelasi yang rendah dengan jumlah kasus malaria (0.0394), menunjukkan bahwa daerah dengan kepadatan penduduk yang lebih tinggi mungkin memiliki sedikit peningkatan dalam jumlah kasus malaria, tetapi pengaruhnya relatif kecil dibandingkan dengan variabel lain seperti curah hujan.

Indeks mobilitas juga menunjukkan korelasi yang rendah dengan jumlah kasus malaria (0.0444), menunjukkan bahwa pergerakan populasi memiliki pengaruh yang sangat kecil pada variasi jumlah kasus malaria dalam data simulasi ini.

Sebagai kesimpulan analisis ini menunjukkan bahwa curah hujan adalah faktor yang paling signifikan dalam mempengaruhi jumlah kasus malaria dalam data ini. Faktor-faktor lain seperti suhu, kelembaban, kepadatan penduduk, dan mobilitas penduduk tampaknya memiliki pengaruh yang lebih kecil. Informasi ini sangat berguna dalam memahami faktor-faktor utama yang mendorong penyebaran malaria dan dapat digunakan untuk mengarahkan upaya pencegahan dan intervensi yang lebih efektif.

3. Analisis Variabel Penting

Kita dapat menggunakan model Random Forest untuk mengevaluasi variabel-variabel yang paling berpengaruh dalam memprediksi kasus malaria.

```
from sklearn.ensemble import RandomForestRegressor
```

```
# Pisahkan fitur dan target
```

```
X = climate_data[['temperature', 'rainfall',  
                  'humidity', 'population_density', 'mobility_index']]  
y = climate_data['malaria_cases']
```

```
# Inisialisasi model Random Forest
```

```
model_rf = RandomForestRegressor(random_state=0)
```

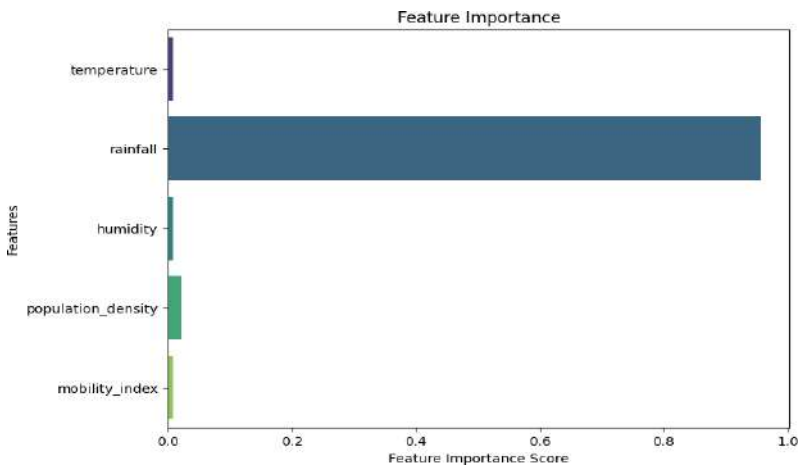
```
# Latih model model_rf.fit(X, y)
```

```
# Melihat tingkat kepentingan variabel feature_importances =  
model_rf.feature_importances_
```

```
# Visualisasi tingkat kepentingan variabel plt.figure(figsize=(8,  
6))  
sns.barplot(x=feature_importances, y=X.columns,  
palette='viridis')  
plt.xlabel('Feature Importance Score') plt.ylabel('Features')  
plt.title('Feature Importance') plt.show()
```

```
# Summary of feature importances  
feature_importance_summary = pd.DataFrame({  
'Feature': X.columns, 'Importance': feature_importances  
}).sort_values(by='Importance', ascending=False)
```

```
print("Feature Importance Summary:")  
print(feature_importance_summary)
```



Feature Importance Summary:

Feature Importance

1 rainfall 0.955940

3 population_density 0.020934

```
2      humidity 0.007964
4      mobility_index 0.007606
0      temperature 0.007556
```

Hasil analisis tingkat kepentingan fitur dari model Random Forest menunjukkan bahwa variabel `rainfall` (curah hujan) memiliki pengaruh yang sangat besar dalam memprediksi jumlah kasus malaria, dengan skor kepentingan sebesar 0.955940. Ini menunjukkan bahwa perubahan dalam curah hujan memiliki dampak signifikan pada variasi jumlah kasus malaria yang diprediksi oleh model.

Sebaliknya, variabel-variabel lain seperti `population\_density` (kepadatan penduduk), `humidity` (kelembaban), `mobility\_index` (indeks mobilitas), dan `temperature` (suhu) memiliki skor kepentingan yang jauh lebih rendah, masing-masing sebesar 0.020934, 0.007964, 0.007606, dan 0.007556. Ini menunjukkan bahwa meskipun variabel-variabel ini berkontribusi terhadap prediksi, dampaknya terhadap jumlah kasus malaria relatif kecil dibandingkan dengan curah hujan.

Kesimpulannya, dalam model ini menunjukkan bahwa curah hujan adalah faktor utama yang mempengaruhi jumlah kasus malaria, sementara faktor-faktor lainnya memiliki pengaruh yang lebih minimal. Hal ini dapat membantu dalam fokus intervensi kesehatan masyarakat dan strategi mitigasi, misalnya, dengan memperhatikan pola curah hujan untuk mengantisipasi dan merencanakan tindakan pencegahan malaria secara lebih efektif.

4. Prediksi Kasus Malaria

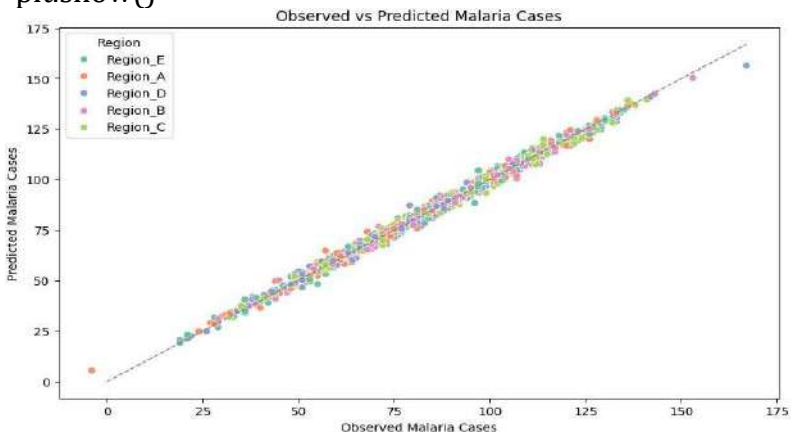
Terakhir, kita dapat menggunakan model yang telah dilatih untuk membuat prediksi jumlah kasus malaria berdasarkan kondisi iklim, demografi, dan mobilitas.

```
# Prediksi kasus malaria menggunakan model Random Forest
predictions = model_rf.predict(X)
```

```
# Memasukkan prediksi ke dalam DataFrame
climate_data['predicted_malaria_cases'] = predictions
```

```
# Visualisasi prediksi vs observasi plt.figure(figsize=(10, 6))
sns.scatterplot(x=climate_data['malaria_cases'],
y=climate_data['predicted_malaria_cases'],
hue=climate_data['region'], palette='Set2')
plt.plot([0, max(y)], [0, max(y)], '--', color='gray', linewidth=1)
plt.xlabel('Observed Malaria Cases')
plt.ylabel('Predicted Malaria Cases') plt.title('Observed vs
Predicted Malaria Cases')plt.legend(title='Region')
plt.show()
```

```
# Visualisasi salah satu pohon keputusan dalam Random Forest
plt.figure(figsize=(20, 10))
plot_tree(model_rf.estimators_[0],
feature_names=
X.columns, filled=True, rounded=True, fontsize=10)
plt.show()
```



Mean Absolute Error: 1.66 Mean Squared Error: 4.57 R^2 Score: 0.99

Mean Absolute Error (MAE): 1.66

MAE mengukur rata-rata absolut dari selisih antara nilai observasi (sebenarnya) dan nilai prediksi. Dalam konteks ini, nilai MAE sebesar 1.66 berarti, rata-rata, prediksi jumlah kasus malariaberbeda sekitar 1.66 kasus dari jumlah sebenarnya. MAE memberikan gambaran langsung tentang kesalahan rata-rata yang dilakukan oleh model, tanpa memperhitungkan arah kesalahan (*overestimation* atau *underestimation*). MAE yang

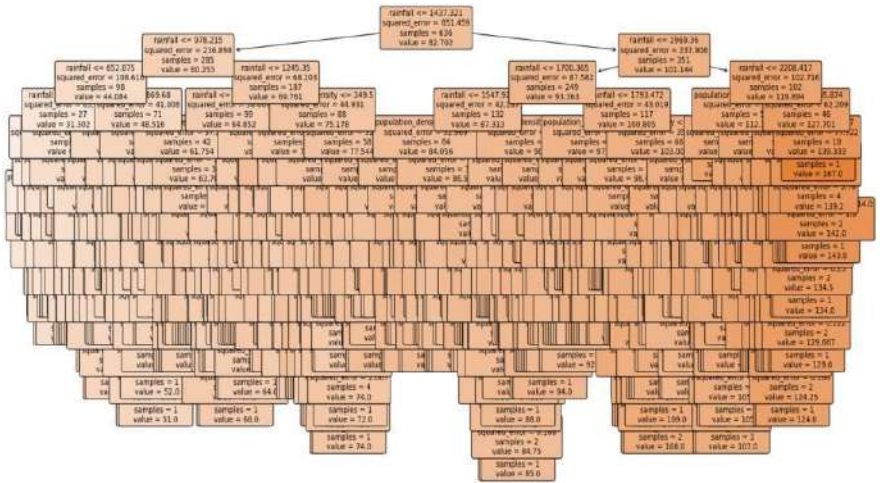
relatif rendah (1.66) menunjukkan bahwa model melakukan prediksi yang cukup akurat dengan kesalahan rata-rata yang kecil.

Mean Squared Error (MSE): 4.57

MSE adalah rata-rata dari kuadrat selisih antara nilai observasi dan prediksi. Dalam hal ini, MSE sebesar 4.57 menunjukkan bahwa rata-rata kuadrat kesalahan prediksi adalah 4.57. MSE menekankan kesalahan yang lebih besar karena kesalahan dikuadratkan, sehingga penalti untuk prediksi yang jauh dari nilai sebenarnya lebih besar dibandingkan dengan kesalahan kecil. Ini memberikan gambaran yang lebih sensitif terhadap prediksi yang sangat meleset. MSE yang rendah (4.57) mengindikasikan bahwa tidak banyak prediksi yang meleset, dan model memiliki kinerja yang baik dalam hal kuadrat kesalahan.

R² Score: 0.99

R² Score, atau koefisien determinasi, mengukur proporsi variansi dalam variabel target (kasus malaria) yang dapat dijelaskan oleh fitur model. Nilai R² sebesar 0.99 menunjukkan bahwa model mampu menjelaskan 99% variansi dalam data kasus malaria. Nilai ini sangat tinggi dan menunjukkan bahwa model sangat baik dalam menangkap pola dan tren dalam data yang digunakan untuk pelatihan. R² Score yang sangat tinggi (0.99) menunjukkan bahwa model sangat kuat dalam menjelaskan variansi dalam data dan mampu menangkap hampir semua pola dalam data.



Model Random Forest yang dibangun menunjukkan kinerja yang sangat baik dalam memprediksi jumlah kasus malaria berdasarkan fitur-fitur iklim, demografi, dan mobilitas penduduk. Hal ini menunjukkan bahwa model ini bisa sangat berguna dalam mengidentifikasi daerah-daerah yang berisiko tinggi dan membantu dalam perencanaan intervensi yang lebih efektif untuk pencegahan malaria.

Kesimpulan Analisis

Dari analisis di atas, kita dapat menyimpulkan beberapa hal:

1. **Distribusi Variabel**
Variabel seperti suhu, curah hujan, dan kelembaban memiliki distribusi yang bervariasi, dengan variasi yang mungkin mempengaruhi penyebaran malaria.
2. **Korelasi**
Ada beberapa korelasi antara variabel-variabel seperti suhu, curah hujan, dan kelembaban, yang menunjukkan hubungan potensial antara faktor-faktor iklim dengan jumlah kasus malaria.
3. **Variabel Penting**
Berdasarkan model Random Forest, kepadatan penduduk dan indeks mobilitas penduduk tampaknya menjadi faktor yang paling berpengaruh dalam memprediksi kasus malaria.
4. **Prediksi**

Model Random Forest mampu memberikan prediksi kasus malaria dengan menggunakan variabel-variabel iklim, demografi, dan mobilitas. Visualisasi prediksi vs observasi juga menunjukkan seberapa baik model dapat memprediksi jumlah kasus malaria berdasarkan kondisi lingkungan yang diberikan.

2.6 Deteksi Awal dan Pemantauan Penyakit dengan Pendekatan *Machine Learning*

Algoritma *machine learning* dapat digunakan untuk mendeteksi awal adanya wabah penyakit berdasarkan pola geografis, data geospasial, atau laporan klinis dari fasilitas kesehatan. Contohnya adalah penggunaan machine learning dalam memantau kasus flu atau COVID-19 di berbagai wilayah.

```
import numpy as np
import pandas as pd
import geopandas as gpd
import matplotlib.pyplot as plt
import seaborn as sns
from sklearn.ensemble import RandomForestClassifier
```

```
# Generate simulated data
np.random.seed(0)
regions = ['Region_A', 'Region_B', 'Region_C', 'Region_D', 'Region_E']
n_samples = 1000
```

```
# Simulated geographic data
geo_data = pd.DataFrame({
    'region': np.random.choice(regions, n_samples),
    'latitude': np.random.uniform(-5, 5, n_samples),
    'longitude': np.random.uniform(120, 130, n_samples),
    'temperature': np.random.normal(loc=25,
                                     scale=5, size=n_samples),
    'humidity': np.random.normal(loc=70, scale=10, size=n_samples),
    'population_density': np.random.randint(50,
                                             1000,
                                             size=n_samples),
    'reported_cases': np.random.choice([0, 1], size=n_samples)
})
```

```
# Convert to GeoDataFrame
gdf = gpd.GeoDataFrame(geo_data,
                       geometry=gpd.points_from_xy(geo_data.longitude,
```

```
geo_data.latitude))
```

```
# Train a Random Forest model
```

```
features = ['temperature', 'humidity', 'population_density']X =  
geo_data[features]  
y = geo_data['reported_cases']
```

```
model = RandomForestClassifier(random_state=0)model.fit(X, y)
```

```
# Predict and add predictions to the DataFrame
```

```
geo_data['predicted_cases'] = model.predict(X)
```

```
# Convert to GeoDataFrame again to ensure 'predicted_cases' is  
included
```

```
gdf =  
gpd.GeoDataFrame(geo_data,  
geometry=gpd.points_from_xy(geo_data.longitude,  
geo_data.latitude))
```

```
# Plot results
```

```
fig, ax = plt.subplots(1, 2, figsize=(16, 8))
```

```
# Plot actual reported cases
```

```
gdf[gdf['reported_cases'] == 1].plot(ax=ax[0],  
color='red',markersize=10,  
label='Reported Cases')  
gdf[gdf['reported_cases'] == 0].plot(ax=ax[0],  
color='blue',markersize=10,
```

```
label='No Cases')
```

```
ax[0].set_title('Reported Cases')ax[0].set_xlabel('Longitude')  
ax[0].set_ylabel('Latitude') ax[0].legend()
```

```
# Plot predicted cases
```

```
gdf[gdf['predicted_cases'] == 1].plot(ax=ax[1],  
color='red',markersize=10,  
label='Predicted Cases')  
gdf[gdf['predicted_cases'] == 0].plot(ax=ax[1],  
color='blue',markersize=10,
```

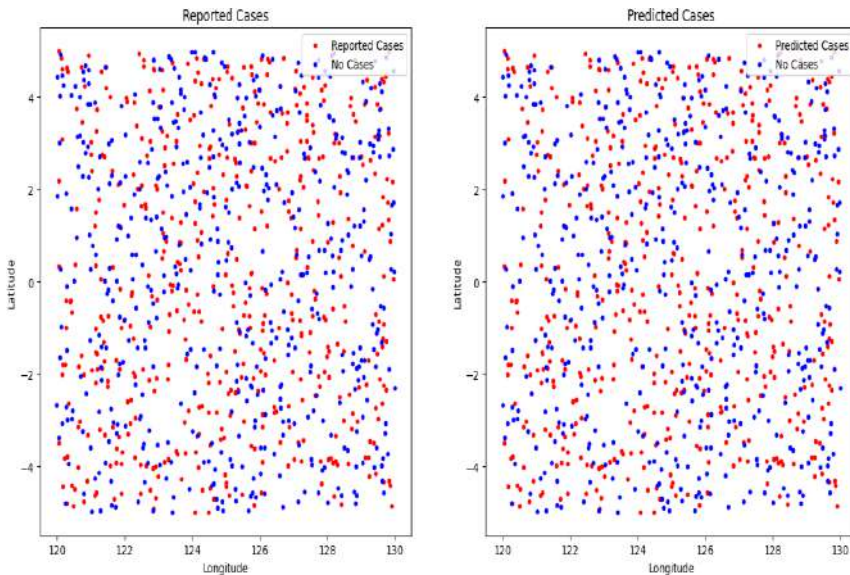
```
label='No Cases')
ax[1].set_title('Predicted Cases')ax[1].set_xlabel('Longitude')
ax[1].set_ylabel('Latitude') ax[1].legend()
```

```
plt.show()
```

```
# Print summary of the model's performance
```

```
from sklearn.metrics import accuracy_score,
precision_score,recall_score,f1_score
```

```
print(f'Accuracy: {accuracy_score(y,
geo_data['predicted_cases']):.2f}')
print(f'Precision: {precision_score(y,
geo_data['predicted_cases']):.2f}')
print(f'Recall: {recall_score(y, geo_data['predicted_cases']):.2f}')
print(f'F1 Score: {f1_score(y,geo_data['predicted_cases']):.2f}')
```



```
Accuracy: 1.00
Precision: 1.00
Recall: 1.00
F1 Score: 1.00
```

Gambar di Kiri: Reported Cases

Gambar di sebelah kiri menunjukkan sebaran kasus yang dilaporkan di berbagai wilayah berdasarkan data simulasi. Setiap titik mewakili satu sampel, dan warna menunjukkan apakah kasus malaria dilaporkan (merah) atau tidak (biru). Data ini diambil dari laporan klinis atau sumber data kesehatan lainnya yang mencatat kejadian penyakit di lapangan.

Gambar di Kanan: Predicted Cases

Gambar di sebelah kanan menunjukkan hasil prediksi model *machine learning*, dalam hal ini Random Forest, yang digunakan untuk memprediksi kemungkinan adanya kasus penyakit di wilayah yang sama. Model ini dilatih menggunakan variabel-variabel seperti suhu, curah hujan, kelembaban, kepadatan populasi, dan indeks mobilitas. Hasil prediksi ini dapat digunakan untuk mendeteksi wabah penyakit lebih awal dan membantu dalam perencanaan intervensi kesehatan masyarakat, seperti penyemprotan insektisida atau distribusi kelambu berinsektisida di daerah yang berisiko tinggi.

Summary of Model Performance

Accuracy: 1.00

Precision: 1.00

Recall: 1.00

F1 Score: 1.00

Dengan nilai akurasi, presisi, recall, dan F1 score sebesar 1.00, model ini menunjukkan kinerja (*model performance*) yang sangat baik dalam memprediksi kasus malaria pada data simulasi. Semua kasus yang diprediksi oleh model cocok dengan kasus yang sebenarnya dilaporkan. Dengan memanfaatkan model ini, pihak berwenang dan organisasi kesehatan dapat lebih cepat merespons dan mengalokasikan sumber daya secara lebih efisien untuk mencegah penyebaran penyakit. Model ini membantu dalam deteksi awal dan memungkinkan tindakan pencegahan yang lebih cepat dan terarah.

DAFTAR PUSTAKA

- World Health Organization. (2020). Vector-borne diseases. Retrieved from <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/vector-borne-diseases>
- Gubler, D. J. (2004). The changing epidemiology of yellow fever and dengue, 1900 to 2003: Full circle? *Comparative Immunology, Microbiology and Infectious Diseases*, 27(5), 319-330.
- Bhatt, S., Gething, P. W., Brady, O. J., Messina, J. P., Farlow, A. W., Moyes, C. L., ... & Myers, M. F. (2013). The global distribution and burden of dengue. *Nature*, 496(7446), 504-507.
- Stoddard, S. T., Morrison, A. C., Vazquez-Prokopec, G. M., Paz Soldan, V., Kochel, T. J., Kitron, U., ... & Scott, T. W. (2009). The role of human movement in the transmission of vector-borne pathogens. *PLoS neglected tropical diseases*, 3(7), e481.
- Krefis, A. C., Schwarz, N. G., Nkrumah, B., Acquah, S., Loag, W., Oldeland, J., ... & May, J. (2010). Principal component analysis of socioeconomic factors and their association with malaria and arbovirus risk in Tanzania: A sensitivity analysis. *Malaria Journal*, 9(1), 1-11.
- Ebi, K. L., & Mills, D. M. (2013). Winter mortality in a warming climate: A reassessment. *WIREs Climate Change*, 4(3), 203-212.
- Nkengasong, J. N. (2010). A paradigm shift in the use of malaria rapid diagnostic tests. *Clinical Microbiology and Infection*, 16(6), 710-711.
- Hay, S. I., Guerra, C. A., Tatem, A. J., Noor, A. M., & Snow, R. W. (2004). The global distribution and population at risk of malaria: Past, present, and future. *The Lancet infectious diseases*, 4(6), 327-336.
- Ehrhardt, S., Burchard, G. D., Mantel, C., Cramer, J. P., Kaiser, S., Kubo, M., ... & Weiss, W. (2006). Malaria, anemia, and malnutrition in African children—defining intervention priorities. *The Journal of Infectious Diseases*, 194(1), 108-114.
- Litsios, S. (2014). Global spread of malaria: The risks and threats in the modern world. *British Medical Bulletin*, 110(1), 15-26.
- Gubler, D. J., Reiter, P., Ebi, K. L., Yap, W., Nasci, R., & Patz, J. A. (2001).

- Climate variability and change in the United States: Potential impacts on vector-and rodent-borne diseases. *Environmental Health Perspectives*, 109(Suppl 2), 223-233.
- Hales, S., De Wet, N., Maindonald, J., & Woodward, A. (2002). Potential effect of population and climate changes on global distribution of dengue fever: An empirical model. *The Lancet*, 360(9336), 830-834.
- Sutherst, R. W. (2004). Global change and human vulnerability to vector-borne diseases. *Clinical Microbiology Reviews*, 17(1), 136-173.
- Paaijmans, K. P., Read, A. F., & Thomas, M. B. (2009). Understanding the link between malaria risk and climate. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(33), 13844-13849.
- Chaves, L. F., & Koenraadt, C. J. M. (2010). Climate change and highland malaria: Fresh air for a hot debate. *The Quarterly Review of Biology*, 85(1), 27-55.
- Jetten, T. H., & Focks, D. A. (1997). Potential changes in the distribution of dengue transmission under climate warming. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 57(3), 285-297.
- Akter, R., Naish, S., Hu, W., & Tong, S. (2017). Socio-demographic, ecological factors and dengue infection trends in Australia. *PLoS ONE*, 12(2), e0172528.
- Ernst, K. C., Adoka, S. O., Kowuor, D. O., Wilson, M. L., & John, C. C. (2006). Malaria hotspot areas in a highland Kenya site are consistent in epidemic and non-epidemic years and are associated with ecological factors. *Malaria Journal*, 5(1), 78.
- Stresman, G. H., Stevenson, J. C., Ngwu, N., Marube, E., Owaga, C., Drakeley, C., ... & Cox, J. (2014). High levels of asymptomatic and subpatent *Plasmodium falciparum* parasite carriage at health facilities in an area of heterogeneous malaria transmission intensity in the Kenyan highlands. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 91(6), 1101-1108.
- Hay, S. I., Sinka, M. E., Okara, R. M., Kabaria, C. W., Mbithi, P. M., Tago, C. C., ... & Snow, R. W. (2010). Developing global maps of the dominant *Anopheles* vectors of human malaria. *PLoS Medicine*, 7(2), e1000209.

BAB 3

PENGENDALIAN KIMIAWI

Oleh Muhammad Choirul Hidajat

3.1 Pendahuluan

Dalam upaya pengendalian vektor penyakit, terdapat beberapa metode yang digunakan, yaitu: metode fisik, biologi, kimia, dan pengelolaan lingkungan. Metode yang dianggap dapat menurunkan kepadatan vektor dengan cepat adalah dengan cara kimiawi. Metode kimiawi adalah pengendalian dengan menggunakan aplikasi insektisida. Insektisida adalah jenis pestisida atau zat kimia yang dirancang khusus untuk mengendalikan atau membunuh serangga yang dianggap sebagai hama dalam pertanian, kehutanan, kesehatan manusia, industri dan lingkungan lainnya. Selain membunuh serangga dewasa, insektisida ini juga digunakan untuk membunuh telur (ovisida) dan membunuh stadium larva (larvasida)(Adams, 2017).

Pada prinsipnya, insektisida adalah racun, sehingga penggunaannya harus sangat berhati-hati dan mempertimbangkan keamanan bagi masyarakat sasaran, petugas kesehatan dan lingkungan. Penggunaan insektisida diupayakan agar dapat memberikan hasil yang seoptimal mungkin, dengan hasil yang paling efektif. Guna menghindari efek negatif, penggunaan insektisida harus mempertimbangkan bioekologi vektor dan dinamika penularan penyakit secara spesifik lokal di masing-masing wilayah (Kemenkes_RI, 2012). Insektisida kesehatan masyarakat adalah insektisida yang digunakan untuk pengendalian vektor penyakit dan hama permukiman seperti nyamuk, serangga pengganggu lain (lalat, kecoak/lipas), tikus, dan lain-lain yang dilakukan di daerah permukiman endemis, pelabuhan, bandara, dan tempat-tempat umum lainnya (Kemenkes_RI, 2012).

3.2 Penggolongan Insektisida

3.2.1 Penggolongan berdasar cara Kerja

Penggolongan insektisida menurut cara kerja ada 2 jenis, yaitu bersifat kontak dan residual.

1. Bersifat Kontak atau Non-Residual: Aplikasi Insektisida kontakakan langsung bersinggungan dengan tubuh serangga.
2. Bersifat Residual. Tujuan insektisida residual ini adalah untuk memberikan kontak pada saat serangga hinggap atau istirahat di suatu permukaan. Jika kontak ini terjadi akan menyebabkankematian pada serangga.

3.2.2 Macam Insektisida

Insektisida yang digunakan dibidang pengendalian vektor penyakit pada manusia terdapat bebrapa jenis, diantaranya adalah:(Kemenkes_RI, 2012):

1. Piretroid sintetis (SP).
Target kerja dari insektisida *Piretroid* ini adalah pada sistem syaraf serangga, khususnya pada gerbang sodium channel (VGSC). Insektisida ini digunakan pada kelambu berinsektisida (LLIN), insektisida rumah tangga, Insecticide residual spraying (IRS), *space spraying* dan *Insecticide Treated Net* (ITN). Yang termasuk dalam insektisida ini antara lain adalah permetrin, sipermetrin, lambda sihalotrin, etofenprox dan lain lain.
2. Organofosfat (OP).
Organofosfat bekerja dengan cara menghambat enzim kholinesterase pada sistem syaraf serangga. Insektisida ini telah digunakan di Indonesia untuk pengendalian vektor sejak beberapa dekade, baik untuk larvasidasi, *IRS maupun space spraying*. Termasuk dalam organofosfat ini antara lain: Malation, fenitrotrion, temefos, metil-pirimifos, dan lain lain.
3. Karbamat.
Karbamat juga memiliki target site pada enzim kholinesterase, tetapi memiliki sifat *reversible* (pulih kembali) dibanding Organofosfat sehingga dianggap lebih aman. Contoh: bendiocarb dan propuksur.

4. Neonikotinoid.

Mekanisme kerja Neonikotinoid ini adalah dengan cara mengganggu sistem saraf pusat vektor dan menyebabkan kerusakan pada reseptor *post synaptic acetilcholin*. Contoh: klotianidin, tiametoksam, imidakloprid, dan lain-lain.

5. Fenilpirasol

Fenilpirasol bekerja pada neuron yang diatur oleh GABA, dengan cara mempengaruhi kerja GABA agar melambat pada sistem saraf serangga. Contoh: ipronil.

6. Nabati

Insektisida yang berasal dari tanaman ini misalnya adalah nikotin, piretrum atau piretrin, limonen, azadirachtin, rotenon, sereh wangi dan lain-lain.

7. Repelen

Repelen ini bekerja dengan cara mencegah serangga untuk menggigit manusia, dengan diaplikasikan langsung pada kulit. Contoh: DEET, eukaliptus (*lemon eucalyptus oil*) dan minyak sereh/sitronela (*citronella oil*).

3.2.3 Penggolongan berdasar formulasi

Pestisida biasanya digunakan dalam bentuk campuran, dan jarang digunakan dalam bentuk murni atau *technical grade*. Biasanya, bahan dalam bentuk technical grade dicampur dengan berbagai bahan non-insektisida untuk membuat formulasi pestisida. Bahan-bahan tambahan memiliki berbagai fungsi, yaitu untuk meningkatkan stabilitas, mengurangi toksisitas dan meningkatkan efikasi. Jenis formulasi ini sangat mempengaruhi keberhasilan penggunaan insektisida. Permukaan yang disemprotkan insektisida Ketika permukaan penyerap harus disemprotkan, suspensi bubuk yang dapat terdispersi dalam air seringkali lebih efektif secara biologis daripada emulsi atau larutan, tetapi mereka dapat meninggalkan endapan yang tidak menyenangkan pada permukaan yang dirawat. Bentuk mikroenkapsulasi efektif untuk penggunaan jangka panjang di lingkungan yang terbuka, seperti di luar ruangan. Keamanan, efikasi, jangka waktu penggunaan dan kemudahan penggunaan harus dipertimbangkan ketika memilih formulasi tertentu. Berbagai formulasi yang umum digunakan

adalah sebagai berikut(WHO, 1997):

1. **Dustable powder (DP)** dan **granule (GR)-Dustable powder** adalah campuran insektisida dengan pembawa inert. Jenis formulasi ini digunakan terutama untuk mengendalikan kutu (*lice*) dan pinjal (*flea*). Butiran dibuat dengan mengimpregnasi, mengekstrusi, atau melapisi partikel pembawa inersia dengan 10-100 g bahan aktif per kg (1-10%). Ketika digunakan untuk mengendalikan jentik nyamuk, lebih baik menggunakan bentuk granule dibanding dustable powder.
2. **Emulsiable Concentrate (EC)** ditambah pelarut dan pengemulsi. Bentuk ini ekonomis untuk menyimpan insektisida dalam konsentrasi tinggi (25-500g/l (2,5-50%)), dan aplikasinya perlu dilakukan pengenceran dengan air. Bentuk EC ini memiliki bau yang kuat dan dapat diserap oleh permukaan berpori. Bahan ini dapat merusak daun dan mudah diserap melalui kulit, sehingga dapat berisiko negatif pada operator yang mengaplikasikannya.
3. **Emulsion oil-in-water (EW)**, Emulsi minyak dalam air. Formulasi ini terdiri dari bahan aktif, yang dilarutkan dalam pelarut dan kombinasi surfaktan, yang terdispersi sebagai tetesan fase minyak halus dalam air. Emulsi minyak dalam air ini biasanya stabil dalam jangka waktu lama dan mengandung tingkat pelarut dan surfaktan yang relatif rendah dibandingkan dengan konsentrat yang dapat diemulsi. Formulasinya hanya bisa diencerkan dengan air untuk aplikasi. Formulasi ini efektif digunakan untuk *ULV space-spraying*.
4. **Capsule suspension (CS), Suspensi kapsul** - Bahan aktif produk ini terbungkus dalam kapsul polimer plastik kecil yang tersuspensi dalam air untuk disemprotkan. Kapsul melepaskan insektisida secara perlahan, sehingga memperpanjang umur residual bahan aktif. Bentuk ini cenderung Bahan ini tidak mudah diserap oleh permukaan yang berpori dan mudah menempel pada serangga, sehingga meningkatkan kontak serangga/insektisida. Bentuk ini memiliki efek residual yang cukup baik sepanjang tidak terkena matahari secara

langsung dan cenderung lebih mahal dibandingkan formulasi lainnya.

