

Makalah Fisiologi Hewan

**Sistem Syaraf Invertebrata, Toksisitas Racun Laba-laba *Nephila* sp.
pada Larva *Aedes aegypti* dan Kerusakan Syaraf Insekta Akibat
Insektisida**



Oleh Kelompok 1 :

Amelia Fitri

Kuntari Widyaningrum

Siti Marhamah

Nurhasanah

Nurmadani Fitri

Dosen Pengampu : Dr. Afreni Hamidah,M.Si

PROGRAM STUDI BIOLOGI (PGMIPAU)

FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN

UNIVERSITAS JAMBI

2012/2013

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT , karena atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya, makalah ini dapat terselesaikan. Makalah ini kami susun sebagai tugas dari mata kuliah Fisiologi Hewan dengan judul “Sistem Syaraf Invertebrata, Toksisitas Racun Laba-laba *Nephila* sp. pada Larva *Aedes aegypti* dan Kerusakan Syaraf Insekta akibat Insektisida”

Dalam penyusunan makalah ini,kami banyak mendapatkan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada pihak yang telah bersedia membantu, terutama kepada Ibu Dr. Afeni Hamidah,M.Si selaku dosen mata kuliah Fisiologi Hewan.

Kami menyadari dalam penyusunan makalah ini masih banyak terdapat kekurangan baik dari segi materi yang disajikan, maupun dari struktur bahasa yang digunakan, itu semua tidak lain disebabkan oleh keterbatasan yang kami miliki. Untuk itu saya sangat mengharapkan kritik, saran, dan koreksi yang membangun dari para pembaca.

Akhir kata kami harap makalah ini dapat memberikan sumbangan yang berarti dan berguna bagi pembaca.

Jambi, April 2013

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	1
KATA PENGANTAR	2
DAFTAR ISI	3
 BAB I SISTEM SARAF INVERTEBRATA	
1.1 Porifera.....	
1.2 Coelenterata.....	
1.3 Platyhelminthes.....	
1.4 Nematelminthes.....	
1.5 Annelida.....	
1.6 Arthropoda.....	
1.7 Echinodermata.....	
1.8 Mollusca.....	
 BAB II Toksisitas Racun Laba-laba <i>Nephila</i> sp. pada Larva <i>Aedes aegypti</i>	
2.1 Karakteristik Racun Laba-laba.....	
2.2 Cara Kerja Racun Laba-laba pada Syaraf <i>Aedes aegypti</i>	
 BAB III Kerusakan Syaraf Insekta akibat Insektisida	
3.1 Pengertian Insektisida.....	
3.2 Sistem Syaraf Insekta.....	
3.3 Jenis Insektisida yang Bekerja pada Sistem Syaraf Insekta.....	
 DAFTAR PUSTAKA.....	

BAB I

SISTEM SARAF INVERTEBRATA

1.1 Saraf pada Porifera

Tubuh porifera masih diorganisasi tingkat seluler, artinya tersusun atas sel-sel yang cenderung bekerja secara mandiri, masih belum ada koordinasi antara sel satu dengan sel lainnya. Spons adalah satu-satunya hewan tanpa system saraf. Mereka tidak memiliki sel saraf ataupun sel indra. Akan tetapi adanya sentuhan atau tekanan menyebabkan kontraksi local tubuhnya. Hal ini berarti spons menanggapi lingkungannya secara interseluler.

1.2 Saraf pada Coelenterata

Sel-sel saraf terletak di bagian bawah dari jaringan sel-sel epitheliomuskular, dan sejajar dengan lapisan mesogel. Sel saraf ini merupakan derivat epidermis dan diduga merupakan perkembangan dari sel interstitial yang kemudian masuk ke dalam lapisan mesoglea. Setiap sel saraf terdiri atas badan sel dan cabang-cabang yang merupakan prosesus (tonjolan) yang disebut *neurit*. Keistimewaan dari sel-sel saraf *Hydra* atau *Coelenterata* pada umumnya adalah masih tetap tersebar sehingga membentuk suatu sistem difus dalam arti tidak adanya susunan atau sistem sentral. Seperti halnya lapisan epidermis, maka di dalam lapisan gastrodermis ini juga ditemukan sel-sel saraf, tetapi jumlahnya tidak sebanyak sel-sel saraf yang ditemukan di lapisan epidermis.

Pada kelas Coelenterata sudah memiliki sistem saraf difus dengan ganglion yang tersebar di seluruh bagian tubuh.

Proses Stimulus – Respon adalah sebagai berikut :

Stimulus → sel sensoris → sel saraf → ganglion terdekat melakukan respon → sel saraf → efektor.

