



PENGARUH BEBERAPA BAHAN AKTIF DALAM FORMULASI RODENTISIDA TERHADAP METABOLISME DAN PERILAKU TIKUS PUTIH (*Rattus norvegicus* Wistar) DI LABORATORIUM

Wahyu Daradjat Natawigena^{1*}, Ichsan Nurul Bari², Chindera Rindhany Surachman²

¹Departemen Hama dan Penyakit
Tumbuhan, Fakultas Pertanian,
Universitas Padjadjaran, Jalan
Raya Bandung-Sumedang KM
21, Bandung 40600

²Alumni Departemen Hama dan
Penyakit Tumbuhan, Fakultas
Pertanian, Universitas
Padjadjaran
Jalan Raya Bandung-Sumedang
KM 21, Bandung 40600

*e-mail korespondensi:
w.daradjat@unpad.ac.id

Abstrak. Keberadaan tikus kerap menyebabkan kerugian pada berbagai bidang kehidupan manusia, seperti bidang pertanian, perkebunan, dan permukiman. Pengendalian tikus secara kimiawi efektif diterapkan baik di dalam maupun di luar ruangan, dengan umpan beracun seperti rodentisida. Namun, rodentisida yang beredar saat ini dinilai kurang efektif oleh pengguna rodentisida baik masyarakat maupun jasa pest control. Percobaan ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan metabolisme dan perilaku tikus akibat mengonsumsi rodentisida dengan beberapa jenis bahan aktif. Percobaan dilaksanakan dari bulan Januari 2020 sampai Maret 2020 di Laboratorium Hama, Divisi Laboratorium Vertebrata Hama, Departemen Hama Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran. Metode percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK) terdiri atas 5 perlakuan yaitu perlakuan tanpa bahan aktif (kontrol), rodentisida Kumatetralil, rodentisida Brodifakum, rodentisida Bromadiolon, dan rodentisida Warfarin (pembanding), dengan 6 ulangan. Parameter yang diuji adalah parameter metabolisme tikus yaitu perubahan bobot tubuh, konsumsi pakan dan minum, produksi feses dan urine, serta perilaku tikus. Hasil percobaan menunjukkan bahwa terdapat perbedaan pengaruh metabolisme dan perilaku tikus akibat mengonsumsi rodentisida dengan bahan aktif Kumatetralil, Brodifakum, Bromadiolon, dan Warfarin. Keempat bahan aktif tersebut menyebabkan penurunan bobot tubuh, konsumsi pakan dan minum, produksi feses dan urine, namun rodentisida Kumatetralil menyebabkan peningkatan jumlah minum dan produksi urine pada hari pertama. Efek dari keempat bahan aktif tersebut di dalam formulasi rodentisida memiliki gejala keracunan yang hampir sama. Bahan aktif tersebut mempunyai mekanisme sebagai antikoagulasi dan penghambat sistem syaraf pusat. Perbedaan perilaku tikus terletak pada waktu timbulnya gejala keracunan.

Kata Kunci: brodifakum, bromadiolon, kumatetralil, metabolisme tikus, warfarin.

Abstract. The existence of rats often causes losses in various areas of human life, such as in agriculture, plantations, and communities. Chemical rat control is effective both indoors and outdoors, with toxic baits such as rodenticides. However, rodenticides are considered ineffective by the community and pest control services.

This experiment aimed to obtain the differences in metabolism and behavior of rats due to consuming rodenticides with several types of active ingredients. The experiment was carried out from January 2020 to March 2020 at the Plant Pest Laboratory, Vertebrate Division, Department of Plant Pests, Faculty of Agriculture, Padjadjaran University. The study used a randomized block design (RBD) experimental method with 5 treatments, there were treatments without active ingredients (control), Coumatetralyl, Brodifacoum, Bromadiolone, and Warfarin rodenticide, with 6 replications. The parameters tested were rat metabolisms i.e., changes in body weight, feed and drinking consumption, feces and urine production, and rat behavior. The results showed that there were differences in metabolic effects and rat behavior due to consuming rodenticides with Coumatetralyl, Brodifacoum, Bromadiolone, and Warfarin. Four active ingredients affected decreasing body weight, feed and drink consumption, as well as the production of feces and urine, but Coumatetralyl rodenticide causes an increased drink consumption and urine production on the first day. The effect of four active ingredients in the rodenticide formulation has almost the same symptoms, and has a mechanism as an anticoagulant and an inhibitor of the central nervous system. The differences in rats behavior lie in the timing of symptoms of poisoning.

Keywords: *brodifacoum, bromadiolone, coumatetralyl, rats metabolism, warfarin.*

PENDAHULUAN

Dalam mengatasi masalah-masalah yang ditimbulkan oleh tikus dapat dilakukan berbagai cara pengendalian. Hingga saat ini, pengendalian tikus secara kimiawi efektif diterapkan baik di dalam ruangan maupun di luar ruangan. Pengendalian kimiawi yang sering dilakukan menggunakan umpan beracun seperti rodentisida (Sinaga *et al.*, 2017). Rodentisida diformulasikan dalam bentuk *ready mix bait* (RMB) atau umpan beracun siap pakai. Bahan racun dari rodentisida yang beredar dapat digolongkan berdasarkan cara kerjanya yaitu racun akut dan racun kronis (antikoagulan). Racun kronis lebih sering digunakan dibandingkan dengan racun akut karena dapat mengurangi sifat curiga dari tikus lain (Permada, 2009).

Rodentisida kronis yang banyak beredar di masyarakat saat ini sangat

bervariasi dalam hal efektifitasnya, terutama dalam hal keberhasilan dalam membunuh tikus; preferensi (tingkat kesukaan tikus terhadap rodentisida) serta perilaku setelah mengkonsumsi rodentisida (mati dekat dengan sumber air, bangkai yang sangat berbau atau kurang berbau). Perbedaan tersebut terjadi karena bahan aktif yang digunakan untuk pembuatan masing-masing rodentisida berbeda. Hal ini membingungkan bagi produsen rodentisida serta pengguna rodentisida baik masyarakat maupun jasa *pest control* untuk memilih jenis rodentisida dengan bahan aktif yang manakah yang paling ideal sebagai rodentisida. Untuk memastikan bahan aktif terbaik yang dapat digunakan untuk rodentisida maka perlu pengujian membandingkan bahan aktif dalam formulasi rodentisida yang umum digunakan oleh masyarakat (Kumatetralil, Brodifakum, Bromadiolon, dan Warfarin)

untuk dilihat pengaruhnya terhadap mortalitas, preferensi, serta metabolisme dan perilaku tikus putih setelah mengonsumsi rodentisida tersebut.

BAHAN DAN METODE

Percobaan dilakukan dengan metode eksperimen dengan menggunakan rancangan

percobaan RAK atau Rancangan Acak Kelompok. Percobaan ini terdiri atas 5 (lima) perlakuan dan masing masing perlakuan dengan 6 (enam) ulangan. Kemudian data yang di peroleh dilakukan analisis statistik menggunakan aplikasi SPSS 16.0. Perbedaan antar perlakuan diuji dengan menggunakan uji jarak berganda Duncan dengan taraf nyata 5%.

Tabel 1. Lima Jenis Perlakuan Dengan Perbedaan Kadar Bahan Aktif

Perlakuan	Kadar Bahan Aktif (%)
A: Umpan tanpa bahan aktif (kontrol)	0
B: Rodentisida dengan bahan aktif Kumatetralil	0,0050
C: Rodentisida dengan bahan aktif Brodifakum	0,0050
D: Rodentisida dengan bahan aktif Bromadiolon	0,0050
E: Rodentisida dengan bahan aktif Warfarin (pembeding)	0,0375

Tahap persiapan percobaan meliputi penyediaan dan pemeliharaan tikus putih (*R. norvegicus*). Tikus putih diperoleh dari PT. Biofarma Bandung. Tikus putih diadaptasikan dengan memberikan makanan dan minuman yang berlimpah selama 6 hari dan kemudian dipuaskan pada hari berikutnya selama 24 jam dengan hanya diberi air minum, sehingga pada saat perlakuan pemberian rodentisida, tikus

tersebut berada dalam kondisi lapar dan siap untuk mengonsumsi rodentisida yang diberikan dalam jumlah yang cukup untuk pengujian. Pembuatan rodentisida diawali dengan menimbang semua bahan formulasi menggunakan timbangan digital dan dicampurkan ke dalam satu wadah. Rodentisida dapat dibuat dengan formulasi pada Tabel 2.