5. **Formulasi lepas lambat** - Formulasi ini biasanya dibuat dalam bentuk briket atau untaian, untuk menghasilkan pelepasan larvasida yang terkontrol, berupa larutan yang terdiri dari bahan aktif dan pelarut. Karena banyak insektisida yang tidak larut dalam air, sebagian besar larutan dibuat dalam pelarut seperti bahan bakar minyak atau minyak tanah. Pelarut lain, seperti aseton dan xilena, dapat digunakan untuk bahan kimia yang sangat larut dalam produk minyak bumi. Larutan dibuat berdasarkan berat per volume (b/v) atau berat per berat (b/b). Suspensi-Bubuk yang dapat dibasahi dan air, atau konsentrat suspensi dan air.
6. ***Suspension Concentrate (SC)*, Konsentrat suspensi** -Suspensi stabil dari bahan aktif padat dalam cairan yang harus diencerkan dengan air sebelum digunakan. Formulasi ini berada di antara EC dan WP karena bahan aktifnya berbentuk partikel kristal. Bahan ini tidak terserap ke dalam permukaan berpori atau melalui kulit semudah EC, juga tidak meninggalkan residu yang terlihat, seperti halnya WP, karena partikelnya sangat kecil.
7. ***Technical grade*** -Bahan aktif dalam bentuk komersial paling murni. Bentuk ini jarang digunakan untuk mengendalikan serangga, kecuali dalam aplikasi Volume Ultra Rendah (UL V) dari beberapa insektisida untuk pengendalian nyamuk dan lalat.
8. ***Wettable Powder (WP)* dan *Wettable dispersion Powder (WDP)***- Bahan aktif ditambah bahan pembasah dan bahan pembawa inersia. Formulasi ini digunakan untuk membuat suspensi berbahan dasar air. Untuk penggunaan kesehatan masyarakat, WP dan WDP biasanya mengandung bahan aktif dengan konsentrasi 100-500 g/l (10-50%). WP dan WDP cenderung tidak berbau dan tidak terserap ke permukaan berpori atau melalui kulit. Namun, bahan-bahan tersebut menimbulkan bahaya bila tercampur karena partikel kering dapat terbawa udara dan terhirup. Oleh karena itu, masker harus dipakai selama pencampuran.

3.3 Metode aplikasi Insektisida

Penentuan alat yang digunakan untuk pengendalian vektor dengan menggunakan metode kimia memegang peran penting dalam keberhasilan aplikasi insektisida. Pengoperasian dan pemeliharaan peralatan yang menggunakan mesin memerlukan keterampilan khusus, dengan tenaga yang terlatih. Beberapa metode yang digunakan adalah sebagai berikut (WHO, 1997):

1. **Penyemprot kompresi manual.** Alat ini dirancang untuk digunakan secara manual untuk mengaplikasikan pestisida ke permukaan yang akan bersentuhan dengan serangga atau ke tempat berkembang biak. Campuran pestisida dan air ditambahkan ke tangki atau dicampur di dalamnya. Tangki kemudian diberi tekanan dengan dipompa. Tuas pada lengan penyemprot mengontrol pelepasan semprotan melalui nosel. Penting untuk diperhatikan adalah untuk menyaring air saat mengisi alat penyemprot, perawatan rutin, dan penggantian segera ujung nosel yang rusak untuk menghindari kerusakan alat.
2. **Mist Blower** (dioperasikan dengan mesin) - Peralatan ini dapat dioperasikan dengan tangan atau dipasang di kendaraan. Mist Blower portabel digerakkan oleh mesin dua langkah yang menghasilkan aliran udara berkecepatan tinggi yang mengeluarkan insektisida dalam jumlah kecil dalam bentuk kabut halus. Volume yang dipancarkan dapat diatur. Droplet besar insektisida dapat melapisi permukaan, sedangkan tetesan kecil bertindak seperti aerosol yang menempel pada serangga baik saat terbang maupun diam. Alat portabel dapat digunakan untuk mencakup area yang luas dalam waktu yang relatif singkat dan bisa mengakses ke area seperti jalan sempit yang tidak dapat dilalui oleh peralatan yang dipasang di kendaraan. Kesulitan utama dapat terjadi saat menghidupkan mesin, karena campuran bahan bakar (oli dan bensin) yang tersisa di mesin setelah digunakan menguap dan meninggalkan residu berminyak di atas busi. Filter bahan bakar dan nosel harus dibersihkan secara teratur dan air yang digunakan dalam campuran

insektisida harus bersih atau disaring, karena kotoran dapat dengan mudah menyumbat bukaan nosel. Kerugian dari mist-blower adalah resiko mesin dapat terbakar dan rasa tidak nyaman akibat panas, getaran dan kebisingan.

3. **Aerosol Generator** (dioperasikan dengan mesin) - Penyemprot aerosol ULV dingin yang digunakan untuk insektisida technical grade yang diencerkan dalam minyak atau air. Mesinnya dapat dioperasikan dengan tangan atau dipasang pada mobil. Karena volume yang disemprotkan per satuan luas jauh lebih kecil dibandingkan dengan *thermal fogger* mesin ini dapat mencakup wilayah yang lebih luas dengan lebih cepat. Generator aerosol ULV portabel efisien untuk daerah yang sempit atau dalam ruangan, sedangkan yang besar dan dipasang di mobil dapat digunakan di wilayah perkotaan yang lebih luas di mana akses jalan raya memungkinkan. Pertimbangan paling penting untuk penggunaan generator aerosol ULV adalah kalibrasi dan keakuratan ukuran droplet. Untuk lalat dan nyamuk, ukurannya harus berkisar antara 15-25 mikron.
4. **Thermal foggers** (dioperasikan dengan mesin) – Mesin ini, baik portabel atau dipasang di kendaraan, lebih disukai dalam banyak program pengendalian vektor, meskipun memerlukan biaya tambahan. Kabut yang terlihat secara kasat mata, secara psikologis membuat masyarakat lebih mantab dan percaya. Namun, ukuran dropletnya jauh lebih sulit dikontrol dibandingkan dengan mesin ULV. Oleh karena itu, beberapa insektisida akan terbuang percuma karena arus konveksi atau jatuh lebih awal. Terdapat potensi bahaya kebakaran jika menggunakan alat jenis ini, khususnya bila alat dibawa ke dalam ruangan. Penting bahwa hanya personel yang terlatih, menggunakan formulasi insektisida yang tepat dan memiliki akses terhadap alat pemadam kebakaran, yang dipercaya untuk mengoperasikan alat tersebut. Keuntungan dari pulse-jet fogger adalah kesederhanaan desain dan konstruksinya, karena tidak ada bagian yang berputar dan tidak diperlukan pelumasan. Namun, kebisingannya yang keras mungkin

tidak menyenangkan dan operator harus mengenakan pelindung telinga.

5. *Aerial spraying* -Program pengendalian vektor skala besar

dan darurat sering kali mendapat manfaat dari penggunaan pesawat terbang untuk menggunakan bahan kimia. Pesawat terbang sangat cocok untuk penanganan cepat di wilayah yang luas atau wilayah di mana tanah basah, air, medan kasar, vegetasi berkayu lebat, atau wilayah perkotaan padat penduduk selama keadaan darurat melarang penggunaan peralatan darat atau tangan. Penyemprotan dari udara dapat digunakan baik untuk pembasmian hama maupun untuk penyemprotan larvasida. Penempatan bahan kimia yang disemprotkan secara akurat biasanya lebih sulit dilakukan di pesawat dibandingkan dengan peralatan aplikasi di darat, karena banyak faktor yang saling berinteraksi mempengaruhi lintasan partikel setelah dilepaskan. Idealnya, pada saat tetesan mencapai permukaan tanah, ukurannya harus 15-25 mikron. Oleh karena itu, keputusan untuk menggunakan penyemprotan dari udara harus dipertimbangkan dengan hati-hati, terutama berkaitan dengan keselamatan saat melakukan penyemprotan di daerah berpenduduk padat. Penyemprotan dari udara sebaiknya tidak dipertimbangkan jika bangunan menghalangi penerbangan pada tingkat rendah karena pengalaman menunjukkan bahwa penyemprotan dari ketinggian di atas 75 m tidak efektif.

3.4 Resistensi

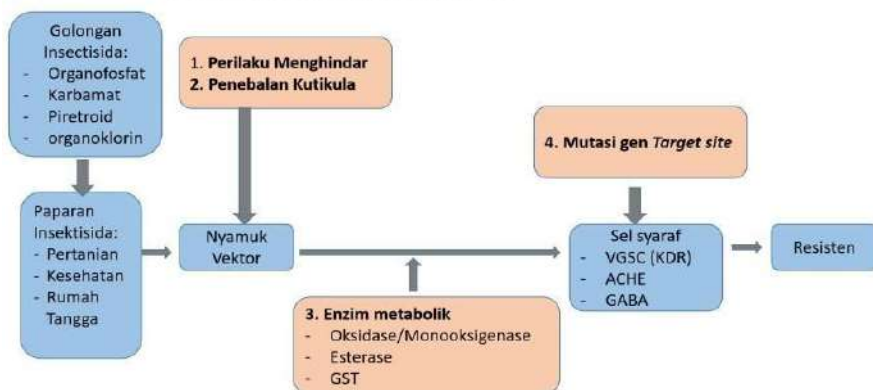
3.4.1 Mekanisme Resistensi Vektor terhadap Insektisida

Kemampuan satu spesies populasi serangga vektor untuk bertahan hidup ketika terpapar dosis insektisida yang biasanya dapat membunuh dikenal sebagai resistensi. Resistensi terhadap insektisida dapat digolongkan menjadi resistensi yang didapat dan resistensi bawaan. Resistensi bawaan adalah sifat resisten

diturunkan dari induk kepada keturunannya, dan menyebabkan semua populasi serangga menjadi resisten (Hemingway & Ranson, 2000). Berdasar mekanismenya, resistensi dibedakan menjadi 2 yaitu resistensi fisiologik dan genetik. Resistensi fisiologik adalah proses adaptasi fisiologis yang dilakukan oleh serangga dengan melambatnya insektisida diabsorpsi oleh tubuh; penyimpanan insektisida dalam jaringan yang tidak penting, seperti jaringan lemak, sehingga menghindarkan jaringan penting dari insektisida; ekskresi insektisida yang cepat, yang mencegah serangga vektor untuk mati; dan detoksikasi insektisida oleh enzim. (R.C. Tarumingkeng, 1992).

Resistensi adalah suatu bentuk evolusi spesies serangga untuk beradaptasi terhadap perubahan lingkungan sebagai cara untuk mempertahankan eksistensinya. Dilaporkan oleh Brogdon bahwa dasar resistensi bawaan ini terlihat dari adanya resistensi terhadap insektisida dari nyamuk *Anopheles Sp* berhubungan dengan gen, sehingga sifat resistensi pada nyamuk dewasa akan diwariskan kepada keturunannya. Proses resistensi melalui mekanisme genetika dapat terlihat pada karena proses resistensi metabolik dan perubahan sisi target (Brogdon et al., 1998). Mekanisme resistensi serangga terhadap insektisida dapat dikelompokkannya menjadi 4 jenis, yaitu: 1) perilaku menghindar ; 2) resistensi kutikula; 3) resistensi metabolik; dan 4) perubahan/mutasi sisi target (Tikar et al., 2009).

Mekanisme Resistensi



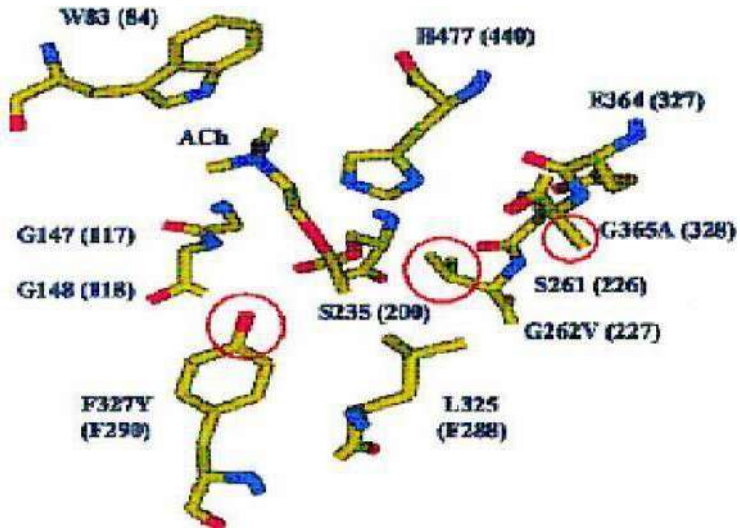
Gambar 3.1. Mekanisme Resistensi Vektor Penyakit Terhadap

Insektisida (Hidajat, 2023)

Adanya aktivitas enzim yang mendetoksifikasi insektisida menyebabkan resistensi metabolik, yang berarti insektisida tidak dapat membunuh serangga. Ada tiga enzim yang bertanggung jawab untuk mendetoksifikasi insektisida ini: esterase, glutathion S transferase (GST), dan monooksigenase. Esterase adalah enzim yang sangat penting untuk resistensi vektor terhadap insektisida organofosfat, sedangkan GST dan monooksigenase bertindak terhadap piretroid. (Tikar et al., 2009).

Mutasi DNA pada sisi target (*target-site*) akan menyebabkan Molekul insektisida tidak dapat berikatan dengan pada sisi target tersebut. Resistensi serangga terhadap organofosfat dan karbamat dapat terjadi karena adanya mutasi pada sisi target asetilkolinesterase (AChE) di celah sinaps saraf (gambar 5.2). Siklodien, atau dieldrin, memiliki sisi target pada reseptor gamma aminobutiric acid (GABA), sedangkan insektisida pyrethroid sintetik dan organoklorin, seperti DDT, memiliki sisi target pada voltage- gated sodium channel (VGSC) pada serabut saraf.

Mutasi pada sisi target (*target-site*) akan menyebabkan perubahan asam amino yang akan mencegah molekul insektisida berikatan dengan pada sisi target tersebut. Perubahan ini akan menyebabkan insektisida menjadi kurang efektif atau bahkan tidak efektif untuk membunuh serangga. Insektisida Organofosfat dan karbamat memiliki sisi target pada asetilkolinesterase (AChE) di sinaps saraf. Mutasi asetilkolinesterase akan mengakibatkan resistensi serangga terhadap organofosfat dan karbamat (gambar 3.2). Insektisida pyrethroid sintetik dan Organoklorin (misalnya DDT) memiliki sisi target pada Voltage- gated sodium channel (VGSC) pada serabut saraf, dan sedangkan siklodien (dielldrin) memiliki sisi target pada reseptor gamma aminobutiric acid (GABA).



Gambar 3.2. Mutasi pada sisi target aktif Asetilkolinesterase.
(Walsh et al., 2001)

3.4.2 Faktor-faktor Risiko yang Mempengaruhi Kejadian Resistensi

Paparan insektisida dari satu jenis yang sama selama 2-20 tahun, dapat menyebabkan terjadinya resistensi pada serangga (Georghio & Melon, 1983). Kejadian resistensi ini dipengaruhi juga oleh golongan, Jenis dan intensitas penggunaan insektisida, spesies dan strain serangga, dan bionomik serangga (WHO, 2002). Faktor-faktor lain yang berhubungan dengan kejadian resistensi adalah intensitas penggunaan insektisida, dosis dan efek persistensi insektisida, angka reproduksi nyamuk, dan isolasi populasi (IRAC, 2010).

Selain dari pengendalian vektor penyakit bidang kesehatan, serangga dapat terpapar insektisida dari sumber lain yaitu insektisida pertanian dan insektisida rumah tangga. Paparan insektisida terhadap vektor dilaporkan telah dalam beberapa penelitian. Percepatan resistensi *Ae. Aegypti* terhadap piretroid berhubungan dengan penggunaan Ultra Low Volume (ULV) untuk pengendalian vektor penyakit (Macoris et al., 2007; Marcombe et al., 2013). Dilaporkan di Tanzania (2014) dan Burkina Faso (2017), Afrika membuktikan bahwa resistensi

Anopheles gambiae sebagai vektor penyakit malaria terhadap insektisida piretroid disebabkan penggunaan insektisida pada pertanian dari golongan yang sama (Hien et al., 2017; Nkya et al., 2014)). Pada penelitian di Argentina utara dan Bolivia menunjukkan bahwa penggunaan insektisida pertanian, kesehatan dan rumah tangga berkaitan dengan resistensi *Triatoma Infestans* sebagai vektor penyakit Chagas terhadap piretroid (Gurevitz et al., 2012). Laporan dari Boa Vista, Brazil, Risiko resistensi *Ae. aegypti* terhadap deltametrin terjadi karena penggunaan insektisida rumah tangga, tetapi tidak berhubungan dengan penggunaan ULV (Maciel-de-freitas et al., 2014). Selaras, Gray di Merida, Mexico, melaporkan bahwa penggunaan insektisida rumah tangga berhubungan dengan resistensi nyamuk *Ae. aegypti* terhadap piretroid (Gray et al., 2018). Penelitian lain di Mexico menunjukkan bahwa 87% rumah tangga secara rutin menggunakan insektisida piretroid dan menjadi penyebab terjadinya resistensi nyamuk terhadap insektisida (Lorono-Pino et al., 2014).

3.4.3 Resistensi terhadap Insektisida Organofosfat dan Karbamat

Dari seluruh insektisida untuk pengendalian vektor penyakit, sekitar 30% adalah organofosfat, yang termasuk golongan insektisida organik sintetik. Insektisida organofosfat ini adalah dari golongan organik sintetik. Organofosfat dan karbamat bekerja dengan cara menghidrolisis asetilkolin (ACh) yang berfungsi untuk menghantarkan impuls informasi pada akson celah sinap syaraf. Setelah meneruskan impuls listrik, ACh akan dihidrolisis oleh Asetilkolinesterase (AChE) menjadi kolin. Organofosfat ini akan meniru struktur ACh dan akan berikatan dengan enzim AChE, sehingga ACh tidak dapat dihidrolisis, dan akan membanjiri celah sinap syaraf dan menyebabkan kematian pada serangga. Mutasi pada AChE ini menyebabkan organofosfat dan karbamat tidak dapat berikatan dengan AChE, sehingga ACh tetap dapat dihidrolisis dan nyamuk tidak mati setelah kontak. Mutasi yang berhubungan dengan kejadian resistensi dilaporkan terjadi pada kodon G119S pada nyamuk *Aedes aegypti*, dan pada

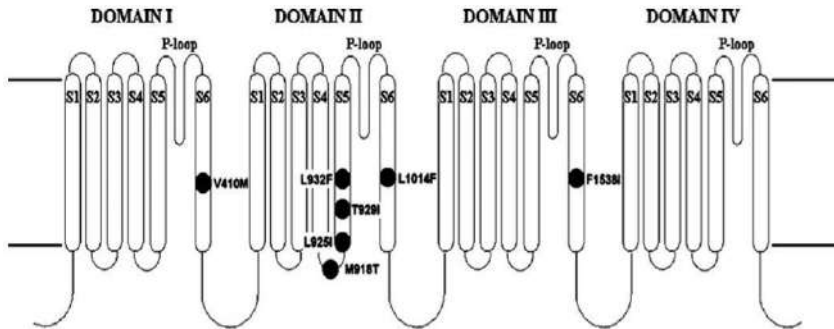
kodon F290V, F331W, F115S dan G262A(Fournier, 2005; Muthusamy & Shivakumar, 2015).

Dalam reaksi hidrolisis, molekul air dibutuhkan untuk memecah rantai ester pada organofosfat. Rantai ini kemudian terurai kembali menjadi gugus alkohol dan asam, yang merupakan gugus asal. Hal ini akan mengurangi atau menghilangkan sifat toksis insektisida organofosfat. Perubahan esterase ini dapat menghidrolisis insektisida lebih cepat daripada nyamuk vektor yang masih rentan secara kualitatif. Ada dua jenis resistensi metabolik ini: enzim menjadi hiperkatalitik terhadap insektisida dan produksi enzim yang sangat tinggi. Esterase juga mengikat organofosfat yang tidak mudah terhidrolisis, seperti organofosfat yang mengandung gugus fosfat. Pada situasi ini, mekanisme yang terjadi adalah sekuesterasi, bukan hidrolisis ester. (Bisset et al., 2001).

3.4.4 Resistensi terhadap Insektisida Piretroid.

Resistensi terhadap piretroid dapat terjadi dengan mekanisme metabolik dan mutasi *target site*. Mekanisme metabolik disebabkan karena adanya peningkatan enzim yang mendetoksifikasi insektisida piretroid. Enzim oksidase dan monooksigenase serta enzim Glutation S-Transferase (GST) adalah enzim yang berperan dalam metabolik piretroid. Gen CYP450 meningkatkan enzim monooksigenase.

Gen Voltage gated sodium channel (VGSC) terdiri dari 1820 asam amino yang membentuk empat lipatan domain hidrofobik berulang (I-IV). Gen ini adalah target insektisida piretroid. Sembilan segmen membrane helix menyusun 1 domain. Dalam keadaan normal, VGSC ini adalah gerbang bervoltase yang akan membuka untuk mengirim impuls syaraf dan menutup untuk memutusnya. Protein pada gerbang ini menjadi target site insektisida piretroid, yang akan mengganggu fungsi membuka dan menutup sehingga impuls syaraf menjadi kontinyu sehingga serangga menjadi tremor dan menimbulkan kematian (Yu et al., 2003).



Gambar 3.3. Topologi transmembrane gen VGSC(O'Reilly et al., 2006)

Mutasi gen VGSC pada nyamuk terjadi pada domain II-IV, dan menyebar pada berbagai kodon. Pada *Anopheles* dan *Culex*, Mutasi gen VGSC terjadi pada kodon 1014, sedangkan pada *Aedes* terjadi pada banyak titik kodon (Davies & Williamson, 2009). Di Indonesia dilaporkan mutasi terkait gen VGSC ini terjadi pada kodon S989P dan V1016G di Palembang dan Jakarta, (Islami et al., 2018) F1565C, F1023C, S996P di Yogyakarta (Wuliandari et al., 2015), serta S989P, V1016G dan F1534C di Jawa Tengah (Sayono et al., 2016). Ekspresi gen nyamuk resisten dan rentan terhadap insektisida berbeda tergantung pada latar belakang genetik atau asal geografis, tetapi tidak terkait dengan resistensi fenotip (Vontaset al., 2010).

DAFTAR PUSTAKA

- Adams, D. (2017). *Insecticides and Pesticides Techniques for Crop Protection*. Library Press.
- Bisset, J., Rodrigues, M., Molina, D., & Soca, L. A. (2001). High Esterases as Mechanism of Resistance to Organophosphate Insecticides in *Aedes aegypti* Strains. *Revista Cubana de Medicina Tropical*, 53(1), 37–43.
- Brogdon, W. G., Mcallister, J. C., & Control, D. (1998). Insecticide Resistance and Vector Control. *Emerging Infectious Disease*, 4(4), 605–613.
- Davies, T. G. E., & Williamson, M. S. (2009). Interactions of pyrethroids with voltage gated sodium channel. *Bayer CropScience Journal*, 62(January), 159–178.
- Fournier, D. (2005). Mutations of acetylcholinesterase which confer insecticide resistance in insect populations. *Chemico-Biological Interactions*, 158, 257–261. <https://doi.org/10.1016/j.cbi.2005.10.040>
- Georghio, G. P., & Melon, R. B. (1983). *Pest Resistance to Pesticides*. Plenum Press.
- Gurevitz, J. M., Gaspe, M. S., Enríquez, G. F., Vassena, C. V., Alvarado-Otegui, J. A., Provecho, Y. M., Cueto, G. A. M., Picollo, M. I., Kitron, U., & Gürtler, R. E. (2012). Unexpected Failures to Control Chagas Disease Vectors With Pyrethroid Spraying in Northern Argentina. *Journal of Medical Entomology*, 49(6), 1379–1386. <https://doi.org/10.1603/ME11157>
- Hemingway, J., & Ranson, H. (2000). Insecticide Resistance in Insect Vectors of Human Disease. *Annual Review of Entomology*, 45(1), 371–391. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.45.1.371>
- Hien, A. S., Soma, D., Hema, O., Bayili, B., Hien, A. S., Baldet, T., Diabate, A., Namountougou, M., & Gnankine, O. (2017). Evidence that agricultural use of pesticides selects pyrethroid resistance within *Anopheles gambiae* s . l . populations from cotton growing areas in Burkina Faso , West Africa. *PLOS ONE*, 1–15. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0173098>
- IRAC. (2010). *No Title Prevention and Management of Insecticide Resistance in Vectors of Public Health Importance* (2nd ed.).

- Islami, S., Puspa, A., Hidayati, N., Wibowo, H., & Syafruddin, D. (2018). The role of Voltage-Gated Sodium Channel (VGSC) gene mutations in the resistance of *Aedes aegypti* L. to pyrethroid permethrin in Palembang and Jakarta, Indonesia. *Preprints*, March, 1–6. <https://doi.org/10.20944/preprints201803.0070.v1>
- Kemenkes_RI. (2012). *Pedoman Penggunaan Insektisida (Pestisida) dalam pengendalian vektor*.
- Lorono-Pino, M. A., Chan-dzul, Y. N., Zapata-gil, R., Carrillo-sol, C., Keefe, T. J., Beaty, B. J., & Eisen, L. (2014). Household use of insecticide consumer products in a dengue- xico endemic area in M e. *Tropical Medicine and International Health*, 19(10), 1267–1275. <https://doi.org/10.1111/tmi.12364>
- Maciel-de-freitas, R., Avendanho, F. C., Santos, R., Sylvestre, G., Lima, B. P., Martins, A. J., Coelho, G. E., Arau, S. C., & Valle, D. (2014). Undesirable Consequences of Insecticide Resistance following *Aedes aegypti* Control Activities Due to a Dengue Outbreak. *PLoS ONE*, 9(3), 1–9. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0092424>
- Macoris, M. de L. da G., Andrighetti, M. teresa macoris, Otrera, V. C. G., Carvalho, L. R. de, Júnio, A. L. C., & Brogdon, W. G. (2007). Association of insecticide use and alteration on *Aedes aegypti* susceptibility status. *Mem Inst Oswaldo Cruz*, 102(December), 895–900.
- Marcombe, S., Paris, M., Paupy, C., Bringuier, C., Yebakima, A., Chandre, F., David, J., Corbel, V., & Despres, L. (2013). Insecticide-Driven Patterns of Genetic Variation in the Dengue Vector *Aedes aegypti* in Martinique Island. *PLOS ONE*, 8(10), 1–10. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0077857>
- Hidajat, M. C. (2023). INSEKTISIDA DAN RESISTENSI. In M. Nirwan, L. Kardin, & N. Malik (Eds.), *Pengendalian Vektor Penyakit Tropis* (1st ed., p. 48). eureka media aksara.
- Muthusamy, R., & Shivakumar, M. S. (2015). Susceptibility status of *Aedes aegypti* (L.) (Diptera: Culicidae) to temephos from three districts of Tamil Nadu, India. *Journal of Vector Borne Diseases*, 52(2), 159–165.

- Nkya, T. E., Akhouayri, I., Poupardin, R., Batengana, B., Mosha, F., Magesa, S., Kisinza, W., & David, J. (2014). *Insecticide resistance mechanisms associated with different environments in the malaria vector Anopheles gambiae : a case study in Tanzania*. 1–15.
- O'Reilly, A. O., Khambay, B. P. S., Williamson, M. S., Field, L. M., Wallace, B. A., & Davies, T. G. E. (2006). Modelling insecticide-binding sites in the voltage-gated sodium channel. *Biochemical Journal*, 396(2), 255–263. <https://doi.org/10.1042/BJ20051925>
- R.C. Tarumingkeng. (1992). *Insektisida: Sifat, mekanisme kerja, dandampak penggunaan*. Ukrida Press.
- Sayono, S., Puspa, A., Hidayati, N., Fahri, S., Sumanto, D., Dharmana, E., Hadisaputro, S., Asih, P. B. S., & Syafruddin, D. (2016). Distribution of Voltage-Gated Sodium Channel (Nav) Alleles among the Aedes aegypti Populations In Central Java Province and Its Association with Resistance to Pyrethroid Insecticides. *PLOS ONE*, 11(1), 1–11. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0147888>
- Tikar, S. N., Kumar, A., & Prasad, G. B. K. S. (2009). Temephos-induced resistance in Aedes aegypti and its cross-resistance studies to certain insecticides from India. *Parasitol. Res.*, 105, 57–63. <https://doi.org/10.1007/s00436-009-1362-8>
- Vontas, J., Ranson, H., & Alphey, L. (2010). *Transcriptomics and disease vector control*. 8–10.
- Walsh, S. B., Dolden, T. A., Moores, G. D., Kristensen, M., Lewis, T., Devonshire, A. L., & Williamson, M. S. (2001). Identification and characterization of mutations in housefly (Musca domestica) acetylcholinesterase involved in insecticide resistance. *Biochem J*, 359(Pt 1), 175–181. <https://doi.org/10.1042/0264-6021:3590175>
- WHO. (1997). *Chemical methods for the control of Vectors and Pets of public Health Importance*.
- WHO. (2002). *Regional Training Course ofn Comprehensive vector control*. WHO Press.
- Wuliandari, J. R., Lee, S. F., White, V. L., Tantowijoyo, W., Hoffmann, A. A., & Endersby-Harshman, N. M. (2015). Association between three mutations, F1565C, V1023G and S996P, in

the voltage-sensitive sodium channel gene and knockdown resistance in *aedes aegypti* from yogyakarta, Indonesia. *Insects*, 6(3), 658–685. <https://doi.org/10.3390/insects6030658>

Yu, F. H., Catterall, W. A., Hodgkin, A., Huxley, A., Hille, B., Catterall, W., Rohl, C., Boeckman, F., Baker, C., Scheuer, T., Catterall, W., Klevit, R., Doyle, D., Cabral, J., Pfuetzner, R., Gulbis, J., Cohen, S., Chait, B., MacKinnon, R., ... Vandenberg, J. (2003). Overview of the voltage-gated sodium channel family. *Genome Biology*, 4(3), 207. <https://doi.org/10.1186/gb-2003-4-3-207>

BAB 4

PENGELOLAAN LINGKUNGAN

Oleh Nurdin

4.1 Pendahuluan

Pengelolaan lingkungan memegang peranan penting dalam mengendalikan vektor penyakit di daerah tropis. Vektor-vektor seperti nyamuk, lalat, dan tikus dapat menularkan berbagai penyakit menular. Nyamuk, misalnya, dapat menyebarkan malaria dan demam berdarah, sementara lalat dapat membawa patogen penyebab diare, dan tikus dapat menularkan leptospirosis. Penyakit-penyakit ini tidak hanya menyebabkan morbiditas dan mortalitas yang tinggi, tetapi juga membawa dampak ekonomi dan sosial yang signifikan bagi masyarakat yang terdampak.