1.3 Saraf pada Platyhelminthes

Otak terletak pada bagian kepala. Otak tersusun oleh ganglion-ganglion otak yang terdiri atas dua lobus. Dari otak muncul serabut-serabut ke arah anterior menuju ke kepala, dan lateral menuju ke aurikel. Disamping itu ada dua tali saraf ventral yang memanjang sepanjang tubuh dan berakhir ke ujung posterior. Masing-masing tali saraf ventral itu terletak pada kira-kira sepertiga bagian dari topi tubuh. Kedua tali

saraf ventral dihubungkan satu dengan yang lain oleh komisura-komisura transversal, dan pada masing-masing saraf muncul serabut saraf ke arah tepi tubuh. Adanya komisura-komisura transversal menyebabkan sistem saraf berbentuk tangga tali.

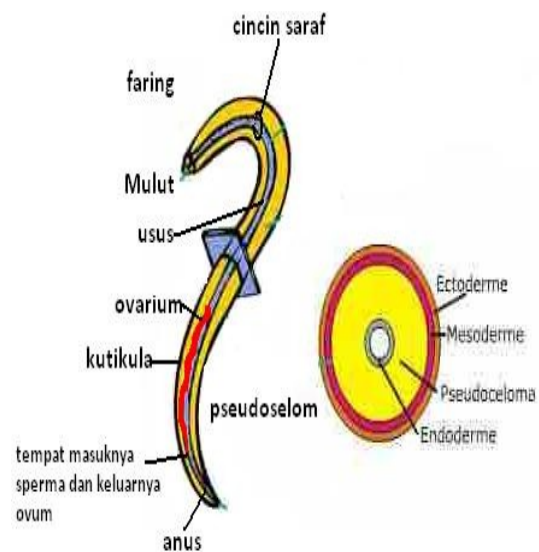
Otak berfungsi sebagai pusat koordinasi bagi impuls-impuls saraf. Sebagai tambahan untuk sistem saraf pusat terdapat sebuah pleksus sub-epidermal atau jaringan saraf dan pleksus sub-maskular. Pleksus sub-epidermal terletak tepat di bawah lapisan epidermis, sedangkan pleksus sub-maskular terletak di dalam mesenkim di dalam lapisan otot dari kulit tubuh. Kedua pleksus itu bergabung dengan tali-tali saraf.

Proses fisiologis sistem saraf pada filum plathyhelminthes yaitu yaitu dari proses stimulus – respon:

Stimulus → sel sensoris → tali saraf transversal → tali saraf longitudinal → Ganglion anterior → respon → tali saraf transversal → tali saraf longitudinal → efektor.

1.4 Saraf pada Nematelminthes

Sistem saraf meliputi sebuah cincin sirkumfaringeal yang mengelilingi faring. Cincin saraf itu tersusun oleh serabut-serabut saraf dan sel-sel saraf difus. Cincin saraf sirkumfaringeal itu berhubungan banyak dengan ganglion. Ada ganglion dorsal yang tidak berpasangan dan ganglion subdorsal yang berpasangan. Pada tiap sisi dari cincin saraf sirkumfaringeal terdapat sebuah ganglion lateral yang terbagi menjadi enam ganglion. Pada sisi bawah dari cincin saraf terdapat satu pasang ganglion ventral yang berukuran besar. Masing-masing ganglion mempunyai sel-sel saraf yang jumlahnya tetap.



Dari cincin sirkumfaringeal keluar enam saraf kecil ke arah anterior, masing-masing mempunyai sebuah ganglion dan tersusun secara radial menuju ke organ-organ sensorik yang terdapat pada ujung anterior. Dari cincin sirkumfaringeal juga keluar enam serabut saraf posterior yang membentang sampai ke ujung posterior. Antara keenam serabut saraf tersebut, satu terdapat pada mid-dorsal, satu pada mid-

ventral dan sisanya terletak pada tali dorsal dan tali ventral. Saraf mid-ventral merupakan saraf utama dan berhubungan dengan ganglion-ganglion pada bagian anterior. Saraf mid-ventral ini disebut dengan tali saraf.

Di dekat anus terdapat sebuah ganglion anal yang mengirim saraf ke ekor. Keempat saraf posterior lainnya berukuran kecil. Saraf-saraf ini merupakan satu pasang saraf dorsal lateral dan satu pasang saraf ventrolateral. Saraf-saraf tersebut terletak di dekat saluran ekskresi. Saraf-saraf dorsal dan ventral dihubungkan oleh sejumlah komisura transversal. Sedangkan saraf ventral dan lateral dihubungkan oleh komisura ventrolateral.

1.5 Saraf pada Annelida

Sistem saraf (sistem nervosum) cacing tanah, terletak di sebelah dorsal faring di dalam segmen ketiga yang terdiri atas:

- (a) ganglion cerebrale yang tersusun atas dua kelompok sel-sel saraf dengan komisura.
- (b) berkas saraf ventralis dengan cabang-cabangnya. Ganglion cerebrale terletak di sebelah dorsal faring, di dalam segmen ketiga.

Sistem saraf pada cacing tanah memiliki sistem saraf yang sederhana namun sensitif. Walaupun sederhana tapi sudah mempunyai perkembangan sistem saraf yang lebih maju yaitu telah terbentuknya ganglia segmental sepanjang tubuhnya. Ganglia segmental tersebut dihubungkan dengan tali saraf ventral.