Tabel 2. Formulasi Rodentisida

No	Nama Bahan	Perbandingan (%)
1	Karbohidrat (beras)	30
2	Parafin	30
3	Kelapa sangrai + essens kelapa	20
4	Gula pasir	5
5	Garam	5
6	MSG	5
7	Bahan aktif (0,1%) (Kumatetralil/Brodifakum/Bromadiolon)	5
Total		100

Bahan - bahan tersebut kemudian diaduk hingga merata. Setelah bahan - bahan tercampur, parafin yang telah cair disatukan ke dalam wadah berisi bahan - bahan lainnya dan diaduk hingga merata. Setelah tercampur, adonan tersebut dimasukkan ke

dalam cetakan rodentisida yang berukuran 1,5 cm x 1,5 cm x 1,5 cm. Rodentisida akan menjadi keras dalam waktu 5 menit sehingga rodentisida harus segera dikeluarkan dari cetakan. Untuk menyediakan rodentisida yang berbahan aktif Warfarin digunakan

rodentisida yang sudah ada dipasaran (dengan konsentrasi bahan aktif 0,0375%).

Untuk pengujian pengaruh bahan aktif terhadap metabolisme tikus digunakan kandang metabolisme atau *Nalgene Rat Metabolic Cage* (Gambar 1). Setiap kandang tersebut ditempatkan satu ekor tikus putih. Untuk setiap ulangan dibutuhkan lima kandang metabolisme. Percobaan dilakukan dengan memberikan umpan terhadap tikus

putih dengan bahan aktif yang telah ditentukan hanya pada hari pertama. Setelah itu, pakan yang diberikan adalah karbohidrat (beras). Umpan yang diberikan lebih dari 10% bobot tikus putih yaitu kurang lebih 25 gram. Pakan dan minum yang diberikan kepada tikus putih diganti setiap hari dan dilakukan penimbangan untuk jumlah konsumsi pakan dan minumannya setiap hari.



Gambar 1. *Nalgene Rat Metabolic Cage*

Pengamatan yang dilakukan untuk mengetahui pengaruh beberapa bahan aktif rodentisida terhadap metabolisme dan perilaku tikus putih (*R. norvegicus*) di laboratorium yaitu: perubahan bobot tubuh tikus; jumlah konsumsi pakan; jumlah konsumsi minum, jumlah produksi feses dan jumlah produksi urine tikus. Semua pengamatan dilakukan setiap hari selama 14 hari.

Pengamatan untuk menghitung jumlah konsumsi pakan yaitu jumlah pakan yang diberikan dikurangi jumlah pakan yang tersisa. Untuk menghitung tingkat konsumsi tikus terhadap rodentisida dan beras, dilakukan konversi ke dalam 100 g bobot tubuh dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\begin{aligned} & \text{Tingkat konversi konsumsi ke 100 g} \\ &= \frac{\text{Konsumsi tikus (g)}}{\text{Bobot tikus (g)}} \times 100 \text{ g} \end{aligned}$$

Pengamatan untuk menghitung jumlah volume air yang diminum dilakukan dengan menghitung volume air minum awal dikurangi volume air minum yang tersisa. Perhitungan jumlah produksi feses harian tikus dilakukan dengan menimbang feses yang dihasilkan oleh tikus yang tertampung di dalam wadah penampung feses pada kandang metabolisme. Perhitungan produksi urine harian dilakukan dengan mengukur volume urine yang dihasilkan oleh tikus yang tertampung di dalam wadah penampung urine yang jumlahnya dapat diukur langsung pada wadah tersebut.

Pengamatan pengaruh bahan aktif terhadap perilaku tikus putih di laboratorium

dilakukan berdasarkan kategorisasi daftar tingkah laku tikus menurut Wagner & Wolff (1977). Pengamatan perilaku tikus putih dilakukan segera setelah tikus diberi perlakuan umpan yang menggunakan beberapa jenis bahan aktif rodentisida sampai tanda klinis hilang. Interval pengamatan yaitu pada 5 menit, 10 menit, 15 menit, 2 jam, 4 jam, 24 jam, 48 jam, 72 jam, dan seterusnya sampai tikus menunjukkan kematian atau 14 hari pengamatan.

Pengamatan penunjang dilakukan dengan mengamati keberadaan tikus menjelang kematian dan setelah kematian, apakah dalam kondisi bersembunyi di dalam

atau di luar pipa yang berukuran tinggi 12 cm dengan diameter 7 cm. Pengamatan penunjang lainnya adalah pengaruh pemberian bahan aktif rodentisida terhadap waktu kematian tikus, mortalitas tikus putih (%) dan bau bangkai tikus. Pengamatan dilakukan selama 3 hari setelah tikus putih mati dengan mengamati bau bangkai pada tikus putih yang telah mengonsumsi rodentisida dengan kandungan bahan aktif yang berbeda. Pengamatan dilakukan dengan menghirup bau bangkai dengan jarak 15, 30 dan 60 cm dan kemudian dinilai menggunakan skala bau bangkai tikus seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Skala Tingkat Bau Bangkai Tikus

Skala	Deskripsi bau bangkai
1	Tanpa bau bangkai
2	Cukup bau bangkai
3	Bau bangkai
4	Bau bangkai menyengat
5	Bau bangkai sangat menyengat

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses metabolisme dalam tubuh tikus diawali dari masuknya makanan dan minuman yang dikonsumsi dan diakhiri dengan keluarnya feses dan urine. Parameter pengamatan pengaruh bahan aktif rodentisida terhadap metabolisme tikus putih (*Rattus norvegicus*) di Laboratorium meliputi: pengamatan jumlah pakan yang dikonsumsi, jumlah minum yang dikonsumsi, jumlah produksi feses dan urine serta perubahan bobot tubuh setiap hari. Penelitian ini dilakukan di dalam kandang metabolisme. Parameter-parameter yang diteliti juga diamati menggunakan kandang metabolisme karena dapat memisahkan antara feses dan urine dari hewan uji. Berikut paparan setiap parameter yang diamati dalam penelitian ini.

1. Pengaruh Beberapa Bahan Aktif dalam Formulasi Rodentisida Terhadap

Jumlah Konsumsi Pakan Tikus Putih (*Rattus norvegicus* Wistar)

Hasil konsumsi pakan tikus putih selama 14 hari pengamatan disajikan pada Tabel 4 dan Tabel 5. Berdasarkan Tabel 4, secara horizontal, jumlah konsumsi pakan tikus terhadap rodentisida dan beras pada hari pertama hingga hari keempat tidak menunjukkan adanya perbedaan yang nyata jika dibandingkan dengan perlakuan A (kontrol). Pada hari kelima sampai hari kedelapan terlihat perbedaan yang nyata pada perlakuan B, C, dan D dibandingkan atau terhadap perlakuan A (kontrol), karena jumlah konsumsi makan tikus pada perlakuan B, C, dan D semakin berkurang, sedangkan pada perlakuan E (pembanding) tikus memiliki jumlah konsumsi makan yang tidak berbeda nyata dengan perlakuan A (kontrol).

Tabel 4. Konsumsi (*R. norvegicus*) Terhadap Rodentisida Dan Beras (Setelah Dikonversi Ke Dalam 100 g Bobot Tubuh) Berdasarkan Perlakuan A, B, C, D, dan E

Hari Ke	Perlakuan				
	A	B	C	D	E
1	8,76 a	8,23 a	6,98 a	9,11 a	9,10 a
2	4,96 a	9,12 a	5,30 a	6,47 a	7,29 a
3	3,37 a	5,76 a	4,01 a	5,21 a	5,94 a
4	2,81 a	1,59 a	1,35 a	2,63 a	3,55 a
5	3,92 b	0,50 a	0,00 a	0,31 a	3,69 b
6	4,53 b	0,06 a	0,11 a	0,78 a	2,12 ab
7	4,71 b	0,04 a	0,00 a	0,10 a	2,89 b
8	2,48 b	0,02 a	0,00 a	0,00 a	1,76 b
9	1,89 b	0,00 a	0,00 a	0,00 a	1,58 ab
10	1,90 b	0,00 a	0,00 a	0,00 a	1,41 ab
11	1,65 b	0,00 a	0,00 a	0,00 a	1,17 ab
12	1,03 b	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,87 ab
13	0,78 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	1,26 a
14	0,50 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	1,07 a
Rata-rata	3,09	2,81	2,21	3,07	3,12

Keterangan: Secara horizontal, angka yang diikuti oleh huruf yang sama, menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf nyata 5%, A: Umpan tanpa bahan aktif (kontrol), B: Rodentisida dengan bahan aktif Kumatetralil, C: Rodentisida dengan bahan aktif Brodifakum, D: Rodentisida dengan bahan aktif Bromadiolon, E: Rodentisida dengan bahan aktif Warfarin (pembanding)

Berdasarkan Tabel 6, secara vertikal, pada hari pertama, terlihat bahwa pada semua

perlakuan menunjukkan konsumsi pakan tikus berbeda nyata dengan hari selanjutnya.

