

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Landasan Teori Kecoa

1. Deskripsi Kecoa

Kecoa adalah salah satu vektor yang termasuk dalam Filum *Arthropoda* dan Kelas *Insecta*. Serangga ini memiliki tubuh berbentuk oval dan pipih. Kecoa berperan sebagai vektor berbagai penyakit dan sering hidup berdekatan dengan manusia. Kecoa cenderung memilih tempat perindukan di lokasi yang kotor, lembab, dan sejuk, seperti WC, bawah tumpukan barang, gudang yang lembab dan berbau, atau area gelap lainnya. Kecoa biasanya hidup berkelompok dan memiliki peran penting dalam penularan penyakit seperti vektor mekanik untuk berbagai mikroorganisme patogen, inang perantara spesies cacing, serta memindahkan mikroorganisme patogen seperti *Streptococcus* dan *Salmonella* (Wahyuni dan Muktitama, 2019).

a. Taksonomi Kecoa *Periplaneta americana*

Kecoa Periplaneta americana dapat diklasifikasikan sebagai berikut (Borror, 1992) :

Kingdom : Animalia

Filum : Arthropoda

Kelas : Insecta

Ordo : Blattodea

Family : Blattidae

Genus : Periplaneta

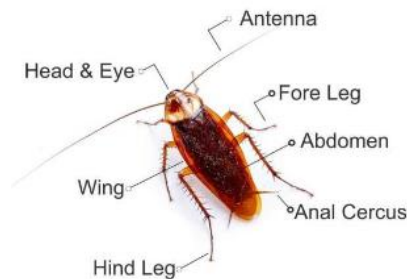
Spesies : Periplaneta americana

b. Morfologi Kecoa *Periplaneta americana*

Kecoa *Periplaneta americana*, adalah spesies yang tersebar luas di seluruh dunia. Serangga ini memiliki ukuran tubuh besar, dengan panjang kecoa dewasa mencapai 34–53 mm. Warna tubuhnya bervariasi dari cokelat kemerahan yang mengkilap hingga cokelat gelap, dengan pola terang dan gelap pada bagian pronotumnya. Kecoa dewasa memiliki sayap dan mampu terbang. Siklus hidup nimfa biasanya berlangsung selama 13–14 bulan dengan 13 kali pergantian kulit (molt). Kecoa dewasa rata-rata hidup selama 15 bulan, meskipun ada yang dapat hidup lebih dari 2 tahun. Betina biasanya melepaskan atau merekatkan kantong telur (*oothecae*), yang berukuran sekitar 8 mm, ke substrat beberapa jam atau hari setelah pembentukannya. Setiap *ootheca* mengandung 12–16 embrio, dan betina rata-rata menghasilkan 6–14 kantong telur selama masa hidupnya, dengan rata-rata sekitar 9 kantong.

Kecoa *Periplaneta americana* dianggap sebagai salah satu spesies hama peridomestik yang paling kosmopolitan. Bersama dengan spesies *Periplaneta* lainnya. Kecoa *Periplaneta americana* diyakini berasal dari Afrika tropis sebelum menyebar ke Amerika Utara dan Karibia. Habitatnya sangat bervariasi, mencakup tempat-tempat seperti tempat pembuangan sampah, sistem saluran limbah perkotaan, sistem drainase, septic tank, ruang bawah bangunan, loteng,

lubang pohon, kanopi pohon palem, dinding berongga, kapal, peralatan elektronik, gua, dan tambang (Ishak, 2018).



Jambar 30. Struktur tubuh kecoa (*Periplaneta*)

Gambar 1. Morfologi *Periplaneta americana*
Sumber (Leu *et al.*, 2021)

Kecoa ini memiliki ciri morfologi serangga dengan tubuh yang terdiri dari tiga bagian utama: kepala, toraks, dan perut.

1) Caput (kepala)

Bagian kepala kecoa, terdapat mulut yang berfungsi untuk mengunyah serta sepasang mata majemuk yang berperan dalam meningkatkan kemampuan penglihatan. Terdapat juga antena panjang di kepala yang berguna untuk mendeteksi bau dan getaran udara. Ketika kepala berada dalam posisi istirahat, pronotum tampak jelas di bagian bawah seperti sebuah perisai (Masra Latjompoh *et al.*, 2024).