Sistem saraf cacing tanah disebut susunan saraf tangga tali, yaitu berupa sederetan ganglion yang terdapat pada setiap ruas tubuhnya. Ganglion satu dengan ganglion yang lain dihubungkan oleh benang-benang saraf yang memanjang disepanjang poros tubuhnya. Ganglion cacing juga dibedakan atas ganglion kepala, ganglion bawah kerongkongan, dan ganglion ruas-ruas badan.

1.6 Saraf pada Arthropoda

Arthropoda memiliki sebuah otak dan rangkaian saraf ventral yang pendek. Otak terdiri atas beberapa pasang ganglion yang berfusi bersama. Otak dibedakan atas beberapa bagian yang dikenal sebagai otak depan, otak tengah dan otak belakang. Tali saraf ventral biasanya terdiri atas sejumlah masa jaringan saraf dan masing-masing terdiri atas beberapa pasang ganglion.

- **Kelas Insekta**

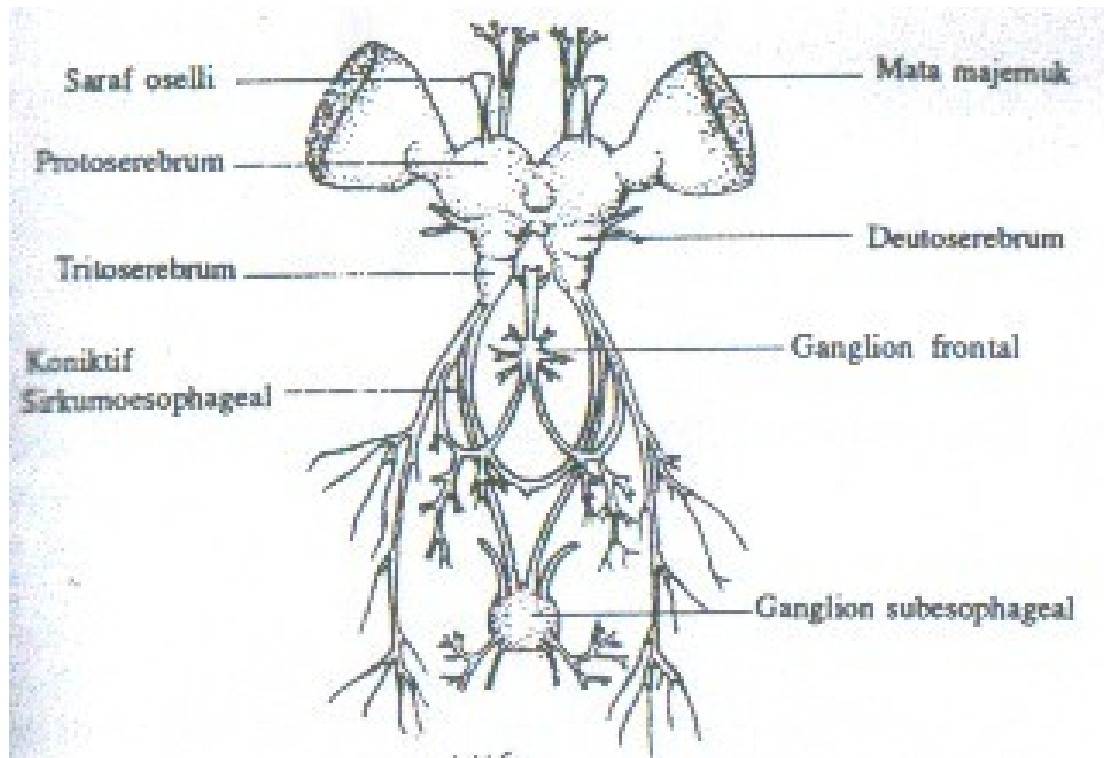
Jaringan saraf serangga dapat dibagi ke dalam saraf pusat dan saraf tepi. Saraf pusat terdiri dari sepasang rantai saraf rantai yang terdapat di sepanjang tubuh bagian ventral. Sistem saraf serangga berupa sistem saraf tangga tali berjumlah sepasang yang berada di sepanjang sisi ventral tubuhnya. Sistem saraf yang terdiri dari serangkaian ganglia, dihubungkan dengan tali saraf ventral terdiri dari dua paralel connectives sepanjang perut.

Biasanya, setiap segmen tubuh memiliki satu ganglion pada setiap sisi, meskipun beberapa ganglia yang melebur untuk membentuk otak dan ganglia besar lainnya. Segmen kepala berisi otak, juga dikenal sebagai ganglion supraesophageal. Dalam sistem saraf serangga, otak anatomis dibagi ke dalam protocerebrum yang mencakup mata majemuk dan ocelli, deutocerebrum yang mencakup antenna, dan tritocerebrum yang mencakup labrum dan usus depan. Segera di belakang otak adalah subesophageal ganglion, yang terdiri dari tiga pasang ganglia menyatu. Ini mengendalikan mulut, kelenjar ludah dan otot-otot tertentu.

