

Efek Neurotoksik Transflutrin, D-Alletrin, Dan Ekstrak Daun Permot (*Passiflora foetida*) Terhadap Kecoa Jerman (*Blattella germanica*)

Rina Priastini Susilowati¹, Monica Puspa Sari²

¹Bagian Biologi, FKIK Universitas Kristen Krida Wacana Jakarta

²Bagian Parasitologi, FKIK Universitas Kristen Krida Wacana Jakarta

rina.priastini@ukrida.ac.id

Abstrak. Kecoa merupakan salah satu hama serangga yang berperan sebagai vektor berbagai penyakit, sekaligus sebagai alergen. Pemberantasan yang telah dilakukan dengan menggunakan insektisida kimiawi memiliki resiko terakumulasi pada bahan makanan dan melalui penghirupan dan kerusakan lingkungan. Daun Permot (*Passiflora foetida*) berpotensi sebagai insektisida nabati karena mengandung senyawa aktif yang lebih ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengungkap efektivitas ekstrak daun permot untuk membunuh kecoa jerman (*Blattella germanica*). Penelitian ini bersifat eksperimental dengan *desain control group post-test only*. Penelitian terdiri dari tujuh kelompok perlakuan berdasarkan konsentrasi ekstrak daun permot (0,05%, 0,10%, 0,20%, 0,40%), positif kontrol (transflutrin 0,06% dan d-alletrin 0,15%) dan kontrol negatif (akuades). Setiap kelompok terdiri dari sepuluh kecoa dengan empat kali ulangan untuk setiap perlakuan. Angka kematian yang dihitung sebagai persentase mortalitas setelah perlakuan dihitung dan dianalisis dengan *one way Anova* dan dilanjutkan dengan uji beda nyata terkecil. Hasil penelitian memperlihatkan adanya perbedaan yang signifikan antara kelompok perlakuan dan kelompok kontrol negatif ($p < 0,01$). Ekstrak daun permot 0,2% dan 0,4% terbukti efektif membunuh *Blattella germanica* dalam waktu kurang 25 menit, sedangkan dengan kontrol positif yang menggunakan transflutrin dan d-alletrin membutuhkan waktu 10 menit. Ekstrak daun permot 0,05% dan 0,10% terbukti tidak efektif membunuh *Blattella germanica*. Konsentrasi mematikan ekstrak daun permot (LC_{50}) adalah 1216 ppm dan LC_{90} sebesar 3252 ppm melawan kecoa jerman.

Kata kunci: d-alletrin, daun permot, kecoa, mortalitas, neurotoksik, transflutrin

1. Pendahuluan

Kecoa adalah salah satu jenis hama serangga yang hidup di dalam rumah, restoran, hotel, dapur dan tempat lainnya. Lingkungan yang disukai kecoa antara lain bangunan yang hangat, lembab dan banyak terdapat makanan seperti di dapur, di tempat penyimpanan makanan, sampah, dan saluran-saluran air kotor. Sifat hidupnya berkelompok dan aktif pada malam hari seperti di Pada siang hari, kecoa hidup di tempat gelap dan sering bersembunyi di celah-celah. Kecoa dapat dikatakan sebagai serangga pengganggu hidupnya ditempat kotor dan dalam keadaan terganggu mengeluarkan cairan yang berbau tidak sedap.^[1]

Kecoa adalah hama penting karena menyebarkan kotoran dan merusak makanan, kain, dan penjilid buku. Kecoa mengeluarkan sekresi mual baik dari mulutnya dan dari kelenjar yang terbuka di tubuh yang memberikan bau kecoa yang tahan lama dan menyinggung ke area atau makanan yang dikunjungi olehnya. Kecoa bergerak bebas dari gedung ke gedung atau dari saluran air, taman, selokan dan jamban ke tempat tinggal manusia. Karena kecoa memakan kotoran manusia dan juga makanan manusia, maka kecoa dapat menyebarkan kuman penyebab penyakit.^{[2][3]} Kecoa terbukti atau diduga pembawa organisme penyebab: diare, disentri, kolera, kusta, wabah, demam tifoid, penyakit virus seperti poliomielitis.^[4] Selain itu, kecoa membawa telur cacing parasit dan dapat menyebabkan reaksi alergi, termasuk dermatitis, gatal, pembengkakan pada kelopak mata dan kondisi pernapasan yang lebih serius. Infestasi kecoa telah diindikasikan sebagai penyumbang utama asma di seluruh dunia. Beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa sejumlah besar pasien asma menjadi sensitif terhadap alergen kecoa.^{[5][6]}