2) Toraks (dada)

Toraks dibagi menjadi tiga segmen, yaitu prothorax, mesothorax, dan metathorax, yang masing-masing memiliki sepasang kaki berjalan yang dikenal sebagai kaki cursor. Serangga ini memiliki dua pasang sayap. Sayap depan, yang disebut tegmina, muncul dari mesothorax dan

berwarna gelap serta buram. Sayap belakang berasal dari metathorax dan berfungsi untuk terbang, meskipun kecoa jarang menggunakan sayap ini untuk terbang (Leu *et al.*, 2021). Kecoa memiliki tiga tulang pipi dan bibir bawah yang bisa menyebabkan distorsi dan pendarahan dengan cepat. Terdapat struktur yang menyerupai bandul besar yang berfungsi mengangkat kepala dan ekor; struktur ini dikenal sebagai pronotum yang terletak di bagian belakang kepala (Masra Latjompoh *et al.*, 2024).

3) Abdomen (perut)

Bagian tubuh kecoa, yang dikenal juga sebagai perut, berperan dalam sistem konstruksi tubuh dan reproduksi. Di dalam perut ini terdapat sepasang cerci yang berfungsi sebagai alat indera. Cerci terhubung erat dengan kulit melalui saraf dari ganglia abdomen (lapisan kulit kedua), yang memiliki peran penting dalam respons adaptif kulit. Ketika ada tanda-tanda keberadaan kecoa lain di sekitarnya, kaki kecoa akan menunjukkan kegelisahan bahkan sebelum makhluk lain dapat menangkap sinyal tersebut (Masra Latjompoh *et al.*, 2024). Perut kecoa terbagi menjadi 10 segmen, di mana setiap segmen dilindungi oleh pelat eksoskeleton kitin yang disebut sklerit. Sklerit ini terdiri dari tergites pada bagian punggung, pleurit pada bagian lateral, dan sternit pada bagian ventral (Leu *et al.*, 2021).

c. Siklus Hidup Kecoa

1) Telur

Telur kecoa membutuhkan waktu sekitar 30-40 hari untuk menetas. Telur tersebut tidak diletakkan secara terpisah, melainkan dalam bentuk kelompok. Setiap kelompok telur dilindungi oleh lapisan keras yang disebut kapsul telur atau ootheca. Kapsul ini dihasilkan oleh kecoa betina dan biasanya disimpan di tempat tersembunyi hingga menetas selama masa inkubasi tertentu. Kapsul telur pada beberapa kecoa tetap melekat pada ujung abdomen betina hingga proses penetasan selesai.

Embriogenesis dan oviposisi pada kecoa berlangsung melalui salah satu dari tiga metode. Sebagian besar spesies adalah ovipar, termasuk semua spesies *Periplaneta*, *Blatta orientalis*, dan *Supella longipalpa*. Telur dari spesies ini dilindungi oleh ootheca berdinding tebal dan kedap yang segera terbentuk setelah telur dihasilkan. Perkembangan embrio terjadi secara eksternal dari tubuh kecoa betina (Ishak, 2018).



Gambar 2. Telur *Periplaneta americana*
Sumber: (Anggriani, 2019)

2) Nimfa

Telur kecoa menetas menjadi nimfa (fase pradewasa) yang berukuran kecil, berwarna putih pucat, dan belum memiliki sayap. Nimfa akan mengalami perkembangan melalui beberapa tahap instar, di mana setiap tahap diakhiri dengan proses pergantian kulit (moulting). Masa perkembangan instar berlangsung antara 3 bulan hingga 3 tahun. Jumlah instar pada nimfa kecoa bervariasi secara spesifik, yakni antara 5 hingga 13 tahap sebelum mencapai fase dewasa (Permenkes RI, 2017).



Gambar 3. Nimfa *Periplaneta americana*
Sumber: (Anggriani, 2019)

3) Imago

Fase dewasa kecoa *Periplaneta americana* memiliki panjang tubuh sekitar 35 mm dan lebar sekitar 13 mm. Umur kecoa dewasa dapat mencapai 1 hingga 2 tahun. Di tahap ini, kecoa mulai memiliki sepasang sayap yang memungkinkannya terbang dalam jarak pendek, sehingga pergerakannya menjadi lebih leluasa. Kecoa jantan cenderung mencapai kedewasaan lebih cepat dibandingkan kecoa betina, karena jumlah pergantian kulit (moulting) saat menjadi nimfa lebih sedikit.

Kecoa dewasa memiliki dua pasang sayap. Sayap pada jantan biasanya lebih panjang dari tubuhnya, sementara pada betina, sayap hanya menutupi bagian abdomennya. Meskipun tidak semua kecoa mampu terbang dengan baik, mereka sangat gesit dan dapat berlari cepat, baik saat masih nimfa maupun ketika telah dewasa. Kecoa merupakan serangga yang hidup berkelompok dan sering mencari makanan di lokasi yang sama. Selama musim kawin, kecoa jantan mengeluarkan sperma dalam jumlah cukup untuk membuahi telur-telur betina sepanjang hidupnya. Beberapa hari setelah pembuahan, betina akan mulai menghasilkan telur (Anggriani, 2019).