Pada berbagai tempat di segmen tubuh, ada pembesaran saraf tangga tali yang disebut ganglia. Ganglia berfungsi sebagai pusat refleks dan pengendalian berbagai kegiatan. Ganglia bagian anterior yang lebih besar berfungsi sebagai otak. Pada belalang terlihat susunan saraf tangga tali dari simpul saraf yang disebut ganglia (jamak dari ganglion). Ganglion merupakan pusat pengolah rangsang.

Ada 3 macam ganglion :

- 1). Ganglion kepala, menerima urat saraf yang berasal dari mata dan antena.
- 2). Ganglion di bawah kerongkongan, mengkoordinasi aktivitas sensoris dan motoris rahang bawah (mandibula), rahang atas (maksila), dan bibir bawah (labium).
- 3). Ganglion ruas-ruas badan berupa serabut-serabut saraf yang menuju ruas-ruas dada, perut, dan alat-alat tubuh yang berdekatan.



Gambar: Otak serangga dan struktur yang berhubungan (tampak depan)

Ganglion bawah kerongkongan dan ganglion ruas-ruas badan terletak dibawah saluran pencernaan. Pada serangga terdapat 2 benang saraf yang membentang sejajar sepanjang tubuhnya dan menghubungkan ganglion satu dengan ganglion yang lain.

Sedangkan sel saraf tepi terdiri dari 3 macam sel saraf, yaitu :

- a). sel saraf indera: membawa impuls dari alat indera.
- b). sel perantara (internuncial): membawa impuls antara sel saraf.
- c). sel saraf motor: membawa impuls dari pusat integrasi ke otot.

Organ Peraba, Syaraf, dan Integrasinya Pada Serangga

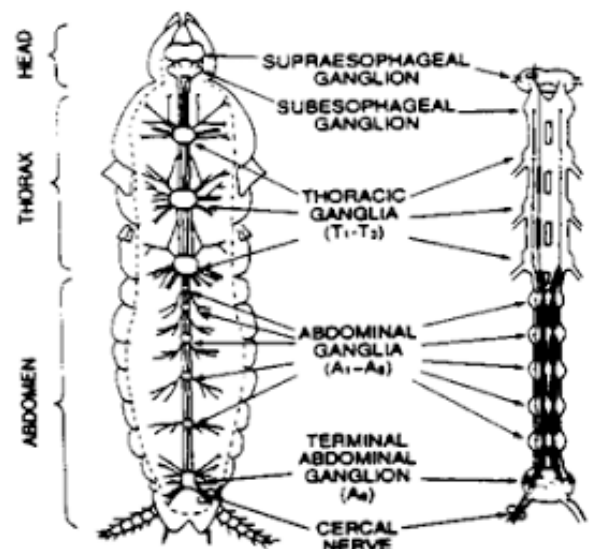
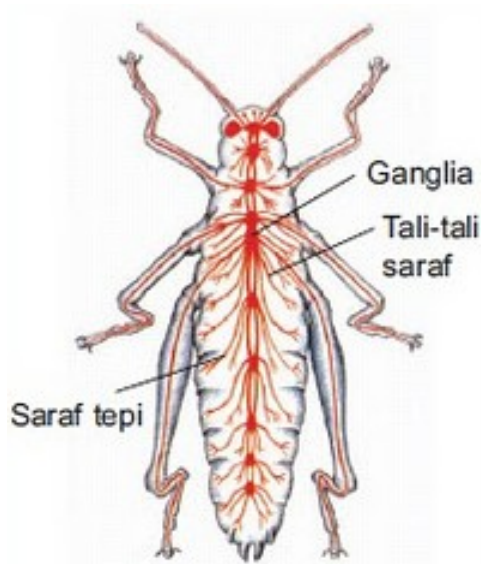
Organ peraba dibagi atas photoreceptor, chemoreceptor dan mechanoreceptor. Organ yang terlihat dalam photoreceptor adalah mata, syaraf pengecap dan syaraf pembau bekerja untuk menghasilkan impuls.

Bentuk mechanoreceptor dapat berupa trichoid, campaniform atau placoid. Receptor lain yang juga berperan dalam kehidupan serangga adalah hygromoreceptor dan geomagneticreceptor. Sistem syaraf serangga terbagi menjadi sistem syaraf pusat dan sistem syaraf visceral. Sistem syaraf pusat dibagi lagi menjadi supraesophageal ganglion dan subesophageal ganglion.

Komponen utama dari sistem syaraf visceral adalah stomodeal nervous system. Unit dasar dari sistem geuron motor, dan interneuron. Acetylcholine adalah transmitter kimia yang penting dalam membawa impuls melewati synapse.

Sensitifitas terhadap tekanan dan sentuhan adalah mekanoreseptor. Diantara mekanoreseptor yang paling sederhana adalah ujung-ujung saraf yang ditemukan pada jaringan ikat dikulit. Struktur sensori ini berfungsi sebagai filter terhadap energi mekanik melalui berbagai cara. Pada antropoda ujung-ujung sensori sensitif secara mekanik dihubungkan dengan erabut otot khusus dan sensila seperti rambut yang merentang pada eksoskeleton antropoda.