Infestasi berat kecoa dapat dikelola secara efektif dengan langkah-langkah pengendalian kimiawi (sisa semprotan, aerosol, debu, umpan, gel), diikuti dengan pengelolaan lingkungan untuk menghilangkan makanan dan tempat tinggalnya.^[7] Kecoa menjadi kebal terhadap insektisida yang biasa digunakan.^[8] Kecoa Jerman tahan terhadap beberapa insektisida organoklorin, organofosfor, karbamat dan piretroid sintetis.^{[9][10]} Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengevaluasi efektivitas propoksir dan aerosol piretroid sintetis dalam pengendalian kecoa jerman di dapur.

Kecoa Jerman (*Blattella germanica*) adalah salah satu jenis serangga yang mengganggu kehidupan manusia, karena memiliki perilaku memakan makanan dan kotoran lalu memuntahkan kembali sebagian makanan yang telah dicernanya. Selain itu, kecoa juga menyukai tempat yang lembab dan kotor seperti saluran pembuangan air limbah, septik tank, selokan dan tempat sampah. Kecoa terlibat dalam penularan penyakit pada manusia, antara lain sebagai inang perantara bagi beberapa spesies cacing dan sebagai vektor mekanik bagi beberapa mikro organisme patogen seperti: *Streptococcus*, *Salmonella* dan mikroorganisme lainnya, sehingga berperan dalam penyebaran penyakit seperti disentri, diare, kolera, virus hepatitis A dan Polio. Sekresi air liur dan debu tinja kecoa dapat menyebabkan reaksi alergi pada kulit seperti dermatitis, gatal-gatal dan pembengkakan kelopak mata.^[11]

Hingga saat ini pengendalian kecoa dengan menggunakan insektisida berbahan piretroid sintetis seperti transflutrin dan d-alletrin. Namun pemakaian insektisida sintetis tersebut dalam waktu yang lama dapat menyebabkan resistensi pada kecoa, termasuk kecoa jerman (*Blattella germanica*). Oleh sebab itu perlu dilakukan cara alternatif lain untuk mengendalikan kecoa yang berasal dari tanaman yang memiliki senyawa yang dapat membunuh serangga tetapi tidak mempunyai efek samping terhadap lingkungan dan tidak berbahaya bagi manusia. Salah satu tanaman yang berpotensi sebagai insektisida nabati adalah daun permot (*Passiflora foetida*).

Permot adalah jenis tanaman yang berasal dari Amerika tropis dan subtropis tersebar di seluruh wilayah Indonesia dari dataran rendah hingga ± 700 m di atas permukaan laut.^[12] Di Indonesia, tanaman permot tumbuh liar di tempat-tempat terbuka yang mendapat cahaya matahari seperti di semak-semak, tanah lapang yang terlantar atau merambat di pagar.

Zat yang terkandung dalam tanaman permot antara lain asam hidrosianat dan alkaloid.^[13] Selain itu, tanaman permot juga mengandung flavonoid, harmalin, harmin, harmol, saponin, saponarin, saponarin, sitosterol, scopoletin, stigmasterol, *passifloracine*.^[14] Permot juga mengandung alkaloid dan setidaknya 10 flavonoid salah satunya adalah ermanin yang menyebabkan kematian pada *nymphalid butterfly Dione juno*.^[15] Jadi senyawa aktif ermanin dalam daun permot inilah yang dapat digunakan sebagai bahan aktif insektisida yang baik untuk membunuh hama serangga.

2. Bahan dan Metode

Lokasi dan Waktu Penelitian. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Biologi Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan Universitas Kristen Krida Wacana Jakarta pada bulan Maret-Juni 2020.