Tabel 5. Konsumsi Pakan Tikus Putih (*R. norvegicus*) terhadap Rodentisida Dan Beras (Setelah Dikonversi Ke Dalam 100 G Bobot Tubuh) Berdasarkan Hari Pertama Sampai Hari Ke Empat Belas

Hari Ke	Perlakuan				
	A	B	C	D	E
1	8,76 c	8,23 c	6,98 c	9,11 d	9,10 c
2	4,96 b	9,12 c	5,30 bc	6,47 c	7,29 c
3	3,37 ab	5,76 b	4,01 b	5,21 c	5,94 bc
4	2,81 ab	1,59 a	1,35 a	2,63 b	3,55 ab
5	3,92 ab	0,50 a	0,00 a	0,31 a	3,69 ab
6	4,53 b	0,06 a	0,11 a	0,78 ab	2,12 a
7	4,71 b	0,04 a	0,00 a	0,10 a	2,89 ab
8	2,48 ab	0,02 a	0,00 a	0,00 a	1,76 a
9	1,89 ab	0,00 a	0,00 a	0,00 a	1,58 a
10	1,90 ab	0,00 a	0,00 a	0,00 a	1,41 a
11	1,65 ab	0,00 a	0,00 a	0,00 a	1,17 a
12	1,03 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,87 a
13	0,78 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	1,26 a
14	0,50 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	1,07 a
Rata-rata	3,09	2,81	2,21	3,07	3,12

Keterangan: Secara vertikal, angka yang diikuti oleh huruf yang sama, menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf nyata 5%, A: Umpan tanpa bahan aktif (kontrol), B: Rodentisida dengan bahan aktif Kumatetralil, C: Rodentisida dengan bahan aktif Brodifakum, D: Rodentisida dengan bahan aktif Bromadiolon, E: Rodentisida dengan bahan aktif Warfarin (pembanding)

Hal ini diduga karena tikus berada dalam kondisi lapar setelah dipuaskan selama 24 jam, sehingga tikus mengonsumsi rodentisida dalam jumlah yang tinggi. Dimulai pada hari ketiga, terlihat adanya penurunan jumlah konsumsi pakan tikus pada semua perlakuan. Pada perlakuan B, C, dan D, sejak hari kedelapan sampai hari ke empat belas sudah tidak ada pakan yang dikonsumsi tikus. Menurut Kurniawan *et al.* (2017), semakin banyak rodentisida yang dimakan oleh tikus, semakin banyak pula kadar racun yang masuk ke dalam tubuh sehingga proses kerja racun lebih besar jumlahnya untuk membunuh tikus. Secara horizontal, tikus yang paling banyak mengonsumsi rodentisida pada hari pertama adalah perlakuan D yaitu sebesar 9,11 g dengan rata-rata kematian tikus pada hari ke tujuh, sedangkan perlakuan C memiliki jumlah konsumsi rodentisida yang paling sedikit yaitu 6,98 g dan dapat membunuh tikus paling cepat yaitu pada hari kelima.

Pada perlakuan E, terlihat adanya ketahanan yang ditunjukkan dengan konsumsi tikus sampai hari ke empat belas. Tikus yang masih hidup terpacu untuk makan lebih banyak guna memperoleh energi untuk mendetoksifikasi racun yang masuk ke tubuhnya setelah mengonsumsi racun (Zailani *et al.*, 2015). Selain itu, menurut Alaydrus *et al.* (2015) penyebab tikus yang mengonsumsi rodentisida Warfarin tidak menunjukkan adanya kematian yaitu di dalam tubuh tikus terjadi metabolisme sebagai pertahanan tubuh dimana tiap individu memiliki varian tersendiri. Di dalam hati tikus, terdapat enzim *Cytocrom P-450*

yang salah satu bagiannya adalah enzim CYC29 yang berfungsi memetabolisme warfarin menjadi *inaktif*. Apabila warfarin menjadi *inaktif*, maka tidak ada yang menghambat VKORC1 sehingga regenerasi Vitamin K tetap berjalan dan mengakibatkan proses koagulasi terus berjalan.

2. Pengaruh Beberapa Bahan Aktif dalam Formulasi Rodentisida Terhadap Jumlah Minum Tikus Putih (*Rattus norvegicus* Wistar)

Air minum yang disediakan setiap hari sebanyak 250 ml (*ad libitum*). Hasil pengamatan jumlah minum tikus dapat dilihat pada Tabel 6 dan Tabel 7. Berdasarkan Tabel tersebut dapat diketahui bahwa semua perlakuan tidak berbeda nyata dengan perlakuan kontrol dan terjadi penurunan jumlah minum setiap harinya. Berdasarkan Tabel 6, secara horizontal, perlakuan B pada hari pertama berbeda nyata dengan perlakuan E. Pada hari pertama, perlakuan B memiliki jumlah minum tertinggi dibanding perlakuan lainnya yaitu sebanyak 46,67 ml. Hal ini diduga karena tikus meminum air melebihi kebutuhan minum tikus setiap harinya. Lebih lanjut diketahui bahwa kebutuhan minum seekor tikus setiap harinya adalah sekitar 15–30 ml air (Syamsuddin, 2007).

Berdasarkan Tabel 7, secara vertikal, terlihat semua perlakuan menunjukkan bahwa jumlah minum pada hari pertama berbeda nyata dengan hari kedua dan hari-hari selanjutnya. Bahan aktif Kumatetralil dalam formulasi rodentisida diduga juga dapat menyebabkan rasa haus pada tikus (perlakuan B).

Tabel 6. Jumlah Minum Tikus Putih (*R. norvegicus*) Berdasarkan Perlakuan A, B, C, D, dan E

Hari ke	Perlakuan				
	A	B	C	D	E
1	38,33 ab	46,67 b	29,17 ab	32,5 ab	24,17 a
2	10,0 a	11,67 a	9,17 a	13,83 a	9,17 a
3	9,67 a	12,17 a	11,67 a	10,33 a	10,83 a
4	11,33 a	6,67 a	10,00 a	8,00 a	9,67 a

Hari ke	Perlakuan				
	A	B	C	D	E
5	10,5 a	7,5 a	3,83 a	6,67 a	10,00 a
6	7,5 a	4,17 a	1,83 a	4,17 a	8,00 a
7	8,3 bc	3,00 ab	1,33 a	2,17 a	9,17 c
8	5,00 b	0,83 a	0,83 a	0,00 a	5,33 b
9	7,5 b	0,00 a	0,00 a	0,00 a	5,00 ab
10	4,17 b	0,00 a	0,00 a	0,00 a	5,00 b
11	5,83 b	0,00 a	0,00 a	0,00 a	3,33 ab
12	5,00 b	0,00 a	0,00 a	0,00 a	4,17 ab
13	2,5 ab	0,00 a	0,00 a	0,00 a	5,00 b
14	2,5 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	4,17 a
Rata-rata	9,15	10,30	8,48	9,71	8,07

Keterangan: Secara horizontal, angka yang diikuti oleh huruf yang sama, menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf nyata 5%, A: Umpan tanpa bahan aktif (kontrol), B: Rodentisida dengan bahan aktif Kumatetralil, C: Rodentisida dengan bahan aktif Brodifakum, D: Rodentisida dengan bahan aktif Bromadiolon, E: Rodentisida dengan bahan aktif Warfarin (pembanding)

Secara horizontal, sejak hari kedua terjadi penurunan jumlah minum pada semua perlakuan, dan pada hari ke tujuh, perlakuan A (kontrol) dan E (pembanding) berbeda

nyata dengan perlakuan B, C, dan D. Hal ini disebabkan karena konsumsi makan dan minum tikus semakin berkurang dan tikus sudah menunjukkan gejala kematian.