Gambar 4. Kecoa Dewasa *Periplaneta americana*
Sumber: (Anggriani, 2019)

d. Pola Hidup Kecoa *Periplaneta americana*

1) Kebiasaan Hidup

Kecoa *Periplaneta americana* umumnya menyukai lingkungan yang gelap dan lembab, seperti kamar mandi atau toilet, gudang, tempat sampah, selokan, serta kandang hewan. Sebagian besar populasi berkembang biak di daerah beriklim sejuk. Namun, di wilayah tropis dengan suhu yang hangat,

kecoa jenis ini cenderung berpindah tempat melalui saluran air kotor, tangki septik, toilet umum, dan tempat penampungan sampah.

Kecoa dapat ditemukan di berbagai tempat seperti rumah, restoran, hotel, rumah sakit, gudang, kantor, perpustakaan, dan banyak lokasi lainnya. Serangga ini hidup sangat dekat dengan aktivitas manusia. Kehadirannya di sekitar kita seringkali tidak diinginkan karena menimbulkan gangguan estetika, rasa takut, kesan lingkungan yang tidak bersih, serta berpotensi menyebarkan penyakit. Hal ini disebabkan oleh kecenderungan kecoa untuk tinggal di area yang lembab, gelap, dan kotor. Karena sering berada di tempat-tempat yang tidak higienis, tubuh kecoa bisa terkontaminasi oleh kuman penyakit yang kemudian dapat berpindah ke permukaan lain yang mereka hinggapi.

2) Kebiasaan Makan

Kecoa merupakan pemakan segala yang menyukai berbagai jenis makanan, terutama yang mengandung zat tepung dan gula. Namun, selain makanan yang biasa dikonsumsi manusia, kecoa *Periplaneta americana* juga tertarik pada benda-benda non-makanan seperti pinggiran buku, bagian dalam sol sepatu, bangkai serangga, kulit tubuh mereka sendiri yang telah mati, darah kering, hingga kotoran tubuh. Kecoa *Periplaneta americana* memiliki indra penciuman yang sangat tajam, yang terletak pada sepasang antena di bagian kepala (caput). Antena ini berfungsi untuk mendeteksi sumber makanan, membantu navigasi, merespons cahaya, serta dalam kasus kecoa betina, mengeluarkan feromon seksual untuk menarik pasangan.

Selain sebagai sinyal reproduksi, feromon juga berperan dalam menjaga kekompakan kelompok atau koloni kecoa agar tetap bersama.

Menurut Anggriani (2019), berdasarkan pengujian menggunakan metode tanpa pilihan dalam kondisi terang, nimfa kecoa *Periplaneta americana* lebih menyukai selai stroberi serta campuran antara selai kacang tanah, selai stroberi, dan telur ayam dibandingkan jenis umpan lainnya. Pada kondisi gelap, nimfa menunjukkan preferensi terhadap selai stroberi dan campuran selai stroberi dengan telur ayam.

Nimfa cenderung memilih makanan yang memiliki tekstur lunak dan konsistensi cair, sehingga selai stroberi dan campurannya dengan telur ayam menjadi favorit. Kombinasi selai kacang tanah, selai stroberi, dan telur ayam juga disukai karena kandungan nutrisinya yang lengkap, yang membantu mendukung pertumbuhan dan perkembangan nimfa. Kecoa *Periplaneta americana* dewasa juga menunjukkan ketertarikan terhadap selai stroberi karena kandungan gizinya yang cukup lengkap, menjadikannya umpan yang efektif.

2. Pengendalian dan Pencegahan Kecoa

Berikut metode yang dapat digunakan dalam strategi pengendalian kecoa, antara lain :

a. Pencegahan

Tindakan pencegahan kecoa dapat dilakukan melalui penutupan lubang atau celah agar kecoa tidak masuk ke dalam ruangan. Tempat-tempat lembab,

gelap, hangat, dan dekat dengan sumber makanan seperti kamar mandi dan dapur berpotensi sebagai tempat perkembangbiakan kecoa. Menutup saluran pembuangan air dan memperbaiki pipa yang bocor juga termasuk dalam tindakan pencegahan kecoa.

b. Sanitasi

Sanitasi dilakukan untuk menghambat kecoa memperoleh sumber makanan. Langkah ini dapat diterapkan dengan membersihkan sisa maupun bahan makanan yang berceceran, mengelola sampah secara teratur, menutup rapat tempat penyimpanan bahan makanan, serta mengeringkan area yang lembab (Panjaitan, 2022).