Hewan Coba. Hewan coba yang digunakan dalam penelitian ini adalah kecoa Jerman (*Blattella germanica*) yang diperoleh dari pasar hewan Pramuka Jakarta. Kecoa jerman yang digunakan sebagai hewan coba dalam penelitian ini adalah kecoa dewasa dan bergerak aktif. Sampel hewan coba kecoa untuk masing-masing konsentrasi perlakuan terdiri dari 10 ekor kecoa dengan 4 kali ulangan. Jadi total sampel yang digunakan berjumlah 280 ekor kecoa jerman (*Blattella germanica*).

Uji Bahan Kimia. Insektisida yang dievaluasi adalah piretroid sintetis transflutrin 0,06% dan d-alletrin 0,15% dan ekstrak daun permot dengan dosis bertingkat 0,05%, 0,10%, 0,20% dan 0,40% yang tersedia sebagai insektisida semprot.

Pembuatan Ekstrak Daun Permot. Daun permot yang masih segar disiapkan sebanyak 2000 g dengan membersikannya tanpa batang, selanjutnya dicuci hingga bersih lalu dikeringkan di tempat yang terbuka selama 3-4 hari. Setelah kering, daun permot ditimbang kembali lalu diblender sampai halus dan selanjutnya direndam dengan larutan etanol 96% sampai terendam sempurna (maserasi) pada tabung atau toples selama 3 hari sambil sesekali diaduk, lalu filtrat yang diperoleh sebelumnya dimasukkan ke dalam alat Rotary vacuum evaporatory untuk memisahkan ekstrak daun permot dan pelarutnya, hingga didapatkan ekstrak kental. Ekstrak yang sudah didapatkan disimpan dalam lemari pendingin sampai saat akan digunakan.

Pelaksanaan Penelitian. Hasil ekstrak daun permot dimasukkan ke dalam botol sprayer dengan empat macam konsentrasi yaitu 0,05%, 0,10%, 0,20% dan 0,40%, untuk kontrol negatif menggunakan akuades, kontrol positif menggunakan insektisida sintetis komersial yang mengandung bahan transflutrin 0,06% dan d-alletrin 0,15%. Disiapkan kotak percobaan berupa ruang kaca yang berukuran 30x30x30 cm³, lalu dimasukkan 10 ekor kecoa jerman dewasa pada tiap kotak kaca, lalu disemprotkan masing-masing konsentrasi perlakuan tersebut. Selanjutnya dilakukan pengamatan setelah 5 menit, 10 menit hingga 30 menit penyemprotan lalu dihitung jumlah kecoa yang mati pada masing-masing kotak kaca perlakuan. Pengamatan perilaku kecoa yang mati dengan melihat kondisi perubahan tingkah laku, gerak dan kondisi fisik yang terjadi dan tubuh yang terbalik setelah pemberian ekstrak daun permot.

