



**PEMERINTAH KABUPATEN KUTAI KARTANEGARA
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN DAERAH**

**LAPORAN AKHIR
KEGIATAN FASILITASI KAJIAN
PEMANFAATAN RACUN UPAS SEBAGAI
BAHAN PESTISIDA ALTERNATIF**

**BIDANG INOVASI DAERAH
TAHUN 2021**

**LAPORAN AKHIR
KEGIATAN FASILITASI KAJIAN PEMANFAATAN
RACUN UPAS SEBAGAI BAHAN PESTISIDA
ALTERNATIF**

**BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN DAERAH
BIDANG INOVASI DAERAH
TAHUN 2021**



KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas segala berkah dan karunia-Nya Fasilitas Kajian Pemanfaatan Racun Upas sebagai Bahan Pestisida Alternatif dapat selesai dan menjadi bagian penting dari program pengembangan potensi daerah di Kabupaten Kutai Kartanegara.

Laporan penelitian ini mengupas langkah-langkah dalam mengkaji kemungkinan Pemerintah Kabupaten Kutai Kartanegara dalam menyediakan Sumber Daya Alam yang dimiliki dan kajian tentang data-data yang diperlukan sebagai argumentasi kebijakan maupun teknik dalam rencana pengembangan potensi daerah di Kabupaten Kutai Kartanegara.

Toxicarioside merupakan bahan cardenolit baru yang belum banyak pemanfaatannya, penelitiannya sebatas calon obat masa depan dengan skala laboratorium. Penelitian aplikatif masih belum ada sehingga penelitian pemanfaatan bahan ini akan banyak memberikan kontribusi di bidang ilmu pengetahuan di banyak bidang.

Penelitian ini diharapkan menjadi pemicu peneliti sejawat untuk meneliti getah *A. toxicaria* untuk berbagai pengembangan ilmu dan aplikasinya. Selanjutnya dapat memberikan kontribusi kepada pihak terkait (Dinas Pertanian, Dinas kehutanan, LSM, Kelompok-kelompok tani dan organisasi masa yang wadah kelompok tani dan terlibat dengan pembinaan).

Kami menyadari adanya keterbatasan di dalam penyusunan laporan ini. Besar harapan penyusun adanya implementasi nyata dalam pelaksanaan penelitian melalui laporan ini, kami ucapkan terima kasih kepada semua yang terlibat didalam penyusunan kegiatan penelitian ini.

Tenggarong, 30 Desember 2021

Kepala Balitbangda



Ir. Didi Ramyadi, MM

NIP. 19640710 199301 1 001

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR	iv
GAMBAR	v
RINGKASAN	2
I. PENDAHULUAN	4
1.1. Latar Belakang.....	5
1.2. Perumusan Masalah	9
1.3. Tujuan Khusus Penelitian.....	11
1.4.. Urgensi Penelitian.....	12
1.5. Keterkaitan Penelitian dengan Disertasi dan Kontribusinya dalam IPTEK- SOSBUD.....	12
1.6. Luaran yang ditargetkan dan Kontribusinya terhadap Ilmu Pengetahuan....	13
II. TINJAUAN PUSTAKA	14
2.1 <i>Antiaris toxicaria</i> (Pers.) Lesh.....	17
2.2. Bahan aktif <i>A. toxicaria</i>	17
2.3. Potensi Metabolit Sekunder sebagai bahan Rodentisida Nabati.....	23
2.4. Biodiversitas Tikus di lahan Persawahan dan lahan tanaman sawit.....	30
2.1.1. Biologi dan Ekologi	31
2.2.1. Tikus Pohon (<i>Rattus tiomanicus</i>)	31
III. METODE PENELITIAN	35

3.1 Tempat Penelitian	35
3.2. Metode Pengumpulan sampel	35
3.3. Bahan dan Alat Penelitian	36
3.4. Tahapan eksplorasi	37
3.4.1. Eksplorasi berbagai sediaan perajin racun sumpit	37
3.4.2. Uji toksisitas ekstrak sampel berpotensi pestisida (Tahap I).....	37
3.4.2.1 Tujuan Penelitian Tahap I	37
3.4.2.2 Penyiapan ekstrak	37
3.4.2.3 Uji fitokimia kualitatif	38
3.4.2.4 Uji toksisitas	38
3.4.3 Uji Bioaktivitas Ekstrak Getah <i>A. toxicaria</i> (Tahap II).....	38
4.4.3.1. Uji Utama Bioaktivitas Ekstrak (hewan uji <i>Rattus norvegicus</i>).....	41
a Pemodelan Mortalitas Ekstrak	41
b Uji Antifeedant	41
c Uji Patabilitas	42
3.4.4 Identifikasi Profil Senyawa (Tahap III).....	42
3.4.5 Analisis Data.....	43
3.4.5.1 Uji Mortalitas Ekstrak terhadap mencit.....	43
3.4.5.2 Uji Mortalitas Pestisida dan waktu kematian	44
3.4.5.4. Uji Antifeedant.....	44
3.4.5.5 Uji Patabilitas	45

IV. BIAYA DAN JADUAL PENELITIAN

- 4.1. Anggaran Biaya
- 4.2. Jadwal Penelitian

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN-LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Senyawa aktif tanaman target sistem dan mekanisme kerja dalam tubuh Rodent (Ware, 1983 ; Alireza, 2011 ; Saharayaj, 2012 ; Singh, 2012).....	23
Tabel. 4,1 Sofware yang digunakan dalam penelusuran interaksi bahan aktif-reseptor dan prediksi hasil.....	41
Tabel 4.2. Hubungan antara LC50 dan kriteria toksisitas.....	43

DAFTAR GAMBAR

		Halaman
Gambar 2.1.	Pohon. <i>Antiaris toxicaria</i> yang dijumpai di Agroekosistem hutan (dimodifikasi)	14
Gambar 2.2	Struktur toxicariocide A, B (Chem Spider).....	17
Gambar 2.3.	Struktur toxicariocide (A) C, (B) D dan (C) k, (Chem Spider).....	17
Gambar 2.4.	Struktur kimia bahan yang terdapat pada getah <i>A. toxicaria</i> Gan (2009) ; Dai (2009).....	19
Gambar 2.5.	A. Skema ilustrasi dari docking ligan molekul kecil (hijau) untuk target protein (hitam) memproduksi sebuah kompleks yang stabil. B. Docking dari molekul kecil (hijau) ke dalam struktur kristal (PDB: 3SN6) dari beta-2 adrenergik G-protein coupled receptor.....	20
Gambar 3.1.	Kerangka Operasional Penelitian.....	36
Gambar 3.2.	Bagan Alir Penelitian I, II dan III.....	40

RINGKASAN

EKSTRAK GETAH TANAMAN *Antiaris toxicaria* (Pers.) Lesh SEBAGAI BIOAKTIF PROTOTYPE RODENTISIDA NABATI

Di Pulau Kalimantan etnis Dayak memiliki kebiasaan turun temurun berburu dengan anak panah beracun atau anak sumpit beracun yang diambil dari getah tanaman ipuh (*Antiaris toxicaria*) Kopp, et. al., (1992), getah/lateks setelah dengan pengolahansderhana menjadi sangat toksik pada hewan buruan. Kulit batang tanaman *A. toxicaria* yang bergetah digunakan obat tradisional Carter, et al. (1997a). Hasil lateks/getah dari pohon menghasilkan 200 - 300 ml/hari. Potensi bioaktif *A. toxicaria* dapat diketahui terlebih dahulu dengan cara mengekstraksi (simplesia *A. toxicaria* diperlakukan dengan pelarut yang sesuai). Simplesia *A. toxicaria* yang terbanyak dan variatif kandungan bahan aktifnya terdapat pada getah tanaman Shi, et al., (2010). Bioaktivitasnya bahan aktif *A. toxicaria* belum banyak diketahui sebagai bahan pestisida khususnya sebagai rodentisida (racun hewan pengerat/tikus) kecuali sebagai bahan obat dengan memanfaatkan tanaman *A. toxicaria* yang tumbuh di pulau Kalimantan oleh peneliti-peneliti asing. Diperlukan suatu pemikiran untuk membuat prototype (rancangan umpan/purwarupa umpan tikus yang berbahan aktif nabati).

Tikus (*Rattus argentiventer* (Rob. & Kloss)) merupakan hama utama yang merusak pada lahan pangan dan perkebunan di Provinsi Kalimantan Timur. Tikus merusak tanaman padi pada semua tingkat pertumbuhan, dari semai hingga panen, bahkan di gudang penyimpanan. Kerusakan parah terjadi jika tikus menyerang padi pada fase generatif, karena tanaman sudah tidak mampu membentuk anakan baru. Pada lahan perkebunan tanaman sawit tikus merusak buah sawit pada tanaman menghasilkan (TM) dan memakan titik tumbuh tanaman sawit hingga tanaman sawit mati pada tanaman belum menghasilkan (TBM). Pada periode bera, sebagian besar tikus bermigrasi ke daerah perkampungan dekat sawah atau lahan perkebunan sawit dan hutan disekitar sawah akan kembali lagi ke sawah setelah pertanaman padi menjelang fase vegetatif atau generatif.

Penelitian ini dilakukan beberapa tahap eksplorasi (10 hari), Maserasi dan fraksinasi (1 bulan), analisis komposisi (2 bulan), Pemodelan interaksi senyawa aktif, formulasi uji bioaktif (3 bulan).

Luaran penelitian ini : 1). Diperoleh informasi karakteristik interaksi senyawa aktif-reseptor dan daya toksisitas ekstrak getah *A. toxicaria* dengan bahan aktif anticariocide A, B, C, D dan k pada jasad OPT. 2). Diperoleh informasi karakteristik profil bioaktivitas ekstrak getah tanaman *A. toxicaria* dalam fraksi mol yang mengandung toxicarioside A,B, C, D dan k uji bioindikator *Rattus norvegicus* strain wistar, pada dosis dan konsentrasi tertentu sebagai bahan aktif prototype rodentisida. 3).Diperoleh informasi karakteristik profil senyawa Essensial oil yang terkandung pada getah *A. toxicaria* apakah menjadi penanda dan berpotensi sebagai jera umpan pada prototype rodentisida nabati.4). Dapat diselesaikannya disertasi dan publikasi ilmiah.

Key word : ***Antiaris toxicaria*, ekstrak, prototype**

I. PENDAHULUAN

Pembangunan pertanian di Kalimantan Timur saat ini memasuki era kompleksitas, seiring dengan semakin meningkatnya tuntutan pembangunan. Pembangunan pertanian memiliki kecenderungan kompetitif dalam hal pendayagunaan dan penataan lahan terkait dengan sarana pendukungnya atau dengan berbagai kepentingan dan investasi. Persaingan disebabkan semakin meningkatnya kebutuhan pembangunan memanfaatkan lahan yang sama, sehingga terjadi alih fungsi peruntukan lahan pertanian menjadi perkebunan, pertambangan, industri dan lain sebagainya. Kondisi tersebut berpengaruh pula terhadap kondisi lingkungan dan struktur wilayah yang memungkinkan terganggunya keseimbangan lingkungan. Dalam jangka panjang di sektor pertanian tanaman pangan akan terjadi perubahan pemenuhan kebutuhan komoditas pertanian terutama pangan dan hortikultura pada saat tersebut lahan sudah beralih fungsi.

Penyebaran komoditas pertanian di Kalimantan Timur ditandai dengan beragamnya jenis komoditas yang relatif beragam pada tiap wilayah atau lokasi yang terpencar-pencar. Kondisi ini menyulitkan dalam pembinaan maupun dalam memprediksi skala usaha secara efektif dan efisien, yang menjadi prasarat dalam pengembangan komoditas pertanian (Disperindakop Pemprov. Kaltim, 2010). Upaya dalam pencapaian keunggulan komparatif maupun kompetitif suatu komoditas akan terhambat karena tidak optimalnya sarana dan prasarana pelayanan, terutama aksesibilitas dan infrastruktur lainnya yang tidak memadai dan belum terjangkau. Mencermati permasalahan tersebut, penataan dan pendayagunaan sumberdaya lahan pertanian perlu segera dilakukan melalui perencanaan yang terarah dan terkendali sesuai dengan kondisi agroekosistem wilayah dan budaya masyarakat. (Dinas Pertanian dan Hortikultura Pemprov. Kaltim, 2013).

Kalimantan Timur sejak tahun 1991 telah mencanangkan suasembada beras, tetapi sampai saat ini belum tercapai karena produksi padi di Kaltim dihadapkan dengan beberapa permasalahan. Usaha ekstensifikasi dilakukan dengan pencetakan sawah-sawah baru, kendala yang dihadapi selain SDM, sawah baru umumnya belum mantap sebagai lahan sawah yang siap ditanami padi (kemasaman tanah menjadi penyebabnya), irigasi atau lahan sawah tadah hujan saja sehingga hasil per hektar masih rendah. Alih fungsi lahan dari hutan sekunder atau rawa dangkal menjadi sawah mengakibatkan gangguan keseimbangan lingkungan memunculkan gangguan organisme pengganggu tanaman (OPT) yang merupakan kendala lainnya. Di sektor perkebunan mendapat prioritas lebih dan berkembang pesat dari program 1 juta ha tanaman sawit dan pada tahun 2010 telah mencapai 1,2 juta Ha, Dinas Perkebunan Pemprov. Kaltim (2013), perubahan-perubahan agroekosistem sangat cepat inilah yang memunculkan permasalahan berkepanjangan selain tergerusnya/penyusutan plasma nutfah juga gangguan Organisme Pengganggu Tanaman pada tanaman perkebunan dan tanaman pangan.

1.1. Latar Belakang.

OPT adalah makhluk hidup yang menjadi pesaing, perusak, penyebar penyakit, dan pengganggu semua sumber daya yang dimiliki dan dibutuhkan manusia. OPT bersifat relatif dan sangat antroposentrik berdasarkan pada estetika, ekonomi, dan kesejahteraan pribadi yang dinilai oleh bias budaya dan pengalaman pribadi (Sarjan, 2006). Hampir tidak kita temui tanaman di alam ini (baik yang dibudidayakan dan liar) yang terbebas dari gangguan OPT.

Organisme Pengganggu Tanaman (OPT) yang dominan yang dapat ditemui pada lahan tanaman pangan (padi) dan perkebunan (sawit) adalah tikus sawah dan tikus

pohon (*Rattus* sp) (Pengamatan pribadi, 1999-2010). Perubahan agroekosistem sangat cepat menyebabkan penataan yang tidak sehat dari syarat aspek agroekosistem lestari atau rekayasa lingkungan. Lahan sawah dicetak bersebelahan dengan hutan atau lahan sawit, sehingga hama tikus akan berpindah ke tanaman sawit atau hutan buah jika tidak terdapat tanaman padi di sawah. Demikian sebaliknya tikus akan menuju ke sawah jika terdapat tanaman padi di lahan terutama saat di sawah tanaman padi menjelang fase vegetative atau generatif. Di Kabupaten Penajam Paser Utara (PPU) beberapa kecamatan, terdapat ± 1 600 Ha, terpaksa bero di musim gadu, alasan petani hama tikus merusak tanaman padi mereka jika ditanam dengan luasan terbatas.