Belalang memiliki sepasang potongan kecil sensori pada antena, toraks dan abdomen yang sensitif terhadap panas. Bila potongan kecil itu dihilangkan maka belalang tidak lagi merespon terhadap sumber panas.



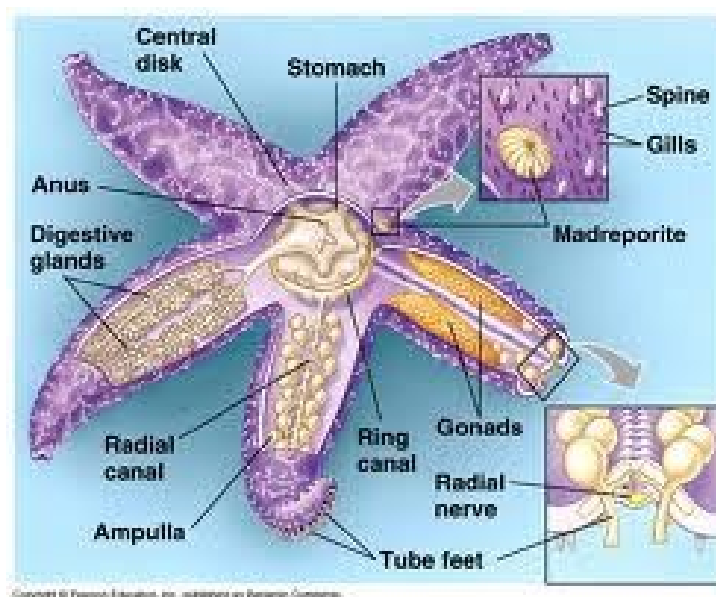
1.7 Saraf pada Echinodermata

Salah satu contoh Echinodermata adalah bintang laut. System sarafnya terdiri dari batang saraf radial pada masing-masing lengan yang menjulur di atas alur ambulakral. Disebut juga sebagai system cincin pusat. Batang-batang saraf radial itu bertemu pada cincin saraf oralis yang melingkari daerah mulut atau oral. Pada masing-masing batang saraf radial terdapat cabang:

1. Sepasang saraf ke daerah aboral,
2. Saraf ke aboral peritoneum, Serabut-serabut saraf yang menuju ke indra perasa pada kaki.

Ujung saraf radial mengecil, lunak, bersambungan dengan indra peraba dan titik mata yang peka terhadap sinar. Diantara sel-sel epidermis terdapat daerah-daerah jaringan saraf, sedang pada branchia dermalis terdapat alat sensoris.

Gambar cincin saraf Bintang Laut



1.8 Saraf pada Mollusca

Sistem saraf pusat *Mollusca* secara khas terdiri atas sebuah cincin saraf. Selain itu memiliki ganglion kaki yang berperan mengontrol kaki, ganglion cerebral berfungsi menggabungkan informasi sensori, dan ganglia lain berfungsi mengontrol fungsi tubuh lainnya. Sistem saraf dari beberapa spesies *Mollusca* juga menghasilkan hormon yang mengatur beberapa fungsi seperti pelatakan telur dan pertumbuhan.

BAB II

Toksisitas Racun Laba-laba *Nephila* sp. pada Larva *Aedes aegypti*

2.1 karakteristik Racun Laba-laba

- Racun *Nephila* sp. tidak berbahaya bagi manusia dan laba-laba jarang menggigit meskipun disentuh dan dirusak jaringnya.
- Apabila menggigit hanya meninggalkan luka goresan di kulit.
- Cara kerja racun laba-laba adalah melemahkan (efek primer) kemudian mematikan (efek sekunder)

2.2 Cara Kerja Racun Laba-laba pada Syaraf *Aedes aegypti*

Racun laba-laba bersifat neurotoksin dan nekrotoksin. Neurotoksin mengganggu penyaluran impuls saraf pada saluran ion (*ion channels*) dan sinaps, sedangkan nekrotoksin bekerja pada reaksi yang sistematis misalnya pada ginjal dan darah.

Racun laba-laba yang bersifat neurotoksin lebih banyak dibandingkan nekrotoksin. Yoshioka *et al.* (1997) menduga bahwa racun laba-laba mengandung penghambat neuron; penghambat tersebut berisi glutamat sebagai transmittor dan menimbulkan efek paralisis pada serangga, yakni kondisi tidak dapat bergerak (lumpuh) akibat terganggunya sistem saraf serangga.

Racun *Nephila* sp. mengandung transmisi yang bernama glutamat atau aksi fisiologinya memblokir reseptor glutamat. Hal ini sesuai pendapat Yoshioka *et al.*, (1997) bahwa ekstrak laba-laba ini sangat efektif menekan aktifitas sistem saraf serangga yaitu toksinnya menyerang beberapa kelenjar pada larva nyamuk.