Tabel 7. Jumlah Minum Tikus Putih (*R. norvegicus*) Berdasarkan Hari Pertama Sampai Hari Ke Empat Belas

Hari ke	Perlakuan				
	A	B	C	D	E
1	38,33 c	46,67 c	29,17 c	32,5 f	24,17 b
2	10,0 ab	11,67 b	9,17 b	13,83 e	9,17 a
3	9,67 ab	12,17 b	11,67 b	10,33 de	10,83 a
4	11,33 b	6,67 ab	10,00 b	8,00 cd	9,67 a
5	10,5 ab	7,5 ab	3,83 a	6,67 bcd	10,00 a
6	7,5 ab	4,17 ab	1,83 a	4,17 abc	8,00 a
7	8,3 ab	3,00 a	1,33 a	2,17 ab	9,17 c
8	5,00 ab	0,83 a	0,83 a	0,00 a	5,33 b
9	7,5 ab	0,00 a	0,00 a	0,00 a	5,00 ab
10	4,17 ab	0,00 a	0,00 a	0,00 a	5,00 b
11	5,83 ab	0,00 a	0,00 a	0,00 a	3,33 ab
12	5,00 ab	0,00 a	0,00 a	0,00 a	4,17 ab
13	2,5 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	5,00 b
14	2,5 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	4,17 a
Rata-rata	9,15	10,30	8,48	9,71	8,07

Keterangan: Secara vertikal, angka yang diikuti oleh huruf yang sama, menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf nyata 5%, A: Umpan tanpa bahan aktif (kontrol), B: Rodentisida dengan bahan aktif Kumatetralil, C: Rodentisida dengan bahan aktif Brodifakum, D: Rodentisida dengan bahan aktif Bromadiolon, E: Rodentisida dengan bahan aktif Warfarin (pembanding)

3. Pengaruh Beberapa Bahan Aktif dalam Formulasi Rodentisida Terhadap Produksi Feses Harian Tikus Putih (*Rattus norvegicus* Wistar)

Feses yang dihasilkan oleh tikus pada penelitian ini tertampung di dalam wadah penampung feses pada kandang metabolisme. Produksi feses tersebut ditimbang setiap hari menggunakan

timbangan analitik. Jumlah produksi feses harian tikus putih selama empat belas hari dapat dilihat pada Tabel 8 dan Tabel 9. Berdasarkan Tabel 8, secara horizontal, pada hari pertama, perlakuan E menunjukkan perbedaan yang nyata jika dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Hal ini disebabkan karena tikus pada perlakuan E (pembanding) menghasilkan feses yang jumlahnya lebih sedikit dibanding perlakuan lainnya. Pada hari pertama, perlakuan D menunjukkan jumlah feses paling tinggi meskipun tidak berbeda nyata dengan perlakuan A, C, dan D.

Secara horizontal pada hari keenam sampai hari kesembilan, semua perlakuan menunjukkan perbedaan yang nyata terhadap

perlakuan kontrol, karena beberapa tikus sudah mengurangi konsumsi makannya dan menunjukkan gejala kematian, sehingga produksi feses sangat sedikit.

Berdasarkan Tabel 9, secara vertikal, pada hari pertama menunjukkan produksi feses tikus yang berbeda nyata dengan hari kedua dan hari selanjutnya, serta terjadi penurunan produksi feses setiap harinya pada semua perlakuan. Perlakuan E (pembanding) menunjukkan jumlah feses paling sedikit meskipun jumlah konsumsi pakannya cenderung sama. Hal ini diduga karena makanan yang dikonsumsi oleh tikus dicerna menjadi energi sehingga jumlah feses cenderung sedikit.

Tabel 8. Produksi Feses Harian Tikus Putih (*R. norvegicus*) Setelah Perlakuan Rodentisida Berdasarkan Perlakuan A, B, C, D, dan E

Hari ke	Perlakuan				
	A	B	C	D	E
1	3,92 b	4,00 b	2,53 ab	4,65 b	1,02 a
2	0,69 a	1,73 a	1,02 a	1,32 a	1,00 a
3	0,87 a	1,17 a	0,43 a	0,68 a	0,43 a
4	0,62 ab	0,88 b	0,42 a	0,35 a	0,45 a
5	0,52 a	0,33 a	0,03 a	0,32 a	0,33 a
6	0,3 b	0,09 ab	0,02 a	0,05 a	0,17 ab
7	0,23 b	0,05 ab	0,00 a	0,00 a	0,22 b
8	0,23 b	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,13 ab
9	0,23 b	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,15 ab
10	0,15 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,08 a
11	0,2 b	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,05 a
12	0,03 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,17 a
13	0,05 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,15 a
14	0,07 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,08 a
Rata-rata	0,58	0,92	0,56	0,92	0,32

Keterangan: Secara horizontal, angka yang diikuti oleh huruf yang sama, menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf nyata 5%, A: Umpan tanpa bahan aktif (kontrol), B: Rodentisida dengan bahan aktif Kumatetralil, C: Rodentisida dengan bahan aktif Brodifakum, D: Rodentisida dengan bahan aktif Bromadiolon, E: Rodentisida dengan bahan aktif Warfarin (pembanding)

Menurunnya produksi feses harian diduga terjadi karena jenis racun yang dikonsumsi oleh tikus bersifat racun perut sehingga mengakibatkan gangguan pencernaan

sehingga tikus mengalami penurunan nafsu makan dan mengakibatkan jumlah produksi feses mengalami penurunan.

Tabel 9. Produksi Feses Harian Tikus Putih (*R. norvegicus*) Setelah Perlakuan Rodentisida Berdasarkan Hari Pertama Sampai Hari Ke Empat Belas

Hari ke	Perlakuan				
	A	B	C	D	E
1	3,92 b	4,00 d	2,53 c	4,65 c	1,02 b
2	0,69 a	1,73 c	1,02 b	1,32 b	1,00 b
3	0,87 a	1,17 bc	0,43 ab	0,68 ab	0,43 a
4	0,62 a	0,88 ab	0,42 ab	0,35 ab	0,45 a
5	0,52 a	0,33 a	0,03 a	0,32 ab	0,33 a
6	0,3 a	0,09 a	0,02 a	0,05 a	0,17 ab
7	0,23 a	0,05 a	0,00 a	0,00 a	0,22 b
8	0,23 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,13 ab
9	0,23 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,15 ab
10	0,15 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,08 a
11	0,2 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,05 a
12	0,03 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,17 a
13	0,05 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,15 a
14	0,07 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,08 a
Rata-rata	0,58	0,92	0,56	0,92	0,32

Keterangan: Secara vertikal, angka yang diikuti oleh huruf yang sama, menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf nyata 5%, A: Umpan tanpa bahan aktif (kontrol), B: Rodentisida dengan bahan aktif Kumatetralil, C: Rodentisida dengan bahan aktif Brodifakum, D: Rodentisida dengan bahan aktif Bromadiolon, E: Rodentisida dengan bahan aktif Warfarin (pembanding)

Hal tersebut didasarkan pada persamaan anggaran energi menurut Natawigena & Soedigdo (1998), dalam Natawigena *et al.* (2018), bahwa $C = D + F$ atau energi masukan dari makanan (*consumption* = C) sebagian akan menjadi energi yang dicerna (*digestible energy* = D) dan sebagian lagi menjadi energi yang terkandung dalam buangan (*feces* = F). Bentuk feses yang dihasilkan oleh tikus pada semua perlakuan memiliki bentuk yang sama yaitu berbentuk gelondong dan biasanya bergerombol.

4. Pengaruh Beberapa Bahan Aktif dalam Formulasi Rodentisida Terhadap Produksi Urine Harian Tikus Putih (*Rattus norvegicus* Wistar)

Produksi urine harian tikus putih selama 14 hari dapat dilihat pada Tabel 10 dan Tabel 11. Berdasarkan Tabel 10, secara horizontal, semua perlakuan menghasilkan jumlah urine yang tinggi pada hari pertama, kecuali pada perlakuan E. Perlakuan B memiliki jumlah urine yang paling tinggi pada hari pertama yaitu 28,33 ml. Diduga tikus pada perlakuan B memiliki jumlah minum yang lebih banyak dibandingkan perlakuan lainnya. Selain itu, senyawa yang terdapat pada rodentisida generasi pertama akan mengalami metabolisme yang lebih luas sehingga senyawa metabolit yang ada dalam tubuh tikus akan diekskresikan dalam bentuk urine (Horak *et al.*, 2018).

Tabel 10. Produksi Urine Harian Tikus Putih (*R. norvegicus*) Setelah Perlakuan Rodentisida Berdasarkan Perlakuan A, B, C, D, dan E

Hari ke	Perlakuan				
	A	B	C	D	E
1	19,17 b	28,33 b	18,83 b	19,33 b	4,5 a
2	5,5 a	6,33 a	5,00 a	5,5 a	6,00 a
3	5,67 a	4,67 a	5,33 a	3,5 a	5,00 a
4	4,5 a	5,33 a	4,83 a	2,83 a	4,17 a
5	4,5 b	3,00 ab	1,83 ab	1,33 a	3,17 ab

Hari ke	Perlakuan				
	A	B	C	D	E
6	4,83 b	2,5 ab	0,83 a	1,5 a	3,83 ab
7	4,00 b	0,83 a	0,67 a	0,5 a	3,33 ab
8	2,00 ab	0,17 a	0,5 a	0,33 a	3,83 b
9	3,17 b	0,00 a	0,00 a	0,00 a	1,5 ab
10	2,5 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	1,67 a
11	3,00 b	0,00 a	0,00 a	0,00 a	2,33 ab
12	2,33 ab	0,00 a	0,00 a	0,00 a	3,00 b
13	1,5 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	2,00 a
14	1,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	1,5 a
Rata-rata	4,54	6,39	4,67	4,06	3,27

Keterangan: Secara horizontal, angka yang diikuti oleh huruf yang sama, menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf nyata 5%, A: Umpan tanpa bahan aktif (kontrol), B: Rodentisida dengan bahan aktif Kumatetralil, C: Rodentisida dengan bahan aktif Brodifakum, D: Rodentisida dengan bahan aktif Bromadiolon, E: Rodentisida dengan bahan aktif Warfarin (pembanding)

Hal ini menunjukkan bahwa bahan aktif Kumatetralil dalam formulasi rodentisida dapat meningkatkan produksi urine tikus. Berdasarkan Tabel 11, secara vertikal, produksi urine tikus pada hari pertama berbeda nyata dengan hari-hari selanjutnya, dan terus terjadi penurunan

produksi urine tikus setiap harinya. Perlakuan E juga merupakan rodentisida yang bahan aktifnya merupakan racun antikoagulan generasi pertama, namun memiliki produksi urine yang berbanding terbalik dengan perlakuan B.