c. Pengendalian dengan Insektisida

Insektisida adalah zat yang mengandung senyawa kimia dan digunakan untuk membunuh serangga atau pembawa penyakit pada manusia maupun tanaman (Amananti, 2024). Insektisida dapat diklasifikasikan menjadi beberapa kelompok berdasarkan cara masuknya ke dalam tubuh serangga atau sifat kimianya. Berdasarkan cara masuknya, insektisida terbagi menjadi tiga jenis, yaitu:

1) Racun Perut

Insektisida ini digunakan untuk memberantas serangga yang bersifat mengunyah, menjilat, atau menggigit, dengan mekanisme kerja yang mematikan melalui saluran pencernaan. Penggunaannya dapat dilakukan dengan beberapa cara, yaitu mencampurkan racun pada makanan yang

dikonsumsi serangga, mencampurkan racun dengan bahan yang disukai serangga, lalu meletakkannya sebagai umpan di lokasi yang sering menjadi tempat keberadaan serangga, dan menaburkan racun di jalur pergerakan serangga, sehingga zat tersebut menempel pada tubuhnya dan akan masuk ke saluran pencernaan ketika serangga membersihkan tubuhnya dengan mulut.

2) Racun Kontak

Racun kontak merupakan jenis insektisida yang membunuh serangga sasaran dengan cara menembus kulit, masuk ke aliran darah, atau terhirup melalui sistem pernapasan. Insektisida ini biasanya tersedia dalam bentuk larutan atau serbuk.

3) Racun Gas

Jenis racun yang dikenal sebagai fumigan ini umumnya digunakan hanya pada area atau ruangan yang tertutup. Racun ini merupakan jenis insektisida yang masuk ke dalam tubuh serangga melalui sistem pernapasan dalam bentuk gas. Insektisida ini biasanya digunakan untuk mengendalikan hama gudang. Jenis-jenis fumigan antara lain adalah hydrogen sianida dan metil bromida (Anggriani, 2019).

Berdasarkan sifat kimianya, insektisida diklasifikasikan dalam dua bagian yaitu :

a. Organik

Insektisida organik adalah jenis-jenis hidrokarbon yang mengandung klorin, senyawa organofosfat, karbamat, botanical, penarik (*attractant*), penolak (*repellent*), dan lain-lain.

b. Anorganik

Jenis insektisida ini kini telah jarang dipergunakan karena telah banyak diganti dengan insektisida organik. Insektisida anorganik antara lain arsenical, fluoride, merkuri, dan debu (Amananti, 2024).

3. Mekanisme Kerja Boraks dan Sulfur terhadap Serangga

Menurut Bennett *et al.*, (2010), boraks dapat masuk ke tubuh kecoa melalui konsumsi umpan yang telah dicampur dengan boraks, seperti umpan berbentuk gel. Senyawa pada boraks tersebut larut di dalam cairan saluran pencernaan setelah dikonsumsi. Sifat kecoa sebagai serangga omnivora dengan kebiasaan makan berulang menyebabkan kemungkinan terpaparnya boraks menjadi cukup besar. Boraks merupakan senyawa natrium tetraborat dekahidrat ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) yang tersusun atas ion natrium, ion tetraborat yang mengandung boron, serta air kristal. Komponen boron dalam ion borat berperan sebagai zat aktif yang menghambat aktivitas enzim metabolik sehingga mengganggu respirasi sel dan produksi energi pada kecoa (Budavari S, 1996).

Setelah masuk ke dalam tubuh, boraks dapat menyebabkan iritasi serta kerusakan pada epitel saluran pencernaan bagian tengah (midgut), sehingga proses penyerapan nutrisi terganggu dan terjadi kebocoran sel serta kerusakan jaringan usus. Kondisi tersebut mengakibatkan penurunan kemampuan kecoa dalam mencerna dan memanfaatkan asupan makanan. Ion borat (BO_3^{3-}) yang berasal dari boraks dapat mengganggu metabolisme serta keseimbangan enzim dalam tubuh kecoa. Ion ini berikatan dengan gugus hidroksil pada enzim sehingga menghambat aktivitas enzim metabolik, yang selanjutnya mengganggu proses respirasi sel dan produksi energi (ATP). Dampak dari gangguan tersebut menyebabkan aktivitas fisiologis kecoa menurun secara bertahap.

Boraks dapat menyebabkan gangguan osmoregulasi serta memicu terjadinya dehidrasi. Sifat higroskopis boraks memungkinkan senyawa ini menarik air dari jaringan tubuh kecoa, sehingga keseimbangan cairan internal terganggu dan mengakibatkan dehidrasi. Kondisi tersebut berkontribusi dalam mempercepat kematian kecoa, meskipun prosesnya berlangsung secara bertahap.