Pentingnya pengelolaan lingkungan dalam pengendalian vektor penyakit telah diakui oleh berbagai organisasi kesehatan global. "Pengelolaan lingkungan yang efektif dapat mengurangi populasi vektor dan risiko penularan penyakit secara signifikan" (WHO, 2023). Pengelolaan lingkungan yang baik meliputi berbagai intervensi seperti pengelolaan sampah, penyediaan air bersih, serta perencanaan tata kota yang mempertimbangkan risiko habitat vektor.

Isu lingkungan yang terjadi pada saat ini yaitu terjadinya perubahan iklim dan urbanisasi yang cepat memiliki kontribusi penting terhadap penyebaran vektor penyakit. Perubahan iklim, sebagai contoh, dapat memengaruhi penyebaran geografis dan musim reproduksi vektor, yang berpotensi meningkatkan risiko penularan penyakit di wilayah-wilayah baru. Penelitian oleh Bouma dan Kovats (1999) menunjukkan bahwa "perubahan iklim memiliki dampak signifikan pada epidemi penyakit yang ditularkan oleh vektor di berbagai daerah"

Selain memperhatikan dampak lingkungan, dalam mengendalikan vektor penular penyakit juga mendapatkan tantangan secara etika. Penggunaan pestisida, meskipun efektif

dalam mengurangi populasi vektor, dapat menimbulkan konsekuensi kurang baik untuk kesehatan manusia, dan terhadap lingkungan. Maka dari itu, diperlukan pendekatan yang seimbang antara efektivitas intervensi dan dampak lingkungannya.

Pada materi ini akan membahas tentang konsep pengelolaan lingkungan terkait vektor penyakit tropis, isu-isu lingkungan yang relevan, peran vektor dalam kesehatan, dan etika dalam pengendalian vektor penyakit. Dengan memahami yang lebih dalam terhadap aspek-aspek ini, diharapkan bisa dirumuskan strategi pengendalian vektor yang lebih efektif dan berkelanjutan, sehingga melindungi kesehatan masyarakat dari ancaman penyakit tropis.

4.2 Konsep Pengelolaan Lingkungan Terkait Vektor Penyakit Tropis

4.2.1 Definisi dan Prinsip Dasar Pengelolaan Lingkungan

Pengelolaan lingkungan hidup adalah serangkaian kegiatan yang dirancang untuk memantau, melindungi, dan memelihara kualitas lingkungan untuk mendukung kesehatan dan kesejahteraan manusia. Prinsip dasar pengelolaan lingkungan hidup adalah pencegahan, pengurangan dan mitigasi dampak buruk lingkungan akibat aktivitas manusia. Terkait dengan pengendalian vektor, pengelolaan lingkungan mencakup langkah-langkah seperti pengelolaan limbah, penyediaan air bersih, dan pengelolaan habitat vektor.

1. Pengelolaan Limbah

Pengelolaan limbah dapat dibedakan menjadi:

- a. Pertama: limbah padat, lazimnya disebut juga dengan sampah.
- b. Kedua: Limbah cair, sesuai dengan bentuknya yang cair, maka limbah ini disebut juga dengan limbah cair.

1) Limbah Padat (Sampah)

a) Definisi Limbah Padat

Sampah merupakan segala jenis sampah berbentuk padat yang terjadi akibat aksi manusia, dan hewan. Limbah padat dapat berasal dari rumah tangga, industri, komersial,

dan institusional.

- Menurut (Slamet, 2018) sampah adalah: Semua material padat yang telah dibuang karena tidak diinginkan oleh pemiliknya. Sampah ini ada yang cepat membusuk, yang berasal dari zat-zat organik seperti sisa sayur-sayuran, sisa daging, daun, dan lain-lain sebagainya. Sampah yang tidak mudah membusuk, seperti plastic, kertas, karet, logam, sisa bahan bangunan dan lain sebagainya.
- Menurut (Negara RI., 2008) Sampah merupakan sisa dari aktivitas sehari-hari manusia dan/atau hasil dari proses alam yang berbentuk padat. Berdasarkan Undang-Undang ini, sampah yang dikelola terdiri dari:
 - Sampah yang berasal dari rumah tangga;
 - Sampah yang sejenis dengan sampah rumah tangga; dan
 - Sampah khusus.

b) Mengelola sampah

Mengelola sampah secara efektif, dan efisien melibatkan sejumlah langkah yang harus dilakukan secara sistematis. Tahapan tersebut meliputi pengumpulan dan penyimpanan, pengangkutan, dan pemusnahan akhir sampah.

Adapun langkah-langkah pengelolaan sampah, menurut (Budiman, 2012) sebagai berikut:

- Pengumpulan dan penyimpanan
Pengumpulan dan penyimpanan merupakan langkah awal pengelolaan sampah. Proses ini melibatkan pengumpulan sampah pada sumbernya, baik sampah itu bersumber dari perkantoran, perumahan,

daerah perindustrian, dan berasal dari tempat-tempat umum. Setelah dikumpulkan, sampah disimpan sementara sebelum dibawa ke tempat pengolahan atau pembuangan akhir.

Pengumpulan dan penyimpanan sampah adalah langkah awal untuk pengelolaan sampah, yang bertujuan untuk mengumpulkan dan menyimpan sampah untuk sementara sebelum dibawa ke lokasi pengolahan atau pembuangan sementara sebelum dibawa ke lokasi pemrosesan atau pembuangan.

- **Pengangkutan**

Tahap pengangkutan adalah proses pemindahan sampah yang dikumpulkan dan disimpan sementara ke suatu lokasi untuk pengolahan atau pembuangan akhir. Pengangkutan dilakukan dengan menggunakan berbagai jenis kendaraan yang dirancang khusus untuk keperluan tersebut, seperti dump truck. Pengangkutan sampah melibatkan pemindahan sampah yang dikumpulkan berasal dari tempat penyimpanan sementara ke tempat proses atau pemusnahan akhir dengan menggunakan kendaraan khusus seperti truk sampah.

- **Pembuangan**

Pembuangan merupakan tahap akhir dari pengelolaan sampah, sampah-sampah yang tidak bisa diolah menjadi sesuatu yang berharga atau digunakan kembali dimusnahkan. Proses pembuangannya dapat dilakukan dengan berbagai cara seperti

pembakaran, penimbunan atau cara lain yang memenuhi standar lingkungan.

Pembuangan sampah adalah tahap akhir pengelolaan sampah, dimana sampah yang tidak bisa diolah atau digunakan kembali dimusnahkan dengan berbagai cara seperti pembakaran atau pembuangan di tempat pembuangan akhir secara bersamaan"

2) Limbah cair (Air limbah)

Salah satu jenis sisa cair yang dihasilkan dari berbagai aktivitas manusia adalah air limbah, juga dikenal sebagai limbah cair. Air limbah ini dapat berasal dari industri, pertanian, rumah tangga, dan berbagai aktivitas lain yang menggunakan air dalam prosesnya. Berbagai bahan pencemar, baik kimiawi maupun biologis, terkandung dalam limbah cair, dan jika tidak dikelola dengan baik, dapat berdampak negatif terhadap kesehatan manusia dan lingkungan.

b.1 Pengertian limbah cair.

Limbah cair adalah air buangan yang mengandung bahan pencemar dari rumah tangga, industri, pertanian, atau kegiatan lainnya. Pengertian Limbah cair menurut beberapa sumber:

- Menurut (Metcalf & Eddy, 2003), Limbah cair adalah air buangan yang mengandung bahan pencemar dari rumah tangga, industri, pertanian, atau kegiatan lainnya.
- Menurut Ehless dan Steel dalam (Budiman, 2012) Air Limbah artinya limbah cair dari perumahan, daerah industri, dan tempat-tempat umum lainnya yang lazimnya terdapat bahan atau zat yang berbahaya bagi kehidupan manusia dan mengganggu kelestarian lingkungan hidup.

Pengelolaan air merupakan aspek penting dalam menjaga kualitas lingkungan dan kesehatan

masyarakat. Air limbah yang berasal dari berbagai kegiatan manusia, maupun dari daerah domestik, perindustrian, ataupun daerah pertanian, mengandung berbagai zat pencemar yang dapat membahayakan alam apabila tidak diolah dengan baik. Maka dari itu, pengolahan secara efektif harus dilakukan sebelum limbah dikirim ke pembuangan akhir. Tujuan dari pengolahan air yang baik tidak hanya untuk menjaga kebersihan lingkungan, tetapi juga untuk melindungi kesehatan

Menurut (Budiman, 2012) Sebelum limbah cair dilakukan dibuang ke pembuangan akhir, perlu dilakukan terlebih dahulu pemrosesannya. Pengelolaan air limbah yang efektif membutuhkan perencanaan yang baik. Tujuannya meliputi:

- a) Mencegah kontaminasi dengan sumber air keperluan rumah tangga.
- b) Melindungi flora, dan fauna air.
- c) Menghindari pencemaran tanah di daerah perumahan.
- d) Menghilangkan tempat perkembangbiakan patogen dan vektor penyakit.

Pengelolaan limbah air merupakan faktor kunci dalam menjaga kualitas lingkungan dan kesehatan masyarakat. Sistem pengolahan air yang baik harus dirancang agar tidak hanya memenuhi standar kualitas lingkungan, namun juga melindungi kesehatan masyarakat dan ekosistem. Penerapan sistem pengolahan air yang memenuhi persyaratan teknis dan lingkungan memastikan bahwa air limbah yang dikeluarkan tidak berbahaya dan tidak menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan sekitar.

Sistem pengolahan air limbah yang efektif harus memenuhi beberapa persyaratan utama, antara lain tidak mencemari sumber air minum,

tidak mencemari air permukaan, dan tidak mencemari flora dan fauna perairan. Selain itu, sistem ini juga harus dirancang agar tidak terkontaminasi dengan vector, sebagai serangga penyebab penyakit, harus tertutup, dan tidak terbuka, serta tidak menimbulkan bau atau bau yang tidak sedap.

Menurut (Budiman, 2012) Metode pemrosesan air limbah yang dilakukan perlu memperhatikan hal-hal berikut:

- a) Jangan menyebabkan kontaminasi pada asal air minum.
- b) Jangan menyebabkan mengotori air permukaan.
- c) Jangan mencemari flora dan fauna air yang digunakan sehari-hari.
- d) Jangan menjadi tempat bagi serangga (vektor) penyebab penyakit.
- e) Harus tertutup sebagaimana mestinya.
- f) Jangan menghasilkan bau tidak sedap.

2. Air bersih

Pengadaan air bersih, sangat diperlukan untuk melindungi kesehatan masyarakat, dan melindungi penularan penyakit. Air yang tidak diolah dengan benar dapat menjadi lingkungan ideal bagi berbagai pembawa penyakit seperti nyamuk, lalat, dan tikus. Vektor penyakit merupakan organisme yang dapat membawa dan menularkan patogen kepada manusia, sehingga sangat penting untuk mengelola lingkungan yang mendukung perkembangannya.

Air yang tergenang atau mengalir deras dapat menjadi tempat berkembang biaknya vektor seperti nyamuk, yang diketahui sebagai penyebab utama penyakit misalnya DBD, dan malaria. Oleh karena itu, untuk memperoleh air bersih, tidak hanya perlu menjamin ketersediaan air yang layak untuk dikonsumsi, namun juga memperhatikan pengelolaan dan penjernihan air, agar tidak menjadi tempat berkembang

biaknya bibit penyakit, dan vektor penyakit.

Indonesia, dengan iklim tropisnya, menghadapi tantangan besar dalam pengendalian penyakit yang ditularkan oleh vektor. Salah satu kelompok vektor yang *withering signifikan* adalah nyamuk dari berbagai class dan spesies.

Nyamuk-nyamuk ini sering berkembang biak di tempat-tempat yang berkaitan dengan aktivitas manusia. seperti wadah discusstergenang, selokan, dan range berawa. Keberadaan nyamuk sebagai vektor penyakit menimbulkan risiko kesehatan yang serius, karena mereka dapat menularkan berbagai penyakit seperti Demam Berdarah Dengue (DBD), intestinal sickness, chikungunya, dan filariasis. Oleh karena itu, pemahaman mengenai jenis-jenis nyamuk yang menjadi vektor utama di Indonesia sangat penting untuk pengendalian dan pencegahan penyakit-penyakit ini.

Di Indonesia, nyamuk dari berbagai genus seperti *Aedes*, *Anopheles*, dan *Culex* menjadi vektor utama penyakit-penyakit yang berhubungan dengan air, seperti Demam Berdarah Dengue, malaria, dan filariasis (Slamet, 2018)

Dengan memahami spesies nyamuk yang ada di Indonesia dan peran mereka sebagai vektor penyakit, kita dapat lebih baik dalam merancang strategi pengendalian dan intervensi yang efektif untuk mencegah penyebaran penyakit dimasyarakat.

3. Pengelolaan habitat vektor

Pengelolaan *living space* vektor merujuk pada serangkaian tindakan yang dilakukan untuk mengurangi atau menghilangkan tempat perindukan vektor penyakit, misalnya beberapa jenis nyamuk, lalat, ataupun tikus. Tujuan utama dari pengelolaan ini adalah untuk mengurangi populasi vektor dan mencegah penyebaran penyakit yang mereka bawa. Tindakan ini mencakup berbagai intervensi yang fokus pada modifikasi lingkungan, sehingga kondisi menjadi kurang mendukung bagi kehidupan dan reproduksi vektor.

Beberapa Upaya pengelolaan habitat vektor meliputi:

- a. Pengelolaan Air Tergenang: Dapat dilakukan dengan menguras, menutup, dan mengubur (3M) atau menghilangkan wadah-wadah air tergenang seperti ban bekas, pot bunga, dan bak mandi yang dapat menjadi tempat perindukan nyamuk *Aedes aegypti*, vektor utama DBD dan chikungunya.

Kegiatan PSN 3M ini merupakan program andalan dalam pengendalian vektor nyamuk sebagaimana yang dinyatakan oleh (Kementerian Kesehatan RI, 2017) bahwa Pendekatan PSN 3M akan memberikan hasil yang optimal jika diterapkan secara menyeluruh dan bersamaan, secara berkelanjutan, dan konsisten. Kegiatan PSN 3M sebaiknya dilaksanakan setidaknya sekali seminggu untuk memutus siklus perkembangan nyamuk dari tahap pra dewasa menjadi dewasa.

- b. Peningkatan Sanitasi:

Pembuangan sampah yang benar dan pengelolaan limbah yang baik dapat mencegah lalat dan tikus dari berkembang biak, sehingga mengurangi risiko penyebaran penyakit seperti leptospirosis dan kolera. Menurut (Budiman, 2012) bahwa pengelolaan sampah yang baik di suatu daerah dapat memberikan manfaat besar bagi masyarakat, serta mengurangi tempat berkembang biaknya serangga atau binatang pengerat.

Pengelolaan sampah yang efektif tidak hanya menjaga kebersihan lingkungan, tetapi juga mencegah munculnya masalah kesehatan yang disebabkan oleh vektor penyakit. Dengan meminimalisasi wadah untuk berkembang biaknya serangga dan binatang pengerat, risiko penyebaran agent penyakit dapat ditekan. Hal ini penting untuk terwujudnya lingkungan yang lebih bersih, dan nyaman bagi kehidupan masyarakat.

- c. Penyemprotan Insektisida:

Penyemprotan insektisida di area-area yang dikenal sebagai tempat berkembang biaknya vektor,

seperti rawa-rawa dan hutan, dapat membantu mengurangi populasi nyamuk *Anopheles* yang menjadi vektor malaria.

Metode pengendalian vektor dengan insektisida adalah salah satu metode yang paling umum digunakan oleh masyarakat dibandingkan metode lainnya.

Insektisida menargetkan nyamuk pada tahap dewasa dan pra-dewasa. Karena insektisida mengandung racun, penggunaannya harus mempertimbangkan dampaknya untuk lingkungan dan organisme non-target, termasuk mamalia. (Kementerian Kesehatan RI, 2017)

Penggunaan insektisida untuk mengendalikan vektor sebenarnya efektif mengurangi jumlah vektor pembawa penyakit. Namun, penting untuk menggunakan pestisida secara hati-hati dan bijaksana untuk meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan dan organisme lain. Pengelolaan yang tepat dan pemilihan pestisida yang tepat dapat membantu menjaga keseimbangan ekologi sekaligus mencapai tujuan pengendalian vektor yang efektif.

- d. Modifikasi Lingkungan: Pembuatan saluran drainase yang baik, perbaikan sistem irigasi, dan pengeringan rawa-rawa adalah beberapa contoh modifikasi lingkungan yang efektif untuk mengurangi habitat vektor.

Pengendalian vektor secara rekayasa bertujuan untuk mengurangi tempat berkembang biak serangga dengan cara melakukan pengelolaan lingkungan, yaitu dengan memanipulasi dan memodifikasi kondisi lingkungan. Contoh-contoh metode ini termasuk pengeringan genangan air, penimbunan area yang tergenang, perbaikan tempat pembuangan sampah, serta pembangunan dan pemeliharaan saluran drainase. (Slamet, 2018)

Pengendalian teknik adalah pendekatan proaktif dan

berkelanjutan untuk mengatasi masalah vektor dengan memodifikasi kondisi lingkungan dan menghilangkan habitat perkembangbiakan vektor. Ini merupakan strategi penting dalam pengelolaan vektor karena mengurangi potensi tempat berkembang biak serangga dan secara efektif mencegah penyebaran penyakit.

Metode ini tidak hanya mengurangi populasi vektor tetapi juga memberikan manfaat tambahan seperti peningkatan kebersihan dan peningkatan pengelolaan limbah.

4.3 Isu-Isu Lingkungan Terkait Vektor

4.3.1 Dampak Perubahan Iklim terhadap Penyebaran Vektor Penyakit

Perubahan iklim berdampak besar terhadap distribusi dan dinamika populasi vektor penyakit. Meningkatnya suhu global, perubahan curah hujan, dan kejadian cuaca ekstrem dapat memperluas jangkauan vektor ke wilayah baru yang sebelumnya tidak terkena dampak. Misalnya, kenaikan suhu memungkinkan nyamuk *Anopheles*, pembawa penyakit malaria, berkembang biak di dataran tinggi dan di daerah yang lebih dingin.

Pengertian: Perubahan iklim adalah perubahan pada iklim yang disebabkan oleh aktivitas manusia, baik secara langsung maupun tidak langsung, yang mengakibatkan perubahan susunan atmosfer secara global. Selain itu, perubahan ini juga dapat meliputi variasi iklim alami yang terlihat dalam kurun waktu tertentu yang dapat dibandingkan. (Kement LH dan Kehutanan, 2018)

Perubahan iklim merupakan isu global serius yang dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk aktivitas manusia seperti emisi gas rumah kaca dan penggundulan hutan.

Perubahan iklim mengacu pada perubahan dalam pola atau intensitas elemen-elemen iklim selama periode waktu tertentu yang dapat dibandingkan (biasanya mengacu pada rata-rata 30 tahun). (Sumampouw, 2019)

Terjadinya perubahan iklim, seperti: suhu, curah hujan,

dan kelembapan udara, mempengaruhi keberadaan nyamuk *Aedes aegypti*, sebagai vektor utama penyakit demam berdarah. Kondisi iklim yang mendukung, seperti suhu hangat dan kelembapan tinggi, mempercepat siklus hidup nyamuk dan meningkatkan risiko penularan.

Oleh karena itu, perubahan iklim memainkan peranan penting dalam penyebaran demam berdarah, dan strategi pengendalian harus mempertimbangkan faktor-faktor ini untuk mengurangi dampak infeksi. (Nurdin et al., 2022)

Perubahan iklim berdampak besar terhadap penyebaran vektor penyakit. Misalnya, ketika suhu global meningkat, habitat nyamuk penular bibit penyakit, misalnya penyakit malaria dan DBD dapat meluas ke wilayah yang sebelumnya tidak dapat diakses. Hal ini disebabkan oleh kenaikan suhu yang menyebabkan nyamuk berkembang biak lebih cepat dan memperluas jangkauan geografisnya. Selain itu, perubahan pola curah hujan dapat menciptakan lebih banyak tempat berkembang biak nyamuk, seperti genangan air yang terbentuk setelah hujan lebat.

4.3.2 Pengaruh Urbanisasi dan Perubahan Penggunaan Lahan terhadap Habitat Vektor

Urbanisasi yang pesat dan perubahan penggunaan lahan mempunyai dampak yang signifikan terhadap habitat vektor penyakit. Pembangunan infrastruktur, perumahan dan industri seringkali mengubah lingkungan alam menjadi kawasan yang lebih cocok untuk perkembangbiakan vektor. Misalnya, pembangunan waduk, saluran irigasi, dan genangan air di perkotaan dapat menjadi tempat berkembang biaknya nyamuk *Culex*, dan vector penular penyakit lainnya.

Pembangunan bendungan, irigasi, proyek-proyek urbanisasi, dan deforestasi telah menyebabkan perubahan dalam kepadatan populasi vektor, yang tampaknya memicu munculnya penyakit baru serta kebangkitan penyakit yang sudah ada sebelumnya. (Gratz, 1999)

Menurut Nikita Puthuvelil, peneliti dampak urbanisasi terhadap virus yang ditularkan oleh nyamuk, urbanisasi sering

kali mendorong pertumbuhan populasi nyamuk dan virus, terutama karena nyamuk lebih mampu beradaptasi dengan lingkungan manusia. Demikian pula, penelitian Zachary Chejanowski menunjukkan bahwa urbanisasi menyebabkan perubahan ekosistem yang cepat, mempengaruhi perilaku mencari makan dan ukuran tubuh spesies seperti *Anolis sagleyi*, dan memindahkannya ke habitat perkotaan. Hal ini menunjukkan bahwa hal tersebut berpotensi mempercepat adaptasi spesies. (Gubler, 2011)

Pernyataan ini menunjukkan bahwa urbanisasi dan perubahan penggunaan lahan dapat menciptakan habitat baru bagi vektor penyakit dan meningkatkan risiko penyebaran penyakit. Oleh karena itu, penting untuk memahami dan memitigasi dampak urbanisasi terhadap ekosistem guna mengurangi risiko penyakit yang ditularkan oleh vektor.

4.3.3 Isu Pencemaran Lingkungan dan Bagaimana Hal Ini Mempengaruhi Vektor

Terjadinya pencemaran lingkungan, misalnya polusi udara, air, dan permukaan tanah, bisa mempengaruhi kualitas kehidupan manusia dan ekosistem, kondisi ini dapat mempengaruhi populasi vektor dan perilaku vektor penyakit. Misalnya, polusi air dapat menciptakan habitat baru bagi spesies pembawa penyakit seperti nyamuk dan lalat. Limbah industri dan domestik yang mencemari sumber air dapat menjadi lahan subur bagi vektor penyakit. Selain itu, tanah yang terkontaminasi bahan kimia beracun dapat membunuh predator alami vektor penyakit, sehingga meningkatkan populasi vektor.

Menurut (WHO, 2021) bahwa pencemaran air bisa menciptakan kondisi yang mendukung perkembangan nyamuk dan lalat, yang dapat menyebarkan berbagai penyakit. Limbah industri dan domestik seringkali mencemari sumber air, menjadikannya tempat yang ideal bagi vektor penyakit.

Pencemaran air yang berasal dari limbah industri dan domestik tidak hanya menjadi masalah lingkungan, namun juga menjadi masalah kesehatan masyarakat karena menciptakan habitat yang ideal bagi hewan pembawa penyakit.

Pengelolaan dan pengelolaan sampah yang efektif merupakan langkah penting dalam mencegah distribusi virus, bakteri atau lainnya yang melalui vektor misalnya nyamuk dan lalat.

4.4 Keterkaitan Lingkungan terhadap Kesehatan dalam Pengendalian Vektor Penyakit daerah Tropis

Lingkungan memainkan peran penting dalam kesehatan manusia, terutama dalam konteks penyakit yang ditularkan melalui vektor. Vektor penyakit tropis seperti nyamuk, lalat, dan tikus paling dipengaruhi oleh keadaan lingkungan. Oleh sebab itu, pengelolaan lingkungan yang baik sangat perlu untuk mengurangi risiko penyakit yang ditularkan melalui vektor tersebut.

Pengelolaan lingkungan mencakup berbagai strategi dan intervensi yang bertujuan untuk mengurangi atau menghilangkan habitat yang mendukung kelangsungan hidup vektor penyakit. Misalnya, pengelolaan sampah yang baik dapat mencegah terbentuknya genangan air yang menjadi tempat berkembang biaknya nyamuk *Aedes aegypti* yang menularkan penyakit demam berdarah. Penyediaan air bersih dan sanitasi yang memadai juga dapat mengurangi risiko penyebaran penyakit yang dibawa oleh lalat dan tikus.

Dengan memahami hubungan antara lingkungan dan kesehatan, serta faktor-faktor yang mempengaruhi penyebaran vektor penyakit, kita dapat mengembangkan strategi yang lebih efektif dan berkelanjutan untuk mengelola lingkungan dan melindungi kesehatan masyarakat.

4.4.1 Jenis-Jenis Vektor Penyakit Tropis

Upaya mengendalikan penyakit tropis tidak dapat dipisahkan dari pengelolaan lingkungan yang efektif. Vektor penyakit tropis berperan penting dalam penularan berbagai penyakit menular dan berdampak besar terhadap kesehatan masyarakat. Di bawah ini adalah beberapa jenis vektor utama yang perlu diperhatikan dalam konteks pengendalian penyakit tropis,

beserta penjelasannya masing-masing.

1. Nyamuk *Aedes aegypti*, dan *Aedes albopictus*

Secara umum diketahui bahwa untuk penularan virus dengue maupun virus Zika sebagai penyebab penyakit DBD, yang ditularkan karena gigitan nyamuk *A. aegypti* dan nyamuk *A. albopictus*. (Nadesul, 2016) menyatakan bahwa demam berdarah di Indonesia, lazimnya ada dua keluarga nyamuk *Aedes* yang biasa menjadi vektor demam berdarah, yakni nyamuk *Aedes aegypti* dan nyamuk *Aedes Albopictur*.

a. Lingkungan Tempat Pembiakan:

Nyamuk ini berkembang biak di genangan air yang bersih dan tidak kontak dengan tanah, baik di daerah perkotaan maupun semi perkotaan, seperti ban bekas, kaleng air, dan pot bunga. Pengelolaan limbah dan pembuangan tangki air yang tidak terpakai penting dilakukan untuk mengurangi jumlah nyamuk tersebut.

b. Penyakit yang ditularkannya: Demam berdarah dengue (DBD), dan zika.

Menurut (Suyono, 2011) bahwa nyamuk *Aedes aegypti* adalah vektor penyebab penyakit Demam Berdarahan Dengue (DBD). Menurut (Slamet, 2013) Bahwa Penyakit Demam Berdarahan Dengue (DBD) disebabkan oleh virus DHF dan ditularkan melalui gigitan nyamuk *Aedes aegypti*.

Nyamuk *Aedes aegypti* merupakan vektor utama penyebab penyakit Demam Berdarah Dengue (DBD). Nyamuk ini sangat efektif sebagai pembawa virus demam berdarah karena dapat berkembang biak di sekitar tempat tinggal manusia, terutama di daerah yang air bersihnya tergenang. Kondisi yang disebabkan oleh nyamuk *Aedes aegypti* ini dapat menimbulkan gejala yang serius dan memerlukan perhatian medis yang intensif.. Oleh karena itu, pengelolaan lingkungan yang baik, termasuk pengelolaan limbah dan pembuangan waduk, sangat penting untuk mengurangi populasi nyamuk ini dan risiko penyebaran DBD.

2. Nyamuk *Anopheles spp.*

a. Lingkungan Tempat Pembiakan:

Nyamuk *Anopheles* berkembang biak di perairan yang bersih dan tenang seperti danau, rawa, dan persawahan. Upaya pengelolaan lingkungan seperti drainase lahan dan penggunaan larvasida pada sumber air dapat mengurangi habitat nyamuk ini.

Nyamuk *Anopheles* dapat berkembang biak di berbagai jenis perairan, seperti: air tawar yang bersih, air kotor, air payau, dan air tergenang di pantai. (Sembel, 2008)

Nyamuk *Anopheles* sangat mudah beradaptasi di berbagai jenis perairan. Karena kemampuannya untuk berkembang di berbagai habitat mulai dari air tawar hingga air payau, pemberantasan vektor ini memerlukan pendekatan yang komprehensif dan beragam.

Pengelolaan lingkungan, termasuk mengurangi lokasi perkembangbiakan di berbagai jenis perairan, penting untuk mengendalikan populasi nyamuk dan mencegah penyebaran penyakit malaria yang ditularkan oleh nyamuk.

c. Penyakit yang ditularkan: Penyakit Malaria.

Nyamuk *Anopheles* merupakan vektor penyakit malaria, meskipun tidak semua spesies *Anopheles* efektif dalam menyebarkan penyakit ini. (Sembel, 2008)

Meskipun tidak semua nyamuk *Anopheles* bertindak sebagai vektor malaria yang efisien, nyamuk yang efektif berperan penting dalam penyebaran malaria.

3. Nyamuk *Culex spp.*

a. Lingkungan Tempat Pembiakan:

Nyamuk *Culex* lebih menyukai genangan air yang terkontaminasi, seperti selokan dan genangan air yang kotor. Kebersihan yang baik dan pengelolaan air limbah yang efektif dapat membantu mengurangi

populasinyamuk ini.