Pola pengendalian untuk mengurangi serangan OPT, masyarakat tani umumnya menerapkan pengendalian kimia (pestisida) sebagai pengendali OPT. Dipilihnya pestisida sebagai pengendali OPT karena mudah penggunaannya dan cepat terlihat hasil kerjanya. Pengendalian pola dan model ini terbukti menimbulkan dampak yang tidak menguntungkan lingkungan biotik dan abiotik, kesehatan manusia pengguna pestisida (petani) dan konsumen produk pertanian. Dilema yang dihadapi jika tanpa memanfaatkan pestisida, produksi tanaman dapat berkurang antara 50 - 100 % (Nugrohati & Untung, 1986). Keberhasilan yang telah dicapai oleh pestisida sintetik sebagai pengendali OPT dimasa lalu memang tidak diragukan tetapi berlanjut pada kesalahan dan penyalahgunaan. Penggunaan dan pemanfaatan DDT dimasa lalu merupakan kasus yang umum dipakai sebagai contoh kegagalan penggunaan insektisida dan pemanfaatan temuan rodentisida Seng Fosfida (Zn_3P_2) yang berbahaya bagi lingkungan, resisten, dan jera umpan .

Petani merasa kurang puas sebelum menyemprot tanaman dengan pestisida walaupun belum ditemui OPT pada tanamannya. Petani dengan mudah memutuskan mencampur beberapa macam pestisida tanpa memperhatikan efek antagonis dan

sinergis serta "mode of action" pestisida yang dicampurnya. Hal tersebut ditengarai dari tidak adanya peningkatan pengetahuan petani mengenai aspek ekologi dan toksikologi pestisida (Secoy & Smith, 1983 ; Oka, 1994). Petani tidak diberdayakan kemampuannya pada kedua aspek tersebut justru dijadikan obyek pemasaran pestisida sintetik oleh distributor pestisida. Sehingga dampak negatif yang ditimbulkan oleh kesalahan pemakaian pestisida terhadap lingkungan (pencemaran residu pestisida, resistensi hama, resurgensi, jera umpan pada rodentisida, terbunuhnya serangga-serangga bukan sasaran dan kecelakaan kerja akibat aplikasi pestisida) tidak kunjung usai.

Pemecahan masalah menghadapi dilema di atas adalah tidak memanfaatkan atau mengurangi pemakaian pestisida sintetik sebagai pengendali OPT. Pendapat tersebut tentunya tidak seluruhnya benar mengingat seluruh lingkungan kita telah tercemar dengan pestisida. Diantara pencemaran lingkungan di atas berdampak resistensi hama dan jera umpan merupakan aspek yang paling menonjol (Ware, 1983).

Menghadapi isu global, khususnya ekspor komoditas pertanian yang sering dihadapkan dengan hambatan non tarif produk ekspor yang sering melibatkan isu Sanitary and Phytosanitary, juga HACCP (Hazard Analysis Critical Control Point) USDA (1997) ; Untung (2005), yang salah satu isunya adalah masalah pembatasan maksimum kandungan residu pestisida (Maximum Residue Level) pada produk ekspor pertanian. Resiko dari peraturan ini adalah ; Embargo (larangan ekspor), Automatic detention (penahanan sementara), Mandatory treatment (perlakuan khusus) dan pengenaan denda dalam bentuk pengurangan harga (Brown, 2006). Penggunaan pestisida alternatif dan menekan penggunaan pestisida kimia sintesis resiko ini dapat diminimalkan.

Untuk mengurangi dampak penggunaan pestisida sintetik perlu dicari bahan yang akrab lingkungan tetapi berkemampuan setara pestisida kimia atau bahan bioaktif. Bahan

bioaktif adalah bahan aktif berasal dari tumbuhan yang memiliki daya repelensi, atraktansi, mengganggu metamorfose, racun syaraf yang mematikan OPT. Bioaktif yang terdapat pada tanaman disintesis secara bertahap melalui proses metabolisme primer dan sekunder. Bahan bioaktif yang disintesis oleh tanaman berkaitan dengan perjalanan evolusi tanaman menghadapi OPT, sehingga spesifik bagi OPT. Bahan tersebut ditimbun pada setiap jaringan tanaman dengan kadar dan substansi yang berbeda. Substansi kimia yang berasal dari tanaman umumnya mudah menguap dan terurai sehingga daya persistensinya rendah. Pemanfaatan bioaktif yang sudah dipasarkan diantaranya adalah azadirachtin (bioaktif berasal dari mimba) ditingkat petani belum ditemui menimbulkan resistensi atau kasus-kasus lingkungan yang lain.

Aplikasi pestisida sintetik kimia yang kurang bijaksana akan berdampak bagi kesehatan, cemaran residu, geseran keseimbangan ekologis. Perhatian terhadap pengendalian alternatif yang ramah lingkungan dapat mengurangi secara kualitas dan kuantitas penggunaan pestisida sintetik (Reintjes et. al., 1999. ; Singleton et. al., 2005). Pengendalian dengan pestisida alternatif mudah penggunaannya, murah (ekologis dan ekonomis), petani dapat menyiapkan dan bahan baku ditanam sebagai tanaman pagar.

Di Pulau Kalimantan etnis Dayak memiliki kebiasaan turun temurun berburu dengan anak panah beracun atau anak sumpit beracun yang diambil dari getah tanaman ipuh (*Antiaris toxicaria*) Kopp, et. al., (1992), getah/lateks setelah melalui perlakuan menjadi sangat toksik pada hewan buruan. Kulit batang tanaman *A. toxicaria* yang bergetah digunakan obat tradisional Carter, et al. (1997a). Hasil lateks/getah dari pohon menghasilkan 200 - 300 ml/hari. Potensi bioaktif *A. toxicaria* dapat diketahui terlebih dahulu dengan cara mengekstraksi (simplesia *A. toxicaria* diperlakukan dengan pelarut yang sesuai). Simplesia *A. toxicaria* yang terbanyak dan variatif kandungan bahan aktifnya terdapat pada getah tanaman Shi, et al., (2010). Bioaktivitasnya bahan aktif *A.*

toxicaria belum banyak diketahui sebagai pestisida khususnya sebagai rodentisida (racun hewan pengerat/tikus) kecuali sebagai bahan obat dengan memanfaatkan tanaman *A. toxicaria* yang tumbuh di pulau Kalimantan oleh peneliti-peneliti asing. Diperlukan suatu pemikiran dan penelitian untuk membuat prototype (rancangan umpan/purwarupa umpan tikus yang berbahan aktif nabati).

Berdasarkan permasalahan dan peluang mengganti bahan aktif pestisida sintetik dengan ekstrak getah tanaman *A. toxicaria* terhadap toksisitas tikus (*Rattus* sp), demikian juga profil bioaktivitas seyawa yang terkandung dalam ekstrak getah/lateks tanaman *A. toxicaria* sehingga penelitian ini perlu dilakukan.

1.2. Perumusan Masalah

Aplikasi pestisida sintetik kimia walaupun memiliki manfaat dan jasa yang besar di masa lalu dalam mengendalikan OPT tetapi kerusakan yang diakibatkan juga sangat tinggi bersifat sistemik dan laten. Para petani saat ini masih memilih agent pengendali pestisida sintetik kimia karena belum ada pestisida alternatif yang setara, lebih praktis dan cepat terlihat hasilnya. Aplikasi pestisida sintetik dalam jangka panjang meninggalkan jejak residu, resistensi dan resurgensi hama, penyakit dan gulma pengganggu tanaman serta mengancam kesehatan petani Gozali et. al., (2000), konsumen produk pertanian dan lingkungan, di pasar global isu "Sanitary and Phytosanitary". Pemanfaatan bioaktif yang berbasis nabati diharapkan dapat membantu dan mengurangi permasalahan tersebut.

Tikus (*Rattus argentiventer* (Rob. & Kloss)) merupakan hama utama yang merusak pada lahan pangan dan perkebunan di Provinsi Kalimantan Timur. Tikus merusak tanaman padi pada semua tingkat pertumbuhan, dari semai hingga panen, bahkan di gudang penyimpanan. Kerusakan parah terjadi jika tikus menyerang padi pada fase generatif, karena tanaman sudah tidak mampu membentuk anakan baru. Pada lahan

perkebunan tanaman sawit tikus merusak buah sawit pada tanaman menghasilkan (TM) dan memakan titik tumbuh tanaman sawit hingga tanaman sawit mati pada tanaman belum menghasilkan (TBM). Pada periode bera, sebagian besar tikus bermigrasi ke daerah perkampungan dekat sawah atau lahan perkebunan sawit atau hutan disekitar sawah dan kembali lagi ke sawah setelah pertanaman padi menjelang fase vegetatif atau generatif.

Pengendalian OPT tikus saat sekarang masih bertumpu pada agent pengendali pestisida sintetik kimia karena belum ada pestisida alternatif yang setara, lebih praktis, ekologis dan ekonomis. Aplikasi pestisida sintetik dalam jangka panjang meninggalkan permasalahan lingkungan.

Sejak tahun '90-an para ahli terdorong dan menggiatkan gerakan kembali ke alam "back to nature" demikian juga model dan pola pengendalian OPT. Pestisida nabati adalah salah satu komponen agent pengendali OPT yang ekologis dan ekonomis yang menjadi syarat pengendalian alami. Tanaman *A. toxicaria* merupakan tanaman peneduh di pinggir jalan, di Afrika tanaman ini ditanam sebagai 'shelter-belt' sebagai pohon peneduh (Nordal, 1963 ; Nomura and Hano, 1994). Tanaman ini di Pulau Kalimantan tersebar luas sampai kawasan Sabah dan Serawak Malaysia umumnya tumbuh baik di hutan primer. Saat ini keberadaan tanaman semakin langka karena berbagai kegiatan pengurangan areal hutan hingga tersisa di hutan-hutan adat dijaga dan dipelihara karena diambil getahnya untuk keperluan racun sumpit dan anak panah untuk berburu.

Daun dan akar digunakan untuk mengobati penyakit jiwa. Daun juga digunakan sebagai pakan ternak (Kopp, et. al., 1992). Dilaporkan bahwa struktur kimia 'Antiarisin A dan B', dan tujuh belas senyawa lain (9-17) belum teridentifikasi, isolasi ekstrak EtOAc dari kulit batang *A. toxicaria*. Ekstrak kulit batang *A. toxicaria* dalam praktek pengobatan digunakan sebagai obat kerusakan hati pada pengujian in vitro hewan uji marmot atrium

karena efek kardiotonik Shi, et al., (2010). Selanjutnya Sheng-li, et. al., (2008) melaporkan beberapa ekstrak *A. toxicaria* sebagai penghambat sel kanker dan dimanfaatkan sebagai anti convulsan bagi penderita epilepsi (Kemampuan olesan getah *A. toxicaria* pada anak sumpit dan panah memberikan reaksi toksik segera pada hewan buruan. Getah/lateks tanaman *A. toxicaria* dapat mempertahankan/mengawetkan bioaktif/metabolit sekunder dari tanaman lain atau racun-racun serangga yang kita kenali memiliki racun kuat. Beberapa hasil ekstrak menunjukkan toxicarioside A, B, C, D dan k memiliki daya racun paling kuat Carter, et. al., (1997a) tetapi toxicarioside tidak efektif sebagai racun ikan (Carter, et. al., 1997b).

Berdasarkan uraian di atas dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana karakteristik interaksi senyawa aktif-reseptor dan daya toksisitas ekstrak getah *A. toxicaria* dengan bahan aktif anticariocide A, B, C, D dan k pada jasad OPT.
2. Bagaimana karakteristik profil bioaktivitas ekstrak getah tanaman *A. toxicaria* dalam fraksi mol yang mengandung toxicarioside A,B, C, D dan k uji bioindikator *Rattus norvegicus* strain wistar, pada dosis dan konsentrasi tertentu sebagai bahan aktif prototype rodentisida.
3. Bagaimana karakteristik profil senyawa Essensial oil yang terkandung pada getah *A. toxicaria* apakah menjadi penanda dan berpotensi sebagai jera umpan.

1.3. Tujuan Khusus Penelitian

Tujuan penelitian ini mengetahui atau karakteristik interaksi bioaktif-reseptor, karakteristik toksisitas di jasad OPT dan karakteristik jera umpan.

1. Mengetahui karakteristik interaksi senyawa aktif-reseptor dan daya toksisitas ekstrak getah *A. toxicaria* dengan bahan aktif anticariocide A, B, C, D dan k terhadap jasad OPT.
2. Mengetahui karakteristik profil bioaktivitas ekstrak getah tanaman *A. toxicaria* dalam

fraksi mol yang mengandung toxicarioside A,B, C, D dan k uji bioindikator *Rattus* sp, pada dosis dan konsentrasi tertentu sebagai bahan aktif prototype rodentisida.

3. Mengetahui karakteristik profil senyawa Essensial oil yang terkandung pada getah *A. toxicaria* apakah menjadi penanda dan berpotensi sebagai jera umpan.

1.4. Urgensi Penelitian

Keanekaragaman hayati merupakan asset penting yang harus dijaga dan dilestarikan, Pertambahan, perluasan areal sawit dan pertanian semakin menyusutnya populasi tanaman *Antiaris toxicaria*. Sejak ratusan tahun etnis Dayak memiliki kebiasaan turun temurun berburu dengan anak panah beracun atau anak sumpit beracun yang diambil dari getah tanaman ini dengan pengolahan sederhana. Di Indonesia tidak ada usaha pemanfaatan lebih dari sekedar racun sumpit, sementara peneliti-peneliti asing memanfaatkan getah *A. toxicaria* yang berasal dari Pulau Kalimantan karena di China tanaman ini sangat dilindungi untuk penelitian berbagai macam obat.