Tabel 11. Produksi Urine Harian Tikus Putih (*R. norvegicus*) Setelah Perlakuan Rodentisida Berdasarkan Hari Pertama Sampai Hari Ke Empat Belas

Hari ke	Perlakuan				
	A	B	C	D	E
1	19,17 b	28,33 b	18,83 c	19,33 c	4,5 ab
2	5,5 a	6,33 a	5,00 bc	5,5 b	6,00 b
3	5,67 a	4,67 a	5,33 c	3,5 ab	5,00 ab
4	4,5 a	5,33 a	4,83 bc	2,83 ab	4,17 ab
5	4,5 a	3,00 a	1,83 abc	1,33 ab	3,17 ab
6	4,83 a	2,5 a	0,83 ab	1,5 ab	3,83 ab
7	4,00 a	0,83 a	0,67 ab	0,5 a	3,33 ab
8	2,00 a	0,17 a	0,5 ab	0,33 a	3,83 b
9	3,17 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	1,5 a
10	2,5 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	1,67 a
11	3,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	2,33 a
12	2,33 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	3,00 ab
13	1,5 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	2,00 a
14	1,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	1,5 a
Rata-rata	4,54	6,39	4,67	4,06	3,27

Keterangan: Secara vertikal, angka yang diikuti oleh huruf yang sama, menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf nyata 5%, A: Umpan tanpa bahan aktif (kontrol), B: Rodentisida dengan bahan aktif Kumatetralil, C: Rodentisida dengan bahan aktif Brodifakum, D: Rodentisida dengan bahan aktif Bromadiolon, E: Rodentisida dengan bahan aktif Warfarin (pembanding)

Hal ini diduga karena rodentisida Warfarin menyebabkan suhu tubuh tikus meningkat

sehingga air minum yang masuk ke dalam tubuh tikus berubah menjadi uap air. Tanda-

tanda tersebut terlihat dari kondisi kandang yang dipenuhi uap air.

5. Pengaruh Beberapa Bahan Aktif dalam Formulasi Rodentisida Terhadap Perubahan Bobot Tubuh Tikus Putih (*Rattus norvegicus* Wistar)

Penimbangan bobot awal tikus putih dilakukan sebelum perlakuan, sedangkan penimbangan bobot akhir dilakukan pada saat hewan uji mati atau sampai 14 hari pengamatan. Hasil pengamatan bobot awal, bobot akhir, rata-rata bobot, dan perubahan bobot dapat dilihat pada Tabel 12.

Berdasarkan Tabel 12, pada perlakuan kontrol, tidak menunjukkan adanya penurunan bobot tubuh tikus, melainkan terjadi kenaikan sebesar 29,17 g. Pada semua perlakuan rodentisida (perlakuan B sampai E), semua tikus uji mengalami penurunan bobot tubuh dengan rata-rata yaitu 20,295 g, dengan kisaran 18,83 g (perlakuan E) sampai 21,05 g (perlakuan B). Perlakuan rodentisida dengan komposisi bahan aktif sebanyak 5% dapat menyebabkan penurunan bobot tubuh tikus. Hal ini disebabkan karena sudah terjadi proses keracunan dalam tubuh tikus.

Tabel 12. Bobot Awal, Bobot Akhir, Bobot Rata-Rata, Dan Perubahan Bobot Tubuh Tikus Putih (*R. norvegicus*)

Perlakuan	Bobot awal (g)	Bobot akhir (g)	Bobot rata-rata (g)	Perubahan bobot (g)
A	130,25	159,98	145,40	+ 29,17
B	164,95	143,90	154,00	- 21,05
C	142,8	122,15	132,48	- 20,65
D	159,38	138,73	149,06	- 20,65
E	133,03	114,20	123,62	- 18,83

Keterangan: A: Umpan tanpa bahan aktif (kontrol). B: Rodentisida dengan bahan aktif Kumatetralil. C: Rodentisida dengan bahan aktif Brodifakum. D: Rodentisida dengan bahan aktif Bromadiolon. E: Rodentisida dengan bahan aktif Warfarin (pembanding).

Menurut Zailani *et al.* (2015) penurunan berat badan terjadi karena adanya senyawa toksik yang terkandung di dalam rodentisida terakumulasi di dalam tubuh tikus. Semakin lama tikus menyerap senyawa toksik tersebut maka akan memengaruhi proses metabolisme pada tubuh tikus dan dapat menyebabkan kematian.

6. Pengaruh Beberapa Bahan Aktif dalam Formulasi Rodentisida Terhadap Perilaku Tikus Putih (*Rattus norvegicus* Wistar)

Rodentisida yang diberikan kepada tikus putih memiliki bahan aktif yang berbeda yaitu Kumatetralil, Brodifakum, Bromadiolon, dan Warfarin. Efek dari bahan aktif Kumatetralil, Brodifakum, Bromadiolon, dan Warfarin di dalam formulasi rodentisida memiliki gejala keracunan yang hampir sama. Perbedaan pengaruh tersebut terletak pada waktu timbulnya gejala keracunan dan terdapat beberapa perilaku tikus yang menjadi ciri utama dari bahan aktif tersebut.

Tabel 13. Gejala Keracunan Tikus Akibat Rodentisida

Tingkah laku tikus	Nilai	Kategori	Waktu munculnya gejala (jam)			
			Kumatetralil (B)	Brodifakum (C)	Bromadiolon (D)	Warfarin (E)
Penurunan aktivitas motorik	1,0	Menghambat sistem syaraf pusat, simpatolitik, relaksasi otot	120	96	144	120
Sempoyongan	1,0	Menghambat sistem syaraf pusat	144	96	144	120
Kehilangan refleks berdiri	1,0	Menghambat sistem syaraf pusat	144	96	144	120

Tingkah laku tikus	Nilai	Kategori	Waktu munculnya gejala (jam)			
			Kumatetralil (B)	Brodifakum (C)	Bromadiolon (D)	Warfarin (E)
Kehilangan daya cengkram	1,5	Menghambat sistem syaraf pusat, relaksasi otot	144	96	144	120
Penurunan laju pernapasan	2,0	Menghambat sistem syaraf pusat, relaksasi otot	144	96	144	120
Pengecilan ukuran pupil mata	1,5	Parasimpatomimetik, simpatolitik, menghambat sistem syaraf pusat	120	96	96	120
Kelopak mata lurus	1,0	Menghambat sistem syaraf pusat, simpatolitik, relaksasi otot	-	-	96	-
Kuping lebih pucat	1,0	Vasodil	96	96	96	72
Straub/ekor mengangkat	0,5	Analgesik	-	-	-	96
Bulu berdiri	0,5	Parasimpatomimetik, simpatomimetik	48	24	96	72
Urine berlebih	2,0	Parasimpatomimetik	24	-	-	-
Penurunan berat badan	1,5	Menghambat sistem syaraf pusat	48	48	48	48
Agresif	1,0	Mengaktifkan sistem syaraf pusat	-	-	-	72
Penurunan rasa ingin tahu	1,0	Menghambat sistem syaraf pusat, relaksasi otot	120	96	144	120
Tes hafner positif	1,0	Menghambat sistem syaraf pusat, analgesik, relaksasi otot	144	96	144	120

Waktu timbulnya gejala keracunan dimulai dari 24 jam setelah perlakuan yang dapat dilihat pada Tabel 13. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa, tikus yang telah mengonsumsi rodentisida dengan bahan aktif Kumatetralil, Brodifakum, Bromadiolon, dan Warfarin memiliki gejala kematian yang diawali dengan berkurangnya nafsu makan pada 48 jam setelah perlakuan, sehingga tikus mengalami penurunan berat badan. Terjadinya penurunan berat badan disebabkan karena racun di dalam tubuh tikus sudah mulai bereaksi. Beberapa hari kemudian, terdapat gejala seperti pengecilan ukuran pupil mata dan warna kuping yang lebih pucat. Tikus juga mengalami pendarahan dari hidung dan telinga.