Nyamuk *Culex quinquefasciatus* atau dikenal juga dengan nama *Culex fatigans* merupakan salah satu jenis nyamuk yang banyak ditemui di kawasan tropis dan subtropis.

Spesies ini pada umumnya menggigit di malam hari, sering ditemukan di lingkungan pemukiman dan perkotaan. Mereka biasanya berkembang biak di perairan semi-terkontaminasi dekat pemukiman manusia. Nyamuk ini merupakan vektor utama *filariasis Bancroft*, dan siklus penularannya berhubungan dengan aktivitas malam hari. (Chandra, 2012)

- b. Penyakit yang Ditularkan: Filariasis, ensefalitis Jepang.

Nyamuk *Culex* merupakan vektor yang menyebarkan penyakit *filariasis* yang disebabkan oleh *Wuchereria Bancrofti*, dan *Brugia malayi*. (Chandra, 2012)

Nyamuk *Culex* berperan penting dalam penularan *filariasis*, penyakit parasit yang disebabkan oleh *nematoda Uchereria bancrofti* dan *Brugia malayi*.

Pengendalian vektor ini sangat penting untuk mencegah dan mengendalikan penyebaran penyakit *filariasis*, terutama di daerah endemis.

Strategi pengendalian nyamuk *Culex* dapat fokus pada pengelolaan lingkungan dan penggunaan insektisida untuk mengurangi jumlah nyamuk dan pada akhirnya mengurangi risiko penularan penyakit pada manusia.

4. Lalat (Musca)

Lalat merupakan serangga ordo Diptera yang berperan penting dalam penularan penyakit di berbagai lingkungan, termasuk daerah tropis. Patogen dapat menyebar melalui kontak dengan kotoran, sampah, atau bahan organik yang membusuk. Lalat seperti *Muscadomestica* (lalat rumah) dan *Phlebotomus spp.* (lalat pasir) tidak hanya mengganggu kesejahteraan manusia

tetapi juga berkontribusi terhadap penyebaran berbagai penyakit menular seperti diare, kolera, dan leishmaniasis.

Pengelolaan lingkungan dan kebersihan yang efektif adalah kunci untuk mengurangi dampak lalat terhadap kesehatan. Berkaitan dengan lalat cukup banyak yang dapat berdampak pada kesehatan manusia, namun pada kesempatan ini akan dibahas sedikit tentang *Muscadomestica* (lalat rumah), karena kehidupan berhubungan erat dengan kehidupan manusia sehari-hari.

a. Lingkungan Tempat Pembiakan:

Lalat rumah atau *Musca domestica*, dapat ditemukan di dekat tempat tinggal manusia di muka bumi ini. Seluruh siklus hidup lalat ini mulai dari 10 hingga 14 hari, dan serangga dewasanya dapat hidup sekitar 1 bulan. Larvae lalat ini kadang-kadang mengakibatkan myiasis pada pencernaan, kemih, serta organ reproduksi. (Chandra, 2012)

Lalat rumah (*Musca domestica*) merupakan serangga yang banyak terdapat di lingkungan manusia dengan siklus hidup yang relatif pendek, dengan umur dewasa mencapai 1 bulan. Larva lalat ini tidak hanya mengganggu, tetapi juga dapat menyebabkan infeksi philiasis di berbagai bagian tubuh, termasuk usus, saluran kemih, dan organ reproduksi.

Lalat rumah menjadi perhatian utama dalam upaya pengendalian hama dan kesehatan masyarakat karena kemampuannya beradaptasi dengan lingkungan manusia dan menyebarkan penyakit.

b. Penyakit yang Ditularkan:

Lalat, khususnya lalat rumah (*Muscadomestica*), dianggap sebagai vektor mekanis yang efektif dalam penyebaran berbagai patogen. Mereka umumnya ditemukan di lingkungan manusia dan mengangkut mikroorganisme seperti bakteri, *protozoa*, telur dan larva nematoda, seperti kemakanan, minuman, dan tempat lainnya.

Karena kemampuannya menularkan patogen ini,

lalat menimbulkan ancaman kesehatan masyarakat yang signifikan, terutama di daerah dengan sanitasi yang buruk.

Lalat sebagai vektor mekanis bakteri patogen, protozoa, dan telur serta larva cacing. Lalat rumah berperan sebagai vektor untuk berbagai penyakit, termasuk tifus abdominalis, *salmonellosis*, kolera, disentri basiler dan amuba, tuberkulosis, penyakit pes, tularemia, anthrax, *frambusia*, konjungtivitis, demam undulan, dan infeksi spirokaeta.(Chandra, 2012)

5. Kutu (Parasit eksternal)

Kutu penghisap darah manusia merupakan parasit yang hidup di rambut, pakaian, dan bulu tubuh manusia. Mereka dapat menyebabkan gatal-gatal dan infeksi sekunder, serta dapat menularkan penyakit serius seperti demam tifoid.

Penting untuk melakukan pencegahan dan pengendalian kutu untuk menjaga kesehatan. Berikut dapat dilihat lingkungan dan penyakit yang ditularkan. (Sembel, 2008) Sebagai berikut:

- a. Kutu Kepala (*Pediculus humanus capitis*)
 - 1) Lingkungan Berkembang Biak: Terutama ditemukan di rambut kepala manusia.
 - 2) Penyakit yang Ditularkan: Meskipun tidak langsung menularkan penyakit, infestasi yang parah dapat menyebabkan gatal-gatal dan infeksi sekunder akibat garukan.
- b. Kutu Badan (*Pediculus humanus corporis*)
 - 1) Lingkungan Berkembang Biak: Hidup di pakaian dan berpindah ke kulit untuk mengisap darah.
 - 2) Penyakit yang Ditularkan: Demam tifus (*epidemic typhus*), demam parit (*trench fever*), dan demam kambuhan (relapsing fever).
- c. Kutu Kemaluan (*Phthirus pubis*)
 - 1) Lingkungan Berkembang Biak: Di rambut tubuh, terutama di daerah kemaluan, namun juga dapat

ditemukan di rambut tubuh lainnya.

- 2) Penyakit yang Ditularkan: Umumnya tidak menularkan penyakit, namun menyebabkan gatal yang intens.

Kutu penghisap darah, seperti kutu rambut, kutu badan, dan kutu kemaluan, merupakan parasit penyebab gatal dan infeksi. Kutu rambut hidup di rambut Anda dan menyebabkan ketidaknyamanan, namun kutu tubuh dapat membawa penyakit serius seperti demam *tifoid*. Kutu kemaluan menyebabkan rasa gatal yang parah. Mencegah dan membasmi kutu penting untuk menjagakesehatan.

DAFTAR PUSTAKA

- Budiman chandra. (2012). *Pengantar Kesehatan Lingkungan.pdf* (PalupiWidyastuti (ed.); I). BUKU Kedokteran EGC.Dantje T. Sembel. (2008). *entomologi kedokteran*. Andi.
- Gratz, N. G. (1999). Emerging and resurging vector-borne diseases. *Annual Review of Entomology*, 44, 51–75. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.44.1.51>
- Gubler, D. J. (2011). Dengue, Urbanization and globalization: The unholy trinity of the 21 st century. *Tropical Medicine and Health*, 3–11. <https://doi.org/10.2149/tmh.2011-S05>
- Kementerian Kesehatan RI. (2017). Pedoman Pencegahan Dan Pengendalian Demam Berdarah Dengue Di Indonesia. *Pedoman Pencegahan Dan Pengendalian Demam Berdarah Di Indonesia*, 5, 1–128. https://drive.google.com/file/d/1IATZEcGX3x3BcVUcO_l8Yu9B5REK0KE/view
- Kementerian Lingkungan Hidup Dan Kehutanan. (2018). Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.7/Menlhk/Setjen/Kum.1/2/2018 Tentang Pedoman Kajian Kerentanan, Risiko, Dan Dampak Perubahan Iklim. In *Kemen LH. dan Kehutanan* (pp. 1–15).
- Metcalf & Eddy, I. (2003). Wastewater Engineering: Treatment, and Reuse. In *McGraw Hill Companies, Inc.*
- Nadesul, D. H. (2016). Kiat Mengalahkan Demam Berdarah Dan Virus Zika. In *Edisi. Nadesul H, editor. Jakarta : PT Gramedia.*
- Negara RI. (2008). *UNDANG-UNDANG REPUBLIK INDONESIA NOMOR 18 TAHUN 2008 TENTANG PENGELOLAAN SAMPAH.*
- Nuridin, N., Siregar, Y. I., Mubarak, M., & Wijayantono, W. (2022). Environmental Factors linked to the Presence of *Aedes aegypti* Larvae and the Prevalence of Dengue Hemorrhagic Fever. *Open Access Macedonian Journal of Medical Sciences*, 10(E), 475–480. <https://doi.org/10.3889/oamjms.2022.8533>
- Oksfriani Sumampouw. (2019). Perubahan Iklim dan Kesehatan Masyarakat. In *CV. Budi Utama (Pertama).* <http://forclime.org/bioclimate/bioclimate.org/index.php/id/pe>

rubahan-iklim-dan-biodiversitas/info-umum.html

- Organization, W. H. (2021). WHO, global air quality guidelines. *Particulate Matter (PM_{2.5} and PM₁₀), Ozone, Nitrogen Dioxide, Sulfur Dioxide and Carbon Monoxide*, 1–360.
- Slamet, J. S. (2018). *Kesehatan Lingkungan.pdf* (Juli Soemirat Slamet(ed.)). Gadjah Mada University Press.
- Suyono, B. (2011). *Ilmu Kesehatan Masyarakat Dalam Konteks Kesehatan Lingkungan* (B. Suyono (ed.); 1st ed.). Buku Kedokteran EGC.

BAB 5

PENGENDALIAN VEKTOR NYAMUK

Oleh Efriza

5.1 Pendahuluan

Penyakit yang ditularkan melalui vektor merupakan ancaman besar terhadap kesehatan masyarakat di seluruh dunia. Beban penyakit ini paling tinggi di daerah tropis dan subtropis. Penyakit yang ditularkan melalui vektor mencakup lebih dari 17% dari semua penyakit menular, yang menyebabkan lebih dari 700.000 kematian setiap tahunnya. Penyakit ini disebabkan oleh parasit, virus, dan bakteri yang ditularkan ke manusia melalui nyamuk, lalat pasir, serangga *triatomine*, lalat hitam, kutu, lalat tsetse, tungau, siput, dan kutu. Beban penyakit ini paling tinggi di daerah tropis dan subtropis. (WHO, 2017, 2023)

Dalam beberapa tahun terakhir, penyakit yang ditularkan melalui vektor nyamuk telah berpindah ke wilayah baru, banyak penyakit yang dulunya hanya terbatas di zona tropis dan subtropis kini semakin banyak ditemukan di wilayah beriklim sedang. Urbanisasi yang tidak terencana, kurangnya pasokan air yang andal, dan pengelolaan limbah yang buruk dapat meningkatkan risiko terkena penyakit. Faktor sosial, demografi, dan lingkungan telah mengubah pola penularan patogen, penyebaran geografis, kemunculan kembali, atau perpanjangan musim penularan. Penyakit yang ditularkan melalui vektor menyebabkan penyakit atau wabah yang berkelanjutan di seluruh wilayah. Pengendalian vektor di tingkat global memanfaatkan ilmu pengetahuan dan inovasi untuk menciptakan perubahan positif yang dapat kita ukur, kita lihat dan rasakan. (WHO, 2017)

5.2 Penyakit yang ditularkan melalui nyamuk.

Sejak tahun 2014, wabah besar demam berdarah, malaria, chikungunya, demam kuning, dan *Zika* telah menyerang populasi, merenggut nyawa, dan membebani sistem kesehatan di banyak

negara. Risiko infeksi virus patogen tertentu sangat tinggi di kota-kota dimana nyamuk *Aedes* dan *Culex* berkembang biak karena habitat yang menguntungkan dan kontak dekat dengan manusia. Angka kesakitan dan kematian sering kali sangat tinggi di kalangan masyarakat miskin. Penyakit *chikungunya*, *leishmaniasis*, dan *filariasis limfatik* menyebabkan penderitaan kronis, morbiditas seumur hidup, kecacatan, dan stigmatisasi. Penyakit yang ditularkan melalui vektor menimbulkan dampak buruk yang besar terhadap perekonomian dan membatasi pembangunan di pedesaan dan perkotaan. (WHO, 2017, 2020).

Tabel 5.1. Penyakit yang Ditularkan Melalui Vektor Nyamuk

Nyamuk	Penyakit	Type Pathogen
<i>Aedes</i>	<i>Chikungunya</i>	Virus
	<i>Dengue</i>	Virus
	<i>Lymphatic filariasis</i>	Parasite
	<i>Rift Valley fever</i>	Virus
	<i>Yellow Fever</i>	Virus
	<i>Zika</i>	Virus
<i>Anopheles</i>	<i>Lymphatic filariasis</i>	Parasite
	<i>Malaria</i>	Parasite
<i>Culex</i>	<i>Japanese encephalitis</i>	Virus
	<i>Lymphatic filariasis</i>	Parasite
	<i>West Nile fever</i>	Virus

Sumber: (WHO, 2020)

Demam berdarah adalah infeksi virus yang paling umum ditularkan oleh nyamuk *Aedes*. Lebih dari 3,9 miliar orang di lebih dari 129 negara berisiko tertular demam berdarah, dengan sekitar 96 juta kasus bergejala dan sekitar 40.000 kematian setiap tahunnya. Malaria adalah infeksi parasit yang ditularkan oleh nyamuk *Anopheles*. Penyakit ini menyebabkan sekitar 219 juta kasus di seluruh dunia, dan mengakibatkan lebih dari 400.000 kematian setiap tahunnya. Sebagian besar kematian terjadi pada anak-anak di bawah usia 5 tahun. (WHO, 2020)

Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan merupakan spesifikasi teknis atau nilai yang dibakukan pada media vektor dan binatang pembawa penyakit yang berhubungan atau berdampak langsung terhadap kesehatan masyarakat.

Tabel 5.2. Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan Vektor

Vektor	Parameter	Satuan Ukur	Nilai Baku Mutu
Nyamuk <i>Aedes aegypti</i> , <i>Aedes albopictus</i>	Angka Istirahat (<i>Resting Place</i>)	Angka Kepadatan nyamuk istirahat. (<i>resting</i>) per jam	<0,025
Larva <i>Aedes aegypti</i> , <i>Aedes albopictus</i>	ABJ (Angka Bebas Jentik)	Persentase rumah/bangunan yang negatif larva	≥95
Nyamuk <i>Anopheles sp.</i>	MBR (<i>Man Biting Rate</i>)	Angka gigitan nyamuk per orang permalam	<0,025
Larva <i>Anopheles sp.</i>	Indeks Habitat	Persentase habitat perkembangbiakan yang positif larva	<1
Nyamuk <i>Culex</i>	MHD (<i>Man Hour Density</i>)	Angka nyamuk yang hinggap per orang per jam	<1
Larva <i>Culex sp</i>	Indeks habitat	Persentase habitat perkembangbiakan yang positif larva	<5

(Kementrian Kesehatan RI, 2017)

5.3 Siklus Hidup dan Bionomik Vektor Nyamuk

Pengendalian vektor nyamuk didasarkan pada pemahaman biologi dan ekologi nyamuk. Nyamuk betina yang membawa patogen seperti dengue, malaria, dan chikungunya memerlukan tempat untuk berkembang biak dan makanan untuk bertahan

hidup. Upaya pengendalian vektor nyamuk dilakukan dengan mengganggu atau menghentikan siklus hidup nyamuk sehingga populasinya dapat ditekan dan penyebaran penyakit dapat dicegah.

Siklus hidup nyamuk terdiri dari empat tahap: telur, larva, pupa, dan dewasa. Tahap dewasa hidup di lingkungan terbuka, sementara tiga tahap lainnya berkembang dalam air. Nyamuk meletakkan telurnya di tempat berair. Telur menetas menjadi larva/jentik yang melewati empat tahap instar. Proses menjadi jentik memakan waktu sekitar satu minggu. Jentik kemudian berubah menjadi pupa, di mana sayap mulai terbentuk sehingga nyamuk yang keluar dari kepompong bisa terbang. Dari pupa, nyamuk dewasa muncul. Nyamuk jantan keluar lebih dulu dibanding betina dan tetap berada di dekat sarang. Setelah nyamuk betina keluar, nyamuk jantan akan mengawini betina sebelum betina mencari darah. Nyamuk betina yang telah kawin beristirahat sementara waktu (1-2 hari) sebelum mencari darah. Setelah kenyang, nyamuk betina kembali beristirahat untuk menunggu pematangan telurnya. (Kementrian Kesehatan RI, 2017)

Tahap nyamuk yang paling dikenal, yaitu nyamuk dewasa bersayap, merupakan bentuk yang bertanggung jawab dalam penularan penyakit. Namun, siklus hidup nyamuk mencakup tahap akuatik dan udara, yang semuanya dapat menjadi target metode pengendalian nyamuk untuk mencegah penyebaran penyakit. Kegiatan pengendalian nyamuk paling efektif jika berbagai pendekatan digabungkan dan dikoordinasikan dengan sektor kesehatan, lingkungan hidup, dan masyarakat lainnya untuk menciptakan pendekatan terpadu dalam pengelolaan nyamuk.

Nyamuk dapat mengambil, memperkuat, dan menyebarkan patogen dari satu vertebrata ke vertebrata lain melalui darah. Hanya nyamuk betina yang bersifat *hematofagus* (pengisap darah), sehingga merekalah yang bertanggung jawab atas semua penularan penyakit yang disebabkan oleh nyamuk. Namun, tidak semua nyamuk betina bisa menularkan patogen, dan beberapa lebih efisien dalam hal ini dibandingkan yang lain. Kemampuan nyamuk tertentu untuk menyebarkan penyakit dari satu vertebrata ke vertebrata lain tergantung pada perilakunya, bagaimana nyamuk

tersebut beradaptasi dengan ekosistem manusia dan alam, serta biologi internalnya. Setiap faktor ini dapat dijadikan target dalam strategi pengendalian vektor untuk menghentikan penularan penyakit.

Prinsip-prinsip pengendalian nyamuk mencakup identifikasi habitat dan perilaku nyamuk. Variabel ekologi yang penting untuk diketahui dan berkaitan dengan bionomik vektor. Bionomik vektor adalah perilaku vektor meliputi habitat larva (*breeding places*), kontak dengan vektor pejamu (*host vector contact*), tempat istirahat (*resting place*), jangkauan terbang dan distribusi (*dispersal and flight range*), siklus harian dan musiman. (Yudhastuti, 2021)

1. Habitat Larva (*Breeding Place*)

Tempat berkembang biak nyamuk sangat tergantung pada curah hujan. Air merupakan faktor utama kehidupan larva nyamuk. Nyamuk sering berkembang biak di genangan air, seperti kolam, wadah air, dan selokan. Contohnya, nyamuk *Aedes aegypti* yang merupakan vektor demam berdarah biasanya berkembang biak di tempat-tempat air bersih yang tergenang.

Habitat nyamuk dipengaruhi oleh sejumlah faktor lingkungan seperti:

a. Suhu

Suhu mempengaruhi usia nyamuk. Semakin tinggi suhu, semakin pendek umur nyamuk, dan sebaliknya. Nyamuk bisa bertahan hidup di suhu rendah. Pertumbuhan nyamuk akan berhenti sepenuhnya jika suhu di bawah 10°C atau di atas 40°C.

b. Kelembaban

Kelembaban udara yang rendah dapat memperpendek umur nyamuk. Jika kelembaban kurang dari 60%, umur nyamuk menjadi terlalu pendek untuk memungkinkan siklus pertumbuhan parasit dalam tubuhnya.

c. Kecepatan angin

Kecepatan angin saat matahari terbit dan terbenam, yaitu waktu nyamuk terbang masuk atau keluar rumah, merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi frekuensi kontak antara manusia dan nyamuk.

d. Konstruksi rumah.

Konstruksi rumah dapat berpengaruh signifikan terhadap penularan penyakit yang ditularkan melalui nyamuk. Rumah yang memiliki ventilasi atau jendela yang terbuka tanpa pelindung dapat memudahkan nyamuk masuk ke dalam rumah dan menggigit penghuninya. Memasang kasanyamuk pada jendela dan ventilasi dapat mencegah nyamuk masuk ke dalam rumah

2. Kontak dengan vektor pejamu (*host vector contact*)

Interaksi antara vektor dan pejamu dipengaruhi oleh kebiasaan makan vektor. Frekuensi kontak antara vektor dan pejamu bergantung pada suhu, kelembaban, dan musim. Pola musiman dalam kontak vektor dan pejamu memiliki nilai epidemiologis yang penting.

3. Tempat istirahat (*resting place*)

Mengetahui lokasi istirahat nyamuk juga sangat penting untuk menentukan area yang tepat dalam penggunaan insektisida dengan efek residu saat penyemprotan. Nyamuk dapat beristirahat di dalam atau di luar ruangan. Misalnya, nyamuk *Culex pipiens* sering beristirahat di tempat yang lembab dan teduh di luar rumah, seperti di semak-semak atau lubang pohon

4. Jangkauan terbang dan distribusi (*dispersal and flight range*)

Jangkauan terbang nyamuk biasanya bervariasi tergantung pada spesiesnya. Misalnya, nyamuk *Anopheles gambiae* dapat terbang hingga 1-2 km dari tempat berkembang biaknya untuk mencari darah

5. Siklus harian dan musiman

Nyamuk menunjukkan pola aktivitas yang berbeda berdasarkan waktu dan musim. Misalnya, nyamuk *Aedes aegypti* lebih aktif di pagi dan sore hari, sementara nyamuk *Anopheles* lebih aktif di malam hari. Musim hujan sering meningkatkan populasi nyamuk karena lebih banyak tempat berkembang biak yang tersedia

Nyamuk *Aedes aegypti* dan *Aedes albopictus* adalah vektor utama *arbovirus* di daerah perkotaan, termasuk virus demam kuning, demam berdarah, *chikungunya*, dan *Zika*. Virus-virus ini mengancam lebih dari 3 miliar orang yang tinggal di wilayah yang terinfeksi oleh *Aedes* di seluruh dunia. Spesies *Aedes* telah beradaptasi secara optimal untuk menularkan virus dari manusia ke manusia: mereka dapat membawa berbagai *arbovirus*, bersifat *antropofilik* (lebih suka menghisap darah manusia), menggigit di siang hari, dan makan berkali-kali. Nyamuk ini hanya terbang dalam jarak dekat dan lebih suka berkembang biak di wadah-wadah kecil. Selain itu, telur *Aedes* tahan terhadap kekeringan, memberikan keuntungan dalam penyebaran keturunannya ke wilayah baru melalui perjalanan manusia dan perdagangan komersial. (Dusfour & Chaney, 2020)

Nyamuk *Aedes albopictus* yang berasal dari hutan-hutan di Asia dan telah menjadi spesies nyamuk paling invasif di seluruh dunia dalam rentang waktu 30 tahun terakhir. Meskipun memiliki ekologi yang mirip dengan nyamuk *Ae. aegypti*, nyamuk ini lebih cenderung mendiami daerah pedesaan, berkembang biak di berbagai tempat alami maupun buatan manusia, serta mampu beradaptasi pada rentang suhu yang luas karena kemampuannya bertahan hidup dalam suhu yang dingin. Selain itu, nyamuk ini memiliki telur yang tahan terhadap suhu musim dingin selama periode *diapause*. *Ae. albopictus* juga kurang selektif dalam memilih inang dan dapat ditemukan memakan hewan maupun manusia. (Dusfour & Chaney, 2020).

Dalam upaya pengawasan dan pengendalian vektor nyamuk perlu diprioritaskan wilayah yang akan diberikan intervensi segera. Prioritas wilayah berdasarkan pemetaan kasus dengan *Local Indicators of Spatial Association (LISA)* yang dapat memberikan informasi penting untuk mengatasi pengendalian dan penyebaran kasus:

1. Wilayah dengan kasus tinggi disekitarnya tinggi (*high-high*) adalah wilayah yang menjadi prioritas utama.
2. Wilayah dengan kasus tinggi dan sekitarnya rendah (*High-low/hotspot area*), Upaya pengendalian dan intervensi kasus di wilayah ini perlu dilakukan supaya kasus tidak

menyebar ke wilayah tetangganya.

3. Wilayah dengan kasus rendah dan sekitarnya tinggi (*Low-high*), upaya pencegahan atau proteksi supaya tidak terpengaruh oleh kecamatan disekitarnya yang merupakan kecamatan dengan kasus tinggi.
4. Wilayah dengan jumlah kasus rendah dan sekitarnya rendah (*Low-low*), wilayah ini diharapkan harus mampu mempertahankan status bebas kasus. (Efriza; Tris Eryando, 2022)

5.4 Pengendalian Vektor Nyamuk

Nyamuk di seluruh dunia menyebarkan berbagai penyakit seperti malaria, demam berdarah, zika, filariasis limfatik, dan arbovirus, yang berbahaya bagi kesehatan manusia serta ekonomi. Pengendalian larva dan nyamuk adalah langkah penting dalam mencegah penyebaran penyakit yang ditularkan oleh nyamuk. Pengendalian vektor dan binatang pembawa penyakit meliputi kegiatan:

1. Pengamatan dan penyelidikan bioekologi, penentuan status kevektoran, status resistensi, dan efikasi, serta pemeriksaan sampel;
2. Pengendalian vektor dan binatang pembawa penyakit dengan metode fisik, biologi, kimia, dan pengelolaan lingkungan;
3. Pengendalian terpadu terhadap vektor dan binatang pembawa penyakit.

(Kementrian Kesehatan RI, 2017)

Salah satu metode untuk mengurangi populasi nyamuk adalah dengan mengubah faktor lingkungan yang mendukung perkembangbiakan nyamuk atau menggunakan bahan kimia yang menargetkan nyamuk dewasa yang bisa terbang (*adulticides*) atautahap larva akuatik yang belum dewasa (*larvicides*). Meskipun telah dilakukan upaya pengendalian kimia selama beberapa dekade terakhir, dunia tetap menghadapi peningkatan wabah demam berdarah, munculnya kembali demam kuning, penyebaran chikungunya dan zika, serta munculnya penyakit

zoonosis yang diiringi dengan perluasan geografis vektor-vektor utama. (Dusfour & Chaney, 2020). Berikut adalah metode untuk pengendalian vektornyamuk:

1. Pengelolaan Lingkungan
Strategi pengelolaan lingkungan meliputi sanitasi, pemberantasan tempat perkembangbiakan nyamuk, menghindari genangan air, mengosongkan wadah air, menutup semua wadah berisi air, dan pengelolaan limbah. Pastikan tidak ada wadah yang menampung air seperti ban bekas, pot tanaman, dan tempat penampungan lainnya. Menguras genangan air secara rutin serta membersihkan area sekitar rumah dan lingkungan untuk mengurangi tempat berkembang biak larva
2. Pengendalian Biologis
Metode biologis menggunakan predator alami seperti kopepoda, ikan pemakan larva (misal ikan *guppy*), *Bacillus sphaericus*, *naiad* lalat naga, *naiad* terbang, dan lain-lain kedalam genangan air untuk mengurangi populasi larva nyamuk.
3. Pengendalian Kimia
Intervensi kimia didasarkan pada penggunaan insektisida seperti *temephos*, *malathion* dan *piretroid*.
4. Metode Fisik
Menutup rapat wadah yang dapat menampung air seperti ember dan bak mandi untuk mencegah nyamuk bertelur.
5. Edukasi dan kesadaran masyarakat
Menedukasi masyarakat tentang cara pengendalian larva, pentingnya menjaga kebersihan lingkungan.
6. Pengendalian vektor berbasis genetic
 - a. Larvi-insekta (*Insect Growth Regulators*); menggunakan bahan yang mengganggu siklus hidup larva nyamuk sehingga. Menghambat pertumbuhannya menjadi nyamuk dewasa
 - b. Pengembangan larva nyamuk jantan yang dimodifikasi secara genetik yang dapat mengurangi populasi larva
7. Program monitoring dan surveillance;

Pemantauan secara berkala untuk menilai efektifitas metode pengendalian larva dan mendeteksi area dengan potensi perkembangan larva nyamuk. (Kumar & Sahgal, 2022)

5.4.1 Implementasi Intervensi Pengendalian Vektor Nyamuk

Insektisida merupakan intervensi pengendalian vektor yang paling banyak digunakan. Insektisida diberikan melalui kelambu berinsektisida (*Insecticide-treated nets /ITNs*) dan penyemprotan residu dalam ruangan (*indoor residual spraying/IRS*), serta melalui intervensi tambahan seperti larvasida atau penyemprotan ruang. Sembilan kelas insektisida kimia digunakan dalam produk pengendalian vektor yang telah memenuhi syarat oleh WHO yaitu: *pyrethroids, carbamates, organophosphates, organochlorines, neonicotinoids, pyrroles, butenolides, juvenile hormone mimics dan spinosyns*. Namun resistensi terhadap senyawa ini kemungkinan akan berkembang seiring dengan meningkatnya penggunaan, atau mungkin sudah ada sebagai akibat dari penggunaannya di bidang pertanian atau sebagai akibat dari resistensi silang dengan insektisida di kelas lain (WHO, 2022). Temuan terbaru untuk menilai resistensi atau mengevaluasi kerentanan nyamuk *Aedes spp* atau *Anopheles spp* terhadap insektisida yang baru dalam pengendalian vektor adalah menggunakan alat “*A New WHO bottlebioassay*”. (Corbel et al., 2023)

Penggunaan Kelambu Berinsektisida Tahan Lama (*Long-Lasting Insecticide Treated Bednets /LLIN*) secara luas dan aplikasi Penyemprotan Residual dalam Ruangan (*Indoor Residual Spraying (IRS)*), pengendalian larva, dan pengelolaan lingkungan adalah upaya untuk menurunkan jumlah kasus malaria. Pengendalian vektor dan surveilans entomologi malaria merupakan salah satu domain utama untuk mencapai eliminasi malaria. Kombinasi kebijakan nasional, pendekatan spesifik lokal, spesifik habitat, dan partisipasi masyarakat diperlukan untuk pengendalian vektor malaria yang ditularkan oleh nyamuk *Anopheles* yang efektif di Indonesia. (Nurwidayati, Anis, Purwanto, Hari, Ambar Garjito, Triwibowo, & Roro Upiek Ngesti Wibawaning Astuti, Raden, 2024)

Surveilans larva di Provinsi Papua menunjukkan bahwa sebagian besar sumber air di dalam dan sekitar pemukiman

mengandung larva *Anopheles*. Upaya pengendalian malaria saat ini yang berfokus pada perlindungan dalam ruangan belum berhasil mengurangi kasus malaria secara signifikan. Optimalisasi penggunaan kelambu berinsektisida (*insecticide-treated bed nets/ITNs*) serta pemasangan kasa nyamuk di rumah dapat lebih efektif mengurangi penularan di dalam ruangan. Untuk penularan di luar ruangan, pendekatan berbasis komunitas untuk mengurangi atau menghilangkan sumber larva di sekitar desa serta penggunaan alat perlindungan nyamuk selama aktivitas di luar ruangan dapat mengurangi penyebaran malaria. (Rozi et al., 2024)

Demam berdarah merupakan salah satu penyakit menular yang disebabkan oleh virus dengue dan ditularkan melalui nyamuk genus *Aedes*. Hingga saat ini penyakit DBD masih menjadi masalah kesehatan utama yang dapat menimbulkan angka kesakitan dan beban perekonomian terutama di negara-negara tropis dan subtropis. Berbagai upaya pencegahan dilakukan untuk mengurangi dan mengatasi angka kejadian infeksi demam berdarah di dunia, salah satunya dengan pengendalian vektor. Pengendalian vektor berdasarkan mekanismenya dapat dikelompokkan menjadi pengelolaan lingkungan, pengendalian kimia, dan pengendalian hayati. Pengendalian *Aedes* dewasa saat ini di sebagian besar negara di seluruh dunia terutama didasarkan pada penyemprotan insektisida kimia yang diformulasikan untuk aplikasi di luar ruangan di lokasi yang ditargetkan di mana nyamuk dewasa dapat ditemukan beristirahat, seperti vegetasi untuk *Aedes albopictus* atau area dalam ruangan untuk *Aedes aegypti*. (Dusfour & Chaney, 2020).