Tikus (*Rattus argentiventer* (Rob. & Kloss)) merupakan hama utama yang merusak pada lahan pangan dan perkebunan di Provinsi Kalimantan Timur. Tikus merusak tanaman padi pada semua tingkat pertumbuhan, dari semai hingga panen. "Mode of action" dan tosisitasnya ekstrak getah *A. toxicaria* setara dengan strychnine dan diduga lebih toksik dari seng phosphit.

a. Keterkaitan Penelitian dengan Disertasi dan Kontribusinya dalam IPTEK-SOSBUD

Tanaman ini sudah agak sulit ditemukan di hutan-hutan rakyat kecuali di hutan-hutan lindung atau hutan adat yang dilindungi oleh masyarakatnya asli daerah tersebut. Penelitian ini sangat mendesak untuk dilakukan, keberhasilan penelitian ini mendorong usaha pelestarian karena tanaman ini dapat ditanam sebagai tanaman pagar yang dapat

dimanfaatkan untuk pengendalian OPT di pertanaman pertanian dan perkebunan. Memperhatikan tingkat toksisitasnya yang tinggi tetapi tidak efektif untuk peracunan ikan indikator awal bahwa getah tanaman ini ekologis dan menjadi pelengkap pengelolaan hama terpadu yang dapat diolah sendiri ekonomis.

Akhir penelitian ini dapat memenuhi 50 % data yang diperlukan dalam menyusun disertasi. Penelitian ini sangat membantu pengusul menyelesaikan tugas akhir penyusunan disertasi dari segi kebutuhan pemenuhan data maupun dari segi pendanaan terutama untuk biaya eksplorasi dan penyediaan getah *A. toxicaria*, analisis kimia bahan ekstraksnya dan uji-uji bioaktivitasnya serta pengadaan hewan uji *Rattus norvegicus* strain wistar di laboratorium.

Penelitian ini diharapkan menjadi pemicu peneliti sejawat untuk meneliti getah *A. toxicaria* untuk berbagai pengembangan ilmu dan aplikasinya. Selanjutnya dapat memberikan kontribusi kepada pihak terkait (Dinas Pertanian, Dinas kehutanan, LSM, Kelompok-kelompok tani dan organisasi masa yang wadah kelompok tani dan terlibat dengan pembinaan).

1.6. Luaran yang ditargetkan dan Kontribusinya terhadap Ilmu Pengetahuan

Target luaran dari penelitian ini adalah draf disertasi yang telah disetujui oleh promotor dan merupakan publikasi dalam jurnal, hasil penelitian ini dapat disusun dan dinarasikan merupakan bagian bab buku ajar bagi mahasiswa hama dan penyakit tanaman dari mata kuliah pengenalan peralatan dan pestisida atau dengan pengembangan berbagai sumber menjadi pengenalan bahan obat pada mahasiswa Farmasi dan kedokteran.

Toxicarioside merupakan bahan cardenolit baru yang belum banyak pemanfaatannya, penelitiannya sebatas calon obat masa depan dengan skala

laboratorium. Penelitian aplikatif masih belum ada sehingga penelitian pemanfaatan bahan ini akan banyak memberikan kontribusi di bidang ilmu pengetahuan di banyak bidang.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.5. *Antiaris toxicaria* (Pers.) Lesh

Kedudukan *A. toxicaria* dalam taxonomi :

Kingdom : Plantae

Subkingdom : Tracheobionta (tumbuhan berpembuluh)

Super Divisi : Spermatophyta (menghasilkan biji)

Divisio : Magnoliophyta (tumbuhan berbunga)

Subdivisio : Angiospermae

Kelas : Manoliopsida

(berkeping dua/dikotil)

Ordo : Rosales

Famili : Moraceae

Genus : *Antiaris*

Famili : *Antiaris toxicaria*

(Pers.) Lesh

Famili Moraceae, keluarga murbei dari urutan mawar (Rosales), memiliki sekitar 40 genera dan 1.000 spesies, dari pepohonan sampai semak-semak.

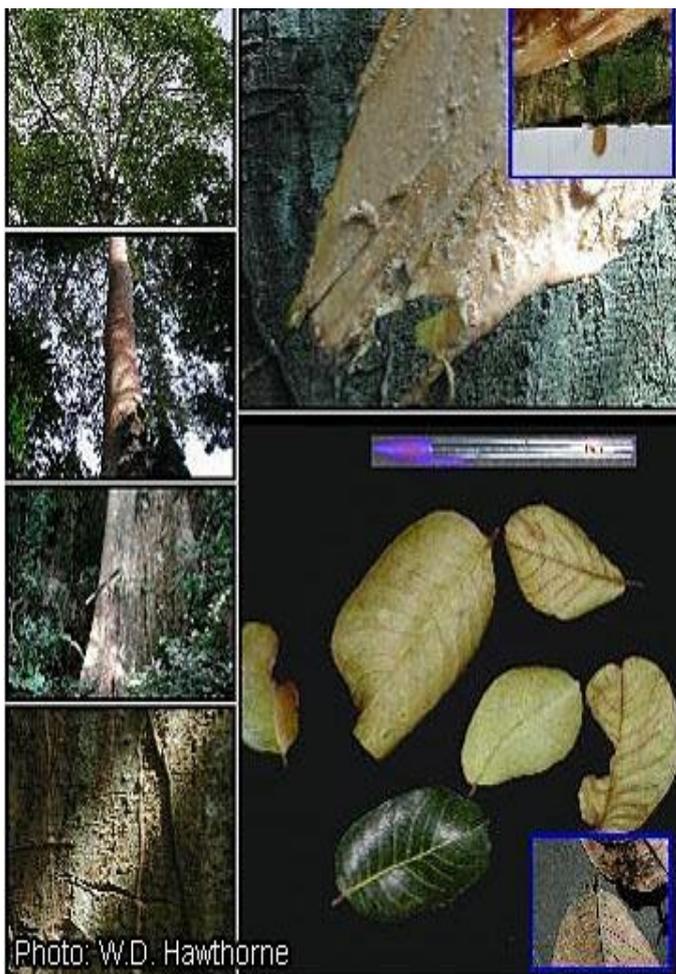


Photo: W.D. Hawthorne

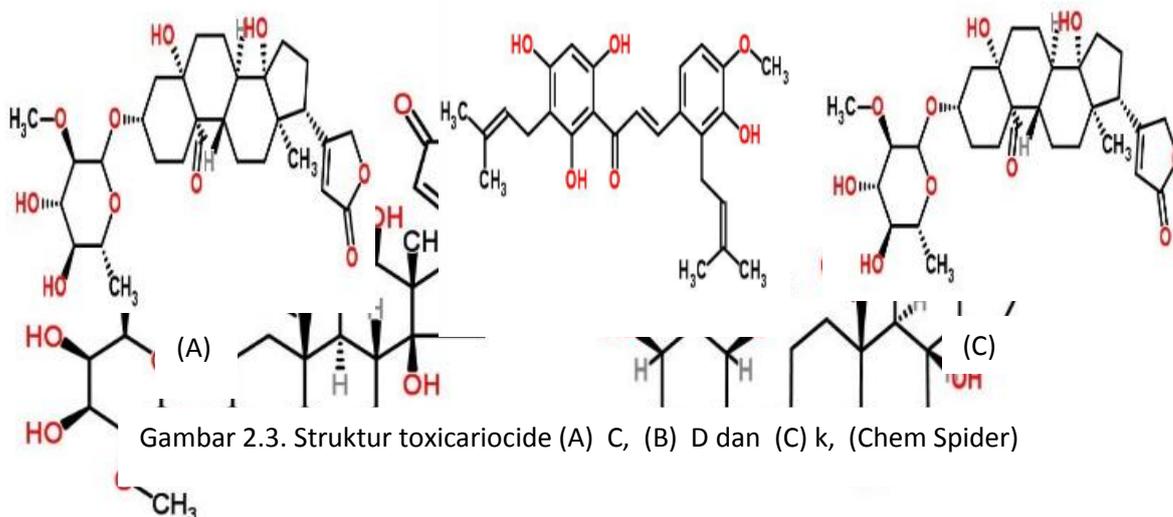
Gambar 2.1. Pohon *Antiaris toxicaria* yang dijumpai di Agroekosistem hutan (diperbarui) (Nordal, 1963 ; Dai et. al., 2009b.)

Sebaran tanaman ini umumnya tumbuh baik di daerah tropis dan subtropis. Famili Spesies ini umumnya mengeluarkan lateks (getah) bewarna putih susu dan daun simetris Carter et al., (1997)., bunga jantan dan betina kurang berkelopak. Buah pada tanaman spesies ini sebagian besar berpolong (Dai et. al., 2009b.). *A. toxicaria* ditemukan di hutan kering dan basah serta di padang rumput berhutan (preiri). Hutan sekunder merupakan habitat yang umum dapat ditemui tanaman ini karena kemampuan tumbuh yang sangat tinggi dalam persaingan dengan tanaman di lingkungannya. *A. toxicaria* juga ditemukan di wilayah 1800 m dari permukaan laut (dpl) (Nordal, 1963). Pohon dapat mencapai besar hingga 45 meter, Diameter sampai 25 -180 cm (Gambar 1). Permukaan kulit halus, putih keabuan sampai hijau keabu-abuan, dengan banyak lentisel. Bagian dalam kulit lembut dan berserat, memancarkan lateks krim gelap sampai coklat kotor. Daun adalah alternatif, sebagian besar 'distichous sederhana', Bunga berkelamin/berumah dua. Buah membentuk biji ellipsoida sampai bulat telur dengan bewarna oranye berdaging merah, panjang 1 - 2 cm (Fujimoto, et al., 1992). Kulit yang bergetah/lateks digunakan obat tradisional adalah di pulau Kalimantan suku dayak memanfaatkan sebagai racun panah dan racun sumpit. Hasil lateks dari pohon/tanaman *A. toxicaria* yang disadap dapat diperoleh 1 - 2 liter per hari tergantung ukuran pohonnya. Di Afrika lateks dimanfaatkan untuk pengobatan luka dan penyakit kulit seperti eksim dan kusta. Suku yang lain di Afrika memanfaatkan getah latek dan bahan lain sebagai bahan racun. Biji, daun dan kulit kayu digunakan sebagai obat penurun panas dan biji dimanfaatkan sebagai antidysentery (Fujimoto et. al., 1983). Kulit digunakan juga sebagai obat penenang saat melahirkan, dan untuk mengobati hepatitis, Pewarnaan hiasan dan kain-kain tradisional. Bagian jaringan kulit kayu digunakan untuk membuat pakaian kasar dan kertas. Daun dan akar digunakan untuk mengobati penyakit jiwa. Daun juga digunakan sebagai pakan ternak. Kayu yang dihasilkan tanaman ini merupakan kayu golongan C, baik untuk perkakas

rumah dan peruntukan bangunan. *A. toxicaria* kadang-kadang ditanam sebagai tanaman peneduh dipinggir jalan karena memiliki daun yang lebat (Nordal, 1963). Fitokimia dan struktur kimia dilaporkan getah *A. toxicaria* terdapat Antiarisin/toxicarioside A dan B, dan tujuh belas senyawa lain Gan et. al., (2008) ; Que et al. (2009), isolasi ekstrak EtOAc dari batang *A. toxicaria* (Dai et. al., 2009a. ; Gan et. al., 2009), selanjutnya Shi et. al. (2010) ; Jiang et. al. (2009) ekstrak etanol kulit batang sangat ampuh pengobatan penyakit jantung karena efek kardiotonik pada pengujian in vitro hewan uji *marmot atrium*. Pada etnis dayak pemanfaatan getah *A. toxicaria* tidak beranjak sebatas bahan racun sumpit semakin toksik jika dicampur dengan bahan racun lain (insektisida racun syaraf, racun kelabang dan hewan-hewan beracun lainnya) dan dapat disimpan bertahun-tahun (Pengamatan pribadi, 1998-2014). Memahami karakteristik bioaktivitas getah *A. toxicaria* dengan mengisolasi bahan aktifnya dimanfaatkan sebagai pestisida nabati adalah langkah awal.

Peran pestisida nabati juga sangat besar di dalam pengembangan pertanian organik, karena di dalam pertanian organik penggunaan pestisida kimia sintetis dilarang/dibatasi, dan sebagai alternatifnya adalah pestisida nabati. Insan pertanian diharapkan terus menggali dan mengembangkan pestisida nabati, sehingga pada suatu saat nanti petani, bahkan Indonesia mampu bersuasembada pestisida (Pesticide Self Sufficiency), sehingga tidak tergantung lagi kepada Negara-negara besar yang memproduksi pestisida kimia sintetis, bahkan akan mampu mensuplai pestisida nabati ke Negara lain yang memerlukan.

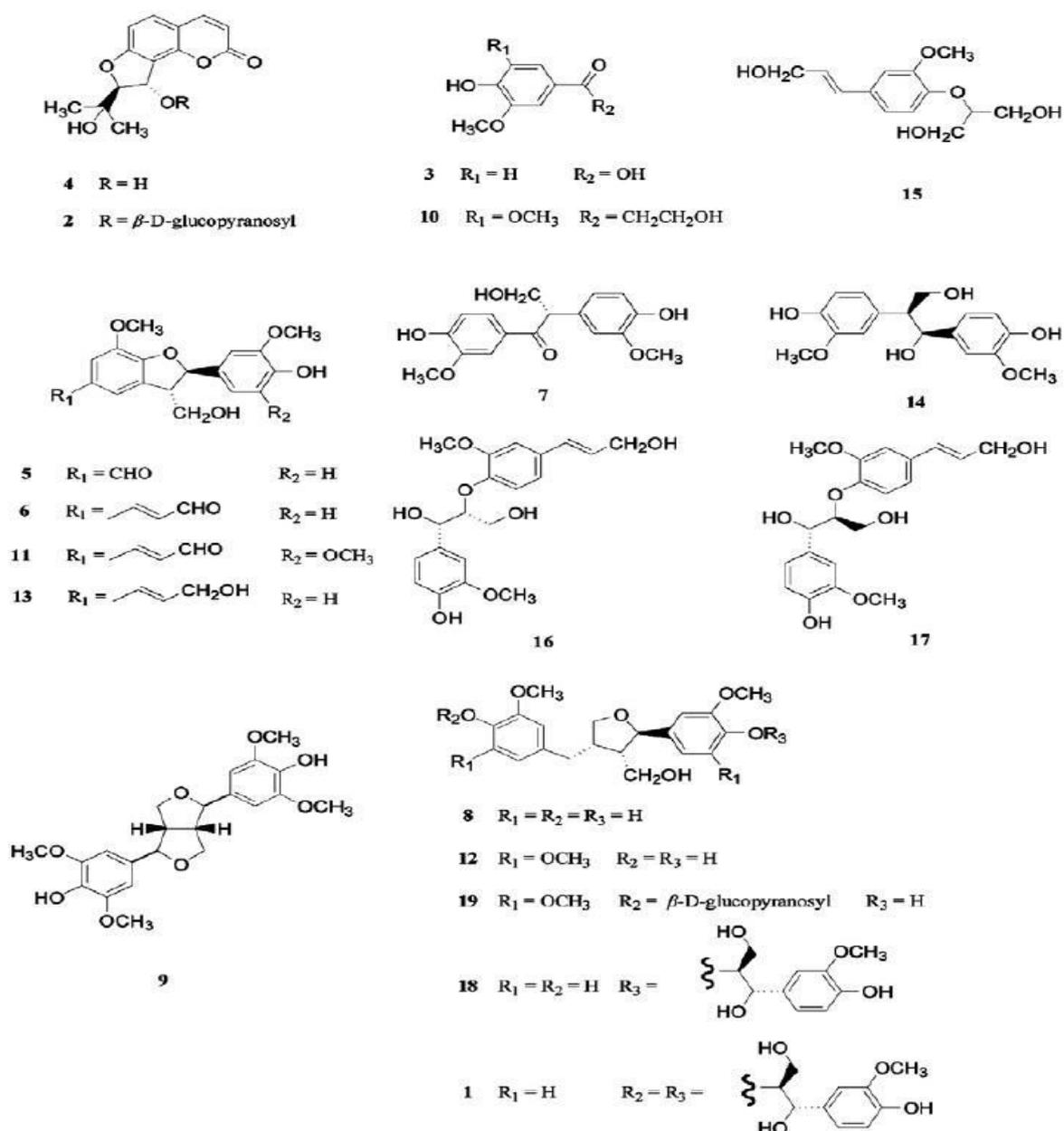
2.2. Bahan aktif *A. toxicaria*. Fitokimia dan kimia struktur Jiang (2009) melaporkan bahwa dalam batang, kulit batang, daun dan getah tanaman *A. toxicaria* terkandung