Boraks tidak menimbulkan efek knock-down secara langsung. Kecoa umumnya masih dapat bertahan hidup selama beberapa jam hingga beberapa hari setelah terpapar, namun mengalami penurunan aktivitas dan kondisi tubuh yang semakin melemah, hingga akhirnya mati akibat kombinasi kerusakan saluran pencernaan, gangguan metabolisme, dan dehidrasi. Mekanisme kerja yang relatif lambat ini dinilai menguntungkan dalam pengendalian kecoa karena memungkinkan individu yang terpapar kembali ke sarang dan berpotensi menyebarkan racun kepada kecoa lain melalui interaksi sosial.

Menurut Ware, G. W., dan Whitacre (2004), sulfur termasuk insektisida anorganik yang bekerja terutama sebagai desikan (pengering), dengan efek tambahan pada sistem respirasi serangga. Sulfur bekerja ketika partikel belerang melekat pada eksoskeleton kecoa selama kecoa bergerak atau beraktivitas di area yang terpapar. Sulfur dapat merusak lapisan lilin (wax layer) pada kutikula kecoa yang berperan dalam mencegah kehilangan air. Kerusakan tersebut menyebabkan peningkatan laju penguapan air dari tubuh, sehingga kecoa mengalami kehilangan cairan (desikasi) dan keseimbangan fisiologisnya terganggu.

Sebagian sulfur dapat memasuki sistem trakea kecoa sehingga menghambat proses pertukaran gas dan mengganggu respirasi sel. Dalam kondisi tertentu, sulfur juga dapat tereduksi menjadi senyawa sulfida yang bersifat toksik terhadap jaringan serangga. Sulfur bersifat iritan terhadap jaringan eksternal maupun internal serangga, sehingga dapat menurunkan tingkat aktivitas kecoa, mengganggu proses metabolisme dasar, dan menyebabkan terjadinya kelemahan secara bertahap. Sulfur tidak menimbulkan efek knock-down secara langsung. Kecoa umumnya mengalami penurunan aktivitas dan dehidrasi, kemudian mati secara bertahap akibat terjadinya kegagalan fisiologis.

4. Boraks

Menurut Muthi'ah, Niswatul dan Qurrota (2021), boraks merupakan senyawa kimia yang berasal dari logam berat Boron (B) dan banyak dimanfaatkan sebagai antiseptik serta agen pembunuh bakteri. Senyawa ini berbentuk kristal putih, tidak memiliki bau, dan tetap stabil pada suhu serta tekanan normal. Pada dunia industri, boraks kerap digunakan sebagai bahan pematris logam, pengawet kayu, dan pembasmi kecoa. Boraks telah digunakan dalam pengendalian kecoa selama hampir

satu abad, bersama penggunaan sulfur sebagai salah satu bahan pengendali lainnya. Efektivitasnya sangat bergantung pada penerapan yang tepat. Boraks dapat diaplikasikan melalui teknik *baiting*, baik dengan dosis tunggal maupun dikombinasikan dengan bahan lain. Berbeda dengan banyak insektisida lainnya, boraks tidak memiliki sifat repellent atau efek penolak serangga, sehingga kecoa tidak menghindari umpan dan akan kembali ke area *baiting* berulang kali hingga akhirnya mati (Firdaust dan Purnomo, 2019).

Menurut Ardhita, Widyanto dan Hilal (2021), boraks dapat memberikan tekstur makanan yang lebih kenyal, sehingga menarik perhatian kecoa dewasa. Kecoa dewasa memiliki mandibula yang kuat sehingga cenderung menyukai makanan yang bertekstur kenyal dan padat. Bahan aktif yang terkandung di dalam boraks mempunyai mekanisme kerja yang tergolong sebagai racun perut. Racun pada boraks menjadi aktif setelah serangga menelan makanan yang telah terkontaminasi, kemudian bekerja di dalam sistem pencernaan serangga tersebut. Kadar insektisida dalam umpan (*baiting gel*) yang terlalu tinggi dapat membuat kecoa cenderung menghindar. Jenis boraks yang digunakan sebagai insektisida kecoa adalah asam borat (*boric acid*).

a. Definisi Asam Borat

Menurut Septiani dan Roswien (2018), asam borat atau boraks (H_3BO_3) merupakan senyawa berbentuk serbuk putih halus dengan berat molekul 61,83, tidak berbau, sedikit asam, dan termasuk turunan ortoborat, piroborat, serta metaborate. Dalam pengendalian hama, asam borat digunakan sebagai insektisida yang efektif terhadap serangga perumahan seperti semut, rayap, dan kecoa.

b. Mekanisme Kerja Asam Borat terhadap Kecoa

Asam borat berfungsi sebagai racun lambung yang merusak sistem pencernaan dan metabolisme kecoa, serta memiliki sifat abrasif yang mempercepat dehidrasi. Senyawa ini bersifat non-repellent sehingga kecoa tetap mengonsumsi umpan. Pada penelitian Meng Jiang *et al.*, (2020), menunjukkan bahwa asam borat yang tertelan oleh *Blattella germanica* dapat menghancurkan lapisan seluler pada bagian foregut, menyebabkan gangguan pencernaan yang akhirnya mengakibatkan kematian, kemungkinan besar melalui kelaparan.