Upaya pengendalian vektor yang menargetkan tahap larva dan kepompong akuatik berfokus pada pembuangan wadah buatan manusia yang menjadi tempat favorit nyamuk *Aedes* untuk bertelur. *Aedes albopictus* dan *Ae. aegypti* berkembang biak di lingkungan manusia. Kedua spesies ini sering ditemukan berkembang biak di pot bunga, selokan, wadah air dan air yang tertampung di berbagai jenis sampah seperti ban, lemari es, dan wadah bekas. *Ae. albopictus* juga berkembang di habitat yang lebih alami seperti kolam, tanaman penahan air atau lubang pohon. Alternatifnya, habitat perairan ini dapat diberi senyawa kimia atau biologis (misalnya *Bacillus*

thuringiensis) untuk menghambat perkembangan atau membunuh tahap yang belum matang, sehingga mengurangi kepadatan populasi nyamuk dewasa. Keberhasilan pengendalian nyamuk *Aedes* didasarkan pada upaya terkoordinasi dari masyarakat dan petugas kesehatan masyarakat serta dengan mendidik generasi muda untuk berperan aktif dalam upaya pencegahan (Dusfour & Chaney, 2020).

Indonesia merupakan negara yang kaya akan berbagai jenis tumbuhan. Salah satu tumbuhan tersebut adalah tumbuhan Srigading (*Nyctanthes arbor-tristis* L). Selain sebagai tanaman hias, tumbuhan Srigading juga dimanfaatkan sebagai tanaman obat. Srigading mengandung antioksidan yang tinggi. Tumbuhan Srigading ini mengandung metabolit sekunder, yang meliputi *saponin*, *tanin*, *terpenoid*, dan *steroid*. (Mandasari, Hazar, & Sadiyah, 2016). *Saponin* dapat menyebabkan kerusakan sel, mengganggu proses metabolisme, dan merusak lapisan pelindung luar sehingga larva nyamuk akan kehilangan banyak cairan (Gajger & Dar, 2021). *Tanin* dapat menyebabkan gangguan nutrisi dengan mengurangi aktivitas enzim pencernaan pada larva nyamuk (Nisrina, Martini, & Adi, 2022). *Terpenoid* berfungsi sebagai pengganggu membran sel dan jaringan pada larva nyamuk. *Steroid* berfungsi sebagai hormon pertumbuhan yang bekerja menghambat pertumbuhan dengan memengaruhi pergantian kulit pada larva nyamuk (Hamuel, 2015)

Ekstrak daun srigading (*Nyctanthes arbor-tristis*) mempunyai efek larvasida *Aedes aegypti* instar IV pada konsentrasi 448,5 ppm, 879 ppm, 3588 ppm, 1794 ppm, dan pada konsentrasi 7176 ppm mempunyai efektivitas setara dengan *temephos* 1%. Hal tersebut menjadikan daun srigading (*Nyctanthes arbor-tristis*) berpotensi untuk dijadikan *biolarvasida* dan relatif lebih aman bagi lingkungan serta tidak persisten. Sebaliknya *temephos* 1% berpotensi menimbulkan pencemaran dan terjadinya resistensi pada larva apabila tidak menggunakan dosis yang tepat. Penemuan bahan alami dari tanaman srigading (*Nyctanthes arbor-tristis* L) yang berfungsi sebagai larvasida alami akan membantu masyarakat dalam mengatasi masalah wabah DBD, terutama bagi daerah pedesaan yang sulit mendapatkan

akses untuk membeli bubuk abate. (Fakhriadi, Rosadi, Lasari, Mustawan, & Maulidah, 2023)

Para peneliti mencari metode pengendalian vektor yang lebih baik dari sumber biologis seperti tanaman, bakteri, jamur, virus, dan predator lainnya. Metode ramah lingkungan yang menggunakan jamur *entomopatogen* untuk mengurangi penyakit yang ditularkan oleh vektor menjadi semakin populer karena sifatnya yang selektif dan aman bagi lingkungan. Berdasarkan literatur yang ada, beberapa agen mikroba menunjukkan potensi untuk biokontrol nyamuk. Dengan kemajuan teknik rekombinasi dan transformasi genetik, biopestisida jamur rekayasa genetika muncul sebagai solusi mutakhir dalam perjuangan melawan nyamuk yang kebal terhadap insektisida. Biopestisida ini merupakan hasil modifikasi genetik yang meningkatkan kemampuan jamur untuk menargetkan dan membunuh nyamuk. Jamur ini dapat secara efektif mengurangi populasi nyamuk dengan memperkenalkan gen yang menghasilkan protein atau racun insektisida. Metode ini menawarkan beberapa keuntungan, termasuk dampak lingkungan yang lebih rendah, karena jamur sangat spesifik terhadap nyamuk dan tidak berbahaya bagi organisme non-target. Hal ini juga membantu mengurangi masalah resistensi insektisida karena jamur memiliki mekanisme kerja yang unik. Biopestisida ini sangat menjanjikan dalam mengurangi penyakit yang ditularkan oleh nyamuk sambil meminimalkan kerusakan lingkungan dan mengatasi resistensi. (Perumal, Kannan, Pittarate, & Krutmuang, 2024).

Intervensi terhadap nyamuk dewasa bertujuan untuk membunuh mereka di udara atau menghentikan gigitan betina untuk mencegah kontak manusia-vektor. Tindakan yang menargetkan kesuburan nyamuk dewasa dan kemampuan mereka menghasilkan telur yang layak, bertujuan untuk mengurangi generasi mendatang yang dapat menularkan penyakit. Berbagai perilaku nyamuk dewasa dapat dijadikan sasaran, termasuk kawin, mencari inang, menghisap darah, beristirahat, dan bertelur (Dusfour & Chaney, 2020). Beberapa vektor demam berdarah (nyamuk *Aedes*) dapat ditransinfeksi dengan galur *Wolbachia* tertentu, yang menurunkan keguguran mereka (kemampuan

untuk bertahan hidup dan kawin) dan kemampuan mereka untuk bereproduksi, menghambat replikasi demam berdarah (Fox T & Villanueva, 2024).

Pelepasan nyamuk *Aedes aegypti* yang terinfeksi *Wolbachia* secara signifikan mengurangi insiden demam berdarah yang dikonfirmasi secara virologi dalam uji coba acak berkelompok di Kota Yogyakarta, Indonesia. Penggunaan *Wolbachia* di Yogyakarta juga secara signifikan mengurangi frekuensi penggunaan insektisida reaktif oleh tim kesehatan lingkungan di sekitar rumah yang melaporkan kasus demam berdarah. Hal ini berkontribusi pada penurunan 40% dalam biaya pengendalian vektor di seluruh kota. (Citra Indriani Stephanie K. Tanamas & Anders, 2023)

5.4.2 Rekomendasi Pengendalian Vektor Nyamuk

Untuk mengurangi kontak vektor-manusia, beberapa tindakan yang dapat dilakukan dengan pengurangan sumber dengan menghilangkan tempat-tempat yang cocok bagi betina untuk bertelur dengan menutup tempat penyimpanan air, menghilangkan genangan air, membersihkan wadah yang ada rumah tangga, menghindari penumpukan sampah, kolam ikan, mengenakan kelambu meskipun nyamuk *Aedes* menggigit di siang hari, dan alat pelindung diri dapat dipasang di jendela, penyemprotan insektisida secara spasial dilakukan di dalam ruangan, di luar ruangan. (Dusfour & Chaney, 2020).

WHO merekomendasikan pengembangan pengendalian vektor secara alami yang ramah lingkungan karena lebih aman bagi lingkungan dan kesehatan manusia. Ada sejumlah intervensi utama untuk mengurangi populasi nyamuk dan risiko penyakit, intervensi ini meliputi:

1. Mencegah terbentuknya genangan air
2. Menutupi dengan aman, membersihkan dan mendisinfeksi wadah penyimpanan air secara teratur
3. Membuang dan mengelola wadah yang tidak sengaja terbuang seperti batok kelapa bekas, kaleng kosong, botol, ban, dan wadah lain yang dibuang
4. Menyimpan dan membuang limbah rumah tangga dengan

- aman ke tempat pembuangan sampah yang dikelola dengan baik
5. Jika memungkinkan, aplikasikan larvasida ke wadah air

Implementasi yang efektif memerlukan investasi yang lebih besar, koordinasi lintas sektoral, dan kebijakan yang membahas kesehatan, perencanaan kota, air dan sanitasi yang melibatkan masyarakat. (WHO and UNICEF, 2024).

DAFTAR PUSTAKA

- Citra Indriani Stephanie K. Tanamas, U. K. M. R. A. R. W. T. R. A. A. S. M. D. N. P. J. A. U. C. P. S., & Anders, K. L. (2023). Impact of randomised wmel Wolbachia deployments on notified dengue cases and insecticide fogging for dengue control in Yogyakarta City. *Global Health Action*, 16(1), 2166650. <https://doi.org/10.1080/16549716.2023.2166650>
- Corbel, V., Kont, M. D., Ahumada, M. L., Andréo, L., Bayili, B., Bayili, K,... Duchon, S. (2023). A new WHO bottle bioassay method to assess the susceptibility of mosquito vectors to public healthinsecticides : results from a WHO - coordinated multi - centrestudy. *Parasites & Vectors*, 1–17. <https://doi.org/10.1186/s13071-022-05554-7>
- Dusfour, I., & Chaney, S. C. (2020). *Mosquito control Success, failure and expectations in the context of arbovirus expansion and emergence*. <https://doi.org/10.4324/9781003056034-14>
- Efriza; Tris Eryando. (2022). Spatial Analysis for the Identification of Priority Areas Dengue in West Sumatera Province, Indonesia.pdf. *International Journal of Innovative Research and Development*, 11(1), 135–138. <https://doi.org/10.24940/ijird/2022/v11/i1/JAN22045>
- Efriza, E., & Eryando, T. (2020). Analysis of Risk Factors That Affecting Dengue Haemorrhagic Fever in West Sumatra Province with Panel Data Regression. *International Journal of Innovative Research and Development*, 9(1), 127–130. <https://doi.org/10.24940/ijird/2020/v9/i1/JAN20086>
- Fakhriadi, R., Rosadi, D., Lasari, H. H. D., Mustawan, E., & Maulidah, S. (2023). *The Potential of Srigading Plants (Nyctanthes arbor-tristis) as Aedes aegypti Larvicides*. 19(2), 237–244.
- Fox T, S. Y. C. M. R. W. D. D. A.-R. I., & Villanueva, G. (2024). Wolbachia -carrying Aedes mosquitoes for preventing dengue infection. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, (4). <https://doi.org/10.1002/14651858.CD015636.pub2>
- Gajger, I. T., & Dar, S. A. (2021). *Plant Allelochemicals as Sources of Insecticides*.(February). <https://doi.org/10.3390/insects12030189>

- Hamuel, J. D. (2015). *An Overview of Plant Immunity Plant Pathology & Microbiology An Overview of Plant Immunity*. (January 2015). <https://doi.org/10.4172/2157-7471.1000322>
- Kementrian Kesehatan RI. *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 50 Tahun 2017 tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan untuk Vektor dan Binatang Pembawa Penyakit serta Pengendaliannya.*, Pub. L. No. No. 50 Tahun 2017 (2017).
- Kumar, S., & Sahgal, A. (2022). Advances in Mosquito Control: A Comprehensive Review. In S. Kumar (Ed.), *Advances in Diptera*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.106378>
- Mandasari, N., Hazar, S., & Sadiyah, E. R. (2016). *Uji Aktivitas Sitotoksik Ekstrak Metanol Daun Srigading (Nyctanthes arbor-tristis L.)*. 717–722.
- Nisrina, H., Martini, M., & Adi, M. S. (2022). Toxicity Assessment of Avovo Leaf Extract (*Persea Americana* Miller) on Mortality of *Aedes Aegypti* Larva. *International Journal of Health, Education and Social*, 5(May), 1–7.
- Nurwidayati, Anis, Purwanto, Hari, Ambar Garjito, Triwibowo, & Roro Upiek Ngesti Wibawaning Astuti, Raden. (2024). The Biodiversity of Anopheles and Malaria Vector Control in Indonesia: A Review. *BIO Web Conf.*, 101, 4004. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202410104004>
- Perumal, V., Kannan, S., Pittarate, S., & Krutmuang, P. (2024). A review of entomopathogenic fungi as a potential tool for mosquito vector control: A cost-effective and environmentally friendly approach. *Entomological Research*, 54(3), e12717. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/1748-5967.12717>
- Rozi, I. E., Permana, D. H., Syahrani, L., Asih, P. B. S., Zubaidah, S., Risandi, R., ... Syafruddin, D. (2024). Rapid entomological assessment in eight high malaria endemic regencies in Papua Province revealed the presence of indoor and outdoor malaria transmissions. *Scientific Reports*, 14(1), 14603. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-64958-w>
- WHO. (2017). *Global Vector Control Response 2017-2030*. Geneva: WHO Neglected Tropical Diseases.

- WHO. (2020). Vector-borne diseases. Retrieved July 25, 2024, from WHO website: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/vector-borne-diseases>
- WHO. (2022). *Manual for monitoring insecticide resistance in mosquito vectors and selecting appropriate interventions*.
- WHO. (2023). *Operational manual on indoor residual spraying: control of vectors of malaria, Aedes-borne diseases, Chagas disease, leishmaniases and lymphatic filariasis*. Retrieved from <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/375978/9789240083998-eng.pdf?sequence=1>
- WHO and UNICEF. (2024). *Water and Sanitation Interventions to Prevent and Control Mosquito-Borne Diseases: Focus on Emergencies*. Geneva: WHO.
- Yudhastuti, R. (2021). *Pengendalian Vektor dan Rodent*. Sidoarjo: Zifatama.

BAB 6

PENGENDALIAN VEKTOR LALAT

Oleh Daawia

6.1 Pendahuluan

Vektor penyakit adalah organisme hidup, seperti nyamuk, lalat, tikus, atau binatang lainnya, yang dapat membawa dan mentransmisikan penyakit dari satu organisme ke organisme lainnya. Vektor ini menjadi perantara atau pembawa agen penyebab penyakit, seperti bakteri, virus, atau parasit, dan dapat menyebabkan penularan penyakit dari individu ke individu atau dari hewan ke manusia, serta dari manusia ke hewan.

Contoh umum vektor penyakit adalah nyamuk *Aedes aegypti*, yang merupakan vektor bagi virus penyebab demam berdarah dan demam Zika. Vektor-vektor seperti nyamuk ini dapat menjadi fokus utama dalam upaya pencegahan dan pengendalian penyakit tertentu dengan membatasi populasi vektor atau memutuskan rantai penularan antara vektor dan manusia atau hewan.

6.2 Jenis-jenis Vektor Penyakit

Vektor penyakit dapat berasal dari berbagai jenis organisme, termasuk serangga, mamalia, dan parasit. Berikut adalah beberapa contoh jenis-jenis vektor penyakit yang umum:

1. Serangga:

- a. *Nyamuk*: Nyamuk adalah vektor utama bagi banyak penyakit menular, termasuk malaria, demam berdarah, demam Zika, dan demam kuning.
- b. *Lalat*: Lalat dapat menjadi vektor bagi penyakit seperti disentri, trakhoma, dan leishmaniasis.
- c. *Kutu*: Kutu dapat menyebarkan penyakit seperti demam tifoid dan demam berbintik Rocky Mountain.

- d. *Cecak*: Cecak atau tungau dapat membawa dan mentransmisikan penyakit seperti demam Q dan penyakit Lyme.

2. Mamalia:

- a. *Tikus*: Tikus merupakan vektor bagi penyakit seperti demam Lassa, hantavirus, dan penyakit Weil.
- b. *Anjing liar*: Anjing liar dapat menjadi vektor bagi penyakit rabies.

3. Parasit:

- a. *Cacing*: Cacing parasit seperti cacing filaria dapat ditularkan kepada manusia melalui vektor serangga seperti nyamuk.
- b. *Protozoa*: Protozoa seperti Plasmodium, yang menyebabkan malaria, ditularkan kepada manusia melalui gigitan nyamuk.

Ini hanya beberapa contoh dari beragam jenis vektor penyakit yang ada di alam. Pengetahuan tentang jenis-jenis vektor ini penting dalam upaya pencegahan, pengendalian, dan penanggulangan penyakit menular yang disebabkan oleh penularan vektorial.

6.3 Jenis-jenis Penyakit Akibat Vektor Lalat

Lalat dapat menjadi vektor bagi berbagai penyakit menular yang berbahaya bagi manusia. Beberapa penyakit yang dapat ditularkan oleh lalat termasuk:

1. Disentri:

Disentri adalah infeksi usus yang disebabkan oleh bakteri, virus, atau parasit, yang sering kali mengakibatkan gejala seperti diare berdarah, kram perut, demam, dan kadang-kadang muntah. Salah satu penyebab umum disentri adalah bakteri dari genus *Shigella*, terutama *Shigella dysenteriae*, *Shigella flexneri*, *Shigella sonnei*, dan *Shigella boydii*.

Shigella merupakan bakteri patogen enterik yang menyebabkan penyakit serius pada manusia. Penyakit disentri umumnya menyebar melalui konsumsi makanan atau minuman yang terkontaminasi oleh tinja dari individu

yang terinfeksi. Namun demikian, lalat juga dapat memainkan peran dalam penyebaran *Shigella* spp. Lalat dapat terkontaminasi dengan bakteri tersebut saat mereka terpapar dengan tinja manusia atau hewan yang terinfeksi, dan kemudian dapat membawa bakteri ini ke makanan atau permukaan lainnya yang dapat dijangkau oleh manusia. Proses penularan *Shigella* spp. melalui lalat melibatkan beberapa tahapan, yaitu:

- a. **Kontaminasi:** Lalat dapat terkontaminasi dengan bakteri *Shigella* spp. saat mereka mendarat atau terpapar dengan tinja dari individu yang terinfeksi, yang bisa terjadi di lingkungan yang kotor atau kurang sanitasi.
- b. **Transportasi:** Lalat yang terkontaminasi kemudian dapat membawa bakteri tersebut ke area lain, seperti makanan, peralatan makan, atau permukaan lainnya.
- c. **Penularan:** Manusia dapat terinfeksi *Shigella* spp. jika mereka mengonsumsi makanan atau minuman yang terkontaminasi oleh lalat yang membawa bakteri tersebut, atau jika mereka menyentuh permukaan yang terkontaminasi dan kemudian menyentuh mulut mereka tanpa mencuci tangan terlebih dahulu.

Pencegahan penyebaran disentri yang disebabkan oleh *Shigella* spp. melalui lalat termasuk menjaga kebersihan lingkungan, memastikan sanitasi yang baik, menjaga kebersihan makanan, dan menghindari kontak langsung dengan lalat atau area yang terkontaminasi. Hal ini juga penting untuk mencuci tangan secara teratur dengan sabun dan air bersih, terutama sebelum makan atau menyiapkan makanan.

2. **Trakhoma:**

Trakhoma adalah penyakit mata infeksius yang disebabkan oleh bakteri *Chlamydia trachomatis*. Ini adalah salah satu penyebab utama kebutaan infeksius di dunia dan sering ditemukan di daerah-daerah dengan sanitasi yang buruk dan akses terbatas terhadap perawatan kesehatan. Penyakit ini sering menyerang anak-anak dan orang dewasa muda di daerah-daerah yang endemis.

Proses penularan trakhoma melalui lalat melibatkan beberapa tahap, sebagai berikut:

- a. **Kontaminasi:** Bakteri *Chlamydia trachomatis* dapat hadir dalam sekret mata dari individu yang terinfeksi. Ketika lalat terpapar dengan sekret mata yang terinfeksi ini, mereka dapat menjadi pembawa bakteri.
- b. **Transportasi:** Lalat yang terkontaminasi dapat membawa bakteri *Chlamydia trachomatis* dari satu individu yang terinfeksi ke individu lainnya. Mereka dapat membawa bakteri ini pada kaki atau tubuh mereka, serta menularkannya melalui kontak langsung dengan sekresi mata atau melalui penggunaan bersama peralatan yang terkontaminasi, seperti handuk atau alat-alat mandi.
- c. **Penularan:** Ketika lalat yang terkontaminasi dengan bakteri *Chlamydia trachomatis* mencari makanan atau terbang di sekitar individu lain, mereka dapat menularkan bakteri ini ke mata individu tersebut melalui kontak langsung. Ini dapat terjadi saat lalat mendarat di atau dekat mata, menyebarkan bakteri dari kaki atau tubuh mereka.

Pencegahan penularan trakhoma melalui lalat melibatkan upaya-upaya untuk mengurangi populasi lalat, mempromosikan kebersihan dan sanitasi yang baik, serta meningkatkan kesadaran akan pentingnya mencuci tangan dan menjaga kebersihan mata. Program-program pencegahan dan pengendalian trakhoma juga dapat mencakup distribusi antibiotik kepada individu yang terinfeksi, kampanye pemberdayaan masyarakat untuk meningkatkan perilaku kebersihan, dan perbaikan infrastruktur sanitasi.

3. **Leishmaniasis:**

Leishmaniasis adalah penyakit menular yang disebabkan oleh parasit protozoa dari genus *Leishmania*. Penyakit ini dapat menimbulkan berbagai bentuk klinis, termasuk bentuk kutan (kutaneus), bentuk mukokutan (*mucocutaneous*), dan bentuk viseral (visceral), yang tergantung pada jenis parasit dan respons imun individu.

Leishmania ditularkan kepada manusia melalui gigitan lalat tertentu, terutama lalat pasir dari genus *Phlebotomus* di Afrika, Timur Tengah, Asia, dan Amerika Latin, serta lalat dari genus *Lutzomyia* di Amerika Latin. Proses penularan *Leishmania* melalui lalat melibatkan beberapa tahapan, sebagai berikut:

- a. **Gigitan Lalat:** Lalat betina yang terinfeksi parasit *Leishmania* menggigit manusia atau hewan inang untuk mencari darah sebagai sumber makanan mereka.
- b. **Pengiriman Parasit:** Selama menghisap darah, lalat menyuntikkan parasit *Leishmania* ke dalam tubuh inang melalui air liurnya.
- c. **Infeksi:** Parasit *Leishmania* kemudian menyerang sel-sel tubuh inang, seperti sel-sel kulit, makrofag, atau sel-sel hati dan limpa, tergantung pada jenis penyakit leishmaniasis yang terjadi. Ini dapat menyebabkan pembentukan luka terbuka pada kulit (*kutaneus*), kerusakan jaringan pada selaput lendir hidung dan mulut (*mukokutan*), atau infeksi organ dalam seperti hati, limpa, dan sumsum tulang (*visceral*).

Gejala leishmaniasis dapat bervariasi tergantung pada bentuk klinis penyakitnya. Gejala umum yang terkait dengan leishmaniasis termasuk lesi kulit yang kronis, nyeri sendi, demam, penurunan berat badan, pembengkakan organ, dan kelemahan umum.

Pencegahan leishmaniasis melalui gigitan lalat termasuk upaya-upaya untuk mengurangi paparan terhadap lalat pasir atau lalat lain yang merupakan vektor penyakit tersebut, seperti menggunakan kelambu saat tidur, mengenakan pakaian yang melindungi tubuh, dan menggunakan repelan serangga. Pengendalian populasi lalat juga dapat dilakukan dengan menggunakan insektisida atau mengurangi habitat lalat pasir. Terapi obat-obatan juga tersedia untuk pengobatan leishmaniasis, tergantung pada jenis dan bentuk penyakitnya.

4. Demam Tifoid:

Demam tifoid adalah penyakit infeksius serius yang disebabkan oleh bakteri *Salmonella typhi*. Bakteri ini biasanya menyebar melalui makanan atau minuman yang terkontaminasi oleh tinja manusia yang mengandung bakteri tersebut. Namun, lalat juga dapat berperan dalam penyebaran penyakit ini dengan cara mengkontaminasi makanan atau minuman dengan kotoran yang terinfeksi.

Proses penularan demam tifoid melalui lalat melibatkan beberapa tahapan, sebagai berikut:

- a. **Kontaminasi:** Lalat sering kali mencari makanan atau minuman di tempat-tempat yang kotor, termasuk tempat pembuangan sampah atau tempat yang terkontaminasi oleh tinja manusia yang terinfeksi bakteri *Salmonella typhi*. Ketika lalat terpapar dengan tinja yang terinfeksi ini, mereka dapat membawa bakteri tersebut pada kaki atau tubuh mereka.
- b. **Transportasi:** Lalat yang terkontaminasi kemudian dapat membawa bakteri *Salmonella typhi* dari satu tempat ke tempat lain, termasuk ke tempat-tempat di mana makanan atau minuman disimpan atau disajikan. Ini dapat terjadi saat lalat mendarat di atau dekat makanan atau minuman dan menularkan bakteri dari kaki atau tubuh mereka.
- c. **Kontaminasi Makanan atau Minuman:** Bakteri *Salmonella typhi* dapat ditransfer dari lalat ke makanan atau minuman, mengkontaminasi mereka dengan bakteri tersebut. Jika makanan atau minuman yang terkontaminasi ini dikonsumsi oleh manusia, mereka dapat terinfeksi bakteri *Salmonella typhi* dan mengembangkan demam tifoid.

Pencegahan penyebaran demam tifoid melalui lalat melibatkan upaya-upaya untuk mengurangi populasi lalat, menjaga kebersihan dan sanitasi yang baik di lingkungan tempat makanan disiapkan atau disajikan, serta menghindari kontaminasi makanan atau minuman dengan kotoran atau serangga lainnya. Ini termasuk memastikan

makanan dan minuman disimpan di tempat yang aman dan tertutup, serta memastikan area-tempat makanan bersih dan bebas dari lalat atau serangga lain yang dapat menyebabkan kontaminasi.

5. **Helminthiasis:**

Helminthiasis adalah kondisi infeksi parasit yang disebabkan oleh cacing-cacing parasit, yang dikenal sebagai cacing gelang, cacing tambang, cacing pita, dan sebagainya. Infeksi ini dapat terjadi pada manusia dan hewan, dan sering kali menyebabkan berbagai gejala yang berkaitan dengan organ atau jaringan tempat cacing tersebut berkembang biak.

Proses penularan helminthiasis melalui lalat melibatkan beberapa tahapan, sebagai berikut:

- a. **Kontaminasi:** Lalat dapat terkontaminasi dengan telur atau larva cacing parasit saat mereka terpapar dengan tinja dari manusia atau hewan yang terinfeksi. Tinja yang mengandung telur atau larva ini dapat ditemukan di lingkungan yang kotor, seperti tempat pembuangan sampah atau daerah dengan sanitasi yang buruk.
- b. **Transportasi:** Lalat yang terkontaminasi dapat membawa telur atau larva cacing parasit pada kaki atau tubuh mereka saat mereka mencari makanan atau mencari tempat bertelur. Selama proses ini, lalat dapat membawa telur atau larva tersebut ke area lain, termasuk makanan atau permukaan yang dapat dijangkau manusia.
- c. **Penularan:** Manusia dapat terinfeksi telur atau larva cacing parasit jika mereka mengonsumsi makanan atau minuman yang terkontaminasi oleh lalat yang membawa telur atau larva tersebut, atau jika mereka menyentuh permukaan yang terkontaminasi dan kemudian menyentuh mulut mereka tanpa mencuci tangan terlebih dahulu.

Infeksi helminthiasis dapat menyebabkan berbagai gejala tergantung pada jenis cacing parasit yang terlibat dan organ atau jaringan yang terpengaruh. Gejala umum dapat mencakup diare, nyeri perut, anemia, kehilangan berat

badan, dan kelemahan umum.

Pencegahan penyebaran helminthiasis melalui lalat melibatkan upaya-upaya untuk mengurangi populasi lalat, menjaga kebersihan dan sanitasi yang baik di lingkungan tempat makanan disiapkan atau disajikan, serta memastikan bahwa makanan dan minuman dikonsumsi dalam kondisi yang aman dan tidak terkontaminasi oleh tinja atau serangga lain yang dapat membawa telur atau larva cacing parasit.

6.4 Cara mengendalikan Vektor Lalat

Mengendalikan populasi lalat merupakan langkah penting dalam upaya pencegahan penyebaran penyakit yang ditularkan oleh lalat. Berikut adalah beberapa langkah yang dapat diambil untuk mengendalikan vektor lalat:

1. Pembersihan dan Sanitasi Lingkungan:

Menjaga kebersihan lingkungan adalah langkah penting dalam mengurangi populasi lalat. Ini termasuk membersihkan tempat pembuangan sampah secara teratur, menghilangkan sumber- sumber makanan yang menarik bagi lalat seperti sisa makanan, dan menjaga kebersihan saluran pembuangan.

Pembersihan dan sanitasi lingkungan adalah langkah kunci dalam mengendalikan populasi lalat dan mencegah penyebaran penyakit yang mereka bawa. Berikut adalah uraian detail tentang langkah-langkah pembersihan dan sanitasi lingkungan:

a. Pengelolaan Tempat Pembuangan Sampah:

- 1) **Pengumpulan dan Pengangkutan Sampah:** Pastikan bahwa tempat pembuangan sampah di sekitar rumah atau komunitas Anda diatur dengan baik. Sampah harus dikumpulkan secara teratur dan diangkut ke tempat pembuangan akhir atau tempat pembakaran.
- 2) **Pemisahan Sampah:** Bila memungkinkan, lakukan pemisahan sampah organik dan non-organik untuk memfasilitasi pengelolaan sampah yang lebih efektif.

b. Menghilangkan Sumber Makanan Lalat:

- 1) **Pembersihan Sisa Makanan:** Selalu membersihkan sisa makanan dari permukaan meja makan, dapur, atau tempat-tempat penyimpanan makanan. Hindari

meninggalkan makanan terbuka di luar terlalu lama.