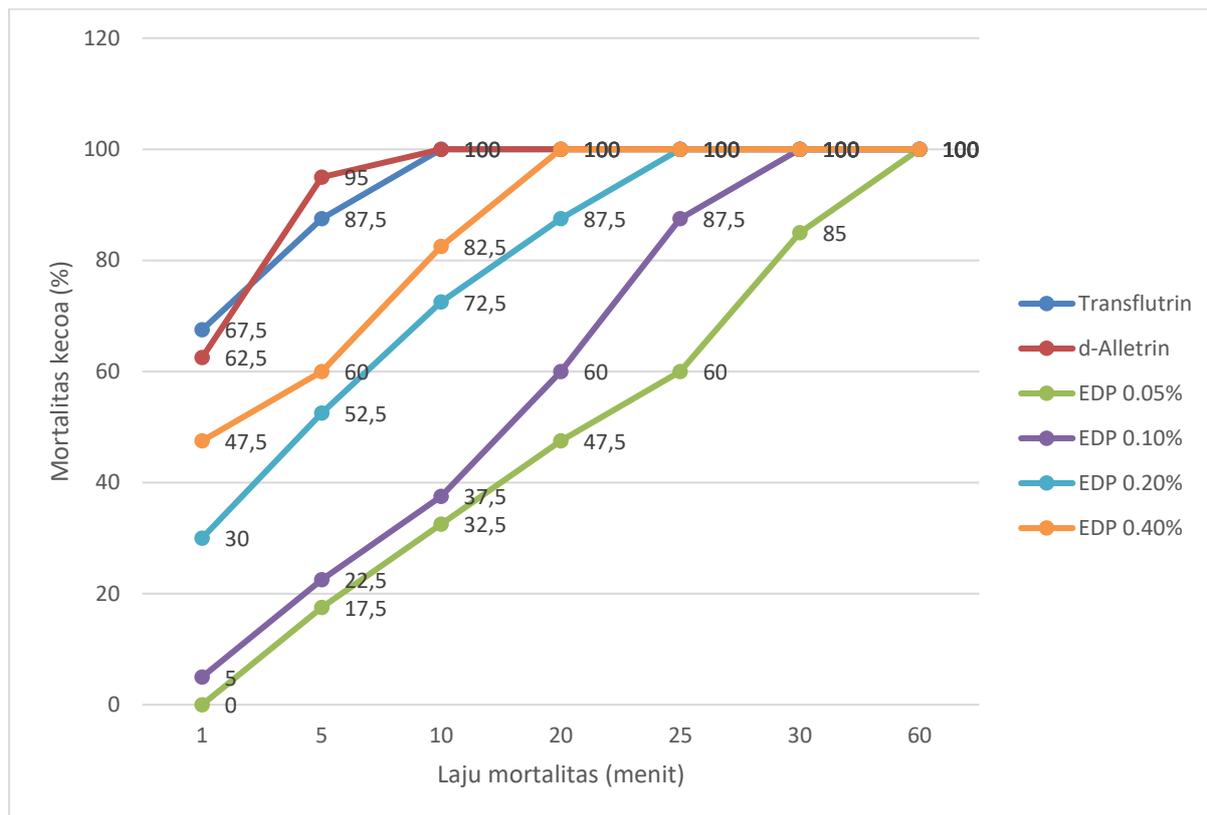
Analisis Data. Data yang diperoleh dari hasil penelitian yaitu jumlah kecoa yang mati dilanjutkan dengan uji Probit untuk melihat efektifitas ekstrak daun permot berdasarkan LC₅₀ dan LC₉₀. Uji antar kelompok perlakuan digunakan uji *one way Anova* dan uji beda nyata terkecil (BNT) dengan menggunakan program SPSS 25.0.

3. Hasil dan Pembahasan

Tabel 1. Efek mortalitas transflutrin, d-allethrin dan ekstrak daun permot pada kecoa Jerman (*Blattella germanica*)

Waktu (menit)	Mortalitas (%)						
	Transflutrin	d-allethrin	EDP 0,05%	EDP 0,10%	EDP 0,20%	EDP 0,40%	Kontrol negatif
1	67,5	62,5	0	5	30	47,5	0
5	87,5	95	17,5	22,5	52,5	60	0
10	100	100	32,5	37,5	72,5	82,5	0
20	100	100	47,5	60	87,5	100	0
25	100	100	60	87,5	100	100	0
30	100	100	85	100	100	100	0
60	100	100	100	100	100	100	0

EDP: Ekstrak Daun Permot



Gambar 1. Grafik laju mortalitas kecoa Jerman perlakuan transflutrin, d-alletrin dan ekstrak daun permot berdasarkan waktu pengamatan

Berdasarkan Tabel 1 dapat dilihat bahwa setelah pemberian ekstrak daun permot yang diamati hingga 30 menit menunjukkan masing-masing konsentrasi dari ekstrak daun permot dapat membunuh kecoa *Blattella germanica*. Hasil penelitian yang telah dilakukan terhadap kematian kecoa *Blattella germanica* dengan menggunakan ekstrak daun permot pada konsentrasi 0,05%, 0,10%, 0,20% dan 0,40% adalah 47,5%, 60%, 87,5% dan 100%. Kematian kecoa *Blattella germanica* terendah pada konsentrasi 0,05% yang mencapai 47,5% dan kematian tertinggi pada konsentrasi 0,4% yaitu 100%. Pada kontrol positif menggunakan insektisida berbahan kimia transflutrin 0,06% dan d-alletrin 0,15% menunjukkan adanya kematian kecoa *Blattella germanica* yang mencapai 100% dalam waktu 10 menit, sedangkan pada kontrol negatif yang hanya menggunakan akuades menunjukkan tidak terjadi kematian pada kecoa.