Asam borat akan dicampur dengan umpan kecoa yang sudah dihaluskan, kemudian dibentuk menjadi umpan gel. Mekanisme kerja umpan beracun (*baiting gel*) termasuk dalam kategori racun perut, yaitu insektisida yang aktif setelah tertelan bersama makanan ke dalam saluran pencernaan serangga. Bahan aktif yang umum digunakan dalam formulasi *baiting gel* antara lain fipronil, hydramethylnon, abamectin, dan imidacloprid. Namun, konsentrasi insektisida yang terlalu tinggi justru menimbulkan efek penolakan sehingga kecoa enggan mengonsumsi umpan. Prinsip utama penggunaan umpan beracun adalah tidak menimbulkan kematian secara instan, tetapi memungkinkan kecoa memakan umpan dalam jumlah besar. Semakin tinggi konsumsi umpan, semakin besar pula tingkat kematian yang dihasilkan, sehingga efektif dalam menekan populasi hama (Ardhita, Widyanto dan Hilal, 2021).

Sebagai garam, asam borat tidak mudah menguap dan akan tetap efektif selama tetap dalam konsentrasi yang memadai. Asam borat memiliki aktivitas residu terlama dari semua insektisida yang digunakan untuk serangga rumah tangga dan cukup berguna dalam pengendalian semua spesies kecoa ketika

ditempatkan di rongga dinding dan tempat terlindung lainnya yang sulit dijangkau. Asam borat bertindak sebagai penyerap lilin kutikula serangga (Ware dan Whitacre, 2004).

5. Sulfur

Sulfur telah digunakan sebagai pestisida sejak 1.000 tahun sebelum Masehi. Penggunaannya mulai menurun setelah kemunculan pestisida sintetis. Menurut Firdaust dan Purnomo (2019), sulfur dianggap relatif aman bagi manusia dan hewan mamalia, sehingga penggunaannya sebagai pestisida memiliki risiko minimal terhadap kesehatan dan lingkungan.

Sulfur adalah mineral yang telah lama dimanfaatkan dalam pengendalian serangga. Saat ini, sulfur tercatat sebagai bahan aktif yang diizinkan penggunaannya dalam formulasi pestisida, termasuk sebagai insektisida, akarisida, maupun fungisida. Sulfur adalah mineral padat yang memiliki karakteristik tidak berbau, tidak berasa, berwarna kuning pucat, bersifat sebagai konduktor listrik yang lemah, serta tidak larut dalam air (Aprianti, Hidayat dan Dono, 2022).

6. Selai Kacang

Selai kacang atau *peanut butter* adalah produk pangan berbentuk pasta berminyak yang dihasilkan dari penggilingan kacang tanah, baik tanpa tambahan bahan lain maupun dengan bahan tambahan tertentu. Produk ini juga dapat digambarkan sebagai suspensi berkonsentrasi tinggi, di mana partikel kacang berbentuk bulat tersebar dalam minyak sebagai fase kontinyu. Kacang tanah diketahui memiliki kandungan lemak yang tinggi, dengan komposisi asam lemak tak jenuh yang didominasi oleh asam oleat dan asam linoleat. Selain itu, kacang tanah

mengandung sekitar 25% protein yang terdiri dari berbagai asam amino esensial yang bermanfaat bagi tubuh. Dari sisi mineral, kandungannya didominasi oleh kalsium, magnesium, sulfur, dan fosfor. Kandungan vitaminnya terutama berupa vitamin larut lemak, seperti vitamin A dan E, di mana vitamin E berperan sebagai antioksidan (Aulia, Pratama dan Susanti, 2018).

Kecoa *Periplaneta americana* merupakan serangga omnivora yang mampu memanfaatkan sumber makanan baik dari tumbuhan maupun hewan. Serangga ini sangat membutuhkan nutrisi untuk mendukung proses pertumbuhan, perkembangan, serta reproduksinya. Kebutuhan nutrisi tersebut menjadi dasar munculnya preferensi kecoa dalam memilih jenis makanan. Faktor nutrisi memengaruhi perkembangan dan reproduksi serangga baik dalam jangka pendek maupun jangka panjang. Kebutuhan dasar nutrisi pada sebagian besar serangga relatif serupa, sedangkan jenis serta proporsi nutrisi optimal bervariasi berdasarkan spesies dan fase reproduksinya (Amalia dan Harahap, 2015).