Racun dapat masuk ke dalam tubuh larva melalui mulut, pori-pori kulit, dan *respiratory siphon*. Hal ini dikarenakan seluruh tubuh larva berada di dalam air, kecuali pada saat larva mengambil oksigen. Saat pengambilan oksigen, *respiratory*

siphon berada di permukaan air. Neurotoksin dari *Nephila clavata* pertama kali diisolasi di Jepang pada tahun 1982 dan dinamai *Joro Spider Toxin* (JSTX-3; 1-naphthyl acetyl spermine) Neurotoksin dari *Nephila maculata* dinamai *Nephila Spider Toxin* (NSTX-3). Komponen utama racun *Nephila* sp. adalah toksin poliamin yang terdiri dari sebuah sub unit aromatik, rantai asam amino dan rantai poliamin.

Di dalam sistem saraf serangga, antara neuron dengan sel-sel lain termasuk sel otot terdapat "celah sinapse. Enzim asetilkolin yang dibentuk oleh sistem saraf pusat berfungsi untuk mengantarkan impuls dari sel saraf ke sel otot melalui sinapse. Setelah impuls diantarkan proses penghantaran impuls dihentikan oleh enzim asetilkolin-esterase, dimana asetilkolin dipecah menjadi asam asetat dan kolin, sehingga sinapse menjadi kosong kembali dan dapat mengantarkan impuls berikutnya. Racun *Nephila* sp. menghambat kerja enzim asetilkolin-esterase, sehingga terjadi penumpukan asetilkolin dan terjadi kekacauan sistem penghantaran impuls. Keadaan ini menyebabkan pesan berikutnya tidak dapat diteruskan dan dapat menyebabkan kematian.

Neurotoksin bersifat mengganggu penyaluran impuls saraf pada saluran ion dan sinaps pada larva; sedangkan nekrotoksin bersifat mengganggu kerja reaksi sistematis larva. Solihah, (2000) mengutarakan bahwa dalam racun laba-laba terkandung alfa-toksin dan omega-toksin. Alfa-toksin menghambat pompa saluran sodium Na^+ , sedangkan omega-toksin menghilangkan potensial aksi yang ditimbulkan ion kalsium (Ca^{2+}) yang masuk ke dalam saraf terminal. Hal tersebut dapat mengakibatkan terjadinya gangguan transmisi saraf otot (neuromuscular) yaitu berupa penghambatan (inhibisi) sel saraf pasca sinaptik dan presinaptik. Efek tersebut dapat dijelaskan dari dua macam toksin yang dimurnikan, yaitu alfa dan mu-agatoksin. Alfa-agatoksin mempunyai berat molekul rendah yang menyebabkan paralisis tidak dapat balik (*irreversible*). *Acyloplyamin* dapat menghambat EPSP (*excitatory post-synaptic potential*) di pasca sinaptik dan potensial glutamat ionophoretik. Mu-glutamat adalah polipeptida yang kaya akan sistein yang dapat menyebabkan paralisis tidak dapat balik dan pengulangan potensial aksi di akson presinaptik atau saraf terminal.

Menurut Tarumengkang (1992) sebagian besar insektisida mutakhir adalah racun saraf dan penghambat metabolisme. Adapun tahapan-tahapan seekor serangga terkena racun adalah sebagai berikut: Langkah pertama dalam penilaian efek keracunan adalah pengamatan terhadap respon fisik dan tingkah laku binatang uji.

Respon yang dihasilkan merupakan dasar bagi klasifikasi farmakologis bahan racun. Pada dosis median, secara khas racun saraf menimbulkan empat tahap simpton yaitu: (i) eksitasi, (ii) konvulsi (kekejangan), (iii) paralisis (kelumpuhan), dan (iv) kematian. Waktu antara aplikasi racun dengan timbulnya tahap pertama disebut periode laten (latent period). Periode laten sering dijumpai pada aplikasi racun-racun perut. Tahap eksitasi sering didahului dengan kegelisahan. Pada nyamuk *A. aegypti* yang mendapatkan perlakuan terlihat mengalami paralisis dan selanjutnya terjadi kematian, ditandai dengan tubuh yang apabila disentuh terasa lunak dan lemas.

BAB III

Kerusakan Syaraf Insekta Akibat Insektisida

3.1 Pengertian Insektisida

Insektisida adalah bahan-bahan kimia bersifat racun yang dipakai untuk membunuh serangga. Insektisida dapat memengaruhi pertumbuhan, perkembangan, tingkah laku, perkembangbiakan, kesehatan, sistem hormon, sistem pencernaan, serta aktivitas biologis lainnya hingga berujung pada kematian serangga pengganggu tanaman. Insektisida termasuk salah satu jenis pestisida. Pada makalah ini, yang dibahas adalah mengenai pengaruh insektisida khusus pada syaraf insekta.