Berdasarkan uji *one way Anova* diperoleh hasil adanya perbedaan yang bermakna antara kelompok kontrol negatif dengan kelompok perlakuan ekstrak daun permot dengan dosis bertingkat hingga 0,40%, serta kelompok kontrol positif transflutrin 0,06% dan d-alletrin 0,15%. Uji dilanjutkan dengan beda nyata terkecil dimana kelompok perlakuan ekstrak daun permot 0,20% dan 0,40% tidak berbeda bermakna dengan kelompok perlakuan transflutrin 0,06% dan d-alletrin 0,15%. Hal ini dapat diartikan bahwa efektifitas ekstrak daun permot konsentrasi 0,20% dan 0,40% sama dengan transflutrin 0,06% dan d-alletrin 0,15% dalam membunuh kecoa *Blattella germanica*.

Berdasarkan gambar grafik kematian kecoa menunjukkan bahwa pada setiap konsentrasi ekstrak daun permot yang berbeda didapatkan jumlah kecoa Jerman yang mati berbeda. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi ekstrak daun permot yang diberikan, maka semakin tinggi pula angka kematian kecoa Jerman. Jumlah kematian kecoa Jerman tergantung pada jumlah senyawa yang terkandung pada tiap-tiap konsentrasi, maka kandungan senyawa di dalam ekstrak daun permot yang bersifat sebagai racun bagi serangga akan lebih banyak.^[16]

Berdasarkan nilai probit mortalitas ekstrak daun permot terhadap kecoa Jerman dapat dilihat dengan jelas terjadi peningkatan kematian dari konsentrasi ekstrak yang terkecil hingga konsentrasi ekstrak yang terbesar. Selain itu didapatkan nilai LC_{50} sebesar 1216 ppm dan nilai LC_{90} sebesar 3252

ppm. LC₅₀ adalah suatu perhitungan untuk menentukan keaktifan dari suatu ekstrak dan menunjukkan konsentrasi ekstrak yang dapat mematikan kecoa yang diuji sebanyak 50% pada waktu tertentu.^[17]

Dari hasil penelitian terlihat, kecoa mengalami kejang (sebelum mati) setelah kontak dengan insektisida. Kematian kecoa Jerman ditandai dengan tidak Bergeraknya saat disentuh dengan pinset. Efek paparan ekstrak daun permot terhadap kecoa pada berbagai konsentrasi perlakuan menyebabkan kecoa tampak gelisah dan lebih aktif melakukan gerakan turun naik. Setelah beberapa lama tubuh melemah dan tidak dapat menggerakkan badan sehingga mati, dan tubuh yang mati terlihat kaku. Warna tubuh kecoa berubah menjadi hitam akibat ekstrak yang telah disemprotkan.

Pengaruh transflutrin 0,06%, d-alletrin 0,15% dan ekstrak daun permot 0,2% serta 0,4% dapat menyebabkan kematian kecoa Jerman hingga 100%. Hal ini mengacu pada penelitian yang dilakukan oleh Kemabonta et al. [2014] bahwa perlakuan deltametrin 2,5% (v/v) terhadap kecoa terbukti mematikan untuk jenis kecoa yang lebih besar: kecoa Jerman (*Blattella germanica*) dibandingkan pada kecoa Amerika (*Periplaneta americana*).^[18]

Dalam berbagai penelitian, peneliti telah memperhatikan strategi yang efektif dan ampuh untuk pengendalian kecoa.^{[19]-[21]} Berbagai peneliti telah melaporkan adanya resistensi tingkat tinggi pada serangga terhadap insektisida berbahan aktif piretroid seperti kelas transflutrin dan d-alletrin [Lee et al., 1997; Lee, 1998; Lee et al. 2000].^{[22]-[26]}