- 2) **Penyimpanan Sampah Organik:** Pastikan sampah organik, seperti sisa makanan, disimpan dalam wadah tertutup atau komposter untuk mengurangi daya tarik bagi lalat.

c. Menjaga Kebersihan Saluran Pembuangan:

- 1) **Pembersihan Saluran Air:** Pastikan saluran pembuangan air, seperti saluran pembuangan dapur atau kamar mandi, tetap bersih dan bebas dari penyumbatan. Penyumbatan dapat menciptakan tempat berkembang biak bagi lalat.
- 2) **Pengelolaan Genangan Air:** Hindari pembentukan genangan air di sekitar rumah atau halaman Anda. Genangan air dapat menjadi tempat berkembang biak bagi lalat dan nyamuk.

d. Pengelolaan Kandang Hewan:

Pastikan kandang hewan peliharaan Anda, seperti kandang ayam atau kandang hewan ternak, tetap bersih dan kering. Pembersihan reguler kandang dapat mencegah berkembang biaknya lalat.

e. Edukasi Masyarakat:

Berikan edukasi kepada masyarakat tentang pentingnya menjaga kebersihan lingkungan untuk mencegah penyebaran penyakit yang ditularkan oleh lalat. Dukung upaya-upaya komunitas dalam menjaga lingkungan yang bersih dan sehat.

Dengan menjalankan langkah-langkah ini secara konsisten dan teratur, kita dapat menciptakan lingkungan yang kurang menarik bagi lalat untuk berkembang biak dan mengurangi risiko penyebaran penyakit yang ditularkan oleh lalat.

2. Pengelolaan Limbah:

Membuang limbah organik dengan benar dan menghindari penumpukan sampah di sekitar rumah atau tempat-tempat umum dapat membantu mengurangi tempat

berkembangbiaknya lalat.

Pengelolaan limbah yang tepat adalah langkah penting dalam mengendalikan populasi lalat dan mencegah penyebaran penyakit yang mereka bawa. Berikut adalah uraian detail tentang pengelolaan limbah:

a. Pemilahan Limbah:

Langkah pertama dalam pengelolaan limbah adalah pemilahan limbah. Limbah dapat dibagi menjadi dua jenis utama: limbah organik dan limbah non-organik. Limbah organik biasanya terdiri dari sisa makanan, daun, dan bahan-bahan alami lainnya yang mudah terurai. Limbah non-organik mencakup material seperti plastik, kaca, logam, dan kertas.

b. Pengumpulan dan Penyimpanan Limbah:

Setelah dipilah, limbah organik harus dikumpulkan dalam wadah tertutup yang sesuai untuk mencegah akses lalat dan hewan lainnya. Pastikan wadah tersebut terletak di tempat yang sejuk dan kering.

Limbah non-organik juga harus dikumpulkan dan disimpan dengan benar dalam wadah terpisah. Pastikan limbah non-organik tidak bersentuhan dengan limbah organik untuk mencegah kontaminasi dan penyebaran bau yang tidak sedap.

c. Pengangkutan dan Pembuangan Limbah:

- 1) Limbah organik yang sudah terkumpul dapat diolah lebih lanjut melalui komposting. Kompos yang dihasilkan dapat digunakan kembali sebagai pupuk alami untuk tanaman.
- 2) Limbah non-organik harus dibuang sesuai dengan peraturan dan kebijakan pengelolaan limbah yang berlaku di wilayah Anda. Hindari pembuangan limbah sembarangan, terutama di area terbuka atau sungai, yang dapat menjadi tempat berkembang biak bagi lalat dan hama lainnya.

d. Pencegahan Penumpukan Sampah:

- 1) Penting untuk menghindari penumpukan sampah di sekitar rumah atau tempat-tempat umum.

Penumpukan sampah yang tidak teratur atau tidak terkendali dapat menciptakan tempat yang ideal bagilalat untuk berkembang biak.

- 2) Pastikan untuk membungkus limbah dengan rapat sebelum membuangnya dan gunakan wadah sampah yang tertutup. Jika memungkinkan, atur jadwal pengangkutan sampah secara teratur untuk menghindari penumpukan limbah yang berkepanjangan.

Dengan melakukan pengelolaan limbah yang tepat, kita dapat mengurangi tempat berkembang biaknya lalat dan mencegah penyebaran penyakit yang ditularkan oleh mereka. Langkah- langkah sederhana seperti memilah limbah, membersihkan tempat pembuangan sampah secara teratur, dan menghindari penumpukan sampah dapat memiliki dampak besar dalam menjaga kebersihan lingkungan dan kesehatan masyarakat.

3. Penggunaan Jaring Lalat:

Menggunakan jaring lalat di pintu dan jendela dapat membantu mencegah lalat masuk ke dalam rumah atau ruangan.

Penggunaan jaring lalat merupakan salah satu metode yang efektif untuk mencegah lalat masuk ke dalam rumah atau ruangan. Berikut adalah uraian detail tentang penggunaan jaring lalat:

a. Pemasangan di Pintu dan Jendela:

Jaring lalat biasanya dipasang di pintu dan jendela untuk mencegah lalat masuk ke dalam ruangan. Jaring ini harus dipasang secara rapat dan rapi sehingga lalat tidak dapat melewati celah atau lubang di sekitarnya.

b. Material yang Digunakan:

Jaring lalat biasanya terbuat dari bahan yang kuat dan tahan lama, seperti fiberglass atau kawat halus. Material tersebut harus cukup kuat untuk menahan tekanan dan usaha lalat yang mencoba untuk melewati jaring.

c. Ukuran Jaring:

Pilih ukuran jaring yang sesuai dengan pintu atau jendela

tempat jaring akan dipasang. Jaring yang terlalu besar atau terlalu kecil dapat mengurangi efektivitasnya dalam mencegah lalat masuk.

d. Pemasangan yang Rapat:

Saat memasang jaring lalat, pastikan untuk membuat instalasi yang rapat dan tanpa celah. Ini berarti memastikan bahwa jaring dipasang dengan erat di sepanjang tepi pintu atau jendela, dan tidak ada celah di sekitarnya yang dapat digunakan oleh lalat untuk masuk.

e. Perawatan dan Pembersihan:

Jaga kebersihan jaring lalat dengan membersihkannya secara teratur. Jaring yang kotor atau rusak mungkin tidak efektif dalam mencegah lalat masuk. Bersihkan jaring secara berkala dengan air sabun dan lap bersih untuk menghilangkan debu, kotoran, dan sisa-sisa lainnya.

f. Penggantian yang Tepat Waktu:

Periksa secara berkala kondisi jaring lalat. Jika ada kerusakan atau keausan yang signifikan, segera ganti jaring tersebut dengan yang baru untuk memastikan efektivitasnya dalam mencegah lalat masuk.

g. Penggunaan Tambahan:

Selain dipasang di pintu dan jendela, jaring lalat juga dapat digunakan untuk menutupi ventilasi atau lubang lain yang mungkin menjadi akses bagi lalat untuk masuk ke dalam rumah atau ruangan.

Dengan menggunakan jaring lalat yang dipasang dengan benar dan dipelihara secara teratur, kita dapat mencegah masuknya lalat ke dalam rumah atau ruangan, yang pada gilirannya dapat membantu menjaga kebersihan lingkungan dan mencegah penyebaran penyakit yang ditularkan oleh lalat.

4. Penggunaan Repelan Serangga:

Menggunakan repelan serangga pada tubuh atau area-area tertentu juga dapat membantu mengurangi paparan terhadap gigitan lalat.

Penggunaan repelan serangga adalah salah satu cara yang

efektif untuk mengurangi paparan terhadap gigitan lalat dan mencegah penyakit yang ditularkan oleh mereka. Berikut adalah uraian detail tentang penggunaan repelan serangga:

a. Pemilihan Repelan Serangga yang Tepat:

Ada berbagai jenis repelan serangga yang tersedia di pasaran, baik dalam bentuk semprotan, lotion, krim, atau gel. Pastikan untuk memilih repelan yang terbukti efektif dalam mengusir lalat dan aman digunakan pada kulit manusia.

b. Bahan Aktif:

Perhatikan bahan aktif yang terkandung dalam repelan serangga. Bahan yang umum digunakan dan terbukti efektif dalam melawan lalat antara lain DEET, picaridin, IR3535, dan oil of lemon eucalyptus (OLE).

c. Penggunaan pada Tubuh:

Repelan serangga dapat dioleskan langsung pada kulit untuk melindungi tubuh dari gigitan lalat. Oleskan repelan secara merata pada area kulit yang terbuka, hindari aplikasi langsung pada luka atau kulit yang iritasi, dan ikuti petunjuk penggunaan yang tertera pada kemasan.

d. Penggunaan pada Pakaian:

Repelan serangga juga dapat digunakan pada pakaian dengan menyemprotkannya pada permukaan pakaian. Pastikan untuk menghindari menyemprotkan repelan langsung pada kulit di bawah pakaian.

e. Penggunaan di Area-area Tertentu:

Selain pada tubuh, repelan serangga juga dapat digunakan pada area-area tertentu di sekitar rumah, seperti di pintu dan jendela, terutama saat lalat banyak berkeliaran di sekitar rumah.

f. Periode Perlindungan:

Ketahui periode perlindungan yang diberikan oleh repelan serangga yang digunakan. Beberapa repelan mungkin perlu diaplikasikan kembali setelah beberapa jam tergantung pada kondisi lingkungan dan aktivitas Anda.

g. Perhatikan Kontraindikasi:

Perhatikan kontraindikasi atau larangan penggunaan repelan serangga pada anak-anak di bawah usia tertentu, wanita hamil, atau individu dengan kondisi kesehatan tertentu. Pastikan untuk membaca petunjuk penggunaan dengan seksama sebelum menggunakan repelan.

h. Pembersihan Setelah Penggunaan:

Setelah selesai menggunakan repelan serangga, pastikan untuk mencuci tangan dan area yang terkena repelan dengan sabun dan air bersih.

Dengan menggunakan repelan serangga dengan benar dan sesuai dengan petunjuk penggunaan yang diberikan, kita dapat mengurangi paparan terhadap gigitan lalat dan menjaga kesehatan kita serta mencegah penyebaran penyakit yang ditularkan oleh lalat.

5. Penggunaan Perangkap Lalat:

Menggunakan perangkap lalat di sekitar rumah atau tempat-tempat umum dapat membantu mengurangi populasi lalat dengan menangkap dan membunuh lalat dewasa.

Penggunaan perangkap lalat merupakan metode yang efektif untuk mengurangi populasi lalat dewasa di sekitar rumah atau tempat-tempat umum. Berikut adalah uraian detail tentang penggunaan perangkap lalat:

a. Jenis Perangkap Lalat:

Terdapat berbagai jenis perangkap lalat yang tersedia, termasuk perangkap perekat, perangkap listrik, perangkap cahaya UV, dan perangkap botol DIY. Setiap jenis perangkap memiliki cara kerja dan efektivitas yang berbeda.

b. Penempatan Perangkap:

Tempatkan perangkap lalat di area-area yang strategis di sekitar rumah atau tempat-tempat umum yang sering dikunjungi oleh lalat. Area-area yang biasanya efektif untuk menempatkan perangkap lalat termasuk di dekat tempat sampah, dapur, toilet, atau area masuk.

c. Penarikan Lalat:

Perangkap lalat umumnya menarik lalat dengan menggunakan berbagai metode, seperti dengan cahaya UV, aroma makanan yang menarik, atau warna dan pola tertentu yang menarik bagi lalat. Setelah tertarik, lalat akan terperangkap dalam perangkap dan tidak dapat keluar.

d. Penggunaan Bahan Penarik:

Beberapa perangkap lalat menggunakan bahan-bahan tertentu sebagai penarik, seperti cairan manis, buah-buahan yang membusuk, atau feromon yang menarik lalat jantan. Penggunaan bahan penarik yang efektif dapat meningkatkan jumlah lalat yang tertangkap.

e. Perawatan Perangkap:

Perangkap lalat perlu dipelihara secara teratur untuk menjaga keefektifannya. Ini termasuk mengganti atau membersihkan bagian perangkap yang terkontaminasi oleh lalat mati, membersihkan penampung lalat, dan memeriksa bahan penarik untuk menggantinya jika diperlukan.

f. Pemilihan Perangkap yang Tepat:

Pilihlah jenis perangkap lalat yang sesuai dengan kebutuhan dan kondisi lingkungan Anda. Misalnya, perangkap cahaya UV biasanya lebih efektif di malam hari, sementara perangkap perekat dapat lebih efektif di siang hari.

g. Keamanan:

Pastikan perangkap lalat dipasang dengan aman dan tidak membahayakan pengguna atau hewan peliharaan. Hindari meletakkan perangkap di area yang dapat dijangkau oleh anak-anak atau hewan peliharaan.

h. Penggantian atau Perbaikan:

Perangkap lalat yang rusak atau tidak efektif perlu diganti atau diperbaiki untuk menjaga kinerjanya. Pastikan untuk memeriksa perangkap secara berkala dan melakukan perbaikan jika diperlukan.

Dengan menggunakan perangkap lalat dengan benar dan secara teratur, kita dapat mengurangi populasi lalat

dewasa di sekitarrumah atau tempat-tempat umum, yang pada gilirannya dapat membantu menjaga kebersihan lingkungan dan mencegah penyebaran penyakit yang ditularkan oleh lalat.

6. Penggunaan Insektisida:

Penggunaan insektisida yang aman dan efektif juga dapat membantu mengendalikan populasi lalat. Namun, penggunaan insektisida harus dilakukan dengan hati-hati dan sesuai dengan petunjuk penggunaan yang benar.

Penggunaan insektisida adalah salah satu cara yang efektif untuk mengendalikan populasi lalat. Berikut adalah uraian detail tentang penggunaan insektisida:

a. Pemilihan Insektisida yang Tepat:

Ada berbagai jenis insektisida yang tersedia, termasuk semprotan, bubuk, krim, dan granul. Pilihlah jenis insektisida yang sesuai dengan kondisi lingkungan dan jenis lalat yang ingin dikendalikan.

b. Bahan Aktif:

Perhatikan bahan aktif yang terkandung dalam insektisida. Bahan aktif yang umum digunakan untuk mengendalikan populasi lalat antara lain piretroid sintetis, organofosfat, dan pyrethrin. Pastikan untuk menggunakan insektisida yang telah terbukti efektif dan aman digunakan.

c. Penggunaan yang Hati-hati:

Gunakan insektisida dengan hati-hati dan sesuai dengan petunjuk penggunaan yang tertera pada kemasan. Jangan menggunakannya secara berlebihan atau di luar dosis yang dianjurkan, karena hal ini dapat menyebabkan masalah kesehatan dan lingkungan yang serius.

d. Penggunaan di Tempat yang Tepat:

Aplikasikan insektisida hanya di area-area yang terinfestasi oleh lalat. Hindari penggunaan insektisida di area yang sering digunakan oleh manusia atau hewan peliharaan, kecuali jika diperlukan.

e. Penggunaan di Waktu yang Tepat:

Pilih waktu yang tepat untuk menggunakan insektisida. Biasanya, penggunaan insektisida lebih efektif saat lalat aktif, seperti di pagi atau sore hari.

f. Perlindungan Diri:

Selalu gunakan alat pelindung diri (APD) saat mengaplikasikan insektisida, seperti masker, sarung tangan, dan kacamata pelindung, untuk menghindari paparan langsung terhadap bahan kimia berbahaya.

g. Perhatikan Lingkungan:

Hindari menggunakan insektisida di dekat sumber air atau area yang sensitif secara lingkungan, seperti taman bermain anak-anak atau kolam ikan. Pastikan untuk membaca dan mengikuti petunjuk penggunaan yang disarankan untuk menjaga lingkungan yang aman.

h. Pemeliharaan dan Perawatan:

Simpan insektisida dengan aman dan jauh dari jangkauan anak-anak dan hewan peliharaan. Pastikan untuk menyimpan insektisida dalam kemasan asli dan di tempat yang kering serta sejuk.

i. Penggantian yang Tepat Waktu:

Periksa tanggal kedaluwarsa insektisida secara berkala dan ganti jika diperlukan. Hindari menggunakan insektisida yang sudah kedaluwarsa, karena hal ini dapat mengurangi efektivitasnya.

Dengan menggunakan insektisida dengan hati-hati dan sesuai dengan petunjuk penggunaan yang benar, kita dapat mengendalikan populasi lalat dengan efektif tanpa membahayakan kesehatan manusia atau lingkungan.

7. Pengelolaan Sumber Air:

Mengelola sumber air seperti kolam atau genangan air untuk mencegah berkembangbiaknya lalat adalah langkah lain yang penting dalam mengendalikan populasi lalat.

Pengelolaan sumber air merupakan langkah penting dalam mengendalikan populasi lalat dan mencegah berkembangbiaknya mereka. Berikut adalah uraian detail

tentang pengelolaan sumber air untuk mengendalikan populasi lalat:

a. Pencegahan Genangan Air:

Genangan air merupakan tempat ideal bagi lalat untuk berkembang biak, terutama bagi spesies lalat yang membutuhkan air untuk menetas telur mereka. Untuk menghindari hal ini, pastikan untuk mencegah pembentukan genangan air di sekitar rumah atau tempat-tempat umum. Hal ini dapat dilakukan dengan memperbaiki saluran pembuangan yang bocor, menguras kolam atau bak penampungan air yang tidak terpakai, dan membersihkan daerah-daerah yang mungkin mengalami genangan air setelah hujan.

b. Kontrol Kolam atau Genangan Air:

Jika memiliki kolam atau genangan air, pastikan untuk mengelolanya dengan baik untuk mencegah berkembang biaknya lalat. Ini termasuk membersihkan dan menguras kolam secara teratur, memastikan aliran air yang lancar, dan mempertimbangkan penggunaan agen pengendali larva lalat seperti larvasida.

c. Penggunaan Agens Larvasida:

Larvasida adalah agen kimia atau biologis yang dirancang khusus untuk membunuh larva lalat. Penggunaan larvasida dapat menjadi langkah efektif dalam mengendalikan populasi lalat dengan menargetkan tempat-tempat di mana larva-larva lalat berkembang biak, seperti kolam, selokan, atau genangan air lainnya. Namun, penggunaan larvasida harus dilakukan dengan hati-hati dan sesuai dengan petunjuk penggunaan yang benar untuk menghindari dampak negatif pada lingkungan dan organisme lainnya.

d. Pembersihan dan Perawatan Teratur:

Lakukan pembersihan dan perawatan teratur pada kolam atau genangan air, termasuk membersihkan daun atau kotoran lainnya yang bisa menjadi substrat bagi perkembangbiakan lalat. Pastikan juga untuk menjaga agar kolam atau genangan air tetap bersih dan bebas dari kotoran atau limbah organik lainnya.

e. Penggunaan Ikan Pemangsa Lalat:

Beberapa spesies ikan, seperti ikan Guppy atau ikan Mas, dikenal sebagai pemangsa alami larva lalat. Menggunakan ikan-ikan ini dalam kolam atau genangan air dapat membantu mengendalikan populasi larva lalat dengan cara alami.

Dengan mengelola sumber air dengan baik dan mencegah berkembangbiaknya lalat di tempat-tempat yang dapat menjadi tempat berkembang biak bagi mereka, kita dapat mengurangi populasi lalat secara efektif dan mengendalikan penyebaran penyakit yang ditularkan oleh lalat.

8. Pendidikan Masyarakat:

Meningkatkan kesadaran masyarakat tentang pentingnya menjaga kebersihan lingkungan dan menghindari kontak dengan lalat juga dapat membantu mengurangi risiko penularan penyakit yang ditularkan oleh lalat.

Pendidikan masyarakat memainkan peran kunci dalam upaya mengurangi risiko penularan penyakit yang ditularkan oleh lalat. Berikut adalah uraian detail tentang pentingnya pendidikan masyarakat dalam konteks ini:

a. Penyuluhan tentang Penyakit yang Ditularkan oleh Lalat:

Pendidikan masyarakat dapat dimulai dengan menyampaikan informasi tentang jenis-jenis penyakit yang dapat ditularkan oleh lalat, seperti demam tifoid, disentri, trakhoma, dan lainnya. Penyuluhan ini dapat membantu meningkatkan kesadaran masyarakat tentang risiko yang terkait dengan keberadaan lalat.

Penyuluhan tentang Cara Penularan Penyakit: Masyarakat perlu diberitahu tentang cara penularan penyakit yang ditularkan oleh lalat, termasuk melalui kontak dengan lalat yang terkontaminasi atau melalui konsumsi makanan atau minuman yang terkontaminasi oleh lalat. Penyuluhan ini penting untuk membantu masyarakat memahami pentingnya menjaga kebersihan

dan menghindari kontak dengan lalat.

b. Promosi Praktik Kebersihan Lingkungan:

Pendidikan masyarakat juga harus mencakup promosi praktik kebersihan lingkungan, seperti membersihkan tempat pembuangan sampah secara teratur, mengelola sumber air dengan baik, dan menjaga kebersihan saluran pembuangan. Praktik kebersihan ini dapat membantu mengurangi tempat berkembang biaknya lalat dan mencegah penyebaran penyakit.

c. Penyuluhan tentang Penggunaan Perangkat Pengendali Lalat:

Masyarakat perlu diberitahu tentang penggunaan perangkat pengendali lalat yang efektif, seperti penggunaan jaring lalat, perangkap lalat, atau repelan serangga. Informasi tentang cara penggunaan yang benar dan efektif dari perangkat ini dapat membantu masyarakat mengurangi populasi lalat di sekitar rumah atau tempat-tempat umum mereka.

d. Promosi Kemitraan Komunitas:

Penting untuk membangun kemitraan dengan komunitas lokal, organisasi non-pemerintah, dan pemerintah daerah untuk mendukung upaya pencegahan penyakit yang ditularkan oleh lalat. Kolaborasi ini dapat mencakup penyelenggaraan kampanye penyuluhan, pelatihan tentang praktik kebersihan, dan distribusi perangkat pengendali lalat kepada masyarakat.

e. Pengembangan Materi Pendidikan yang Mudah Dipahami:

Materi pendidikan tentang pengendalian lalat harus disusun dengan bahasa yang mudah dipahami oleh masyarakat dan disesuaikan dengan budaya lokal. Penggunaan gambar, video, dan materi audiovisual lainnya juga dapat membantu dalam menyampaikan informasi dengan lebih efektif.

Melalui pendidikan masyarakat yang menyeluruh dan berkelanjutan, diharapkan kesadaran masyarakat tentang pentingnya menjaga kebersihan lingkungan dan

mengendalikan populasi lalat dapat meningkat, sehingga dapat mengurangi risiko penularan penyakit yang ditularkan oleh lalat.

Dengan menggabungkan beberapa langkah ini, dapat menciptakan lingkungan yang kurang menarik bagi lalat untuk berkembangbiak dan membantu mengurangi populasi lalat secara keseluruhan.

DAFTAR PUSTAKA

- Axtell, R. C. 1986. "Fly Control in Confined Livestock and Poultry Production." Technical Monograph. Ciba-Geigy, Greensboro, NC.
- Beaty, B. J., and Marquardt, W. C., Eds. 1996. "The Biology of Disease Vectors." Univ. Press of Colorado, Niwot.
- Bonnefoy X, Kampen H, Sweeney K 2008. Cockroaches. In Public health significance of urban pests. World Health Organization. Regional office for Europe, Scherfigsvej 8. 151 DK-2100 Copenhagen, Denmark, pp. 53-84.
- Bruce-Chwatt, L. J. 1980. "Essential Malariology." Heinemann, London
- Burns, D. A. 1992. Follicle mites and their role in disease. *Clinical and Experimental Dermatology* 17,152-155.
- Busvine, J. R. 1966. *Insects and Hygiene*. Methuen & Co. Ltd., London.
- Colloff, M. J. 1991b. A review of biology and allergenicity of the house-dust mite *Euroglyphus maynei* (Acari: Pyroglyphidae). *Exp. Appl. Acarol.* 11: 177-198.
- Curtis, C. F., Ed. 1989. "Appropriate Technology in Vector Control." CRC Press, Boca Raton, FL.
- Lindsay, D. R., Stewart, W. H., and Watt, J. 1953. Effect of fly control on diarrheal disease in an area of moderate morbidity. *Public Health Reports* 68, 361-367.
- Thomas, G. D., and Skoda, S. R., Eds. 1993. "Rural Flies in the Urban Environment?" North Central Regional Research Publication No. 335, Institute of Agriculture and Natural Resources. Univ. of Nebraska, Lincoln.

BAB 7

MODUL PENGENDALIAN VEKTOR KECOAK

Oleh Th Teddy Bambang Soedjadi

7.1 Kecoak Sebagai Vektor Penyakit

Pengendalian vector adalah semua bentuk kegiatan atau Tindakan yang ditujukan untuk dapat menurunkan Tingkat keberadaan populasi vector menjadi serendah mungkin sehingga keberadaan nya tidak lagi berisiko untuk terjadinya penularan penyakit atau menghindari kontak Masyarakat dengan vektor serangga sehingga penularan penyakit tular vektor dapat dicegah

Serangga vektor merupakan kelas arthropoda yang dapat menularkan, memindahkan, atau dapat menjadi suatu sumber penularan penyakit bagi manusia. Serangga vector yang berperan sebagai suatu penularan penyakit yang dikenal dengan arthropode borne disease, yaitu penyakit bersifat endemis yang dapat menimbulkan wabah penyakit atau sebuah Kejadian Luar Biasa (KLB) serta dapat menimbulkan bahaya bagi Kesehatan manusia sampai pada kematian (Kemenkes RI, 2017).

Penyakit menular saat ini masih menjadi suatu masalah kesehatan masyarakat yang besar, ditambah juga dengan meningkatnya angka kejadian dan beberapa penyakit yang ditimbulkan berbasis lingkungan sekitar. Penyakit menular ini dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti penjamu, lingkungan, vektor pembawa dan perilaku manusia yang kurang menjaga kebersihan sekitar lingkungannya.

Salah satu bentuk serangga yang dapat bertindak menjadi vektor penyakit adalah kecoa. Keberadaannya telah ada lebih dari ratusan juta tahun yang lalu, hal ini dapat dibuktikan dengan ditemukan beberapa fosil-fosil yang diperkirakan sudah berumur lebih dari 300 juta tahun yang lalu. Kecoak merupakan suatu serangga yang dapat menyesuaikan diri dengan

kehidupan di lingkungan sekitar manusia. Buntu Serangga ini adalah gepeng dengan pada umumnya bersayap sempurna, tetapi terkadang ada yang memiliki sayap yang tidak tumbuh (Nadeak dkk., 2016). Kecoa merupakan serangga hama yang dapat mengganggu kehidupan manusia karena dapat meninggalkan bau yang tidak sedap di hirup, selain itu juga kecoa merupakan salah satu insekta yang berperan sebagai vector pembawa penyakit yang cukup banyak ditemukan di dalam rumah masyarakat, gedung-gedung yang berarea lembab, termasuk dalam restoran ataupun rumah makan.

Sumber makanan kecoa adalah bahan-bahan organik atau sisa makanan di dapur yang sudah membusuk, dan kecoa juga dapat memakan hampir semua bahan yang ada di area dapur. Namun kecoa rumah (*Periplaneta americana*) memakan banyak jenis makanan termasuk segala makanan yang biasanya dikonsumsi oleh manusia yakni mengandung karbohidrat, protein, air dan lemak yang tinggi karena pada saat reproduksi serangga ini membutuhkan karbohidrat yang optimal bagi pertumbuhan. Penularan penyakit dapat terjadi melalui organisme patogen sebagai bibit penyakit yang terdapat pada sampah atau sisa makanan, dimana organisme tersebut terbawa oleh kaki atau bagian tubuh lainnya dari kecoa, kemudian melalui organ tubuh kecoa, organisme sebagai bibit penyakit tersebut menkontaminasi makanan. Kecoa dapat mengkontaminasi makanan manusia dengan membawa agent berbagai penyakit yang berhubungan dengan pencernaan seperti diare, demam typhoid, disentri, virus hepatitis a, polio dan kolera.

Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 50 Tahun 2017 Tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan Dan Persyaratan Kesehatan Untuk Vektor Dan Binatang Pembawa Penyakit menyebutkan bahwa standar baku mutu yang diperbolehkan adalah < 2 ekor dengan satuan ukur angka rata-rata populasi kecoa. Apabila ditemukan ≥ 2 ekor maka harus dilakukan upaya tindak lanjut.

7.2 Anatomi Dan Siklus Hidup Kecoa

Gambaran umum tentang anatomi dan siklus hidup kecoa.

Kecoa memiliki 3 bagian tubuh utama yaitu caput (kepala), thorax (dada) dan abdomen (perut). Pada segmen thorak terdapat 3 pasang kaki dengan tipe alat kaki yang memiliki ukuran dan bentuk yang sama dimana tipe alat kaki seperti ini digunakan untuk berlari sedangkan tipe mulut kecoa adalah menggigit dan mengunyah.

Kecoa memiliki 3 bagian tubuh utama yang terdiri dari :

1. Caput (Kepala) Pada bagian kepala terdapat mulut yang digunakan untuk mengunyah, terdapat sepasang mata majemuk yang dapat membedakan gelap dan terang. Di kepala terdapat sepasang antena yang panjang alat indra yang dapat mendeteksi bau-bauan dan vibrasi di udara. Dalam keadaan istirahat kepalanya ditundukkan kebawah pronotum yang berbentuk seperti perisai.
2. Thorax (Dada) Pada bagian dada terdapat tiga pasang kaki dan sepasang sayap yang dapat menyebabkan kecoa bisa terbang dan berlari dengan cepat. Terdapat struktur seperti lempengan besar yang berfungsi menutupi dasar kepala dan sayap, dibelakang kepala disebut pronotum.
3. Abdomen (Perut) Badan atau perut kecoa merupakan bangunan dan sistem reproduksi, kecoa akan mengandung telur-telurnya sampai telurtelurnya siap untuk menetas. Dari ujung abdomen terdapat sepasang cerci yang berperan sebagai alat indra. Cerci berhubungan langsung dengan kaki melalui ganglia saraf abdomen (otak sekunder) yang paling penting dalam adaptasi pertahanan. Apabila kecoa merasakan adanya gangguan pada cerci maka kakinya akan bergerak lari sebelum otak menerima tanda atau sinyal (Rokhmah, 2016).