3.2 Sistem Syaraf Insekta

Sistem saraf terdiri dari banyak sel saraf (neuron) yang saling berhubungan yang menyebar ke seluruh tubuh. Secara tipikal bentuk neuron di salah satu ujungnya berupa semacam serabut yang disebut dendrit dan diujung lain memanjang dan ujungnya bercabang-cabang disebut akson. Antar neuron berhubungan melalui aksonnya. Titik dimana dua neuron berhubungan disebut sinap. Ujung akson yang berhubungan neuron lainnya disebut pre sinap sedangkan bagian dari neuron yang berhubungan dengan presinap disebut postsinap. Impul saraf berjalan dari satu neuron ke neuron berikutnya sepanjang akson melalui sinap. Di daerah sinap impuls saraf diteruskan oleh neurotransmitter yang banyak jenisnya. Berjalannya impuls saraf merupakan proses yang sangat kompleks. Proses ini dipengaruhi oleh keseimbangan ion-ion K^+ , Na^+ , Ca^{++} , Cl^- , berbagai macam protein, enzim, neurotransmitter, dan lain-lainnya yang saling mempengaruhi. Gangguan pada salah satu faktor mengakibatkan impuls saraf tidak dapat berjalan secara normal. Sehingga serangga tidak mampu merespon rangsangan.

3.3 Jenis Insektisida yang Bekerja pada Sistem Syaraf Insekta

Insektisida yang bekerja pada sistem saraf insekta adalah :

1. Organofosfat dan karbamat

Insektisida organofosfor dan karbamat mengikat enzim asetilkolinesterase yang berfungsi menghidrolisis asetilkolin. Dalam keadaan normal asetilkolin berfungsi menghantar impuls saraf, setelah itu segera mengalami hidrolisis dengan bantuan enzim asetilkolinesterase menjadi kolin dan asam asetat. Dengan terikatnya enzim asetilkolinesterase terjadi penumpukan asetilkolin, akibatnya impuls saraf akan terstimulasi secara terus menerus menerus menyebabkan gejala tremor/gemetar dan gerakan tidak terkendali

Pada dasarnya pada sistem saraf serangga dihasilkan senyawa Asetilkolin (Ach) yang berfungsi sebagai pembawa pesan, contoh pesannya adalah ; terbang, mendarat, dll. Senyawa Ach ini akan dihasilkan oleh serangga dan akan ditangkap oleh Asetilkolin reseptor (Ach_r). Ach yang dihasilkan serangga cukup banyak dalam suatu sistem namun tidak semua Ach akan ditangkap oleh Ach_r . Beberapa molekul Ach yang tertangkap oleh Ach_r akan didegradasi oleh suatu enzim, yaitu Asetilkolin esterase (AchE) menjadi asam asetat dan kolin yang nantinya akan masuk kedalam neuron disintesis menjadi Ach. Sehingga peranan dari AchE ini cukup penting dalam mendegradasi Ach yang bebas dengan harapan Ach_r akan kembali dapat menerima pesan yang dibawa oleh Ach.

Didalam tubuh serangga hemolim merupakan perantara yang baik dalam membawa molekul organofosfat dan karbamat ke dalam sistem peredaran darah serangga. Insektisida organofosfat dan karbamat merupakan *chemical substances* yang dikenal sebagai *cholinesterase inhibitors* yakni penghambat enzim asetilkolin esterase. Senyawa Ach sangat sensitif terhadap organofosfat dan karbamat, sehingga ketika Ach_r sudah terkarbamisasi oleh karbamat, maka yang terjadi adalah Ach_r tidak dapat memecah Ach yang sudah tertangkap oleh Ach_r sehingga yang terjadi selanjutnya adalah Ach_r tidak akan pernah bebas, maka Ach_r tidak dapat menerima rangsang/pesan berikutnya. Akibatnya adalah serangga akan mengalami gangguan yang luar biasa karena pesan yang dikirimkan melalui Ach tidak tersampaikan atau tidak dapat diterima oleh Ach_r dikarenakan kerja dari AchE dihambat oleh karbamat dan organofosfat. Biasanya serangga yang demikian akan melakukan gerakan yang tidak terkoordinir seperti gerakan kaki yang kejang – kejang, antena serangga yang

bergerak tidak teratur,dll. Sehingga pada akhirnya serangga akan kehabisan oksigen dan serangga mengalami kematian.

2. Kloronikotinil (imidakloprid)

Dalam suatu sistem serangga, *key and lock theory* sangat berkaitan dengan Ach_r , hal ini karena peran Ach_r sebagai reseptor dari Ach yang dikirim oleh serangga. Sehingga sensitifitas dari reseptor dalam menerima pesan sangat bergantung pada apa yang akan ditangkap oleh Ach_r . Pengaplikasian dari imidakloprid merupakan salah satu cara yang digunakan sebagai pengecoh bagi Ach_r . Hal ini terjadi karena terdapat dua senyawa yakni Ach dan imidakloprid dalam hemolim. Keadaan ini lebih kompleks dibandingkan dengan *mode of action* dari organofosfat dan karbamat.