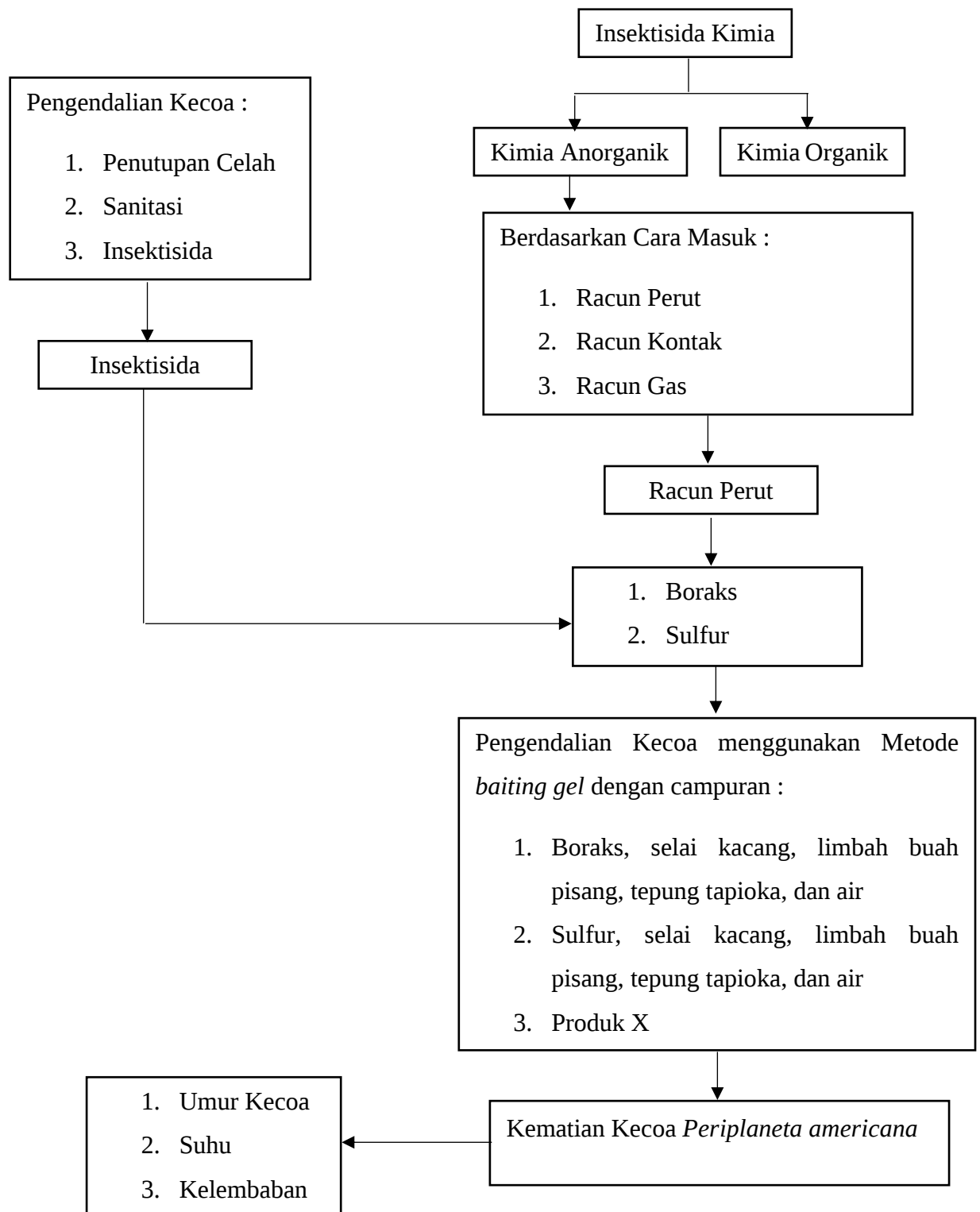
7. Limbah Organik

Limbah organik merupakan limbah yang sebagian besar terdiri atas senyawa-senyawa organik. Secara teknis, limbah organik adalah limbah yang berasal dari makhluk hidup secara alami dan mengalami proses pembusukan atau pelapukan (Novita, 2022). Sampah organik adalah sampah yang berasal dari makhluk hidup, baik manusia, hewan, maupun tumbuhan. Berdasarkan karakteristik kandungan airnya, sampah organik dibedakan menjadi dua jenis, yaitu sampah organik basah dan sampah organik kering. Sampah organik basah merupakan sampah yang memiliki kandungan air relatif tinggi, seperti kulit buah dan sisa sayuran. Sementara itu, sampah organik kering adalah sampah organik yang memiliki kandungan air

rendah, antara lain kertas, kayu atau ranting pohon, serta dedaunan kering (Ndaru, 2024).