Gejala kematian lainnya ditandai dengan penurunan aktivitas motorik seperti tikus lebih banyak diam daripada bergerak,

kemudian hari berikutnya tikus mengalami gejala kematian seperti sempoyongan, kehilangan refleks berdiri, kehilangan daya cengkram, penurunan laju pernafasan, dan tidak memberikan reaksi apabila ekor tikus dijepit (tes hafner positif). Gejala-gejala tersebut terjadi sebelum tikus mengalami kematian, yaitu pada 96 jam, 120 jam atau 144 jam tergantung dari bahan aktifnya.

Gejala kematian yang menjadi pembeda setiap bahan aktif yaitu pada perlakuan B, tikus yang mengonsumsi rodentisida dengan bahan aktif Kumatetralil memiliki gejala urine yang berlebih dibanding perlakuan lainnya pada 24 jam setelah perlakuan. Selain itu, beberapa tikus tidak mengalami pendarahan, melainkan terjadi pembengkakan pada tubuh tikus. Pada perlakuan rodentisida Brodifakum, semua gejala yang terlihat, muncul lebih cepat

dibanding perlakuan lainnya dan akan menyebabkan tikus lebih cepat mati. Pada perlakuan rodentisida Bromadiolon, gejala

yang terlihat yaitu kelopak mata lurus pada 96 jam setelah perlakuan.

Tabel 14. Jumlah Nilai Dari Setiap Kategori Perilaku Tikus Yang Muncul

Bahan aktif	Kategori	Jumlah
Kumatetralil	Menghambat sistem syaraf pusat	11,5
	Relaksasi otot	6,5
	Parasimpatomimetik	4,0
	Simpatolitik	2,5
	Vasodil	1,0
	Analgesik	1,0
	Simpatomimetik	0,5
	Menghambat sistem syaraf pusat	11,5
Brodifakum	Relaksasi otot	6,5
	Simpatolitik	2,5
	Parasimpatomimetik	2,0
	Vasodil	1,0
	Analgesik	1,0
	Simpatomimetik	0,5
Bromadiolon	Menghambat sistem syaraf pusat	12,5
	Relaksasi otot	7,5
	Simpatolitik	3,5
	Parasimpatomimetik	2,0
	Vasodil	1,0
	Analgesik	1,0
	Simpatomimetik	0,5
	Menghambat sistem syaraf pusat	11,5
Warfarin	Relaksasi otot	5,5
	Simpatolitik	2,5
	Parasimpatomimetik	2,0
	Vasodil	2,0
	Analgesik	1,5
	Simpatomimetik	1,0
	Mengaktifkan sistem syaraf pusat	1,0

Pada perlakuan rodentisida Warfarin, tikus cenderung lebih agresif pada 72 jam setelah perlakuan dan memiliki gejala seperti ekor mengangkat/*straub* pada 96 jam setelah perlakuan. Setelah diketahui nilai dari perilaku tikus yang muncul maka nilai-nilai tersebut diakumulasikan untuk mengetahui jumlah nilai kategori yang tertinggi sampai yang terendah. Jumlah nilai dari setiap kategori dapat dilihat pada Tabel 14. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bahan aktif Kumatetralil, Brodifakum, Bromadiolon, dan Warfarin dalam formulasi rodentisida

memiliki pengaruh terhadap penghambatan sistem syaraf pusat, relaksasi otot, parasimpatomimetik, simpatolitik, vasodil, analgesik, dan simpatomimetik. Nilai tertinggi dari hasil penjumlahan nilai kategori yang muncul pada semua perlakuan rodentisida yaitu pada kategori menghambat sistem syaraf pusat (Bromadiolon = 12,5; Kumatetralil, Brodifakum, dan Warfarin = 11,5) dan relaksasi otot (Kumatetralil dan Brodifakum = 6,5; Bromadiolon = 7,5; dan Warfarin 5,5). Berdasarkan kategorisasi tingkah laku tikus menurut metode Wagner

& Wolff (1977) dari nilai tertinggi sampai terendah, menunjukkan bahwa bahan aktif Kumatetralil, Brodifakum, Bromadiolon, dan Warfarin dalam formulasi rodentisida secara umum bekerja menghambat sistem syaraf pusat.

Sistem syaraf pusat memiliki peranan penting dalam mengatur berbagai aktivitas tubuh, termasuk menerima berbagai rangsangan sensorik, mengintegrasikan informasi satu dengan yang lain, dan menghasilkan aktivitas motorik tubuh. Saat syaraf pusat terganggu, gejala yang timbul diantaranya gangguan pernapasan, kejang-kejang, kelumpuhan, gangguan penglihatan, sensitif terhadap cahaya, dan tremor (Turang, 2018). Relaksasi otot bertujuan untuk memperlambat detak jantung, menurunkan frekuensi pernapasan dan tekanan darah, serta mengurangi ketegangan otot (Amaral *et al.*, 2018).

Perbedaan kategori terlihat pada urutan ketiga dimana bahan aktif Kumatetralil memengaruhi perilaku tikus pada kategori parasimpatomimetik dengan nilai 4,0, sedangkan bahan aktif Brodifakum, Bromadiolon, dan Warfarin memengaruhi kategori simpatolitik dengan nilai Brodifakum = 2,5, Bromadiolon = 3,5, dan Warfarin = 2,5. Parasimpatomimetik dapat memengaruhi aktivitas gastrointestinal yakni mempermudah pengeluaran isi usus melalui

saluran pencernaan serta meningkatkan tekanan arteri, metabolisme sel, kekuatan otot, dan koagulasi darah (Cahyono *et al.*, 2009). Selain itu, parasimpatomimetik juga dapat memperlambat denyut jantung dan meningkatkan produksi urine. Simpatolitik dapat merangsang sekresi asam lambung, saliva, air mata dan keringat, serta pengecilan pupil mata (Lestari, 2016). Selanjutnya diikuti oleh kategori vasodil, analgesik, dan simpatomimetik. Pada bahan aktif Warfarin terdapat perilaku agresif yang dapat mengaktifkan sistem syaraf pusat.

7. Pengaruh Beberapa Bahan Aktif dalam Formulasi Rodentisida Terhadap Tempat Keberadaan Kematian Tikus (*Rattus norvegicus* Wistar)

Pengamatan ini bertujuan untuk mengetahui kondisi kematian tikus apakah berada di tempat terang atau gelap, karena penggunaan rodentisida di lapangan menyebabkan tikus mati di sembarang tempat, sehingga tidak terlihat, menimbulkan bau tidak sedap dan sulit menemukan bangkainya. Tempat kematian tikus di dalam kandang metabolisme dapat dilihat pada Tabel 15. Berdasarkan Tabel 15, pada perlakuan A (kontrol) tidak terdapat kematian tikus. Perlakuan B dan C memiliki tempat kematian yang sama yaitu sebagian berada di dalam pipa dan sebagian lainnya di luar pipa.

Tabel 15. Tempat Keberadaan Kematian Tikus Pada Kandang Metabolisme

Perlakuan	Jumlah tikus Mati (ekor)		Keterangan
	Di dalam pipa	Di luar pipa	
A	-	-	Sampai hari ke 14 Semua tikus masih hidup
B	3	3	Pada hari ke 9 Semua Tikus Mati
C	3	3	Pada hari ke 9 Semua Tikus Mati
D	1	5	Pada hari ke 9 Semua Tikus Mati
E	4	1	Sampai hari ke 14 satu ekor tikus tidak mati

Keterangan: A: Umpan tanpa bahan aktif (kontrol), B: Rodentisida dengan bahan aktif Kumatetralil, C: Rodentisida dengan bahan aktif Brodifakum, D: Rodentisida dengan bahan aktif Bromadiolon, E: Rodentisida dengan bahan aktif Warfarin (pembanding)

Tikus yang mati di luar pipa paling banyak ditunjukkan oleh perlakuan D, sedangkan yang paling banyak berada di dalam pipa ditunjukkan oleh perlakuan E (pembanding). Perilaku tikus yang bersembunyi di dalam pipa dikarenakan waktu yang dihabiskan di dalam kotak sarang dengan kondisi gelap setelah tikus mengonsumsi rodentisida meningkat dari 55-60% menjadi 90% sehari sebelum tikus mati (Cox & Smith, 1992). Penggunaan kandang metabolisme yang berukuran kecil dapat menyebabkan tikus tidak bergerak bebas sehingga ketika tikus menunjukkan gejala kematian, kematiannya bisa terjadi dimana saja. Tempat keberadaan kematian tikus sebagian berada dalam kondisi terang dan sebagian lainnya berada dalam kondisi gelap. Selain itu, terdapat tikus yang lebih memilih mati di tempat penyimpanan makanan dibanding di dalam pipa.