Sebagian besar insektisida sintesis menargetkan protein sistem saraf (efek neurotoksik). Piretroid, seperti DDT, dan sintesis lainnya seperti d-alletrin mengikat *voltage-gated* saluran natrium (VGSC), mencegah transisinya dari aktif (penghantar ion) ke keadaan yang tidak aktif (non-konduksi).^[27] Akibatnya, selaput sel yang terangsang secara elektrik terus menerus hilang dan serangga tersebut lumpuh dan mati dengan cepat, seringkali menunjukkan respon *knock-down*. Konsentrasi piretroid yang rendah, yang sangat mempengaruhi saluran natrium, tidak secara signifikan mengubah fungsi saluran kalium. Dalam preparat saraf invertebrata, efek penekanan pada kalium serta arus natrium telah diamati hanya pada piretroid konsentrasi tinggi. Efek piretroid yang kurang spesifik, mirip dengan efek anestesi yang dihasilkan oleh berbagai ester nonionik dan keton adalah penyebab paling mungkin dari blok saluran ionik.^[27]

Hal ini didukung oleh pernyataan dari Nauman [1990] bahwa piretroid termasuk dalam kelompok bahan kimia yang bersifat neurotoksik dan berbagi cara kerja serupa yang berbeda dari kelas insektisida lainnya. Ada beberapa cara piretroid dapat memasuki tubuh organisme untuk memberikan efeknya. Cara kerja pertama adalah non-stereospesifik dengan penetrasi cepat melalui epidermis, diikuti oleh serapan oleh darah atau protein pembawa hemolimfe dan selanjutnya distribusi ke seluruh tubuh. Difusi piretroid sepanjang sel epidermis merupakan jalur utama distribusi ke sistem saraf pusat (SSP) setelah penetrasi.^[28] Piretroid juga dapat masuk ke SSP secara langsung melalui kontak dengan organ sensorik sistem saraf tepi. Struktur sensorik baik invertebrata dan vertebrata sensitif terhadap piretroid.^[29] Piretroid juga dapat masuk ke tubuh melalui saluran napas dalam fase uap, tetapi penetrasi tersebut hanya memberikan kontribusi kecil karena tekanan uap piretroid yang rendah. Piretroid juga dapat tertelan, dan penetrasi ke dalam darah-hemolimfe melalui saluran pencernaan dapat memainkan peran penting dalam toksisitas.

Seperti yang diharapkan, peningkatan tingkat dosis piretrin dan piretroid menghasilkan peningkatan proporsional dalam aktivitas motorik, yang merupakan efek respon-dosis klasik sehubungan dengan zat neurotoksik. Piretrin dan piretroid bekerja sangat cepat untuk menghasilkan gejala kehilangan koordinasi dan kelumpuhan yang dikenal sebagai efek *knockdown*, dan yang sering disertai dengan kejang dan tremor yang menyebabkan aktivasi berulang yang intens pada organ indera dan serabut saraf mielin. Kejang bisa sangat hebat dan dapat menyebabkan hilangnya ekstremitas, seperti kaki dan sayap pada serangga.

Ketika *voltage-gated* saluran natrium distimulasi, itu menyebabkan depolarisasi membran, yang mengubah permeabilitas sel saraf menjadi Na⁺ dan K⁺. Membran tereksitasi menjadi permeabel terhadap Na⁺, dengan sejumlah kecil ion yang bekerja ketika gradien listrik dan konsentrasi masuk ke dalam membran yang menyebabkan depolarisasi membran. Ion natrium membawa arus ke dalam, yang disebut potensial aksi. Pergerakan ion natrium ke dalam menyebabkan potensial membran melampaui potensi membran dengan bagian dalam menjadi relatif positif terhadap bagian luar permukaan membran. Selama lonjakan, membran benar-benar mengalami refraksi, dan stimulus yang lebih besar tidak dapat menyebabkan gerbang terbuka lebih lebar atau lebih banyak Na⁺ mengalir ke dalam. Selain itu, neuron