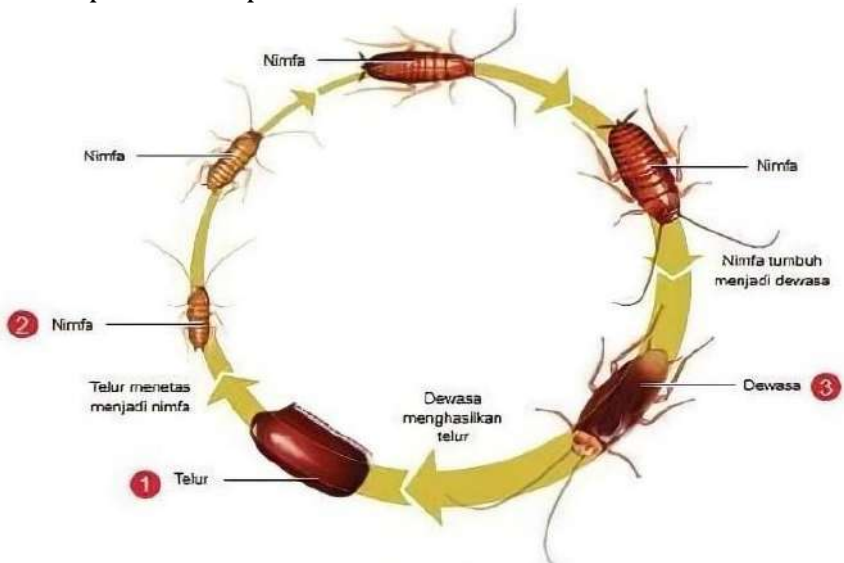
Kecoa adalah serangga dengan metamorfosa tidak lengkap, hanya melalui tiga stadia (tingkatan perkembangan), yaitu stadium telur, stadium nimfa, dan stadium dewasa yang dapat dibedakan jenis jantan dan betinanya. Kecoa memiliki siklus hidup atau metamorfosis yang tidak sempurna karena hanya memiliki tiga tahap saja yaitu telur --- nimfa (bayi kecoa) --- dewasa. Tahap pertama adalah telur. Setelah telur

menetas akan menjadi nimfa. Dari telur kecoa menetas menjadi nimfa perlu waktu 30-40 hari. Nimfa adalah tahapan tubuh hewan muda. Nimfa pada kecoa memiliki bentuk tubuh yang hampir sama dengan kecoa dewasa, tetapi ukuran nimfa lebih kecil dan belum memiliki sayap. Nimfa kemudian menjadi kecoa muda dan hampir menjadi kecoa dewasa. Setelah 5-6 bulan, nimfa mengalami pergantian kulit berkali-kali hingga menjadi kecoa dewasa. Setelah dewasa, kecoa akan bertelur, dan telur tersebut akan menetas. Tahapan perubahan bentuk akan terulang lagi.

1. Fase Telur Pada stadium telur, kecoa membutuhkan waktu 30 sampai 40 hari sampai telur menetas. Telur kecoa diletakkan secara berkelompok dan dilindungi oleh selaput keras yang disebut kapsul telur atau ootheca. Satu kapsul telur biasanya berisi 30 sampai 40 telur. Pada kecoa *P.americana* mampu menghasilkan 86 kapsul telur dengan selang waktu peletakan telur yang satu dengan lainnya rata-rata 4 hari dan telur kecoa *P.americana* menetas setelah kurang lebih berumur 2 bulan. Induk kecoa meletakkan kapsul telur di tempat tersembunyi seperti sudut-sudut dan permukaan sekatan kayu dan dibiarkan sampai menetas. Namun, ada beberapa jenis kecoa yang kapsul telurnya menempel pada ujung abdomen induknya sampai menetas. Sepasang kecoa mampu menghasilkan keturunan sebanyak 35.000 per tahun.
2. Fase Nimfa Sebuah kapsul telur yang telah dibuahi oleh kecoa jantan akan menghasilkan Nimfa. Nimfa yang baru keluar dari kapsul telur biasanya berwarna putih, seiring bertambahnya umur warna ini akan berubah menjadi coklat dan seekor nimfa akan mengalami pergantian kulit beberapa kali sampai dia menjadi dewasa untuk kecoa *P.americana* dengan 13 pergantian kulit. Lamanya stadium nimfa ini berkisar 5-6 bulan, pada kecoa *P.americana* stadium nimfa bisa dikenali dengan jelas yaitu dengan tidak adanya sayap pada tubuhnya sayap itu akan muncul manakala kecoa ini sudah mencapai stadium dewasa, dengan adanya sayap pada

stadium dewasa ini menjadikan kecoa lebih bebas bergerak dan berpindah tempat.

3. Pada fase dewasa kecoa amerika memiliki panjang 35mm dan lebar 13mm, umur kecoa dewasa bisa hidup hingga 1-2 tahun dan pada fase ini adanya tumbuh sayap yang bisa digunakan terbang jarak pendek sehingga menjadikan kecoa lebih bebas bergerak dan berpindah tempat



Gambar 7.1. Siklus Hidup Kecoa

7.3 Identifikasi kecoa

7.3.1 Jenis – jenis kecoa yang umum ditemui

Kecoa adalah serangga yang masih menjadi parasit terbesar yang menimbulkan masalah kesehatan di dunia. Diperkirakan terdapat sekitar 4.000 spesies kecoa yang terdapat di dunia. Namun, yang paling sering kita temui hanya empat spesies yang hidup dekat dengan manusia adalah *Blatella germanica* (kecoa jerman), *Periplaneta Americana* (kecoa Amerika), *Supella longipalpa* (kecoa pita coklat) dan, *Blatta orientalis*(kecoa oriental).

Di Indoneia, spesies yang paling sering kita temui adalah kecoa Amerika (*Periplaneta americana*) dan kecoa

Jerman (*Blatella germanica*).

7.3.2 Ciri - ciri fisik yang membedakan kecoa

1. Kecoa amerika (*Periplaneta americana*)
 - a. Kecoa amerika dewasa memiliki panjang 34 – 40 mm
 - b. Berwarna merah kecoklatan dan mengkilat
 - c. Kecoa Amerika jantan mempunyai sayap lebih panjang daripada tubuhnya, sedangkan kecoa betina memiliki sayap yang
 - d. Tumpang tindih dengan bagian perut mereka siklus hidup kecoa amerika
 - e. Ootheca (kantong telur) berisi hingga 16 telur dan dibawa oleh betina selama beberapa hari sebelum disimpan
 - f. Menetas dalam waktu 1 - 2 bulan
 - g. Nimfa membutuhkan waktu 6 - 12 bulan untuk berkembang biak, tetapi tidak menutup kemungkinan memakan waktu hingga 15 bulan.



Gambar 7.2. Kecoa Amerika Jantan Dewasa, *Periplaneta americana* (Linnaeus). Foto oleh PG Koehler, Universitas Florida.

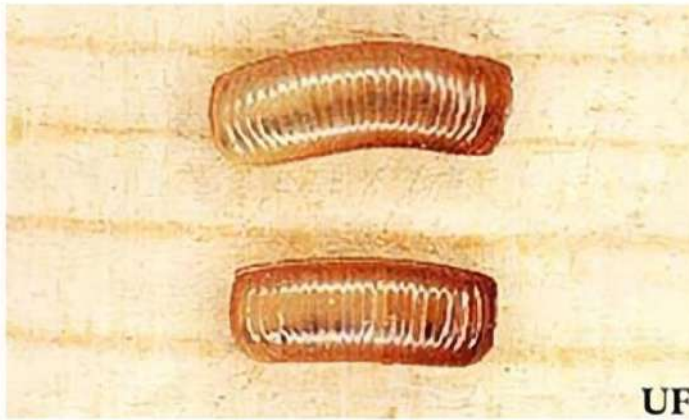


Gambar 7.3. Kecoa Amerika Betina Dewasa, *Periplaneta americana* (Linnaeus). Foto oleh PG Koehler, Universitas Florida

2. Kecoa german (*Blattella germanica*)

Kecoak Jerman, atau *Blattella germanica*, memiliki ciri-ciri fisik yang khas, seperti ukuran tubuh yang relatif kecil, warna coklat atau kehitaman dengan garis-garis atau pola-pola gelap di tubuhnya, sayap yang cukup pendek dan tidak dapat digunakan untuk terbang, antena yang panjang dan ramping, serta kaki yang proporsional dengan tubuhnya. Ciri-ciri kecoa jerman *Blattella germanica* :

- a. Memiliki 2 garis berwarna gelap yang memanjang pada bagian pronotum (pelindung kepala)
- b. Kecoak Jerman dewasa mempunyai panjang 10 - 15 mm.
- c. Kecoak Jerman jantan berwarna coklat kekuningan dengan bentuk badanyang menyerupai lidah dan lebih panjang dibandingkan betina.
- d. Kecoak Jerman betina berwarna lebih gelap dengan ukuran perut yang lebih besar.



Gambar 7.4. Oothecae (Kotak Telur) Keco Jerman, *Blattella Germanica* (Linnaeus). Foto Oleh James Castner, Universitas Florida.



Gambar 7.5. Nimfa Instar Pertama Yang Muncul Dari Oothecae (Kotak Telur) Keco Jerman, *Blattella Germanica* (Linnaeus). Foto Oleh James Castner, Universitas Florida.



Gambar 7.6. Keco Jerman Jantan, *Blattella Germanica* (Linnaeus).

Foto Oleh James Castner, Universitas Florida



Gambar 7.7. Keco Jerman Betina Dewasa, *Blattella Germanica* (Linnaeus). Foto Oleh James Castner, Universitas Florida

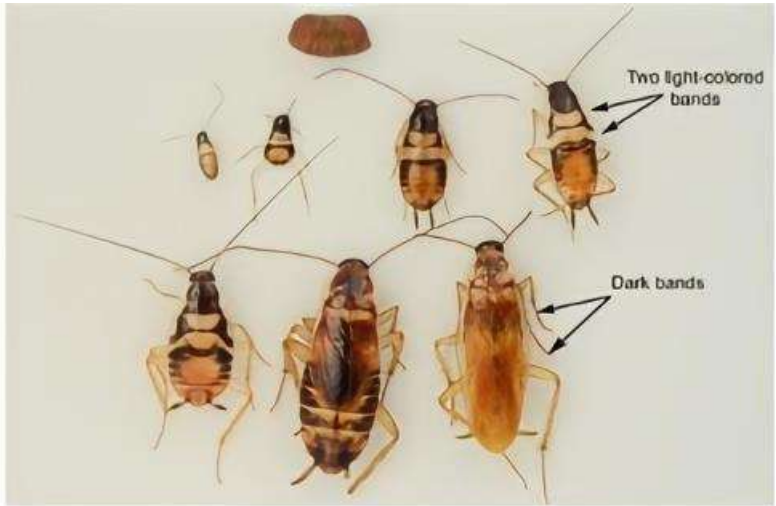
3. Kecoa bergaris coklat (*Supella longipalpa*)

Kecoa dewasa mempunyai panjang 10-14 mm yang merupakan salah satu kecoa hama terkecil. Garis-garis kuning coklat disepanjang perut. Siklus hidup Kecoa betina menghasilkan hingga 13 ootheka (kantong telur), setiap kantong telur memuat 16 telur. Nimfamembutuhkan waktu 55 hari untuk tumbuh menjadi dewasa. Pada kondisi suhu ideal (30°C), kecoa dewasa hidup selama 90-115 hari. Kecoa pita coklat menyerupai kecoa Jerman (*Blattella germanica*) dengan ukuran dan bentuk tubuh yang kecil, namun dapat dibedakan dengan tidak adanya dua garis pronotal berwarna gelap.

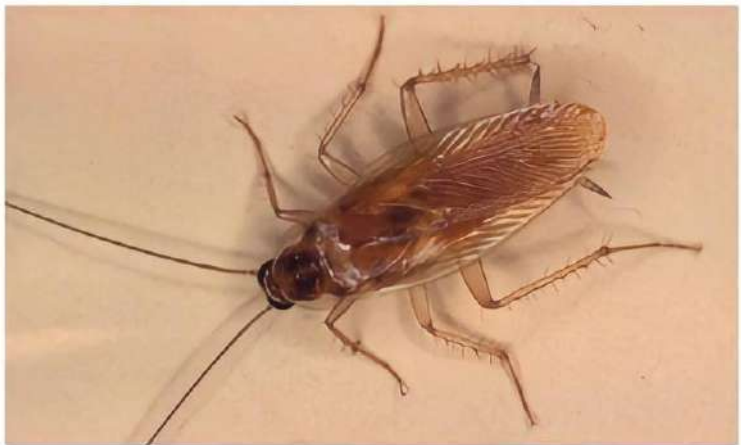
Jantan dewasa (13-14,5 mm) lebih panjang dibandingkan betina dewasa (10-12 mm), namun betina lebih kuat (Cornwell 1968). Dua pita gelap yang terdiri dari garis-garis horizontal dapat ditemukan pada sayap yang tertutup. Jantan bisa terbang bila diganggu dan betina tidak bisa terbang (Ebeling 1978). Jantan mempunyai sayap yang menutupi seluruh panjang perut, namun sayap betina lebih pendek dari pada perut. Selain itu, kecoa pita coklat betina memiliki perut yang jauh lebih besar dibandingkan kecoa jantan.



Gambar 7.8. Ootheca Kecoa Pita Coklat Yang Berkembang Sempurna Dan Terpisah. *Supella Longipalpa* Fabricius. Foto Oleh Lyle J.Buss. Universitas Florida.



Gambar 7.9. Tahapan kehidupan kecoa pita coklat, *Supella Longipalpa* Fabricus, Menunjukkan Ootheca (Baris Pertama), Nimfa Instar Lima (Baris Kedua Dan Individu Pertama Di Baris Ketiga) Dan Individu Dewasa Kedua Jenis Kelamin (Baris Ketiga). Foto Oleh Lyle J.Buss. Universitas Florida.



Gambar 7.10. Tampak Punggung Kecoa Pita Coklat Jantan, *SupellaLongipalpa* Fabricius. Foto Oleh James L. Castner, Universitas Florida.



Gambar 7.11. Pandangan Punggung Kecia Pita Coklat Betina,,
Supella Longipalpa Fabricius. Foto Oleh James L. Castner,
Universitas Florida.

4. Kecoa *Blatta orientalis* (kecoa oriental)
kecoa ini warna tubuhnya coklat tua mengkilat atau coklat kemerahan (gambir) sampai kehitaman. Lipas betina berukuran panjang 22-27 mm dengan abdomen lebar dan stubby wings atau kurang berkembang, sehingga nampak seperti lipas pradewasa (nimfa). kecoa jantan berukuran panjang 25 mm, langsing, dan sayapnya hanya menutupi dua pertiga bagian abdomen atas. kecoa oriental memakan bahan-bahan organik yang membusuk dan mempunyai reputasi yang menjijikkan di antara spesies yang menyerang hunian manusia. Di luar rumah, serangga ini ditemukan ditempat yang lembab dan dingin seperti di bawah dedaunan yang membusuk atau batu, bunga dan berbagai tanaman kebun, ditempat sampah dan kotoran lainnya, serta sistem pembuangan air. Kadang-kadang, selama periode dingin yang tak menentu atau saat mulai musim gugur, pasti banyak kelompok kecoa yang berpindah ke bangunan hunian manusia. kecoa ini menyerang bangunan buatan manusia melalui pipa aliran

pembuangan, retakan fondasi, ventilasi dan pintu rumah yang tidak tertutup dengan baik. Secara umum, spesies ini tidak menjadi melimpah di dalam gedung, tetapi populasi bisa menjadi besar pada suatu saat terutama di saluran pembuangan, got, lembab ruang bawah tanah, beranda, dan lokasi basah lainnya.



Gambar 7.12. Kecoa Oriwntal Betina, *Blatta Orientalis* Linnaeus.
Foto Oleh Rebecca W.Baldwin, Universitas Florida.



Gambar 7.13. Kecoa Oriwntal Jantan, *Blatta Orientalis* Linnaeus.
Foto Oleh Rebecca W.Baldwin, Universitas Florida.



Gambar 7.14. Kotak Telur (Ootheca) Dan Nimfa Instar Awal Kecoa Oriental, *Blatta Orientalis* Linnaeus.

Foto Oleh Paul M.Choate, Universitas Florida



Gambar 7.15. Nimfa Instar Akhir Kecoa Oriental, *Blatta Orientalis* Linnaeus.

Foto Oleh Paul M.Choate, Universitas Florida

7.4 Bahaya Dan Dampak Pada Kesehatan

Sebagai vector mekanik bagi beberapa mikro organisme patogen. Sebagai inang perantara bagi beberapa spesies cacing. Kecoa seringkali mengganggu kenyamanan dan estetika karena menimbulkan bau, pencetus alergi, membawa bakteri serta

parasit, serta meninggalkan noda pada dinding, lantai, dan perabot rumah. Penyakit yang dapat ditularkan melalui kecoa diantaranya typhus, toksoplasma, asma, TBC, kolera. (WHO, 2019).

Proses ini dapat berlangsung dimungkinkankarena bibit penyakit yang terdapat pada sampah atau sisa makanan (sebagai habitat Kecoak) terbawa kaki atau bagian tubuh Kecoak, dan mencemari makanan kita Kecoak merupakan vektor mekanik beberapa mikroorganisme seperti *Streptococcus* sp, *Salmonella* sp, *Shigella* sp, *Campylobacter* sp, *Pseudomonas aeruginosa*, *Mycobacterium* sp, *Klebsiella pneumonia* dan di tubuhnya terdapat ektoparasit dan endoparasit yang didominasi oleh nematoda. sehingga kecoa mampu menyebarkan penyakit disentri, diare, cholera. Dan sebanyak 3,3 % kecoa domestik telah terkontaminasi *Salmonella enteritidis*. Selain mikroba patogen, pada tubuh kecoa juga terdapat parasit. Parasit tersebut berada di dalam dan bagian luar tubuh kecoa, ditemukan dalam stadium telur dan larva. Adapun spesies nematoda yang ditemukan pada tubuh kecoa antara lain; *Ascaris lumbricoides*, *Oxyuris vermicularis* *Trichuris trichiura*, cacing tambang. (Nababan, 2004)

Beberapa penyakit akibat vektor kecoa:

1. Demam Tifoid (Tifus)

Tifus (tipes) atau demam tifoid adalah penyakit yang terjadi karena infeksi bakteri *Salmonella typhi* yang menyebar melalui makanan dan minuman yang telah terontaminasi. Penyakit yang banyak terjadi di negara-negara berkembang dan dialami oleh anak-anak ini dapat membahayakan nyawa jika tidak ditangani dengan baik dan secepatnya. Tifus dapat menular dengan cepat. Infeksi demam tifoid terjadi ketika seseorang mengonsumsi makanan atau minuman yang telah terkontaminasi sejumlah kecil tinja yang mengandung bakteri. Pada kasus yang jarang terjadi, penularan juga bisa terjadi akibat terkena urine yang terinfeksi bakteri.

2. Toksoplasmosis

Toxoplasmosis merupakan suatu penyakit zoonosis yang

disebabkan oleh *Toxoplasma gondii*. Infeksi *Toxoplasma gondii* menyebar pada sebagian besar penduduk dunia, tapi sedikit saja yang bermanifestasi klinis secara nyata (Widagdo, 2012). Seropositivitas dari *Toxoplasma gondii* di daerah Amerika Tengah, Pasifik Selatan serta Eropa Barat mencapai angka 90% pada empat dekade terakhir (Foster, 2007). Pada mayoritas populasi manusia, seroprevalensi parasit meningkat seiring dengan bertambahnya usia, dan bervariasi pada jenis kelamin. Ookista juga hidup lebih lama di lingkungan dengan tingkat kelembaban tinggi dan pada daerah dengan ketinggian rendah.

3. Asma

Asma adalah jenis penyakit jangka panjang atau kronis pada saluran pernapasan yang ditandai dengan peradangan dan penyempitan saluran napas yang menimbulkan sesak atau sulit bernapas. Selain sulit bernapas, penderita asma juga bisa mengalami gejala lain seperti nyeri dada, batuk-batuk, dan mengi. Asma bisa diderita oleh semua golongan usia, baik muda atau tua. Meskipun penyebab pasti asma belum diketahui secara jelas, namun ada beberapa hal yang kerap memicunya, seperti asap rokok, debu, bulu binatang, aktivitas fisik, udara dingin, infeksi virus, atau bahkan terpapar zat kimia

4. TBC (Tuberculosis)

Tuberkulosis adalah penyakit menular langsung yang disebabkan oleh kuman TBC (*Mycobacterium tuberculosis*) (Kemenkes RI, 2013). Tuberkulosis adalah penyakit infeksius, yang terutama menyerang parenkim paru. Sebagian besar kuman TBC menyerang paru, tetapi dapat juga mengenai organ tubuh lainnya termasuk meninges, ginjal, tulang, dan nodus limfe (Smeltzer&Bare,2002). Tuberkulosis merupakan infeksi bakterikronik yang disebabkan oleh *Mycobacterium tuberculosis* dan ditandai oleh pembentukan granuloma pada jaringan yang terinfeksi dan oleh hipersensitifitas

yang diperantarai sel (*cell-mediated hypersensitivity*) (Kemenkes RI, 2011). Penyakit tuberculosis disebabkan oleh kuman *Mycobacteri* umtuberculosis. Kuman ini berbentuk batang, mempunyai sifat khusus yaitu tahan terhadap asam pada pewarnaan. Oleh karena itu disebut pula sebagai Basil Tahan Asam (BTA) (kemenkes RI, 2011). Sumber penularan adalah penderita TBC BTA (+) yang ditularkan dari orang ke orang oleh transmisi melalui udara.

5. Kolera Kolera adalah penyakit infeksi akut yang disebabkan oleh bakteri *Vibrio Cholerae* yang masuk ke dalam tubuh melalui makanan dan minuman yang dikonsumsi oleh penderita. Bakteri tersebut mengeluarkan racunnya pada saluran usus sehingga terjadi diare (*diarrhoea*) disertai muntah yang hebat. Akibatnya seseorang kehilangan cairan tubuh yang banyak dan masuk pada kondisi dehidrasi. Apabila dehidrasi tidak segera ditangani akan menyebabkan kematian. Menurut Johnson (2004), kolera adalah penyakit yang telah lama menyerang manusia dan terus menjadi masalah bagi kesehatan masyarakat dunia. Penularan penyakit kolera ini dapat melalui air, makanan, dan sanitasi yang buruk. Pada tahun 2014 total kasus kolera sebanyak 190.549 dilaporkan ke WHO oleh 42 negara, 55% dari kasus berasal dari Afrika, 30% dari Asia dan 15% dari Hispaniola. Total kasus kematian akibat kolera sebanyak 2231 kematian yang dilaporkan oleh 24 negara. Diduga terdapat lebih dari 2 juta kasus dan hampir seratus ribu kematian karena kolera setiap tahunnya (WHO 2015). Penyebaran kolera tetap harus diwaspadai karena kurangnya perilaku hidup bersih dan sehat masyarakat disebagian daerah Indonesia (Unicef Indonesia 2012)

7.5 Metode Pengendalian Kecoa

Pengendalian vektor kecoa dapat dilakukan dengan berbagai cara, seperti secara sanitasi, biologis, mekanis, atau kimiawi. Pada umumnya cara kimiawi lebih banyak dilakukan oleh masyarakat seperti penyemprotan atau pengasapan, karena dinilai lebih praktis (EHW, 2005). Namun insektisida sintetik dalam usaha untuk membunuh serangga sebenarnya kurang efektif dan efek penggunaan insektisida dapat menimbulkan polusi yang akan membahayakan kelangsungan hidup manusia, binatang dan makhluk lainnya. Untuk menghindari kejadian yang dapat membahayakan hidup tersebut, maka pengendalian serangga dapat dilakukan dengan menggunakan insektisida nabati yang ramah lingkungan (Djojsumarto, 2008).

Secara umum insektisida nabati diartikan sebagai suatu insektisida yang berasal dari tumbuhan. Insektisida nabati bersifat mudah terurai (*biodegradable*) di alam sehingga tidak mencemari lingkungan (Djojsumarto, 2008). Senyawa tumbuhan yang diduga berfungsi sebagai insektisida yaitu tumbuhan yang memiliki senyawa kimia atau metabolit sekunder. Metabolit sekunder yang dapat dijadikan penangkal serangga antara lain dari golongan sianida, alkaloid, dan terpenoid. Selain itu insektisida nabati relatif murah karena dapat dibuat dengan menggunakan bahan-bahan yang ada di sekitar kita (Kuruseng dkk, 2009). Salah satu tumbuhan yang dapat digunakan sebagai insektisida nabati untuk mengendalikan serangga dan hama yaitu tumbuhan gadung. Umbi gadung bersifat racun. Sifat racun pada umbi gadung disebabkan oleh kandungan asam sianida (HCN) atau dioscorin (Santi, 2010). Sesuai dengan pernyataan Utami dan Haneda (2012), bahwa senyawa dioscorin yang terkandung dalam umbi gadung mempunyai efek insektisida. Sifat racun pada umbi gadung disebabkan oleh kandungan dioscorin, diosgenin, dan dioscinn yang dapat menyebabkan gangguan syaraf. Dioscorin juga merupakan racun yang bersifat pembangkit kejang apabila dikonsumsi oleh manusia dan hewan (Hasanah, 2012).

Ada beberapa metode pengendalian vektor kecoa yang umum digunakan, termasuk:

1. Sanitasi: Menjaga kebersihan lingkungan adalah langkah penting dalam pengendalian kecoa. Ini termasuk membersihkan sisa makanan, mengurangi genangan air, dan menyimpan makanan dalam wadah kedap udara.
2. Penggunaan racun atau insektisida: Insektisida khusus dapat digunakan untuk membunuh kecoa. Namun, penggunaan insektisida harus dilakukan dengan hati-hati dan sesuai petunjuk label.
3. Perangkap: Perangkap kecoa dapat digunakan untuk menangkap dan mengendalikan populasi kecoa di dalam rumah atau gedung.
4. Penggunaan predator alami: Beberapa spesies hewan, seperti cecak dan laba-laba, dapat menjadi predator alami bagi kecoa dan membantu mengendalikan populasi mereka.
5. Pemusnahan sarang: Mencari ke daerah yang lembab karena biasanya kecoa membuat sarang di area yang lembab dan menghancurkan sarang kecoa dapat membantu mengurangi populasi mereka.

Penting untuk menggunakan berbagai metode pengendalian bersama-sama untuk efektivitas maksimum dalam mengendalikan populasi kecoa.

7.6 Metode Pengendalian Kecoa Di Lingkungan Rumah

1. Lingkungan yang tidak higienis
Salah satu penyebab utama mengapa banyak kecoa di rumah adalah karna lingkungan yang tidak higienis.jadi jika rumah tidak dibersihkan secara teratur atau sisa makanan tidak disimpan dengan baik,ini dapat menjadi undangan bagi kecoa untuk masuk dan tinggal
2. Ada celah dan lubang di rumah
Kecoa dapat memasuki rumah melalui celah celah kecil di dinding,lantai,atau bahkan disekitar pipa atau saluran air. Celah celah ini sering kali tidak terlihat dan menjadi pintu

masuk yang ideal bagi kecoak untuk bersembunyi dan berkembangbiak di rumah

3. Adanya sarang yang tidak di benahi

Kecoa cenderung mencari tempat yang gelap dan tersembunyi untuk membuat sarang dan berkembangbiak.jika ada area dalam rumah yang jarang di bersihkan atau dibiarkan tidak terawat,seperti dibalik lemari atau di dalam rak rak,ini dapat menjadi tempat ideal bagi kecoa untuk bersembunyi dan berkembangbiak.

4. Kondisi lingkungan yang tepat

Alasan mengapa banyak kecoa dirumah selanjutnya adalah karna kecoa menyukai lingkungan yang lembap dan hangat.Jika rumah anda memiliki Tingkat kelembapan yang tinggi atau suhu yang hangat,ini dapat menjadi kondisi yang ideal bagi kecoa,untuk berkembangbiak dan bertahan hidup.karnanya,kondisis itu perlu ditangani dengan serius.sebab,kecoa merupakan hewan yang dapat menjadi perantara parasite.

DAFTAR PUSTAKA

- Febri, A. (2020, march 15). *Pengendalian Kecoa*. Retrieved from SCRIBD:
[https://www.scribd.com/document/498740921/MAKALA H-VEKTOR-KECOA](https://www.scribd.com/document/498740921/MAKALA-H-VEKTOR-KECOA)
- Appel AG. 1997. Pendekatan nonkimia untuk pengendalian kecoa. *Jurnal Enkomologi Ekonomi* 14: 271-280.
- Thoms EM, Robinson WH. 1987. Persebaran dan pergerakan kecoa oriental (Orthoptera: Blattidae) di sekitar gedung apartemen. *Jurnal Entomologi Lingkungan* 16: 731-737.

BAB 8

PENGENDALIAN PINJAL DAN KUTU

Oleh Susanti Br Perangin-angin

8.1 Pendahuluan

Pinjal (cacing tambang) dan kutu merupakan dua jenis parasit yang umum ditemukan pada hewan ternak seperti sapi, domba, kambing, dan hewan lainnya. Kedua parasit ini dapat menyebabkan kerugian ekonomi yang signifikan dalam industri peternakan karena mengganggu kesehatan dan produktivitas hewan. Pengendalian efektif terhadap pinjal dan kutu sangat penting untuk mempertahankan kesehatan ternak dan meningkatkan hasil produksi peternakan.

Pinjal, atau cacing tambang, biasanya menginfeksi hewan melalui telur atau larva yang masuk ke dalam tubuh hewan melalui kulit atau mulut. Di dalam tubuh hewan, larva cacing ini dapat merusak organ-organ penting seperti paru-paru atau saluran pencernaan, yang dapat mengganggu fungsi normal hewan dan menyebabkan kerugian dalam produksi susu atau daging.

Kutu adalah parasit yang hidup di permukaan tubuh hewan, memakan darah atau jaringan kulit. Mereka dapat menyebabkan iritasi, kehilangan bulu, dan infeksi kulit pada hewan yang terinfeksi. Kutu juga dapat menyebabkan stres pada hewan yang berdampak negatif pada kesehatan secara keseluruhan (Ray M. Kaplan).

8.2 Pengertian

8.2.1 Pinjal

1. Robert L. Ridgway (1981):

Menyebutkan bahwa pinjal adalah serangga parasit eksternal yang hidup dengan menghisap darah dari inangnya. Pinjal dikenal dengan kemampuan melompatnya

yang luar biasa dan siklus hidupnya yang melibatkan metamorfosis lengkap (telur, larva, pupa, dewasa).

2. Thomas C. Cheng (1973):

Mengemukakan bahwa pinjal adalah vektor penting bagi berbagai penyakit, termasuk wabah pes yang ditularkan oleh pinjal tikus. Ia menekankan pentingnya pengendalian populasi pinjal untuk mencegah penyebaran penyakit.

3. Encyclopaedia Britannica:

Pinjal didefinisikan sebagai serangga kecil tanpa sayap dari ordo Siphonaptera, yang parasit pada mamalia dan burung dengan menghisap darah mereka. Mereka memiliki tubuh pipih yang memungkinkan mereka bergerak melalui bulu atau rambut inangnya.