Gambar 2.2 Struktur toxicariocide A, B (Chem Spider)

unsur Antiarisin atau toxicarioside senyawa yang sangat beracun dan lebih 20 senyawa lainnya. Senyawa antiarisin/toxicarioside tersebut tergolong sebagai senyawa cardenolides baru, bernama toxicarioside A (gambar 2.2), toxicarioside B dan C toxicarioside (gambar 2.3, dan 2.4) diisolasi oleh Carter (1997) dari lateks dari tanaman *A. toxicaria*. Selanjutnya Carter (1997) menjelaskan toxicarioside yang memiliki khasiat obat terdapat pada toxicariosid E, F dan selanjutnya, sedangkan yang beracun terdapat pada toxicariosid A, B, C, D dan k. . Penamaan selanjutnya senyawa yang terdapat pada Cardenolides bernama toxicarioside E, toxicarioside F dan toxicarioside G dan seterusnya (gambar 2.4), hasil isolasi dari lateks oleh Gan (2009). Cardenolide, bernama toxicarioside H, juga diisolasi dari batang dan cabang dan lateks *A. toxicaria* dengan ekstrak EtOAc oleh Dai (2009). Antiarones A dan B penemuan sebelumnya adalah sampel pertama derivatif diisolasi dengan Nomura (1994) dari tanaman yang sama. Temuan cardenolide baru memicu temuan-temuan lain yang diisolasi dari bahan

tanaman *A. toxicaria* dengan penamaan yang agak berbeda derivatif chalcone antiarones C, D dan E dan derivatif flavanon antiarones F, G, H dan I dari tanaman memiliki kelompok isoprenyl di Posisi disebutkan dari cincin B di kerangka. Dua turunan dihydrochalcone lainnya, antiarones J dan K, diisolasi dengan ekstrak MeOH kulit akar oleh Hano (1991). Antiarones J dan K dianggap sebagai turunan chalcone memiliki isoprenoid fungsional kelompok di C-2 posisi (gambar 2.4)



Gambar 2.4. Struktur kimia bahan yang terdapat pada getah *A. toxicaria* Gan (2009) ; Dai (2009)

Essensial oil *A.toxicaria*

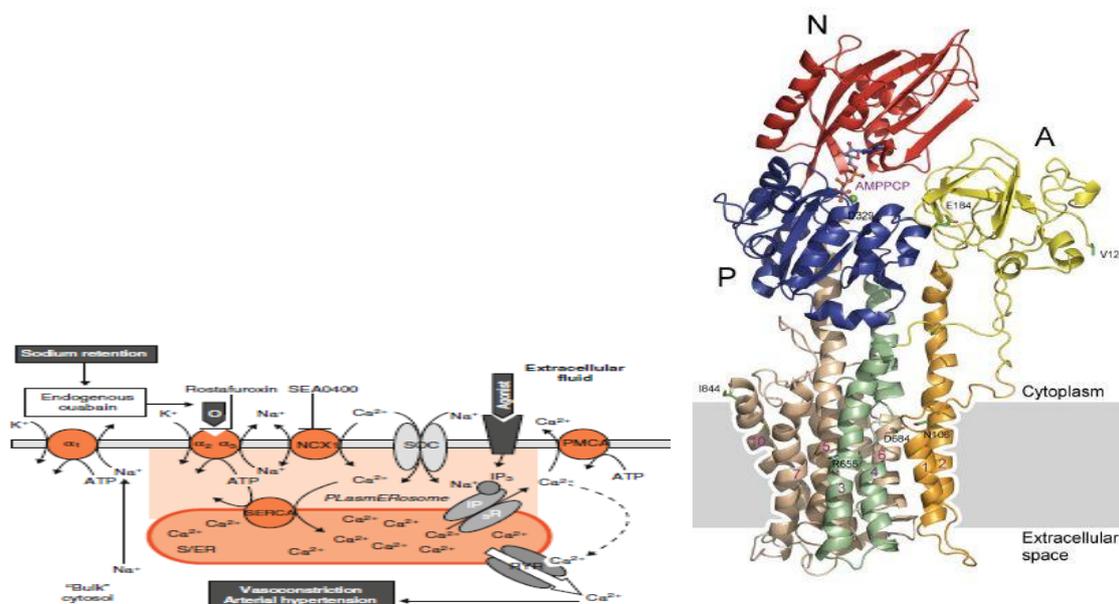
Hasil analisis bahan getah yang bersal dari kulit *A.toxicaria* Gan (2009) mengandung beberapa senyawa terpenoid essential oils Kamper (20.7%), 5-(1methylethylidene)-1,3-cyclopentadiene (16.8%), isomenthol (12.6%) and 1,3,5-

trimethylbenzene (12.6%). eucalyptol (19.3%), 4-methyl-1-(1-methylethyl)-R-3-cyclohexen-1-ol (17.4%), n-hexadecanoic acid (14.2%) and p-menth-1-en-8-ol (8.5%). methylhexadecanoate (41.3%), 10-methyleicosane (30.4%) and methyl-13-octadecenoate (17.3%).

“Mode of Action” toxicarioside

Pergerakan dan aktivitas bahan toxicarioside bekerja pada plasma sel dan pengaturan ion Na^+/K^+ -ATPase dan enzim ATP, Na^+/K^+ -ATPase (natrium-kalium adenosin trifosfatase, juga dikenal sebagai Na^+/K^+ pompa atau Sodium pump (Agrawal et al, 2011). Cardenolide glycolisa bahan aktifnya diantaranya toxicarioside jika terdapat pada membran sel akan bekerja mengganggu keseimbangan Na^+/K^+ pada membran sel. Toxicarioside kelompok bahan aktif “Metabolic inhibitors” (pengganggu metabolisme) pada jasad (serangga atau mamalia) atau sebagai “racun Axonic” (Ware, 1998) ; (Agrawal et al, 2011).

Berbeda dengan senyawa tanaman beracun lainnya, cardenolides bertindak



Gambar 2.5. Mekanis Cardenolide dalam membran (pdb diolah)

dengan cara yang sangat spesifik, karena cardenolide memiliki inhibitor spesifik dari enzim yang ditemui di hewan $\text{Na}^+ / \text{K}^+ \text{ATPase}$, pompa kation yang aktif mengangkut Na^+ keluar dari sel dan K^+ ke dalam membran. Na^+ dan K^+ gradien dilakukan oleh $\text{Na}^+ / \text{K}^+ \text{ATPase}$ diketahui dalam proses fisiologis penting seperti pemeliharaan membran dan sekunder transpor aktif (Jorgensen et al., 2003). Situs pengikatan spesifik untuk cardenolides terletak di-subunit enzim. Cardenolides mengikat dari sisi terluar sel (ekstraseluler) dari sisi cincin laktone bagian dalam ke trans-membran domain bagian gula yang menghadap keluar sel dibagian tengah (Ogawa et al, 2009;.. Yatime et al, 2011). Pengikatan cardenolide dengan $\text{Na}^+ / \text{K}^+ \text{ATPase}$ bergantung pada ikatan hidrogen antara asam amino dari protein dan kelompok hidroksil cardenolide (De Pont et al., 2009). Ikatan van der Waals dan Interaksi elektrostatik juga memainkan peran dalam pengikatan yang dilakukan oleh cardenolides. Peran Ca^{2+} sebagai komponen regulasi, (pada gambar 2.7) peningkatan Ca^{2+} di vesikel penghambatan oleh cardenolide dengan bahan aktif ouabain sebagai model $\text{Na}^+ / \text{K}^+ \text{ATPase}$. Pada kondisi istirahat/normal (resting potential) konsentrasi ion K^+ di bagian dalam membran lebih tinggi daripada bagian luar dan konsentrasi ion Na^+ di bagian dalam lebih rendah dibandingkan konsentrasi ion Na^+ bagian luar membran sel. Bila gelombang rangsang datang yang dipicu oleh senyawa toxicarioside pada membran, maka terjadi depolarisasi masuknya ion Na^+ ke dalam membran dan keluarnya ion K^+ ke bagian luar membran. Dalam waktu singkat, membran menjadi bocor terhadap ion K^+ sehingga potential di dalam menjadi lebih tinggi daripada di luar membran, mendesak Na^+ keluar membran sehingga keadaan menjadi normal kembali. Sistem demikian disebut "sodium pump" (selalu memompa Na^+ keluar membran syaraf untuk mempertahankan potensial Na^+ internal rendah). Bila pulsa mencapai synapse, bagian akhir axon, akan melepaskan letupan kecil atau "cloud of chemical". Ini

merupakan substansi transmitter yang menyeberangkan pulsa melalui celah synaptic dan menggerakkan lagi "action potential"

yang lain, jika synapse berada diantara neuron atau menyediakan respon bila synapse berada diantara neuron dan beberapa effector seperti otot atau kelenjar. Jika substansi transmitter dalam jumlah cukup, reseptor tetap bekerja ini yang menyebabkan gejala kakalutan dan jika substansi transmitter tetap tersedia berlanjut pada gejala kekejangan, kelumpuhan dan kematian.

Mortalitas yang terjadi pada vertebrata disebabkan kemampuan toxicarioside dalam mengganggu aliran Na^+ (sodium) dalam sel saraf dan neurotransmitter (transmitter kimia) pada sinaps (Winslow, 2002). toxicarioside dalam saraf akan memperpanjang aliran ion Na^+ masuk kedalam membran dengan cara memperlambat atau menghalangi penutupan channel. Apabila toxicarioside memperlambat penutupan channel maka saraf dalam keadaan depolarisasi cukup lama, sehingga ion Na^+ akan banyak masuk ke dalam membran. Hal ini akan menimbulkan gejala kejang dan gemetar. Toxicarioside juga mampu menghalangi penutupan channel, keadaan ini akan menyebabkan membran kelebihan ion Na^+ yang akhirnya saraf menjadi tidak aktif. Ketidak-aktifan saraf ini dikarenakan saraf terlalu positif dan sulit untuk repolarisasi (kembali ke keadaan semula). Gejala yang akan ditimbulkan adalah kelumpuhan (Winslow, 2002). Keberadaan pada sinaps akan mengganggu transmitter kimia (neurotransmitter) yakni asetilkolin (ACh) (Rea, 1996 dalam Winslow, 2002). Toxicarioside akan meningkatkan ACh dan menghambat enzim memecah dalam ACh. Asetilkolin memberikan sifat permeabilitas pada membran postsinaptik dihidrolisis oleh enzim asetilkolinesterase yang terdapat dalam jumlah besar pada sinaps (Winatasasmita dan Soesilowaty, 1985). Dengan adanya toxicarioside, enzim tidak dapat memecah transmitter kimia ACh sehingga ACh akan terus meningkat akibatnya menyebabkan perpindahan ion Na sehingga terjadi depolarisasi. ACh akan

terus meningkat membran akan kelebihan ion positif. Pada keadaan tersebut, vertebrata akan mengalami paralisis dan akhirnya kematian (Winslow, 2002).

2.3. Potensi Metabolit Sekunder sebagai bahan Rodentisida Nabati

Pestisida nabati adalah pestisida yang bahan dasarnya berasal dari tumbuhan (Botanical Pesticide), merupakan kearifan lokal masyarakat Indonesia, karena sudah memanfaatkannya untuk mengendalikan organisme pengganggu tanaman sejak lama. Indonesia merupakan Negara yang memiliki kekayaan keanekaragaman hayati (Mega Biodiversity) kedua terbesar di dunia setelah Brazil, memiliki ribuan tanaman dari lebih 50 famili tanaman beracun bersifat pestisidal Hamid dan Nuryani (1992)., yang dapat digunakan sebagai bahan dasar untuk pembuatan pestisida nabati.

Tabel 2.1. Senyawa aktif tanaman target sistem dan mekanisme kerja dalam tubuh Rodent (Ware, 1983 ; Alireza, 2011 ; Saharayaj, 2012 ; Singh, 2012).

Tanaman	Bagian tanaman	Senyawa aktif	Metabolit sekunder	Cara kerja
<i>Dature metel</i>	Seluruh bagian biji	Atropine, hyaocyamine	Alkaloid	Sistem syaraf
<i>Gloriosa superba</i>	Tuber	Colchine	Alkaloid	Sistem syaraf
<i>Nicotiana tobacum</i>	daun	nicotin		
<i>Pagianta dichotoma</i>	biji	? narkotik, datura-like		
<i>Paganum harmala</i>	biji	Harmaline		
<i>Strychnos nux vornica</i>	biji	Strychnine		
<i>Alocasia macrorrhiza</i>	Seluruh bagian biji		Kristal calsium oxalat, toksik thd protein	Sistem syaraf
<i>Anthurium sp</i>	buah			
<i>Dieffenbachia sp</i>	buah			
<i>Scindapsus aureaus</i>	buah			
<i>Zantedeschia aethiopica</i>	tuber			
<i>Carbera manghas</i>	buah	Cerberine, Odollum, thevetin	Cardiac glycosida	Sistem syaraf
<i>Thevetia peruviana</i>		Thevetin A, thevetin B		
<i>Adenia palmata</i>		Cyanogenic glycoside, taxalbumin	Cyanogenic glycosida	

<i>Manihot utilissima</i>		Linamarin, enzym linase		
<i>Abrus precatorius</i>	biji	abrin	taxalbumin	
<i>Jatropha curcas</i>	Seluruh bagian	curcin		
<i>Jathropha multifida</i>		jathropin		
<i>Ricinus communis</i>	Seluruh bag. tanaman	ricin		Sistem syaraf dan jera umpan
<i>Eucalyptus robusta</i>	biji	eugenol	Essensial oil	Repellent
<i>Myristica fragrans</i>		miristin		Penghambat kehamilan
<i>Armanita phalloides</i>		Phaloidin, phalloin, phallolysisn, α , β , Σ - Aminitin		Racun syaraf

Rodentisida nabati termasuk pestisida organik atau pestisida nabati, yaitu merupakan bahan aktif tunggal atau majemuk yang berasal dari tumbuhan yang biasa digunakan untuk mengendalikan organisme pengganggu tumbuhan. Penggunaan rodentisida nabati dapat mengurangi pencemaran lingkungan, selain itu harga relatif lebih murah dibandingkan dengan rodentisida sintetik. Rodentisida nabati dapat dibuat (Singh, 2012) secara sederhana berupa larutan hasil perasan, rendaman, ekstrak, dan rebusan bagian tumbuhan. Keunggulan rodentisida nabati yaitu murah dan mudah dalam proses pembuatan, aman terhadap lingkungan, serta sulit menimbulkan resistensi pada tikus. Selain itu terdapat pula kelemahannya yaitu daya kerja relatif lambat, kurang praktis, serta tidak tahan disimpan (Singleton et al, 2004).