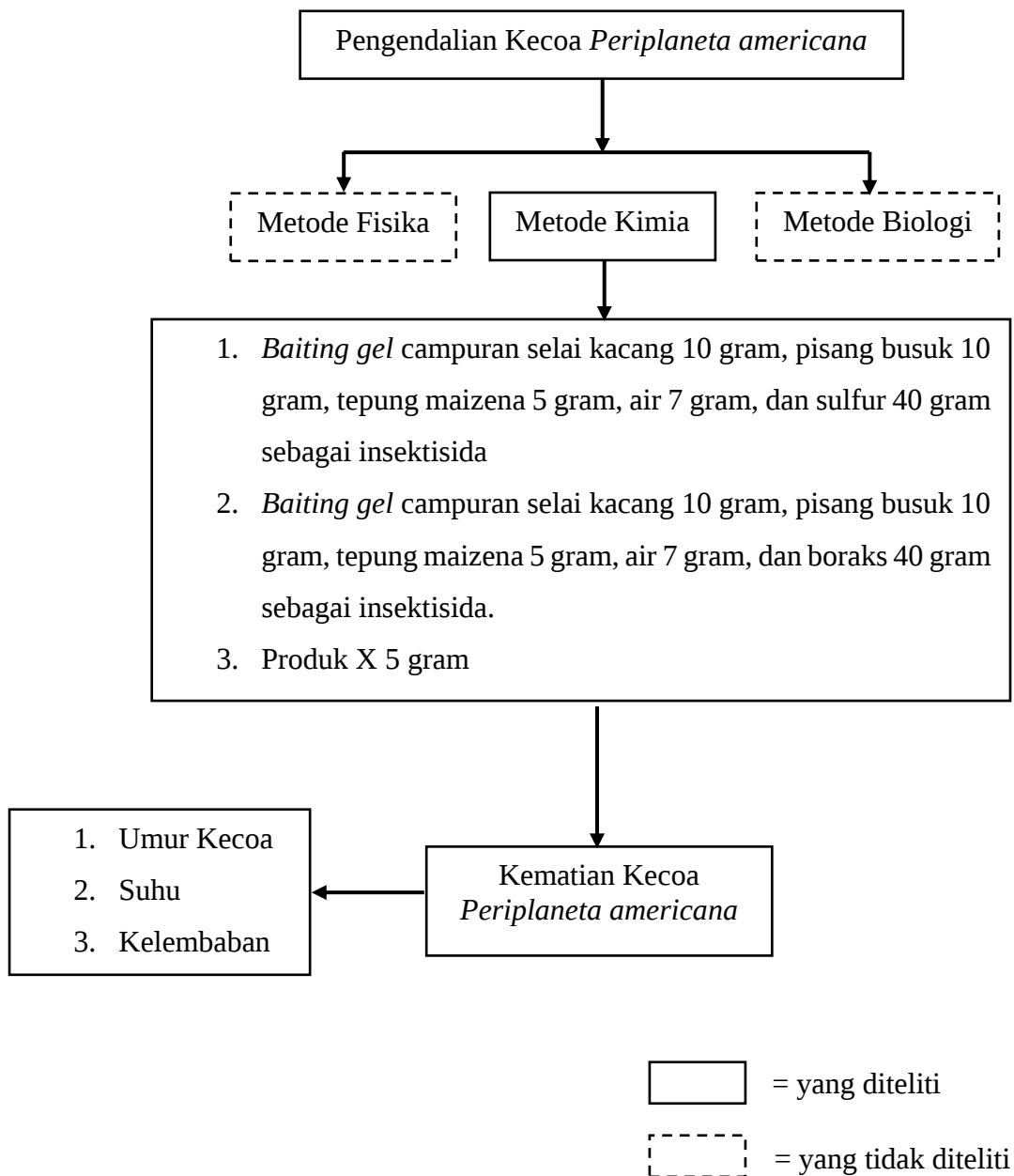
Buah yang telah mengalami pembusukan menghasilkan aroma manis yang cukup kuat sehingga berpotensi menarik perhatian kecoa. Jenis buah seperti pisang, apel, dan melon yang dibiarkan dalam waktu lama dapat menjadi sumber makanan yang diminati oleh kecoa (Sari, 2025).

B. Kerangka Teori



Gambar 5. Kerangka Teori

C. Kerangka Konsep



Gambar 6. Kerangka Konsep Penelitian

D. Hipotesis

Ada perbedaan efektifitas sulfur dan boraks dalam selai kacang dan limbah buah pisang dengan produk X terhadap kematian kecoa *Periplaneta americana*.