sebagian refraktori selama beberapa milidetik lebih lanjut dan hanya stimulus kuat yang akan menyebabkan respons baru.^[30] Batas atas impuls per detik adalah sekitar 100, dengan setiap peristiwa depolarisasi berlangsung hanya sekitar dua hingga tiga milidetik.^[30] Transflutrin dan d-alletrin memodifikasi saluran natrium sehingga ada sedikit perpanjangan waktu buka (yaitu arus ekor natrium sekitar 20 milidetik), yang menghasilkan banyak potensi aksi panjang, menghasilkan peningkatan potensial membran istirahat dan sering memicu blok potensial aksi yang bergantung pada depolarisasi. Terjadinya depolarisasi juga tergantung rangsangan dari potensial membran yang mengurangi amplitudo potensial aksi, dan hilangnya rangsangan listrik pada serangga.^{[29][31]} Tindakan toksik diberikan dengan mencegah deaktivasi atau penutupan gerbang setelah aktivasi dan depolarisasi membran. Hal ini mengakibatkan destabilisasi negatif setelah potensial saraf akibat kebocoran ion Na melalui membran saraf. Hal ini menyebabkan hiperaktivitas dengan menunda penutupan saluran natrium yang memungkinkan arus masuk yang terus-menerus mengalir setelah potensial aksi, menyebabkan pelepasan berulang yang dapat terjadi baik secara spontan atau setelah stimulus tunggal. Hal ini pada akhirnya menyebabkan ketegangan pada otot dan kelumpuhan otot yang berujung pada kematian serangga.

3. Kesimpulan

Konsentrasi efektif ekstrak daun permot untuk membunuh kecoa *Blattella germanica* hingga lebih dari 90% adalah 3252 ppm. Waktu yang dibutuhkan untuk membunuh 90% kecoa *Blattella germanica* dengan menggunakan ekstrak daun permot hingga konsentrasi 4000 ppm adalah 20 menit.

4. Daftar Pustaka

- [1] Zaman V. 2010. Buku Penuntun Parasitologi Kedokteran. Bandung: Indonesia Bina Cipta.
- [2] Service Mike W. 2004. Medical entomology for students. III edn. Cambridge (UK): Cambridge University Press. p. 207-12.
- [3] Czajka E, Pancer K, Kochman M, Gliniewicz A, Sawicka B, Rabczenko D. 2003. Characteristics of bacteria isolated from body surface of German cockroaches caught in hospitals. *Przegl Epidemiol.* **57(4)**: 655-62.
- [4] Prado MA, Pimenta FC, Hayashid M, Souza PR, Pereira MS, Gir E. 2002. Enterobacteria isolated from cockroaches (*Periplaneta Americana*) captured in a Brazilian hospital. *Rev Pnam Salud Publica.* **11(2)**: 93-8.
- [5] Katial RK. 2003. Cockroach allergy. *Immunol Allergy Clin North Am.* **23(2)**: 483-9.
- [6] Peyton A Eggleston, Luisa Karla Arruda. 2001. Ecology and elimination of cockroaches and allergens in the home. *J Allergy Clin Immunol.* **107**: 422-9.
- [7] Schal C. 1988. Relation among efficacy of insecticides, resistance levels and sanitation in the control of the German cockroach (Dictyoptera: Blattellidae). *J Econ Entomol.* **81**: 536-44.
- [8] Wooster MT, Ross MH. 1989. Sublethal responses of the German cockroach to vapours of commercial pesticide formulations. *Entomologia experimentalis et applicata.* **52**: 49-55.
- [9] Cochran DG. 1989. Monitoring for insecticide resistance in field collected strains of the German cockroach. *J Econ Entomol.* **82**: 336-341.
- [10] Mulla MS. 1971. Control of chironomid midges in recreational lake. *J Econ Entomol.* **64** : 300-7.
- [11] Sucipto CD. 2011. Vektor Penyakit Tropis. Yogyakarta: Gosyen Publishing.
- [12] Heyne K. 1987. Tumbuhan Berguna Indonesia. Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan, Departemen Kehutanan, vol. I-IV.
- [13] Wijayakusuma HMH. 1995. Tanaman Berkhasiat Obat di Indonesia. Jakarta: Penerbit Pustaka Kartini.
- [14] Wolfman C, Viola H Paladini AC, Dajas D, Medina JH. 1994. Possible Anxiolytic Effects of Chrysin, a Central Benzodiazepine Receptor Ligand Isolated from *Passiflora coerulea*. *Pharmacology Biochemistry and Behavior.* **47** : 1-4.
- [15] Echeverri F, Arango V, Quinones W, Torres F, Escobar G, Rosero Y, Archbold R. 2001. Passifloricins, Polyketides Alpha-pyrone from *Passiflora foetida* Resin. *Phytochemistry*, **56(8)** : 881-885.