8.2.2 Kutu

1. David M. Gaines (2003):

Kutu adalah parasit obligat pada manusia dan hewan yang hidup dengan menghisap darah. Mereka adalah penyebab utama penyakit pedikulosis dan dapat menjadi vektor bagi penyakit seperti tifus.

2. John D. Edman (2000):

Menyatakan bahwa kutu adalah serangga kecil dari ordo Phthiraptera yang beradaptasi untuk hidup sebagai parasit pada kulit atau bulu inangnya. Kutu kepala dan kutu tubuh pada manusia dapat menyebabkan iritasi kulit yang parah dan infeksi sekunder akibat garukan

3. World Health Organization (WHO):

Kutu didefinisikan sebagai serangga parasit kecil yang hidup di kulit dan rambut manusia. Mereka menyebabkan kondisi yang dikenal sebagai pedikulosis dan dapat menularkan penyakit seperti tifus epidemik dan demam kambuhan.

8.3 Jenis Pinjal dan Kutu

8.3.1 Jenis Pinjal

1. Pinjal Anjing (*Ctenocephalides canis*)

Deskripsi: Pinjal yang umumnya ditemukan pada anjing, namun juga dapat menyerang kucing dan manusia. Mereka

memiliki tubuh pipih yang memudahkan mereka bergerak melalui bulu inangnya.

Siklus Hidup: Telur → Larva → Pupa → Dewasa. Siklus ini biasanya memakan waktu 3-4 minggu tergantung kondisi lingkungan.

Dampak Kesehatan: Dapat menyebabkan dermatitis alergi pada anjing dan menjadi vektor bagi cacing pita (*Dipylidium caninum*).

2. Pinjal Kucing (*Ctenocephalides felis*)

Deskripsi: Jenis pinjal yang paling umum ditemukan pada kucing dan juga dapat menyerang anjing dan manusia. Mereka sangat mirip dengan pinjal anjing tetapi sedikit lebih kecil.

Siklus Hidup: Telur → Larva → Pupa → Dewasa. Siklus ini juga sekitar 3-4 minggu.

Dampak Kesehatan: Dapat menyebabkan iritasi kulit dan alergi pada kucing serta menjadi vektor bagi beberapa penyakit seperti bartonellosis (*cat scratch disease*).

3. Pinjal Manusia (*Pulex irritans*)

Deskripsi: Pinjal yang secara khusus menyerang manusia tetapi juga dapat ditemukan pada berbagai mamalia lainnya. Mereka memiliki kemampuan melompat yang luar biasa untuk berpindah dari satu inang ke inang lainnya.

Siklus Hidup: Telur → Larva → Pupa → Dewasa. Siklus hidup ini bergantung pada kondisi lingkungan, biasanya memakan waktu beberapa minggu.

Dampak Kesehatan: Dapat menyebabkan gatal-gatal dan iritasi pada kulit manusia serta berpotensi menyebarkan penyakit seperti wabah pes.

8.3.2 Jenis Kutu

1. Kutu Kepala (*Pediculus humanus capitis*)

Deskripsi: Kutu yang hidup di kulit kepala manusia dan menghisap darah. Ukurannya kecil, sekitar 2-3 mm panjangnya.

Siklus Hidup: Telur (nit) → Nimfa → Dewasa. Siklus ini memakan waktu sekitar 21 hari.

Dampak Kesehatan: Menyebabkan gatal dan iritasi pada kulit kepala. Infestasi berat dapat menyebabkan luka dan infeksi sekunder (Mullen, G., & Durden, L. (2009)

2. Kutu Tubuh (*Pediculus humanus humanus*)

Deskripsi: Kutu yang hidup di pakaian dan bergerak ke kulit untuk menghisap darah. Mereka sedikit lebih besar dari kutu kepala (Jacobs, D., Fox, M., Gibbons, L., & Hermosilla, C. 2016).

Siklus Hidup: Telur (nit) → Nimfa → Dewasa. Siklus ini juga sekitar 21 hari.

Dampak Kesehatan: Dapat menyebarkan penyakit seperti tifus epidemik dan relapsing fever.

3. Kutu Kemaluan (*Phthirus pubis*)

Deskripsi: Kutu yang hidup di rambut kemaluan, namun juga dapat ditemukan di bulu tubuh lainnya seperti alis dan bulu mata. Mereka lebih kecil dan berbentuk lebih lebar dibanding kutu kepala.

Siklus Hidup: Telur (nit) → Nimfa → Dewasa. Siklus ini juga sekitar 21 hari.

Dampak Kesehatan: Menyebabkan gatal-gatal dan iritasi pada daerah yang terinfestasi.

8.4 Siklus Hidup Pinjal dan Kutu

8.4.1 Siklus Hidup Pinjal

Pinjal mengalami metamorfosis sempurna yang terdiri dari empat tahap: telur, larva, pupa, dan dewasa (Roberts, L. S., & Janovy, J. 2009).

1. Telur:

Deskripsi: Telur pinjal berwarna putih, berbentuk oval, dan sangat kecil (sekitar 0.5 mm).

Durasi: Telur menetas dalam waktu 2-12 hari tergantung pada suhu dan kelembaban.

2. Larva:

Deskripsi: Larva pinjal berbentuk seperti ulat kecil, tidak memiliki kaki, dan memiliki rambut-rambut halus di tubuhnya. Mereka biasanya berwarna putih atau transparan.

- Durasi:** Tahap larva berlangsung sekitar 5-20 hari. Larva memakan materi organik seperti kotoran pinjal dewasa dan serpihan kulit.
3. **Pupa:**
Deskripsi: Larva berubah menjadi kepompong atau pupa dalam lingkungan yang lembab dan terlindung. Kepompong ini dapat melekat pada karpet, tempat tidur, atau retakan di lantai.
Durasi: Tahap pupa dapat berlangsung dari beberapa hari hingga beberapa bulan, tergantung pada kondisi lingkungan.
4. **Dewasa:**
Deskripsi: Pinjal dewasa keluar dari kepompong dan mulai mencari inang untuk menghisap darah. Pinjal dewasa dapat hidup hingga 100 hari atau lebih jika mereka menemukan inang yang cocok.
Reproduksi: Pinjal betina dewasa mulai bertelur dalam waktu 24-48 jam setelah menghisap darah dan dapat bertelur hingga 50 telur per hari.

8.4.2 Siklus Hidup Kutu

Kutu mengalami metamorfosis tidak sempurna yang terdiri dari tiga tahap: telur (nit), nimfa, dan dewasa (Durden, L. A., & Traub, R. 2002).

1. **Telur (Nit):**
Deskripsi: Telur kutu sangat kecil, oval, dan berwarna putih atau kekuningan. Telur ini melekat kuat pada rambut atau serat kain dengan zat perekat yang dihasilkan kutu betina.
Durasi: Telur menetas dalam waktu 7-10 hari.
2. **Nimfa:**
Deskripsi: Nimfa adalah bentuk kutu muda yang mirip dengan kutu dewasa tetapi lebih kecil dan belum sepenuhnya berkembang. Nimfa melewati tiga tahap perkembangan sebelum menjadi dewasa.
Durasi: Tahap nimfa berlangsung sekitar 9-12 hari. Nimfa membutuhkan darah untuk tumbuh dan berkembang.

3. Dewasa:

Deskripsi: Kutu dewasa memiliki tubuh yang pipih dan enam kaki yang kuat. Mereka berukuran sekitar 2-3 mm dan berwarna abu-abu atau cokelat.

Reproduksi: Kutu betina dewasa dapat bertelur hingga 10 telur per hari setelah kawin dan menghisap darah. Kutu dewasa dapat hidup sekitar 30 hari pada inang.

8.5 Gejala Infestasi Pinjal dan Kutu

8.5.1 Gejala Infestasi Pinjal

Infestasi pinjal dapat mempengaruhi hewan peliharaan dan manusia. Berikut adalah gejala yang umum terjadi:

1. Pada Hewan Peliharaan (Anjing dan Kucing)

Gatal-gatal dan Garukan Berlebihan: Hewan yang terinfestasi sering menggaruk, menggigit, atau menjilati area yang terkena.

- a. **Kemerahan dan Iritasi Kulit:** Daerah yang sering digaruk bisa mengalami kemerahan dan iritasi.
- b. **Kerontokan Bulu:** Infestasi berat dapat menyebabkan bulu rontok, terutama di area yang sering digaruk.
- c. **Kulit Berkerak atau Luka Terbuka:** Luka dan keropeng dapat terbentuk akibat garukan terus-menerus.
- d. **Melihat Pinjal atau Kotorannya:** Pinjal dewasa dan kotorannya (berwarna hitam kecil) dapat terlihat di bulu hewan atau di tempat tidur mereka.

2. Pada Manusia

- a. **Gatal dan Ruam:** Gigitan pinjal pada manusia menyebabkan bintik-bintik merah kecil yang sangat gatal, sering ditemukan di pergelangan kaki dan kaki.
- b. **Infeksi Sekunder:** Garukan berlebihan bisa menyebabkan luka terbuka yang rentan terhadap infeksi bakteri.
- c. **Reaksi Alergi:** Beberapa orang bisa mengalami reaksi alergi terhadap gigitan pinjal, menyebabkan ruam yang lebih luas dan lebih parah (Bonnefoy, X., Kampen, H., & Sweeney, K. 2008).

8.5.2 Gejala Infestasi Kutu

Infestasi kutu juga mempengaruhi manusia dan bisa sangat menjengkelkan (Meinking, T. L., & Taplin, D. 1996). Berikut adalah gejalanya:

1. Kutu Kepala (*Pediculus humanus capitis*)

- a. **Gatal-gatal Intens:** Gatal yang hebat pada kulit kepala, terutama di bagian belakang leher dan di sekitar telinga.
- b. **Ruam dan Iritasi:** Kulit kepala bisa menjadi merah dan iritasi akibat garukan.
- c. **Telur Kutu (Nit):** Telur kutu yang menempel kuat pada rambut dekat kulit kepala terlihat sebagai bintik-bintik putih atau kekuningan.
- d. **Melihat Kutu Dewasa:** Kutu dewasa dapat terlihat merayap di kulit kepala atau rambut.

2. Kutu Tubuh (*Pediculus humanus humanus*)

- a. **Gatal-gatal:** Gatal yang intens di area tubuh yang tertutup pakaian.
- b. **Ruam Kulit:** Kulit bisa menunjukkan bintik-bintik merah atau ruam yang gatal.
- c. **Infeksi Sekunder:** Garukan bisa menyebabkan luka terbuka dan infeksi bakteri sekunder.
- d. **Melihat Kutu dan Telur di Pakaian:** Kutu dan telurnya sering ditemukan di lipatan pakaian dan jahitan.

3. Kutu Kemaluan (*Phthirus pubis*)

- a. **Gatal-gatal:** Gatal parah di daerah genital, terutama di malam hari.
- b. **Bintik Biru di Kulit:** Bintik-bintik biru kecil mungkin muncul di daerah gigitan karena reaksi tubuh terhadap air liur kutu.
- c. **Melihat Kutu:** Kutu dewasa dan telurnya bisa terlihat di rambut kemaluan dan kadang-kadang di bulu tubuh lainnya.

8.6 Jenis Penyakit Yang Disebabkan Pinjal dan Kutu

8.6.1 Penyakit yang Disebabkan oleh Pinjal

1. Wabah Pes (*Plague*)

- a. **Penyebab:** Bakteri *Yersinia pestis*.
- b. **Vektor:** Pinjal tikus (*Xenopsylla cheopis*).
- c. **Gejala:** Demam tinggi, menggigil, kelemahan, pembengkakan kelenjar getah bening (bubo), dan dalam kasus yang lebih parah, sepsis atau pneumonia.
- d. **Penyebaran:** Melalui gigitan pinjal yang telah terinfeksi oleh darah tikus yang terinfeksi *Yersinia pestis*.

2. Tifus Murine (*Murine Typhus*)

- a. **Penyebab:** Bakteri *Rickettsia typhi*.
- b. **Vektor:** Pinjal tikus (*Xenopsylla cheopis*).
- c. **Gejala:** Demam, sakit kepala, ruam, dan nyeri otot.
- d. **Penyebaran:** Melalui gigitan pinjal yang terinfeksi atau menghirup kotoran pinjal yang terinfeksi.

3. Bartonellosis (*Cat Scratch Disease*)

- a. **Penyebab:** Bakteri *Bartonella henselae*.
- b. **Vektor:** Pinjal kucing (*Ctenocephalides felis*).
- c. **Gejala:** Demam, pembengkakan kelenjar getah bening, dan kelelahan.
- d. **Penyebaran:** Melalui gigitan atau cakaran kucing yang terinfeksi.

8.6.2 Penyakit yang Disebabkan oleh Kutu

1. Tifus Epidemik (*Epidemic Typhus*)

- a. **Penyebab:** Bakteri *Rickettsia prowazekii*.
- b. **Vektor:** Kutu tubuh (*Pediculus humanus humanus*).
- c. **Gejala:** Demam tinggi, sakit kepala parah, ruam, nyeri otot, dan delirium.
- d. **Penyebaran:** Melalui gigitan kutu yang terinfeksi atau kontak dengan feses kutu yang mengandung bakteri.

2. Demam Kambuhan (*Relapsing Fever*)

- a. **Penyebab:** Bakteri *Borrelia recurrentis*.
- b. **Vektor:** Kutu tubuh (*Pediculus humanus humanus*).

- c. **Gejala:** Episode demam tinggi berulang, sakit kepala, nyeri otot, dan mual.
 - d. **Penyebaran:** Melalui gigitan kutu yang terinfeksi atau kontak dengan feses kutu yang mengandung bakteri.
- 3. Pedikulosis (Infestasi Kutu)**
- a. **Penyebab:** Infestasi oleh kutu kepala (*Pediculus humanus capitis*), kutu tubuh (*Pediculus humanus humanus*), atau kutu kemaluan (*Phthirus pubis*).
 - b. **Gejala:** Gatal intens, ruam, dan iritasi kulit. Pada kutu kepala, mungkin terlihat telur (nit) di rambut.
 - c. **Penyebaran:** Melalui kontak langsung dengan individu terinfestasi atau berbagi barang pribadi seperti sisir, topi, atau pakaian (Jacobs, D., Fox, M., Gibbons, L., & Hermosilla, C. 2016)

8.7 Pencegahan Pinjal dan Kutu

Pencegahan infestasi pinjal dan kutu melibatkan berbagai strategi yang mencakup kebersihan, pengendalian lingkungan, dan penggunaan produk antiparasit. Berikut adalah penjelasan mengenai langkah-langkah pencegahan yang dapat dilakukan:

8.7.1 Pencegahan Pinjal

1. Kebersihan Lingkungan

- a. **Membersihkan Rumah Secara Rutin:** Vakum karpet, perabotan, dan tempat tidur hewan peliharaan secara rutin. Ini membantu menghilangkan telur, larva, dan pinjal dewasa.
- b. **Mencuci Barang-Barang Hewan Peliharaan:** Cuci tempat tidur, selimut, dan mainan hewan peliharaan secara rutin dengan air panas untuk membunuh pinjal dan telur mereka.

2. Perawatan Hewan Peliharaan

- a. **Penggunaan Produk Antiparasit:** Gunakan produk antiparasit seperti spot-on, semprotan, atau kerah anti-pinjal yang direkomendasikan oleh dokter hewan.

- b. **Penyisiran Rutin:** Menyisir bulu hewan peliharaan dengan sisir pinjal untuk menghilangkan pinjal dewasa dan telur.
- c. **Memandikan Hewan:** Memandikan hewan peliharaan secara rutin dengan shampo antiparasit.

3. Pengendalian Lingkungan

- a. **Penggunaan Insektisida:** Semprotkan insektisida di area yang sering dikunjungi oleh hewan peliharaan, seperti tempat tidur dan perabotan.
- b. **Penggunaan Regulator Pertumbuhan Serangga (IGR):** Produk yang mengandung IGR dapat digunakan di rumah untuk mencegah perkembangan pinjal menjadi dewasa. (Rust, M. K., & Dryden, M. W,1997).

8.7.2 Pencegahan Kutu

1. Kebersihan Pribadi dan Lingkungan

- a. **Menjaga Kebersihan Diri:** Mandi dan mencuci rambut secara rutin dengan shampo yang mengandung bahan antiparasit jika diperlukan.
- b. **Menghindari Berbagi Barang Pribadi:** Jangan berbagi sisir, topi, bantal, atau handuk dengan orang lain untuk mencegah penyebaran kutu.
- c.

2. Pembersihan Pakaian dan Tempat Tidur

- a. **Mencuci dengan Air Panas:** Cuci pakaian, seprai, dan handuk dengan air panas untuk membunuh kutu dan telurnya.
- b. **Mengeringkan dengan Suhu Tinggi:** Keringkan pakaian dan tempat tidur dengan suhu tinggi untuk memastikan kutu dan telur mati.

3. Penggunaan Produk Antiparasit

- a. **Shampo Antikutu:** Gunakan shampo yang mengandung permetrin, pyrethrin, atau bahan kimia lain yang efektif melawan kutu.
- b. **Penggunaan Losion atau Krim:** Produk topikal seperti losion atau krim yang mengandung permetrin dapat digunakan untuk pencegahan.

4. **Edukasi dan Pencegahan di Sekolah atau Tempat Kerja**
 - a. **Pemeriksaan Rutin:** Lakukan pemeriksaan rutin pada anak-anak di sekolah untuk mencegah penyebaran kutu kepala.
 - b. **Edukasi Tentang Pencegahan:** Berikan informasi kepada masyarakat tentang cara pencegahan infestasi kutu.

8.8 Pengendalian Pinjal dan Kutu

Pengendalian pinjal dan kutu dapat dilakukan dengan berbagai metode yang meliputi pendekatan fisik, biologi, kimia, dan lainnya. Berikut adalah penjelasan untuk masing-masing metode.

8.8.1 Pengendalian Pinjal

1. Pengendalian Fisik

- a. **Pembersihan Lingkungan:** Vakum secara rutin di rumah, terutama di area yang sering ditempati hewan peliharaan. Cuci tempat tidur, selimut, dan mainan hewan peliharaan secara rutin dengan air panas.
- b. **Perangkap Pinjal:** Menggunakan perangkap pinjal yang dilengkapi dengan cahaya dan lem untuk menangkap pinjal dewasa.
- c. **Penyisiran:** Menyisir bulu hewan peliharaan dengan sisir pinjal khusus untuk menghilangkan pinjal dan telur mereka.

2. Pengendalian Biologi

- a. **Penggunaan Nematoda:** Nematoda parasit seperti *Steinernema carpocapsae* dapat dilepaskan di lingkungan untuk menginfeksi dan membunuh larva pinjal.
- b. **Predator Alami:** Menggunakan predator alami seperti kumbang permanganat yang memakan larva pinjal.

3. Pengendalian Kimia

- a. **Insektisida:** Penggunaan insektisida yang mengandung bahan aktif seperti fipronil, imidacloprid, atau

selamectin pada hewan peliharaan. Produk ini tersedia dalam bentuk spot-on, semprotan, atau kerah anti-pinjal.

- b. Regulator Pertumbuhan Serangga (IGR):** Produk yang mengandung IGR seperti methoprene atau pyriproxyfen yang mengganggu siklus hidup pinjal dengan mencegah perkembangan telur dan larva menjadi dewasa.
- c. Fogger atau Aerosol:** Menggunakan fogger atau aerosol yang mengandung insektisida untuk mengendalikan pinjal di dalam rumah. Pastikan hewan peliharaan dan manusia tidak berada di area yang disemprot hingga bahan kimia mengering.

4. Pengendalian Lainnya

- a. Pengobatan Topikal dan Oral:** Pemberian obat topikal atau oral pada hewan peliharaan yang diresepkan oleh dokter hewan untuk membunuh pinjal dewasa dan mencegah infestasi ulang.
- b. Kombinasi Metode:** Menggabungkan berbagai metode pengendalian untuk mencapai hasil yang lebih efektif dan berkelanjutan (Jacobs, D., Fox, M., Gibbons, L., & Hermosilla, C, 2016).

8.8.2 Pengendalian Kutu

1. Pengendalian Fisik

- a. Pembersihan Diri dan Lingkungan:** Mandi secara rutin dan mencuci rambut dengan shampo anti-kutu khusus. Cuci pakaian, seprai, dan handuk dengan air panas.
- b. Penggunaan Sisir Kutu:** Menyisir rambut dengan sisir kutu yang memiliki gigi rapat untuk menghilangkan kutu dan telur dari rambut.

2. Pengendalian Biologi

- a. Tidak umum digunakan:** Pengendalian biologis tidak umum digunakan untuk kutu manusia. Pengendalian utama tetap pada metode fisik dan kimia.

3. Pengendalian Kimia

- a. **Shampo Medis:** Menggunakan shampo yang mengandung permetrin, pyrethrin, atau malathion untuk membunuh kutu dewasa.
- b. **Krim dan Losion:** Produk topikal seperti krim atau losion yang mengandung permetrin atau benzyl benzoate.
- c. **Pengobatan Oral:** Obat-obatan oral seperti ivermectin dapat diresepkan untuk infestasi kutu yang parah.

4. Pengendalian Lainnya

- a. **Pendidikan dan Pencegahan:** Edukasi mengenai cara pencegahan penyebaran kutu, seperti menghindari berbagi barang pribadi seperti sisir, topi, atau handuk
- b. **Penggunaan Insektisida pada Lingkungan:** Dalam kasus kutu tubuh, insektisida dapat digunakan pada pakaian dan tempat tidur untuk membunuh kutu dan telur mereka.

DAFTAR PUSTAKA

- Bonnefoy, X., Kampen, H., & Sweeney, K. (2008). Public Health Significance of Urban Pests. World Health Organization.
- Durden, L. A., & Traub, R. (2002). Fleas (Siphonaptera). In Medical and Veterinary Entomology (pp. 103-126). Academic Press
- Jacobs, D., Fox, M., Gibbons, L., & Hermosilla, C. (2016). Principles of Veterinary Parasitology. Wiley-Blackwell.
- Meinking, T. L., & Taplin, D. (1996). Infestations. In Textbook of Pediatric Dermatology. Harper & Row.
- Mullen, G., & Durden, L. (2009). Medical and Veterinary Entomology. Academic Press.
- Rust, M. K., & Dryden, M. W. (1997). The Biology, Ecology, and Management of the Cat Flea. Annual Review of Entomology, 42(1), 451-473.
- Roberts, L. S., & Janovy, J. (2009). Foundations of Parasitology. McGraw-Hill.

BIODATA PENULIS



Jernita Sinaga, SKM.MPH

Dosen Poltekkes Kemenkes Medan Jurusan Kesehatan Lingkungan

Jernita Sinaga, SKM.MPH, Lahir di Hutabayu Marubun, pada tanggal 08 Juni 1974. Tahun 2004 bergabung di Poltekkes Kemenkes Medan pada Jurusan Kesehatan Lingkungan dan Dosen Tetap pada tahun 2017 pada Politeknik Kesehatan Kementerian Medan Jurusan Kesehatan Lingkungan Menyelesaikan pendidikan Sarjana muda (1997) di Akademik Kesehatan Lingkungan meraih gelar (AMKL) dan Sarjana Kesehatan Masyarakat (2011) dengan ilmu minat Jurusan Kesehatan Lingkungan pada Universitas Sumatera Utara dengan gelar (SKM). Gelar Master of Public Health (MPH) diperoleh dari Program Studi Ilmu Kesehatan Masyarakat pada Fakultas Kedokteran Universitas Gadjah Mada Yogyakarta pada tanggal 19 Juli 2017, dengan Ilmu Kesehatan Lingkungan. Disiplin ilmu yang disandang adalah Ilmu Kesehatan Lingkungan.

BIODATA PENULIS



Dr. Muhammad Choirul Hidajat, SKM., M.Kes.

Peneliti pada Kelompok Riset Penyakit Tular Vektordan Zoonosis,
Pusat Riset Kesehatan Masyarakat dan Gizi, Organisasi Riset
Kesehatan, Badan Riset dan Inovasi Nasional

Penulis lahir pada 2 Juni 1970 di Temanggung, Bekerja sebagai peneliti dengan kepakaran pada bidang Epidemiologi dan Biostatistik di Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN). Lulus Pendidikan S1 dari FKM Undip, S2 pada program Field Epidemiology Training Program (FETP) UGM dan menyelesaikan S3 dari Fakultas Kedokteran Undip. Pernah berkarier sebagai PNS di Kabupaten Barito Kuala, Provinsi Kalimantan Selatan pada tahun 1995-2011. Dimulai dari Puskesmas Berangas, DKK Kabupaten Barito Kuala, Direktur RSUD H. Abdul Aziz Marabahan. Pada tahun 2011 Pindah tugas sebagai peneliti di B2P2VRP Salatiga - Badan Litbangkes kemenkes RI, dan sejak maret 2022 beralih menjadi peneliti di Badan Riset dan Inovasi Nasional. Beberapa penelitian terkait penyakit tular vektor telah dilakukan, dan konsentrasi saat ini melakukan penelitian di bidang resistensi vektor penyakit terhadap insektisida. Beberapa tulisan baik berupa buku ilmiah maupun artikel telah diterbitkan pada jurnal nasional dan internasional.

BIODATA PENULIS



Dr. Nurdin, SKM., MPH

Nurdin, Lahir di Padang Pariaman 16 Agustus 1966, lulus diploma III dari Akademi Penilik Kesehatan, Politeknik Kementerian Kesehatan Padang tahun 1989. Pada tahun 2000 lulus sarjana dari Fakultas Kesehatan Masyarakat, Departemen Kesehatan Lingkungan di Universitas Sumatera Utara. Pada tahun 2008 menyelesaikan Studi Pascasarjana di Fakultas Kedokteran Universitas Gadjah Mada pada Program Studi Magister Kesehatan Masyarakat, Pada tahun 2021 menyelesaikan Kurikulum Sekolah Penelitian Indonesia, Pada tahun 2023 menyelesaikan Studi Pascasarjana di Universitas Riau pada Program Studi Ilmu Lingkungan Program Doktor (S3).

Sejak tahun 2012 sekarang penulis merupakan Dosen tetap pada Program Studi Ilmu Kesehatan Masyarakat Universitas Fort De Kock Bukittinggi. Saat ini penulis mengampu mata kuliah: Filsafat Kesehatan, Kesehatan Lingkungan dan K3, Manajemen Mutu Pelayanan Kesehatan, Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan, Analisis Mengenai Dampak Lingkungan, Manajemen KLB, Manajemen Mutu dan *Hospital Safety*, dan Manajemen Pelatihan.

BIODATA PENULIS



Dr. Efriza, SKM, MKM

Dosen Program Studi Magister Kesehatan Masyarakat Fakultas
Kesehatan Universitas Fort De Kock

Penulis menyelesaikan pendidikan DIII di Akademi Penilik Kesehatan Politeknik Kemenkes Padang (1995), S1 pada Fakultas Kesehatan Masyarakat (peminatan Biostatistik) Universitas Sumatera Utara tahun 2002, S2 pada Fakultas Kesehatan Masyarakat (peminatan Biostatistik) Universitas Indonesia tahun 2006. Pada tahun 2021 menyelesaikan pendidikan S3 pada Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia.

Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Magister Kesehatan Masyarakat Fakultas Kesehatan, Universitas Fort De Kock Bukittinggi sejak tahun 2012 - sekarang. Saat ini penulis mengampu mata kuliah: Biostatistik, Manajemen dan Analisis Data, Metodologi Penelitian, Penulisan Ilmiah, Dasar Epidemiologi, Surveilans Epidemiologi, Manajemen Pengendalian Vektor dan Manajemen Penyakit Berbasis Lingkungan.

BIODATA PENULIS



Dra. Daawia M. Sc.

Dosen Program Studi Biologi Fakultas MIPA Universitas
Cenderawasih

Penulis lahir di Bau-Bau Sulawesi Tenggara tanggal 4 Maret 1968. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Biologi, FMIPA, Universitas Cenderawasih. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Biologi, FKIP, Universitas Cenderawasih dan melanjutkan S2 pada Jurusan Entomology, University of The Philippines Los Banos (UPLB). Bidang interest adalah Konservasi alam khususnya pelestarian kupu-kupu.

BIODATA PENULIS



Th Teddy Bambang Soedjadi SKM.M.Kes

Penulis lahir di Surabaya pada tanggal 28 agustus 1963. Saat ini penulis tinggal di Jl.Kasuari No.51, Medan. Penulis alumni SMA Negeri 5 Surabaya, kemudian melanjutkan pendidikan di Akademi Penilik Kesehatan Teknologi Sanitasi Surabaya, lulus dan memperoleh ijazah pada tahun 1986. Lalu meneruskan pendidikan Sarjananya di FKM Universitas Sumatera Utara dan lulus pada tahun 1993. Dan masih haus akan pendidikan sehingga mengambil Pasca Sarjana S2 di Kesehatan Masyarakat Peminatan Kesehatan Kerja di Universitas Airlangga, Surabaya dan lulus pada tahun 2000. Saat ini bekerja sebagai Dosen di Poltekkes Kemenkes RI Medan, Jurusan Kesehatan Lingkungan.

Email Penulis : teddysoedjadi@gmail.com

BIODATA PENULIS



Asusanti Br Perangin-angin,SKM.M.Kes

Dosen Program Studi Sarjana Terapan Sanitasi Lingkungan
Kemenkes Poltekkes Medan

Susanti Br Perangin-angin, lahir di Kabanjahe, Sumatera Utara, 16 Agustus 1973. Memiliki 1 suami dan 4 orang anak. Tamatan SMA Negeri 1 Kabanjahe tahun 1992 dan masuk PAMSKL. Tahun 2004 mendapat beasiswa melanjutkan ke S1 ke Fakultas Kesehatan Masyarakat Jurusan Epidemiologi USU dan pada tahun 2010 juga mendapat beasiswa sehingga penulis melanjutkan Pendidikan ke FKM universitas Sumatera Utara dan selesai pada tahun 2012. Pekerjaan sebagai PNS pada tahun 1999 dan mengajar sejak tahun 2006 sampai sekarang dan bekerja di Poltekkes Kemenkes Medan Jurusan Kesehatan Lingkungan sampai sekarang dan pernah menjabat sebagai pengelola unit penjaminan mutu dan pengelola yang lain dan diangkat sebagai Kaprodi Sarjana Terapan Sanitasi Lingkungan (2018-2022). Sekarang menjabat sebagai dosen tetap dan pengelola Kemahasiswaan dan Penjaminan Mutu (2023 – sekarang). Aktif melakukan kegiatan penelitian dan kegiatan pengabdian masyarakat dan terbit di berbagai jurnal baik nasional maupun internasional. Mengikuti beberapa organisasi seperti organisasi HAKLI (Himpunan Ahli Kesehatan Lingkungan Indonesia), FOPI (Federasi Olahraga Petanque Indonesia), Himkahor (Himpunan Karo Olahraga Hebat) dll . Mendapatkan beberapa HAKI (Hak Atas Kekayaan Intelektual)

serta telah menulis beberapa judul buku.