Kelompok tumbuhan rodentisida nabati adalah kelompok tumbuhan yang menghasilkan pestisida pengendali hewan rodentia. Tumbuhan-tumbuhan ini terbagi menjadi dua jenis yaitu sebagai penekan kelahiran (efek aborsi atau kontrasepsi) dan penekan populasi (efek mortalitas). Tumbuhan yang termasuk kelompok penekan kelahiran umumnya mengandung steroid (hormone) dan alkaloid (repellent), sedangkan yang tergolong penekan populasi biasanya mengandung alkil-steroid (Singleton et al, 2004). Tanaman beracun yang dianggap sukses sebagai rodentisida adalah *Strychnos*

nux vomica yang menghasilkan strychnine, hasil isolasi strychnine, tiruannya (sintetik) dan turunannya dimanfaatkan sebagai bahan racun vertebrata hama dan anjing gila.

Gadung (*Dioscorea hispida*) Denust, Umbi gadung ini memiliki kandungan 0.2 - 0.7% diosgenin dan 0.044% dioscorine. Racun ini dapat menyebabkan kelumpuhan sistem saraf pusat. Rodentisida dari umbi tanaman merambat ini menjadi salah satu bahan yang dapat digunakan sebagai racun tikus yang berbahan alamiah yang bersifat mudah terurai di alam sehingga tidak akan mengakibatkan pencemaran terhadap lingkungan sekitar.

Mahoni (*Swietenia mahagoni* Jacq.) merupakan tanaman yang termasuk dalam Famili Meliaceae. Tanaman mahoni yang akan digunakan sebagai tanaman obat, maka tidak boleh diberi pupuk kimia (anorganik) maupun pestisida. Kandungan kimia mahoni ada dua macam, masing-masing saponin dan flavonoida. Saponin banyak dijumpai dalam biji-biji seperti pada kedelai dan kecipir. Dalam jumlah besar, saponin dapat memberi pengaruh negatif terhadap ternak tidak terkecuali tikus.

Jarak (*Ricinus communis*) merupakan tanaman anggota Famili Euphorbiaceae yang mempunyai sinonim *R. inermis*, *R. speciosus*, *R. viridis*, dan *Croton spinosa*. Biji jarak memiliki kandungan ricin, suatu protein yang bersifat toksin terhadap manusia, hewan, dan insekta. Semua bagian dari tanaman ini mengandung ricin, namun konsentrasi tertinggi biosida tersebut terdapat pada bijinya. Mekanisme zat aktif ini menghalangi proses penyusunan protein esensial tubuh yang dapat menyebabkan keabnormalan fungsi organ, seperti gagal ginjal. Racun lain yang terkandung dalam biji jarak adalah RCA (*Ricinus Comunic Agglutinin*) yang menyebabkan penggumpalan darah dan sebagai akibatnya hemolisis yang mengakibatkan pecahnya sel-sel darah tetapi umpan yang dicampur dengan RCA, tikus enggan memakannya atau dikenal bahan rodentisida nabati jera umpan.

Bintaro (*Cerbera odollam* Gaertn.) merupakan tanaman yang termasuk dalam Famili Apocynaceae. Walaupun berbentuk indah namun buah bintaro tidak dapat dikonsumsi karena mengandung zat yang bersifat racun terhadap manusia. Dinamakan Cerbera karena bijinya dan semua bagian pohonnya mengandung racun yang disebut "cerberin" yaitu racun yang dapat menghambat saluran ion kalsium di dalam otot jantung manusia, sehingga mengganggu detak jantung dan dapat menyebabkan kematian. Bahkan asap dari pembakaran kayunya dapat menyebabkan keracunan (Wibowo 2009).

Kromatografi cair dan kromatografi gas - tandem spektrometri massa (LC dan GC-MS/MS)

Kromatografi cair-spektrometri massa (LC-MS, atau alternatif HPLC-MS) adalah teknik kimia analitik yang menggabungkan kemampuan pemisahan fisik kromatografi cair (atau HPLC) dengan kemampuan analisis massa spektrometri massa (MS). LC-MS adalah teknik yang memiliki sensitivitas yang sangat tinggi, sehingga bermanfaat dalam banyak aplikasi. Penerapannya berorientasi pemisahan, deteksi umum dan identifikasi potensi kimia dari massa tertentu dalam keberadaan bahan kimia lain (misalnya, dalam campuran kompleks), misalnya, produk alami dari ekstrak alami-produk, dan zat murni dari campuran kimia yang terdistribusi pada fase diam dan fase gerak, terpisahnya senyawa campuran maka senyawa murni akan diidentifikasi berat molekulnya. Teknik analisis kombinasi metode pemisahan akan mencakup senyawa-senyawa jenis dan berat molekul tinggi (Ardrey, 2003).

Proses yang terjadi dalam alat kromatografi cair tandem spektrometri cair terdiri: sampel yang dipisahkan melalui kolom kromatografi cair, untuk chamber ionisasi melalui kapiler, dilakukan ionisasi teknik dengan teknik ionisasi elektropray (ESI) diteruskan ke qudrupole 1 untuk dilakukan analisis atau sleksi ion prekursor berdasarkan nilai m/z ,

selanjutnya dilakukan fragmentasi di dalam collision cell dan hasil fragmentasinya dianalisis atau diseleksi oleh quadropole 2 dan diteruskan ke detektor.

Kromatografi adalah metode pemisahan (dalam fase cair atau gas) yang akan dipisahkan dan didistribusikan antara dua fase : fase diam yang merupakan lapisan stasioner dengan luas permukaan yang luas dan fase gerak yang mengalir sepanjang stasioner. Kromatografi melakukan pemisahan menggunakan kolom dengan ukuran partikel tertentu, menggunakan fase gerak sesuai kepolaran dari senyawa yang akan dipisahkan.

Kromatografi gas-spektrometri massa (GC-MS) adalah analisis metode yang menggabungkan fitur dari kromatografi gas dan spektrometri massa untuk mengidentifikasi zat yang berbeda dalam sampel uji. Tujuan utama dari analisis instrumen adalah untuk mengukur jumlah zat. Hal ini dilakukan dengan membandingkan konsentrasi relatif antara massa atom dalam spektrum yang dihasilkan. Dua jenis analisis yang mungkin, komparatif dan asli. analisis komparatif dasarnya membandingkan spektrum diberikan kepada perpustakaan spektrum untuk melihat apakah karakteristik hadir untuk beberapa sampel di perpustakaan.

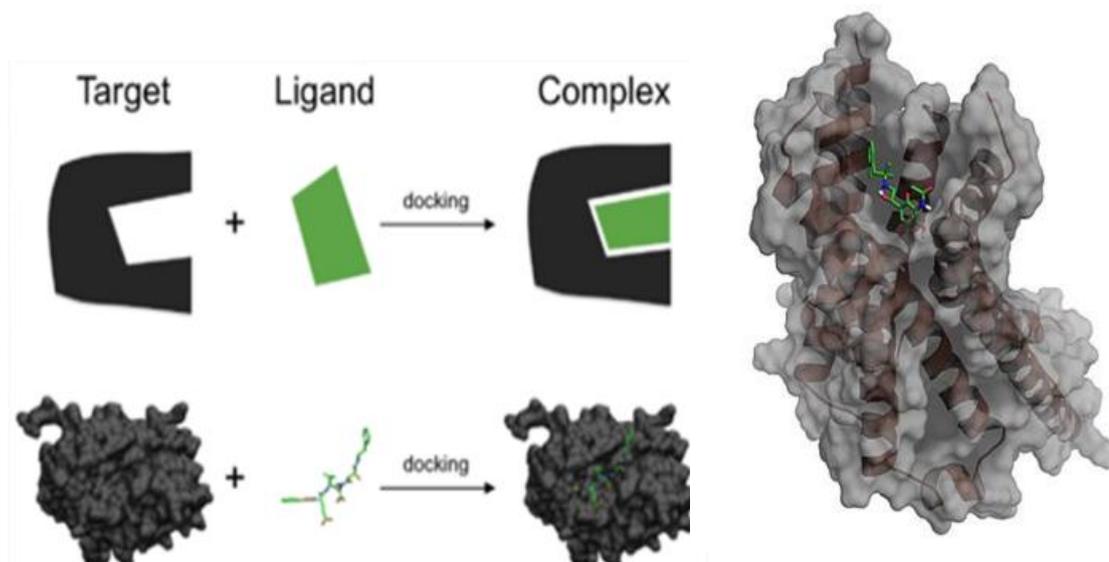
Spektrometri massa suatu teknik untuk merubah ion fase gas dari atom atau molekul dalam sampel, pemisahan berdasarkan rasio massa terhadap muatan m/z dan diukur kelimpahannya (abundance). Spektrometri massa dapat memberikan informasi tentang struktur dari senyawa dan dapat juga digunakan sebagai dasar pengukuran kualitatif hingga konsentrasi part per billion. Spektrometri massa telah digunakan untuk analisis kuantitatif berbagai campuran dari gas, cairan dan padatan serta telah digunakan untuk identifikasi dan kuantifikasi molekul organik dan biologi (De Hoffman dan Stroobant, 2008).

Spektrometri massa adalah instrument yang memisahkan atom, molekul terionisasi dalam fase gas berdasarkan perbedaan nilai m/z . *Mass Analyzer* adalah komponen instrument yang digunakan untuk pemisahan ion hasil ionisasi berdasarkan perbedaan m/z masing-masing molekul. Beberapa contoh jenis analyzer quadropole, triple quadropole, ion trap, Hybride, QTOF dan lain-lain (Ardrey, 2003).

Docking molekuler (Pemodelan interaksi senyawa aktif).

Identifikasi dan pemanfaatan bahan aktif alam saat sekarang dapat lebih disederhanakan untuk mengurangi beban kerja di laboratorium yang berat, memerlukan keahlian, melelahkan dan perlu ketelatenan dan ketelitian tinggi. Docking merupakan salah satu metode yang dapat memprediksi interaksi antar molekul, dapat berupa protein termasuk enzim, DNA, karbohidrat, lemak terhadap substrat, tetapi lebih banyak yang mengeksplorasi terhadap enzim. Hasil yang diharapkan adalah dapat memprediksi interaksi yang stabil dan bersifat spontan, dapat dilihat melalui derajat energi bebas yang semakin negatif. Saat ini docking sudah digunakan dalam mendesain obat-obatan maupun antiviral, dan digunakan sebagai tahap seleksi awal dari banyak substrat sehingga pada saat percobaan pada laboratorium akan semakin mudah karena jumlah sampel uji semakin sedikit.

Docking dapat diumpamakan sebagai proses gembok dan kunci pada interaksi enzim dan substrat. Kunci akan masuk pada lubang di gembok, dan mengubah konformasi (bentuk) gembok (terbuka atau tertutup). Pengertian gembok merupakan enzim dan kunci merupakan substrat. molekuler sebagai masalah "kunci-dan-kunci",



Gambar 2.6. A. Skema ilustrasi dari docking ligan molekul kecil (hijau) untuk target protein (hitam) memproduksi sebuah kompleks yang stabil.

B. Docking dari molekul kecil (hijau) ke dalam struktur kristal (PDB: 3SN6) dari beta-2 adrenergik G-protein coupled receptor

di mana seseorang ingin menemukan orientasi relatif benar dari "kunci" yang akan membuka "kunci" (di mana pada permukaan kunci adalah lubang kunci, arah mana yang harus memutar kunci setelah itu dimasukkan, dll). Di sini, protein dapat dianggap sebagai "kunci" dan ligan dapat dianggap sebagai "kunci". docking molekuler dapat didefinisikan sebagai masalah optimasi, yang akan menggambarkan "best-fit" orientasi ligan yang mengikat protein tertentu yang mengikat. Kedua ligan dan protein yang fleksibel, "tangan-dalam-sarung tangan" analogi lebih tepat daripada "kunci-dan-kunci". Selama proses docking, ligan dan protein menyesuaikan konformasi mereka untuk mencapai keseluruhan "best-fit" dan jenis penyesuaian konformasi mengakibatkan pengikatan keseluruhan disebut sebagai "diinduksi-fit". Docking juga digunakan untuk proses optimasi yang mendeskripsikan kecocokan terbaik, sehingga definisi yang lebih cocok

bukan teori gembok dan kunci tetapi sarung tangan yang dapat dipakai di tangan kiri maupun kanan.

Docking adalah metode yang memprediksi orientasi disuatu satu molekul ke kedua ketika terikat satu sama lain untuk membentuk stabil-kompleks. Kepustakaan yang telah menyimpan pengetahuan orientasi pengikatan dapat digunakan untuk memprediksi kekuatan dari asosiasi atau afinitas mengikat antara dua molekul. docking molekuler memfokuskan pada komputasi simulasi penegasan proses molekul. Hal ini bertujuan untuk mencapai konformasi mengoptimalkan kedua protein dan ligan dan orientasi relatif antara protein dan ligan sehingga energi bebas dari sistem secara keseluruhan diminimalkan sehingga mengurangi waktu kerja di laboratorium.

2.4. Biodiversitas Tikus di lahan Persawahan dan lahan tanaman sawit

Tikus (*Rattus argentiventer* (Rob. & Kloss)) merusak tanaman padi pada semua tingkat pertumbuhan, dari semai hingga panen, bahkan di gudang penyimpanan. Kerusakan parah terjadi jika tikus menyerang padi pada fase generatif, karena tanaman sudah tidak mampu membentuk anakan baru. Tikus merusak tanaman padi mulai dari tengah petak, kemudian meluas ke arah pinggir.