Sehingga Ach_r harus memiliki kriteria yang harus dipenuhi oleh suatu pembawa pesan agar antara reseptor dan pembawa pesan dapat bergabung, atau yang sering disebut dengan *binding affinity*. Sehingga *binding affinity* merupakan salah satu indikator lain apakah suatu insektisida dapat bersaing atau tidak dengan senyawa yang lain. Ketika imidakloprid memiliki *binding affinity* yang lebih tinggi dari pada Ach maka Ach_r akan bergabung dengan imidakloprid dan akibatnya tidak ada Ach_r yang dalam hal ini kita sebut “kosong”, karena sudah terisi penuh oleh insektisida imidakloprid.

Karena Ach_r tidak bisa lagi menerima pesan/rangsang maka yang terjadi adalah adanya akumulasi Ach di dalam sistem dan pesan yang dibawa tidak tersampaikan serta akibatnya adalah *uncoordinated respond* dari serangga itu sendiri. *Uncoordinated respond* ini dapat berupa gerakan kaki serangga yang tidak beraturan, gerakan sayap, sehingga mengakibatkan serangga kehabisan oksigen dan akhirnya mengalami kematian.

3. Organoklorin (DDT dan piretroid tipe 1)

Kita ketahui bersama bahwa pada sistem saraf serangga terdapat bagian yang disebut dengan akson. Akson merupakan *elongation of stroma* (perpanjangan dari bagian stroma). Keadaan didalam sistem saraf serangga semua dalam keadaan mengapung, hal ini dikarenakan sistem peredaran darahnya adalah sistem terbuka, selain itu juga didalam hemolim juga terdapat Na^+ , K^+ , Cl^- . Pada bagian axon terdapat bagian yang bernama *sodium channel* yang berfungsi sebagai tempat keluar masuknya sodium.

Pada kondisi normal molekul sodium akan keluar dan masuk melalui *sodium channel*. Ketika mencapai kondisi kesetimbangan didaerah tersebut, maka sodium

channel akan menutup, namun ketika kesetimbangan molekul sodium pada exon belum tercapai maka *sodium channel* akan membuka hingga mencapai kesetimbangan. Dalam proses penghantaran rangsang, keadaan membuka dan menutup adalah normal adanya. Apabila tidak ada proses membuka dan menutup maka rangsang tidak akan tersampaikan.

Ketika terjadi detoksifikasi dari organoklorin, dimana yang harusnya *sodium channel*-nya menutup, namun karena adanya molekul DDT ataupun piretroid tipe 1 maka “pintu” *sodium channel* akan tidak tertutup, akibatnya akan terjadi gangguan pada *sodium channel* dan mempengaruhi keseimbangan osmotiknya. Ketika tidak terjadi kesetimbangan osmotik maka akan berujung pada kematian dari serangga.

4. Piretroid sintetik

Piretroid sintetik adalah sintetik kimia yang menyerupai piretrin. Mulanya, insektisida pyretrin diperoleh dari ekstrak bunga tanaman *Chrysanthemum* sp (Compositae), namun sekarang manusia telah mampu membuat sintetiknya. Piretrin memiliki knock down yang cepat namun tidak stabil, mudah mengalami degradasi. Sebaliknya, sintetik piretroid memiliki sifat lebih stabil. Sintetik piretroid juga bekerja mengganggu sistem syaraf dengan mengikat protein “voltage-gated sodium channel” yang mengatur denyut impuls syaraf. Efeknya sama seperti yang disebabkan oleh organofosfor dan karbamat, impuls saraf akan mengalami stimulasi secara terus menerus dan mengakibatkan serangga menunjukkan gejala tremor/gemetar, gerakan tak terkendali.

5. Avermektin

Avermektin juga bekerja sebagai racun saraf. Avermektin adalah insektisida antibiotik yang berasal dari suatu jamur, secara kimia digolongkan dalam makrolakton. Avermektin mengikat suatu protein dalam sel saraf yang yaitu gamma amino butyric acid (GABA)-gated chloride channel. Protein ini berfungsi mengatur impuls saraf. Avermektin menghambat fungsi protein ini, akibatnya saraf akan mengalami overeksitasi. Gejala yang ditunjukkan tremor dan gerakan tak terkendali. Dari uraian di atas menunjukkan bahwa sebagian besar insektisida walaupun memiliki struktur kimia yang berbeda, namun efeknya sama mengganggu sistem saraf jasad sasaran.

DAFTAR PUSTAKA

Nugraha,Dera Rahmat. 2012. Insektisida. Diakses tanggal 30 Maret 2013.

<http://ciagramabret.blogspot.com/2012/08/insektisida.html>

Sanjaya dan Safaria. 2006. *Toksisitas Racun Laba-laba Nephila sp. pada Larva Aedes aegypti L.*Jurnal Biodiversitas Vol. 7, No. 2 April 2006 Hal. 191-194. Bandung : Program Studi Biologi FPMIPA Universitas Pendidikan Indonesia (UPI).