8. Pengaruh Beberapa Bahan Aktif dalam Formulasi Rodentisida Terhadap Waktu Kematian Tikus Putih (*Rattus norvegicus* Wistar)

Pengamatan ini bertujuan untuk mengetahui berapa lama tikus dapat bertahan hidup setelah mengonsumsi rodentisida, yang dapat dilihat pada Tabel 16. Berdasarkan Tabel 16, kematian tikus dimulai pada hari kelima sampai dengan hari ke-14. Perlakuan yang paling cepat dalam membunuh tikus yaitu perlakuan C dengan rata-rata kematian 5,8 hari. Pada sekali pengumpanan rodentisida, kematian tikus yang disebabkan oleh rodentisida Brodifakum yaitu dua sampai delapan hari (World Health Organization, 1995). Rata-rata waktu yang dibutuhkan tikus untuk mati

setelah mengonsumsi rodentisida dengan bahan aktif Bromadiolon yaitu 6,8 hari. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Priyambodo dan Supatmi (2009), dimana tikus yang telah mengonsumsi rodentisida dengan bahan aktif Bromadiolon mengalami kematian pada 6,0-7,5 hari.

Pada perlakuan B, rodentisida dengan bahan aktif Kumatetralil menunjukkan rata-rata kematian tikus pada hari ke tujuh meskipun tikus hanya diberi satu kali pengumpanan. Menurut European Commission (2009), dengan pemberian dosis tunggal rodentisida Kumatetralil, waktu paruh atau waktu yang digunakan untuk menurunkan setengah dari aktivitas farmakologis sebagai fungsi ekskresi untuk menghilangkan suatu substansi dari tubuh pada tikus jantan membutuhkan waktu sekitar 71 jam atau tiga hari. Hal tersebut menunjukkan bahwa, tikus akan mengalami kematian dimulai pada hari ketiga.

Pada perlakuan E (pembanding), kematian tikus sudah terjadi pada hari kelima, namun memiliki rata-rata kematian yang paling lama dibanding perlakuan lainnya. Tikus pada salah satu ulangan tidak mati sampai dengan hari ke empat belas pengamatan. Hal ini disebabkan karena rodentisida Warfarin merupakan rodentisida antikoagulan generasi ke I yang memerlukan penelanan berulang kali, sehingga racun yang terakumulasi dalam tubuh jumlahnya sedikit, sehingga hanya terlihat beberapa gejala keracunan namun tidak mengalami kematian. Selain itu, tikus yang telah mengonsumsi rodentisida tersebut juga memiliki mekanisme ketahanan dalam tubuhnya, sehingga mampu bertahan hidup.

Tabel 16. Data waktu kematian tikus setelah perlakuan rodentisida

Perlakuan	Ulangan (hari)						Rata-rata
	1	2	3	4	5	6	
A	-	-	-	-	-	-	-
B	7	6	7	6	9	7	7
C	7	5	8	5	5	5	5,8
D	6	7	7	8	7	6	6,8
E	6	5	14	8	14	-	10,2

Keterangan:

A: Umpan tanpa bahan aktif (kontrol), B: Rodentisida dengan bahan aktif Kumatetralil, C: Rodentisida dengan bahan aktif Brodifakum, D: Rodentisida dengan bahan aktif Bromadiolon, E: Rodentisida dengan bahan aktif Warfarin (pembanding)

9. Pengaruh Beberapa Bahan Aktif dalam Formulasi Rodentisida Terhadap Persentase Mortalitas Tikus Putih (*Rattus norvegicus* Wistar)

Persentase kematian tikus putih dapat dilihat pada Tabel 17. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa perlakuan A (kontrol) tidak menyebabkan kematian pada tikus, karena umpan tidak mengandung racun. Kematian tikus putih dimulai pada hari

kelima yang ditunjukkan oleh perlakuan C (rodentisida Brodifakum) sebesar 67% dan perlakuan E (rodentisida Warfarin) sebesar 17%. Perlakuan yang paling cepat menunjukkan persentase kematian 100% terjadi pada perlakuan C yaitu pada hari ke tujuh, diikuti dengan perlakuan D pada hari kedelapan, dan perlakuan B pada hari kesembilan.

Tabel 17. Persentase Kematian Tikus Setelah Perlakuan Rodentisida Selama Empat Belas Hari Pengamatan

Hari ke	Perlakuan				
	A	B	C	D	E
1	0%	0%	0%	0%	0%
2	0%	0%	0%	0%	0%
3	0%	0%	0%	0%	0%
4	0%	0%	0%	0%	0%
5	0%	0%	67%	0%	17%
6	0%	33%	67%	33%	33%
7	0%	83%	83%	83%	33%
8	0%	83%	100%	100%	50%
9	0%	100%	100%	100%	50%
10	0%	100%	100%	100%	50%
11	0%	100%	100%	100%	50%
12	0%	100%	100%	100%	50%
13	0%	100%	100%	100%	50%
14	0%	100%	100%	100%	83%

Keterangan: A: Umpan tanpa bahan aktif (kontrol), B: Rodentisida dengan bahan aktif Kumatetralil, C: Rodentisida dengan bahan aktif Brodifakum, D: Rodentisida dengan bahan aktif Bromadiolon, E: Rodentisida dengan bahan aktif Warfarin (pembanding)

Perlakuan B memiliki rentang kematian tikus yaitu pada hari keenam sampai hari kesembilan, perlakuan C yaitu hari kelima sampai hari kedelapan, sedangkan perlakuan D yaitu hari keenam

sampai hari kedelapan. Pada penelitian ini, terdapat satu ekor tikus yang tidak mati sampai 14 hari pengamatan yaitu pada perlakuan E. Hal ini menunjukkan adanya ketahanan tikus terhadap rodentisida,

sehingga tikus pada perlakuan E memiliki persentase mortalitas sebesar 83% sampai hari keempat belas. Sebelum mengalami kematian, tikus menunjukkan gejala akibat mengonsumsi rodentisida. Gejala yang terlihat secara umum yaitu berkurangnya nafsu makan, berkurangnya aktivitas motorik, pendarahan dari lubang alami dan gangguan pernapasan. Menurut Syamsuddin (2007), racun kronis menyebabkan darah menjadi berkurang kekentalannya dan semakin encer, sehingga tikus akan mati karena pendarahan di dalam tubuhnya. Selain itu, antikoagulan tidak menyebabkan rasa sakit pada tikus, namun menyebabkan tikus menjadi lelah, lesu, dan tidak akan meninggalkan sarang.

10. Pengaruh Beberapa Bahan Aktif dalam Formulasi Rodentisida Terhadap Bau Bangkai Tikus Putih (*Rattus norvegicus* Wistar)

Pengamatan ini dilakukan dengan menghirup bau bangkai tikus pada hari pertama, kedua, dan ketiga pengamatan. Hal ini bertujuan untuk mengetahui tingkat bau bangkai tikus setelah mengonsumsi rodentisida. Hasil skor bau bangkai dapat dilihat pada Tabel 18. Berdasarkan Tabel 18, pada perlakuan kontrol tidak ada bau bangkai karena tikus tidak mengalami kematian, sedangkan pada semua perlakuan rodentisida, terjadi peningkatan skor bau bangkai setiap harinya.

Bau bangkai tikus hari pertama pada semua perlakuan dengan jarak 15 cm memiliki skor 2 dengan deskripsi cukup bau bangkai. Pengamatan pada jarak 30 cm ada yang menimbulkan bau bangkai (perlakuan B

dan E) dan ada yang tidak menimbulkan bau bangkai (perlakuan C dan D). Pada semua perlakuan, pengamatan dengan jarak 60 cm memiliki skor 1 atau tidak adanya bau bangkai. Pada hari kedua pengamatan, bangkai tikus terlihat mengeluarkan cairan dari dalam tubuh bangkai, dan semakin banyak larva yang hinggap di tubuh bangkai.

Pada hari kedua, pengamatan dengan jarak 15 cm, terjadi peningkatan menjadi skor 4 pada perlakuan C dan E dengan deskripsi bau bangkai menyengat. Dengan jarak 60 cm, pada perlakuan B dan D skor menjadi 2 dan pada perlakuan C dan E menunjukkan skor 3. Pada hari ketiga masih terjadi peningkatan skor di semua perlakuan. Perlakuan E dengan jarak pengamatan 60 cm menunjukkan skor paling tinggi yaitu skor 5 dengan deskripsi bau bangkai sangat menyengat. Urutan rodentisida yang dapat menyebabkan bau bangkai sangat menyengat yaitu rodentisida Warfarin, Kumatetralil, Brodifakum, lalu Bromadiolon.