Tikus menyerang padi pada malam hari. Pada siang hari, tikus bersembunyi di dalam lubang pada tanggul-tanggul irigasi, jalan sawah, pematang, dan daerah perkampungan, lahan tanaman sawit, hutan buah dekat sawah. Pada periode bera, sebagian besar tikus bermigrasi ke lokasi-lokasi tersebut dan kembali lagi ke sawah setelah pertanaman padi menjelang fase generatif.

Kehadiran tikus di daerah persawahan dapat dideteksi dengan memantau keberadaan jejak kaki (*foot print*), jalur jalan (*run way*), kotoran/faeses, lubang aktif, dan gejala serangan. Tikus berkembang biak sangat cepat dan hanya terjadi pada periode padi generatif. Satu ekor tikus betina dapat menghasilkan 80 ekor tikus baru dalam satu musim tanam.

Tikus sawah mempunyai klasifikasi sebagai berikut Kelas Mammalia, Subkelas Theria, Infra Kelas Eutheria, Ordo Rodentia, Subordo Mymorpha, Famili Muridae, dan Subfamili Murinae, Genus *Rattus*, Spesies *R. argentiventer* (CPC, 2002). Tikus sawah mempunyai ciri morfologi yaitu tekstur rambut agak kasar, bentuk hidung kerucut, bentuk badan silindris, warna badan dorsal coklat kelabu kehitaman, warna badan ventral kelabu pucat atau putih kotor, warna ekor ventral coklat gelap, bobot badan 70-300 g, panjang badan 130-210 mm, panjang ekor 110-160 mm, panjang secara keseluruhan dari kepala sampai ekor 240-370 mm, lebar daun telinga 19-22 mm, panjang telapak kaki belakang 32-39 mm, lebar sepasang gigi seri pengerat pada rahang atas 3 mm, formula puting susu 3 + 3 pasang (Singleton et al, 2004).

2.1.1. Biologi dan Ekologi

Tikus sawah bersifat omnivora serta memerlukan pakan yang banyak mengandung zat tepung (karbohidrat) seperti biji padi, kelapa, dan umbi. Jagung dan tebu pada umumnya kurang disukai oleh tikus sawah (Kalshoven 1981). Tempat persembunyian tikus antara lain tanaman, semak belukar, rumpun bambu, pematang sawah yang ditumbuhi gulma, dan kebun yang kotor (Sudarmaji 2005).

Tanaman padi merupakan pakan utama bagi tikus sawah dan semua stadia pertumbuhan dapat dirusak. Daur perkembangan hidup tikus betina dan besarnya kerusakan yang ditimbulkan oleh tikus sawah berkaitan erat dengan fase pertumbuhan dan perkembangan tanaman padi. Jumlah anakan padi yang dikerat oleh seekor tikus sawah dalam semalam tergantung musim dan fase pertumbuhan tanaman. Kerusakan tanaman padi pada waktu bunting dan bermalai adalah yang sangat berpengaruh terhadap turunnya produksi (Brooks dan Rowe, 1979).

2.2.1. Tikus Pohon (*Rattus tiomanicus*)

2.2.1.1. Biologi dan Ekologi

Tikus pohon merupakan jenis tikus yang memiliki kemampuan meloncat, mengerat, memanjat, dan berenang dengan baik (Rochman, 1992). Kemampuan tikus pohon dalam memanjat didukung oleh adanya tonjolan pada telapak kaki yang disebut dengan footpad yang relatif besar dan dengan permukaan yang kasar. Footpad ini masih ditambah oleh cakar yang berguna untuk memperkuat pegangan, serta ekor sebagai alat untuk keseimbangan pada saat memanjat (Singleton et al, 2004).

Tikus pohon mempunyai kemampuan mengerat yang tinggi sebagai aktivitas untuk mengurangi pertumbuhan gigi seri yang tumbuh terus menerus. Hal ini dapat dilihat dari adanya keratan pada kelapa, tebu, Padi, buah sawit dan benda lain yang dikeratnya.

Penyebaran dari tikus pohon dipengaruhi oleh penyebaran sumberdaya pakan di lingkungannya. Habitat setiap spesies tikus berbeda-beda, tetapi hal tersebut tidak membatasi wilayah penyebaran dari spesies tikus tersebut. Tikus pohon pada umumnya ditemukan pada berbagai tanaman perkebunan seperti kelapa, kelapa sawit, tebu, dan kakao. Pada tanaman kelapa sawit, tikus pohon membuat sarang di antara pelepah daun kelapa sawit atau celah – celah yang ada diantara pohon. Selain itu tikus pohon juga ditemukan pada lahan persawahan, areal pertanian, lapangan terbuka, dan pekarangan rumah (Singleton et al, 2004).

Tikus pohon termasuk golongan omnivora (pemakan segala) tetapi cenderung untuk memakan biji-bijian atau sereal. Kebutuhan pakan dalam bentuk kering bagi seekor tikus pohon setiap hari kurang lebih sekitar 10% dari bobot tubuhnya, sedangkan untuk pakan dalam bentuk pakan basah sekitar 15% dari bobot tubuhnya (Singleton et al, 2004). Kerugian yang Disebabkan oleh Tikus Pohon (*Rattus tiomanicus*) dan Tikus sawah (*R. argentiventer*) > 10 % dengan pengendalian dan (100%) fuso jika tanpa pengendalian. Tikus merupakan hama utama tanaman padi dapat menimbulkan kerusakan besar pada semua stadia pertumbuhan dari persemaian/bibit hingga panen,

bahkan juga di gudang penyimpanan. Kerusakan parah terjadi jika tikus menyerang pada stadia generatif, karena tanaman padi tidak mampu lagi membentuk anakan yang baru.

Asosiasi tikus dengan manusia banyak bersifat parasitisme. Tikus rumah (*R. rattus diardii*) menyebabkan banyak kerugian yaitu kerusakan pada bangunan rumah, kantor, gudang, dan pabrik. Aktivitas tikus dalam mengeratkan gigi serinya dan menggali tanah atau membuat sarang dapat menimbulkan kerusakan pada bangunan kantor, pabrik, gudang, atau rumah. Tikus rumah juga dapat menyebabkan berkurangnya simpanan bahan makanan di rumah dan gudang makanan, kontaminasi pada bahan makanan, terbawanya patogen seperti bakteri *Salmonella* sp. dan *Leptospira* sp., amoeba *Entamoeba histolytica*, *Giardia muris* dari tikus ke manusia dan hewan peliharaan (zoonosis) (Singleton et al, 2004).

Serangan tikus pohon (*R. tiomanicus*) menyebabkan kerugian yang cukup besar pada bidang pertanian di Indonesia dan di banyak Negara. Tikus pohon mampu menyerang tanaman kelapa sawit, baik yang belum maupun yang sudah menghasilkan. Pada tanaman yang baru ditanam dan belum menghasilkan, tikus mengerat serta memakan bagian pangkal pelepah daun, sehingga mengakibatkan pertumbuhan tanaman terhambat atau bahkan tanaman dapat mati jika keratan tikus termakan titik tumbuhnya. Pada tanaman kelapa sawit yang sudah menghasilkan, tikus pohon dapat memakan buahnya. Bila pakan yang ada di sekitar tikus berlimpah, maka tikus akan berkembang biak sangat cepat sehingga kerusakan yang ditimbulkan juga semakin besar. Perkembangan tikus sangat dipengaruhi oleh keadaan pakan dan lingkungan sekitar (Aplin et al 2003).

2.2.1.2. Perilaku makan dan sosial tikus

Tikus hidup secara berkelompok dan tinggal di suatu kawasan tertentu yang cukup terlindung dan cukup sumber makanan. Dalam satu kelompok tersebut ada

satu tikus jantan yang paling kuat dan dianggap paling berkuasa. Tikus jantan tersebut bersama anggota kelompoknya akan melindungi territorial kawasan serta seluruh anggota dalam kelompoknya dari kelompok lain. Luas areal territorial tersebut akan berkembang mengikuti perkembangan anggota kelompoknya dan orientasi harian yang makin luas.

Makanan tikus sangat bervariasi, diantaranya : padi, umbi-umbian, kacang-kacangan, rerumputan, serangga, ketam, siput, dan ikan kecil. Namun demikian apabila makanan yang ada disekitarnya tersedia dalam jumlah melimpah, maka tikus akan memilih makanan yang paling disukai.

2.2.1.3. Perkembangbiakan

Tikus mempunyai kemampuan berkembang-biak sangat cepat sehingga populasinya juga akan cepat meningkat. Kemampuan yang sangat cepat ini karena masa bunting dan menyusui bagi tikus betina sangat singkat. Induk betina mampu kawin lagi dalam waktu hanya 48 jam setelah melahirkan, mampu menyusui dan hamil pada waktu yang sama. Disamping itu tikus beranak banyak dan cepat dewasa.

Namun demikian masa bunting tikus betina paling banyak hanya dalam periode tertentu. Periode ini selalu bersamaan dengan masa bunting dan matang susu dari pertumbuhan tanaman padi. Oleh karena itu apabila waktu tanam padi dapat dilakukan secara serempak dalam areal yang luas, maka peramalan dan pengendalian hama tikus lebih mudah dilakukan. Sebaliknya apabila pola tanam padi tidak teratur, maka pola perkembangan tikus juga menjadi tidak teratur.

Jumlah keturunan per induk tikus sawah rata-rata sebesar 10 sampai 14 ekor cindil. Pada saat periode puncak perkembang-biakannya, 92 % tikus bunting dijumpai sedang menyusui anaknya. Oleh karena itu dalam satu sarang sering dijumpai induk tikus hidup bersama dengan 2 – 3 generasi anak-anaknya. Umur anak

tikus tersebut diperkirakan saling berbeda 1 bulan. Hal ini didasarkan pada masa bunting tikus sawah sekitar 3 minggu, dan dalam waktu kurang dari 1 minggu sekali tikus betina mengalami masa birahi. Masa menyusui bagi anak tikus baru berhenti setelah berumur 18 – 24 hari. Umur tikus bisa mencapai lebih dari satu tahun.

III. METODE PENELITIAN

3.1. Tempat Penelitian

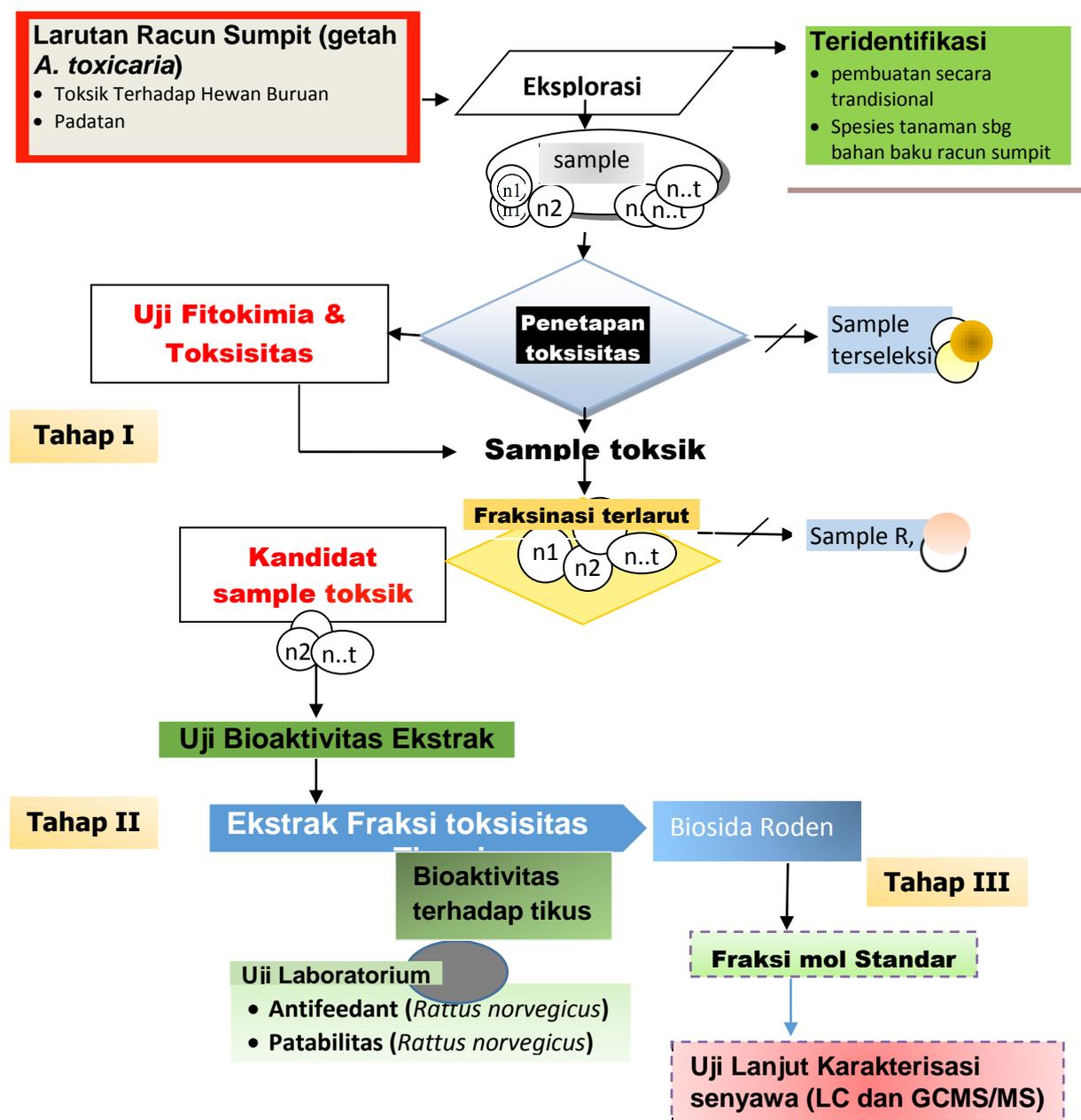
Penelitian dilaksanakan di Kabupaten Kutai Kertanegara, Kutai barat dan Kota Samarinda Provinsi Kalimantan Timur (pengambilan sampel) dan Laboratium Kimia Organik Fakultas MIPA Universitas Brawijaya Malang, Jawa Timur serta Laboratium Terpadu Fakultas Pertanian (Klimatisasi) dan Uji Bioaktiviats di Laboratorium Patologi Fakultas Kedokteran Universitas Mulawarman, Kalimantan Timur.