- [16] Kardinan A. 2009. Daya tolak ekstrak tanaman rosemary (*Rosmarinus Officinalis*) terhadap lalat rumah (*Musca domestica*). *Jurnal Bul Littro*. **18(2)**: 170 – 176.
- [17] Wahyuni D, Latif A, Asyari K. Formulasi LC₅₀. 2016. Bioinsektisida baru ekstrak biji pepaya (*Carica papaya* L.), biji srikaya (*Anona squamosa* L.) dan biji alpukat (*Persea americana* MILL.) terhadap mortalitas larva nyamuk *Aedes aegypti* L. *Jurnal Sains dan Teknologi*. **1(3)**: 118–123.
- [18] Kemabonta KA, Ohadiwe A, Adetoro FA. 2014. Toxicological and residual effect of Deltamethrin and Chlorpyrifos against the German cockroach, *Blattella germanica* (Linnaeus) (Insecta: Blattodea: Blattellidae). *J Entomol Nematol*. **6**:90-7.
- [19] Shafiqur-Rahman AS, Akter MY. 2006. Toxicity of diazinon and cypermethrin against the American cockroach, *Periplaneta americana* (L.) Univ. *J Zool Rajshahi*. **25**: 63-64.
- [20] Sulaiman S, Muhammad AH, Othman H. 2007. Efficacy of hydramethylnon and fipronil get baits with laboratory and field strains of *Periplaneta americana* (L.) (Dictyoptera: Blattidae) in Malaysia. *J Trop Med Parasitol*. **30**:64-67.
- [21] Ahmed AS, Bashir NH, Assad YO. 2010. Susceptibility of *Periplaneta americana* (L.) (Orthoptera: Blattidae) population from wad medani (Sudan Gezira) to three public health insecticides. *Rest Pest Manag Newsletter*. **19(2)**: 8-14.
- [22] Zhai J, Robinson WH. 1996. Instability of cypermethrin resistance in a field population of the German cockroach (Orthoptera: Blattellidae). *J Econ Entomol*. **89**: 332-336.
- [23] Lee CY, Yap HH, Chong NL, Lee RS. 1996. Insecticide resistance and synergism in field-collected German cockroaches (Dictyoptera: Blattellidae) in Peninsular Malaysia. *Bull Entomol Res*. **86**: 675-682.
- [24] Lee CY, Yap HH, Chong NL. 1997. Elevated esterase detection in insecticide resistant German cockroaches (Dictyoptera: Blattellidae) using modified Pasteur-Georghiou's filter-paper method. *Trap Biomed*. **14**: 81-86.
- [25] Lee CY. 1998. Control of insecticide-resistant German cockroaches, *Blattella germanica* (L.) (Dictyoptera: Blattellidae) in food-outlets with hydramethylnon- based bait stations. *Trop Biomed*. **15**: 45-51.
- [26] Lee CY, Lee LC. 2000. Influence of sanitary condition on the field performance of chlorpyrifos based baits against American cockroaches, *Periplaneta americana* (L.) (Dictyoptera: Blattidae). *J Vect Ecol*. **25**: 218-221.
- [27] Davies TGE, Field LM, Usherwood PNR, Williamson MS. 2007. DDT, pyrethrins, pyrethroids and insect sodium channels. *IUBMB Life*. **59(3)**:151-162.
- [28] Naumann K. 1990. Synthetic Pyrethroid Insecticides: Structures and Properties. NY, USA: Springer-Verlag, New York.
- [29] Soderlund DM, Bloomquist JR. 1989. Neurotoxic actions of pyrethroid insecticides. *Annu Rev Entomol*. **34**:77-96.
- [30] Nation JL. 2002. Insect Physiology and Biochemistry. Boca Rotan, FL, USA: CRC Press LLC.
- [31] Lozano SJ, O'Halioran SL, Sargent KW, Brazner JC. 1992. Effects of esfenvalerate on aquatic organisms in littoral enclosures. *Environ Toxicol Chem*. **11**: 35.