Bau bangkai yang menyengat terjadi akibat proses pembusukan. Proses pembusukan bangkai dipengaruhi oleh berbagai komponen lingkungan di sekitar bangkai, seperti suhu, kelembaban, curah hujan, pencahayaan, letak geografis, dan kontaminan yang akan menentukan proses dekomposisi tubuh bangkai dan menjadi dasar keberadaan larva lalat (Switha *et al.*, 2019). Proses dekomposisi bangkai terjadi pada fase *bloating* dimana gas dalam tubuh hasil katabolisme oleh bakteri anorganik mulai memenuhi organ dalam tubuh, hal ini dapat mempercepat proses pembusukan (Nurokhman *et al.*, 2018).

Tabel 18. Hasil Skor Bau Bangkai Tikus Selama Tiga Hari

Perlakuan	Jarak	Hari ke		
		1	2	3
A	-	-	-	-
	15 cm	2	3	5
B	30 cm	2	2	3
	60 cm	1	2	3

Perlakuan	Jarak	Hari ke		
		1	2	3
C	15 cm	2	4	4
	30 cm	1	3	3
	60 cm	1	3	3
D	15 cm	2	3	4
	30 cm	1	2	3
	60 cm	1	2	2
E	15 cm	2	4	5
	30 cm	2	3	4
	60 cm	1	3	4

Keterangan: A: Umpan tanpa bahan aktif (kontrol), B: Rodentisida dengan bahan aktif Kumatetralil, C: Rodentisida dengan bahan aktif Brodifakum, D: Rodentisida dengan bahan aktif Bromadiolon, E: Rodentisida dengan bahan aktif Warfarin (pembanding)

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan pengaruh metabolisme dan perilaku tikus akibat mengonsumsi rodentisida dengan bahan aktif Kumatetralil, Brodifakum, Bromadiolon, dan Warfarin.

Efek dari bahan aktif Kumatetralil, Brodifakum, Bromadiolon, dan Warfarin di dalam formulasi rodentisida mempunyai mekanisme sebagai anti-koagulasi dan penghambat sistem syaraf pusat. Perbedaan perilaku tikus yang muncul yaitu adanya peningkatan rasa haus dan gejala urine yang berlebih akibat rodentisida Kumatetralil pada 24 jam setelah perlakuan, kelopak mata lurus akibat rodentisida Bromadiolon pada 96 jam setelah perlakuan, dan tikus lebih agresif pada 72 jam setelah perlakuan dan memiliki gejala ekor mengangkat/*straub* pada 96 jam setelah perlakuan akibat rodentisida Warfarin. Perilaku tikus menjelang kematian menunjukkan tempat keberadaan kematian tikus, dimana rodentisida Bromadiolon menyebabkan kematian di tempat terang, rodentisida Kumatetralil dan Brodifakum menunjukkan kematian di tempat terang maupun gelap, sedangkan rodentisida Warfarin menunjukkan kematian tikus di tempat gelap.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, pengamatan bau bangkai tikus dilakukan sebagai pengamatan penunjang. Untuk dijadikan sebagai pengamatan utama, pengamatan bau bangkai tikus sebaiknya menggunakan lima panelis yang tidak memiliki riwayat penyakit pada bagian indera penciuman dan telah diberi pelatihan terlebih dahulu untuk menentukan tingkat bau bangkai tikus

DAFTAR PUSTAKA

- Alaydrus, H., G. Suharto, dan S. Amarwati. (2015). Analisa gambaran post mortem makroskopis dan mikroskopis organ otak dan hati pada tikus wistar setelah pemberian warfarin LD₅₀ dan LD₁₀₀. *Media Medika Muda*, 4, 933-947.
- Amaral, E. D. C., Kedang, S. & Barimbing, M. A. (2018). Pengaruh latihan relaksasi otot progresif terhadap penurunan tekanan darah pada pasien hipertensi primer di wilayah kerja Puskesmas Sikumana Kota Kupang. *CHMK Applied Scientific Journal*, 1, 23-27.
- Cahyono, I. D., Sasongko, H., & Primatika, A. D. (2009). Neurotransmitter dalam fisiologi saraf otonom. *Jurnal Anestesiologi Indonesia*, 1(1):42-55.

- Cox, P., & Smith, R. H. (1992). Rodenticide ecotoxicology: pre-lethal effects of anticoagulants on rat behavior. *Proceedings of the Fifteenth Vertebrate Pest Conference: Vertebrate Pest Unit, Department of Pure & Applied Zoology*. United Kingdom: University of Reading. Hlm. 165-170.
- European Commission. 2009. Directive 98/8/EC concerning the placing of biocidal products on the market. Assessment Report Coumatetralyl as a Product-Type PT 14 (rodenticides). *Off J Eur Commun*, 2-71.
- Horak, K., P. M. Fisher, and B. M. Hopkins. 2018. *Pharmakokinetics of anticoagulant rodenticides in target and non-target organisms*. New Zealand: Springer International Publishing.
- Huyck, P. 2015. Common misconceptions about mouse and rats. Associate Veterinary Information Specialist at Pet Poison Helpline. Diakses dari <https://www.petpoisonhelpline.com/un-categorized/common-misconceptions-mouse-rat-poisons/>.
- Kurniawan, M. R., Santi, I. S., & Kristalisasi, E. N. (2017). Kajian berbagai media umpan sebagai campuran rodentisida terhadap hama tikus. *Jurnal Agromast*, 2, 1-6.
- Lestari, S. 2016. *Farmakologi Dalam Keperawatan. Bahan Ajar Cetak Keperawatan. Pusdik SDM Kesehatan*. Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Natawigena, W. D., Dono, D., & Febriana, I. (2018). Toksisitas ekstrak biji *Barringtonia asiatica* (Lecythidaceae) terhadap mencit putih (*Mus musculus* Strain DDY). *Jurnal Agro*, 5(2): 76-85.
- Nurokhman, F. A., Basori, A., & Yuwono, M. (2018). Analisis propokusur LD₅₀ terhadap pertumbuhan larva lalat *Sarcophaga* sp. dengan kromatografi gas-spektrometri massa. *J Biosains Pascasarjana*, 20(2): 93-104.
- Permada, J. (2009). Tingkat kejeraan racun dan umpan pada tikus sawah (*Rattus argentiventer* Rob. & Klo.), tikus rumah (*Rattus rattus diardii* Linn.), dan tikus pohon (*Rattus tiomanicus* Mill.). *Skripsi*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Priyambodo, S., & Supatmi, S. (2009). Pengujian laboratorium efikasi rodentisida antikoagulan (bromadiolon) terhadap tikus rumah (*Rattus rattus diardii* L.) di Indonesia. *Seminar Nasional Perlindungan Tanaman*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Sinaga, C. N. L., Tobing, M. C., & Pinem, M. I. (2017). Uji efikasi rodentisida nabati daun ruku-ruku (*Ocimum sanctum* L.) terhadap mortalitas tikus sawah (*Rattus argentiventer* Robb & Kloss) di laboratorium. *J Agroekoteknologi*, 5, 434-443.
- Switha, E. T., Anwar, C., Dalilah, D. & Ghiffari, A. (2019). Pengaruh beda tempat peletakan bangkai dengan pertumbuhan larva lalat pada tikus (*Rattus norvegicus*). *Syifa' Medika*, 10, 46-54.
- Syamsuddin. 2007. Tingkah laku tikus dan pengendaliannya. Balai Penelitian Tanaman Serealia. *Prosiding Seminar Ilmiah dan Pertemuan Tahunan PEI dan PFI XVIII Komda Sul-Sel*. Hlm. 179-185.
- Turang, D. A. O. 2018. Aplikasi sistem pakar berbasis web untuk mendiagnosa penyakit syaraf pusat dengan metode



- forward chaining. *Jurnal Ilmu Komputer*, 5(1): 87-97.
- Wagner, H., & Wolff, P. 1977. *New Natural Products and Plant Drugs with Pharmacological, Biological or Therapeutical Activity*. Jerman: University of Munich.
- World Health Organization. 1995. *The International Programme on Chemical Safety (IPCS): Anticoagulant Rodenticides*. Geneva: World Health Organization.
- Zailani, H. F., Sutjipto, dan S. Prastowo. 2015. Uji efektivitas rodentisida ekstrak buah bintaro (*Cerbera manghas* Boiteau, PIERRE L.) terhadap hama tikus. *Berkala Ilmiah Pertanian*, x(x): 1-5.