3.2. Metode Pengumpulan Sampel

Pemilihan lokasi penelitian dilakukan secara purposif, dengan dasar bahwa lokasi penelitian (pengambilan sampel) merupakan desa atau kecamatan yang memiliki perajin racun sumpit. Penelitian ini menggunakan metode sensus dengan asumsi, kebiasaan masyarakat tradisional kepemilikan bersama masih kental maka pengambilan sampel 1-2 sampel dalam kelompok etnis diduga kelompok etnis dari satu Desa atau Kecamatan menggunakan ramuan racun sumpit (*A. toxicaria*) yang sama. Metode sensus dipilih agar pada kegiatan eksplorasi dapat diinventarisasikan dan dikoleksi yang dimiliki oleh perajin racun sumpit di dua Kabupaten tersebut.

3.3. Bahan dan Alat Penelitian

Sedian getah racun sumpit (padat dan cair) yang dimiliki perajin hasil koleksi, Getah segar tanaman ipuh (*A. antiaris*) bahan koleksi hasil eksplorasi, n-Heksan, n-butanol, aseton. tikus putih jenis *Rattus norvegicus* strain wistar jantan dan betina dewasa usia 17



Gambar 3.1. Kerangka Operasional Penelitian

minggu dengan berat badan 200-220 gram, wadah botol bebas toxican, kontainer kemas. Seperangkat vacuum rotary Evaporator, seperangkat distilat dan LC-MS/MS dan, GC-MS/MS mikropipet, pipet gondok dan alat lab pendukung.

3.4. Tahapan eksplorasi

Eksplorasi diberbagai wilayah dengan sasaran investigasi sediaan perajin racun sumpit (padat dan cair) sasaran utamanya adalah getah segar.

3.4.1. Tahapan eksplorasi meliputi : Investigasi ke perajin koleksi bahan racun di desa Kabupaten Kutai Kertanegara dan Kutai Barat. Hasil wawancara cara pembuatan diinventarisir dan dikoleksi. Pengamatan di lapang untuk mengetahui cara pengambilan getah ipuh (*A. antiaris*) jika memungkinkan investigasi sampai keberadaan antidotnya jika terjadi kecelakaan dengan getah *A. toxicaria*. Secara ringkas kerangka operasional di tampilkan pada gambar 3.1.

3.4.2. Uji toksisitas ekstrak sampel berpotensi pestisida (Tahap I)

Secara singkat disajikan pada Gambar 4.2. Bagan alir penelitian I, II dan III.

3.4.2.1. Tujuan Penelitian Tahap I

Mengetahui dan mempelajari potensi toksisitas getah *A. toksikariocide* eks vivo serta fitokimia pelarut ekstraks getah *A. toxicaria* sebagai bahan bioaktif rodentisida.

3.4.2.2. .Penyiapan ekstrak

Ekstraksi dilakukan di laboratorium dengan rotary evaporator dengan metode Alkofahi (1989), seluruh sample setelah dibersihkan dari bahan-bahan lemak dengan n-heksan dibagi empat bagian (3 bagian dilarutkan dengan pelarut polar aprotik dan protik serta 1 bagian pelarut non polar, 1 bagian lagi didistilasi).

- a. Sampel 100 ml (getah terpilih *A. toxicaria* 70 gr, dilarutkan dengan aquades 30 ml dan 15 ml methanol 90 %) di larutkan dengan aquades dengan perbandingan 1:4 (volume masing-masing), direndam selama 3 x 24 jam.
- b. Campuran disaring menggunakan corong Buchner dilapisi kertas saring
- c. Filtrat diuapkan dengan evaporator dengan suhu 40- 50⁰ C sampai volume minimum.
- d. Hasil ekstrak dibagi 3 (tiga) bagian 1 (satu) bagian sebagai hasil ekstrak getah asli dan 3 (tiga) untuk mendapatkan ekstrak antiricide A,B, C, D dan k dan essential oil.
- e. Ekstrak antiricide A,B,C, D dan k, Filtrat hasil rotary evaporator 1 (satu) bagian dimasukkan ke corong funnel dan dilarutkan kembali dengan pelarut (n heksan-aseton dan Metanol) perbandingan 1:3:4 filtrat-filtratnya diantaranya merupakan bioaktif toxicarioside A, B, C D dan k

3.4.2.3. Uji fitokimia kualitatif

Uji laboratorium untuk mengetahui kandungan fitokimia ekstraks getah *A. toxicaria* dengan melakukan identifikasi senyawa anticariocide A, B, C D dan k serta Essensial Oil Anticariocide dan bahan-bahan ikutan lain.

3.4.2.4. Uji toksisitas

Untuk mengurangi kerja laboratorium uji toksisitas dilakukan dengan pemodelan interaksi senyawa aktif- reseptor dengan memanfaatkan keempat software :

1). Chem Spider, 2). Hit Pick, 3). PDB (Protein Data Bank) 4). Autodock dari kegiatan pemodelan ini akan diperoleh hasil penentuan tingkat toksisitas (Lethal Dosis 50/LD₅₀, LD₉₀ dan LD₉₉) sedangkan Lethal Time 50/LT₅₀ dan LT₉₉ akan didapat saat uji Bioaktivitas. Data dikoreksi terhadap mortalitas kontrol dengan formula Abbot, penghitungan analisis probit diperoleh hasil LT₅₀, LT₉₀ dan LT₉₉ (Marcon et. al., 1999).

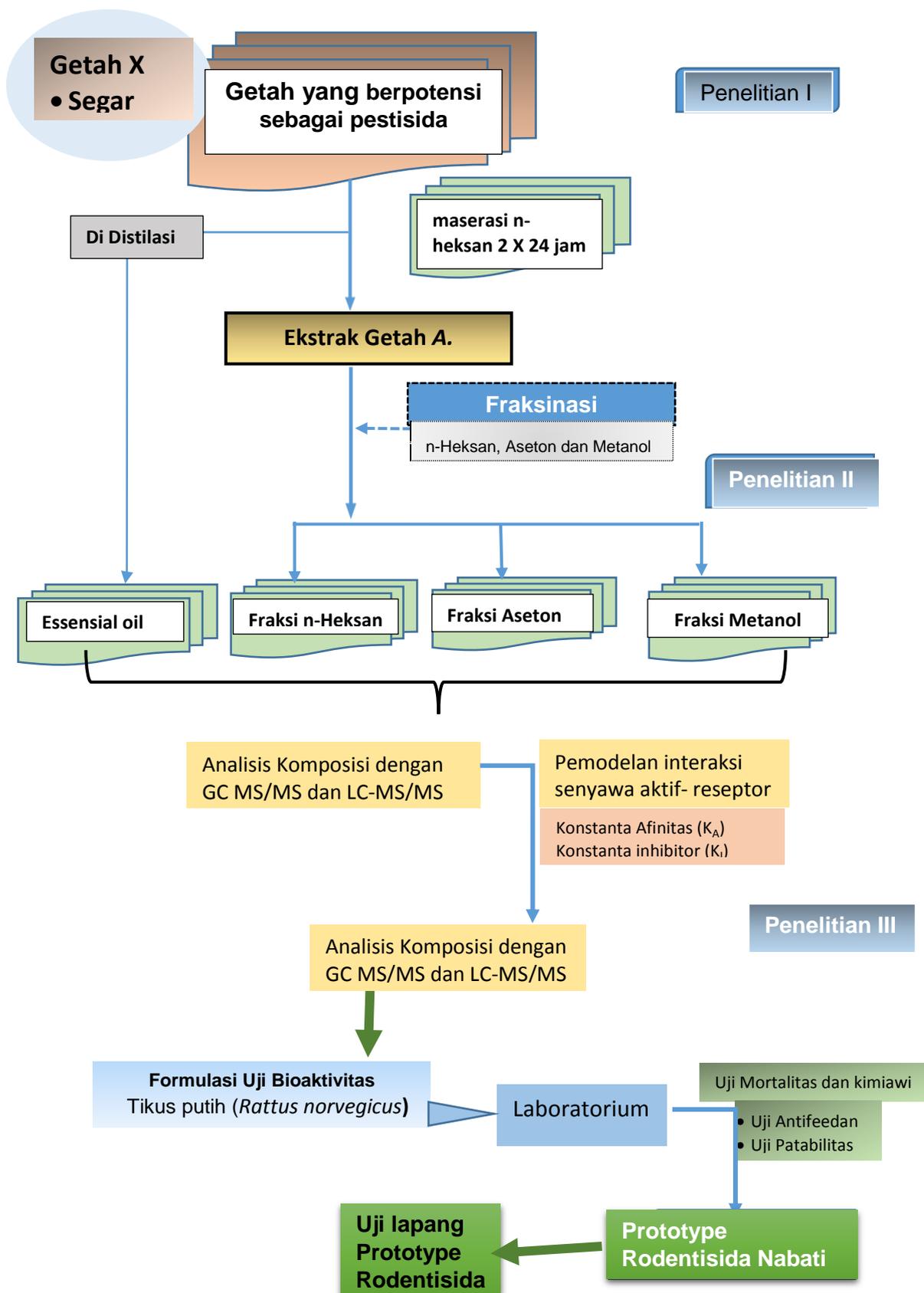
3.4.3. Uji Bioaktivitas Ekstrak Getah *A. toxicaria* (Tahap II)

Secara singkat disajikan pada Gambar 3.3. Bagan alir penelitian dibawah.

3.4.4. Uji Bioaktivitas Ekstrak

Uji pendahuluan untuk menentukan rentang konsentrasi pestisida nabati yang dapat mematikan binatang uji roden/tikus putih pada rentang 0% - 100% akan lebih baik kisaran informasi pengikatan, senyawa aktif dan protein.

kematian 5 - 95 % (Robertson, et. al. 1984), jika kisaran kematian hewan uji kurang dalam skala tersebut diulang dengan perubahan konsentrasi uji hingga diperoleh rentang % kematian 5 – 95 % dalam waktu 72 jam.



Gambar 3.2. Bagan Alir Penelitian I, II dan III

Konsentrasi yang diperoleh pada uji pendahuluan digunakan untuk menentukan konsentrasi uji dari tiap fraksi terutama yang terdapat antiriodide A, B, C, D dan k serta essential oil toxicariocide. Hasil pemodelan akan diperoleh LD₅₀ (lethal dosis 50) dan

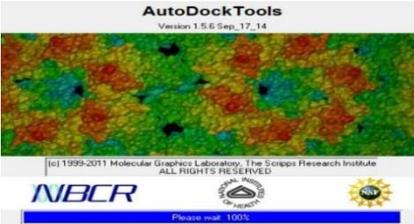
3.4.4.1. Uji Utama Bioaktivitas Ekstrak (hewan uji *Rattus norvegicus*).

a. Pemodelan Mortalitas Ekstrak

Pemodelan dengan interaksi bahan aktif dengan memanfaatkan beberapa software

:

Tabel.4,1. Software yang digunakan dalam penelusuran interaksi bahan aktif-reseptor dan prediksi hasil

No	Tujuan	Software	Prediksi Hasil
1	Penelusuran Bahan Aktif		Struktur kimia bahan aktif, Berat molekul, ikatan kimia
2	Prediksi organ Target Bahan aktif		Prediksi protein dan kemampuan bahan aktif bekerja pada organ target
3	Protein, ligan/reseptor pada organ organisme		Struktur protein, ligan/reseptor, ikatan kimia, pelarut
4	Pemodelan interaksi bahan aktif		Model pengikatan bahan aktif dengan reseptor (K_A & K_i), Lethal Dosis (LD50, LD90, LD99) sedangkan Lethal time (LT50,90 dan 99) pada uji bioaktivitas

b. Uji Antifeedant

Pengujian antifeedant (hambatan makan) dilakukan dengan pengulangan uji mortalitas dalam perlakuan dan metode residu (diet yang disukai). Pengujian metode pilihan dan

tanpa pilihan, Pada metode pilihan, 4 (empat) tumpuk makanan yang disukai masing-masing seberat 20 gr (terdiri 2 tumpuk diberikan perlakuan dan 2 tumpuk kontrol) diletakkan secara berselang seling pada 4 x 9 cm wadah pakan yang biasa digunakan untuk makan sejak aklimatisasi). Pada metode pilihan dimasukkan 4 wadah pakan dalam perlakuan. Pada kandang dimasukkan hewan uji 10-20 ekor tikus putih jenis *Rattus norvegicus* strain wistar jantan dan betina dewasa usia 10 minggu dengan berat badan 100-120 gram, Pemberian diet perlakuan dan control dilakukan selama 24 jam.

Pengamatan menghitung jumlah hewan uji yang dijumpai pada diet yang diberikan, mengamati bekas-bekas aktivitas makan. Pengujian aktivitas hambatan makan dengan metode pilihan dan bukan pilihan disusun dengan rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 3 ulangan.

c. Uji Patabilitas

Pengujian untuk mengetahui persentase aktivitas diet yang diamati tingkat penurunan persentase aktivitas bobot diet yang habis dimakan hewan uji pada periode 1-7 hari setelah aplikasi. Pengujian dengan metode residu pada pakan, pada taraf 4 konsentrasi yang ditentukan dari hasil uji pendahuluan (...?) ppm dan 2 kontrol positif 0 % dan control negatif memanfaatkan insektisida kimia b. a, (Brodifakum) konsentrasi 0,6/1000 ml.

Persentase penurunan aktivitas makan dihitung dengan rumus Penurunan Aktivitas Makan (Priyono, 1999).

3.5. Identifikasi Profil Senyawa (Tahap III).

Tahap ke-III bahan yang digunakan untuk identifikasi adalah fraksi senyawa aktif crude *A. toxicaria* dan beberapa calon prototype pakan setelah dipapar di lingkungan selama 3 minggu, Memanfaatkan 1 set alat LC-MS/MS dan GC-, MS/MS hasil yang diperoleh akan dibandingkan dengan pustaka.

3.5.1. Analisis Data.

Analisis data dilakukan sesuai dengan maksud pengujian dalam percobaan, analisis data percobaan meliputi :

3.5.2. Uji Mortalitas Ekstrak terhadap mencit (*Ratus sp*)

Data mortalitas mencit (*Ratus sp*), dikoreksi mortalitas kontrol dengan formula Abbott selanjutnya penghitungan Lethal Concentration/Time 50 (LD₅₀ dan LT) dengan analisis probit.

Formula Abbott :

$$A1 = \frac{A - B}{100 - B} \times 100$$

A1 = % kematian setelah dikoreksi

A = % kematian hewan uji

B = % kematian hewan kontrol

Uji beda nyata kepekaan populasi terhadap pestisida dibandingkan berdasarkan nilai 95% selang kepercayaan. Dua nilai LD₅₀ akan berbeda nyata apabila nilai selang kepercayaan 95% (batas atas dan batas bawah) tidak tumpang tindih (Marcon et. al., 1999), Klasifikasi toksisitas senyawa kimia pestisida dikelompokkan Ware (1983), pada table 4.2.

Tabel 4.2. Hubungan antara LC50 dan kriteria toksisitas Ware (1983).

Kategori	LC50 (mg/kg)
Super toksik	≤ 5
Sangat toksik	5 – 50
Toksik	50 – 500
Toksik sedang	500 – 5 000
Toksik ringan	5 000 – 15 000
Tidak toksik	≥ 15 000

3.5.3. Uji Mortalitas dan waktu kematian

Data persentase mortalitas setiap perlakuan hewan uji, dikoreksi mortalitas kontrol dengan formula Abbott selanjutnya penghitungan dengan membandingkan jumlah hewan uji yang mati dengan jumlah hewan uji yang diinvestasikan pada awal perlakuan. Hubungan konsentrasi aplikasi ekstrak – mortalitas hewan uji diolah dengan analisis probit program POLO PC (LeOra software,1987). Persamaan yang diperoleh dianalisis dengan kesejajaran dan keberimpitan garis, fraksi mana yang berimpit, sejajar dan berpotongan dengan garis kontrol negatif. Waktu kematian merupakan data yang penting juga pencatatan dan pengolahan data dengan memanfaatkan software ini. Waktu kematian (LT) menjadi pertimbangan dalam dosis aplikasi, besaran dosis mempengaruhi jera umpan.

3.5.4. Uji Antifeedant

Persentase hambatan makan atau antifeedant (jera umpan) dihitung berdasarkan rumus Hassanali and Bentley (1987) yaitu :

Metode pilihan : $HM (\%) = (K - PK) \times 100 \%$

Metode Tanpa pilihan : $HM (\%) = (K - P/K + P) \times 100 \%$

Analisis data hasil percobaan penghambatan makan metode pilihan menggunakan Uji t-berpasangan pada taraf 5 % dan perentase hambatan makan tanpa pilihan dianalisis dengan sidik ragam ANOVA dan dilanjutkan uji selang berganda Duncan (DMRT) taraf nyata 5 %.

Kategori kriteria antifeedant menurut Liu et al., (2007) :

$AFI < 20 \%$ tidak ada aktivitas antifeedant (-)

$50 \% > AFI \geq 20 \%$ aktivitas antifeedant lemah (+)

70 % > AFI ≥ 50 %	aktivitas antifeedant sedang	(++)
70 ≥ AFI	aktivitas antifeedant kuat	(+++)

3.5.5. Uji Patabilitas

Persentase penurunan aktivitas makan disubstitusikan dengan formula berikut :

$$P = 1 - \left(\frac{T}{C} \right) \times 100\%$$

P = persentase penurunan aktivitas makan

T = bobot makan yang dimakan dari diet

C = bobot makan yang dimakan dari kontrol (Priyono, 1988).

Data persentase penurunan aktivitas makan yang terkumpul dianalisis dengan sidik ragam dilanjutkan Uji selang berganda Duncan (DMRT) pada taraf nyata 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1. Rendemen Ekstrak

Ekstraksi yang dilakukan terhadap simplisia getah *A. toxicaria* menggunakan pelarut, Etil asetat, dipanaskan dan Methanol menghasilkan crude ekstrak (Tabel 3). Hasil ekstrak menunjukkan hasil yang berbeda terhadap perlakuan ekstrak, fraksi terlarut tertinggi terdapat pada pelarut Etil asetat 47,42 % (221 g), pelarut methanol 58,30 % dan terendah pada pelarut n-heksan 4,28 %. Kecilnya jumlah fraksi terlarut pada pelarut n-heksan menjadikan sulit dalam aplikasi karena sangat sedikit jumlah fraksi terlarutnya. Perlakuan dengan pemanasan getah *A. toxicaria* dilakukan merujuk pada cara para pemburu untuk membuat tosikkan sumpit. Mereka melakukan dengan menuang getah *A.toxicariside* ke dalam bejana yang telah dipanaskankan (dipanaskan) sambil diaduk sampai getah mengental. Hasil dari pemanasan berupa bahan yang sangat kental bila didiamkan akan mengeras. Mendapatkan tosikkan dengan cara pemanasan ini hasilnya

dapat disimpan lama dan dapat dilarutkan dengan air. Setelah perlakuan ekstrak dikering anginkan fraksi ekstrak atau fraksi terlarut yang kental (Tabel 3).

Tabel 3. Rendemen ekstrak kasar getah *A. toxicarioside* dengan pelarut n-Heksan, Etil asetat, Methanol dan dipanaskan tiap 1 liter getah

Getah Tanaman <i>A. toxicaria</i>	Aroma	Warna	Volume	Berat Padatan Fraksi terlarut
n- Heksan	Tidak Berbau	Coklat muda	46 ml (4.28 %)	6 g
Etil Asetat	Tidak Berbau	Coklat tua	434 ml (47.42 %)	221 g
Methanol	Tidak Berbau	Coklat tua	490 ml(48,30 %)	325 g
Dipanaskan	Tidak Berbau	Coklat kehitaman	426 ml (42,6 %)	326 g

Perbedaan jumlah fraksi terlarut yang dihasilkan oleh tiap pelarut karena pelarut-pelarut tersebut bersifat polar, semi polar dan non polar dan sering disebut sebagai pelarut universal (Harbone, 1996). Menurut Byer (2010), Konstata dielektrik n-heksan = 2.0, Etil Asetat = 6.0 dan Methanol = 33.0. Perbedaan konstanta dielektrik diharapkan akan membagi komponen-komponen terlarut yang berbeda. Metanol memiliki keunggulan dalam pelarutan bahan organik karena dapat menghentikan proses enzimatik dan mencegah kontaminasi dengan mikroba serta indeks polaritas 5.1.

Prinsip pelarutan bahan pelarut adalah *like dissolve like* yaitu pelarut yang bersifat polar akan melarutkan senyawa polar dan pelarut non polar akan melarutkan komponen non polar. Perendaman simplisia yang cukup lama akan akan menyebabkan dinding dan membran sel pecah. Pecahnya dinding dan membran sel semua komponen dalam plasma sel akan terlarut dalam pelarut yang dipakai dalam perlakuan perendaman tersebut.

Kualitas dan kuantitas rendemen yang akan diperoleh dari bahan simplisia sangat dipengaruhi kondisi iklim setempat. Curah hujan paling dominan pengaruhnya terhadap kualitas dan kuantitas rendemen. Curah hujan dan kelembaban mempengaruhi kekentalan getah dan air hujan akan menambah jumlah air hasil sadapan getah.

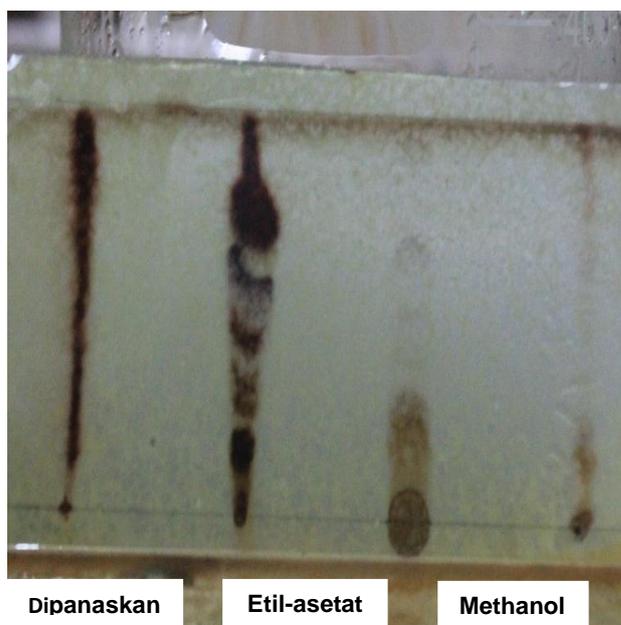
Pengaruh curah hujan terhadap kualitas dan kuantitas rendemen tidak ditemukan data yang cukup untuk mendukungnya. Berdasarkan pengamatan lapang para perajin dan pembuat toxican sumpit selalu menyadap getah *A. toxicaria* menjelang pembersihan lahan dan pesta tanam (erau). Kegiatan pembersihan lahan dan perayaan Erau dimulai bulan Mei-Agustus pada bulan-bulan tersebut curah hujan di khatulistiwa sedang rendah. Saat pembersihan lahan para pemburu binatang buruan pergi ke kebun sambil memburu binatang buruan karena hewan buruan sering ditemui di lahan terbuka rencana lahan yang akan ditanami oleh masyarakat. Getah *A. toxicaria* yang baru disadap diolah menjadi toxican dioleskan ke mata sumpit dan mata panah untuk senjata berburu.

5. 2. Hasil Penelusuran Komponen kimia (toxicarioside) yang toksik terhadap jasad

Bahan Cardenolide Glycosida (toxicarioside) merupakan produk metabolit sekunder dalam jumlah kecil terdapat pada biji dan lateks tanaman *A. toxicaria*. Produk metabolit ini tersebar luas pada beberapa spesies tanaman yang tumbuh diberbagai wilayah. Banyak spesies yang tumbuh di daerah tropis dan telah dimanfaatkan oleh penduduk asli asia, Afrika dan Amerika selatan untuk kelengkapan toxican panah yang digunakan untuk perburuan. Cardenolides hanya ditemui pada Angiosperma, tanaman famili Apocynaceae dan Asclepiadaceae umumnya memiliki kandungan cardenolide beragam. Pada tanaman famili Liliceae, Ranunculaceae, Moraceae, Leguminosae, Scrophulariaceae, Cruciferae, Sterculiaceae, Euphorbiaceae, Tiliaceae dan Celastraceae. Produk metabolisme sekunder berupa cardenolides yang dihasilkan oleh tanaman famili

tersebut merupakan produk alami yang memiliki pengaruh yang sama pada jasad vertebrata dan invertebrata (Li et al., 2010).

Pemisahan komponen yang paling sederhana dengan menggunakan Kertas Kromatografi Lapis Tipis (TLC). TLC hanya mampu melakukan pemisahan serangkaian



Gambar 11. Kromatogram lapis tipis Fraksi Methanol, et. acetat dan n-Heksan

aglikon dan asetatnya dengan menggunakan pelarut sederhana bahan kimia kelompok etil dan butil asetat. TLC pada silika gel dapat memisahkan cardenolide glikosida aktif (Stahl dan Kaltenbach, 2011). Pemisahan Cardenolide dari komponen kimia alam yang merupakan campuran kompleks glikosida kardioaktif tidak dapat

dilakukan dengan TLC konvensional tetapi dengan menggunakan TLC dua

dimensi dengan perbaikan resolusi.

Hasil skrinning Mante et al. (2012), pada perendaman dengan air kulit batang *Antiaris* spp dengan berbagai tes ditemukan berbagai makromo-lekul organik penting Anthracene glycosida, Tanin, Alkaloid, Triterpenoid, Flavonoid dan Saponin. Gambar 11. pelarut etil acetat dengan berbagai konsentrasi TLC mampu memisahkan komponen-komponen organik hasil ekstrak.

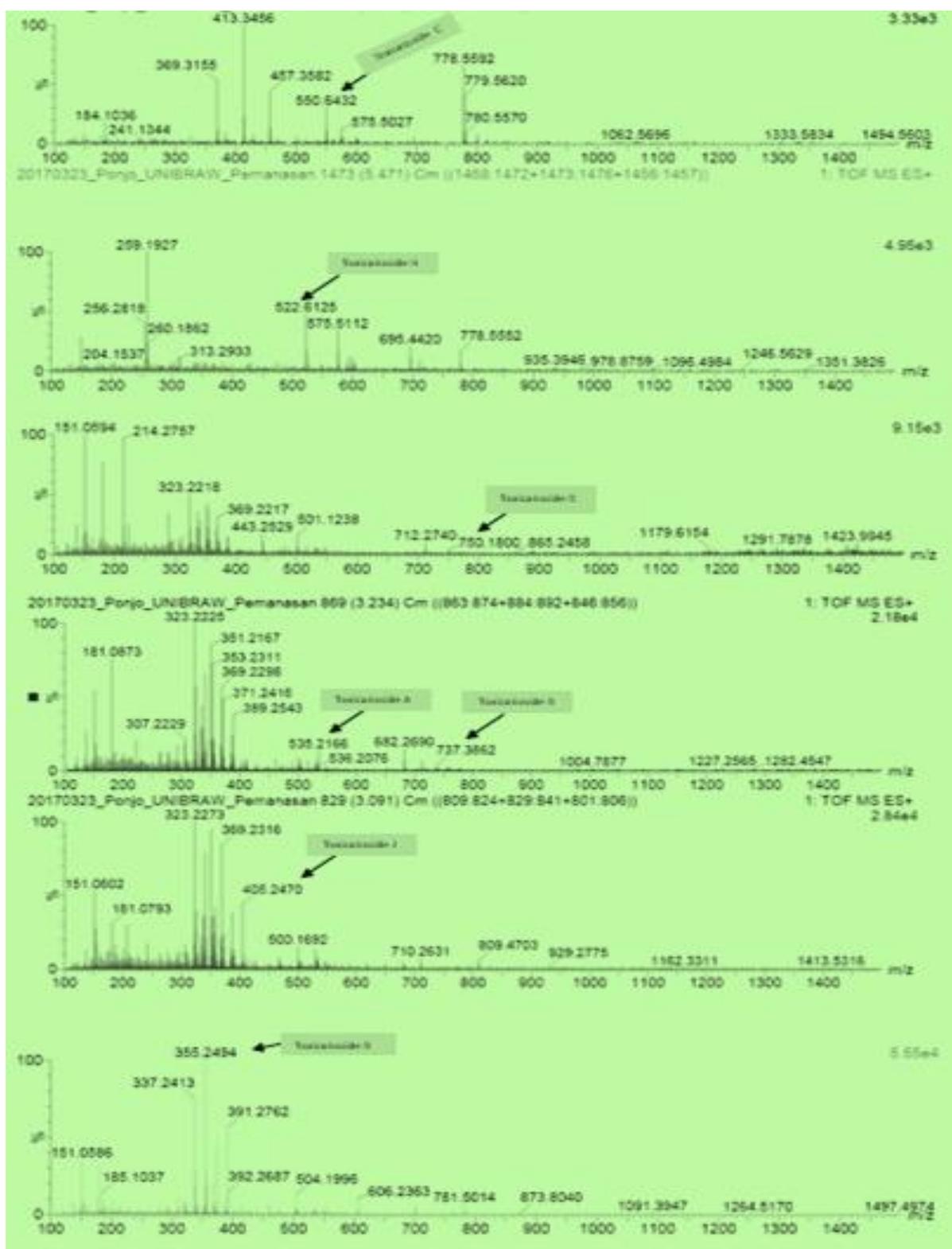
5.3. Identifikasi senyawa fraksi ekstrak Getah tanaman *A. toxicaria* dengan Liquid Chromatography Mass Spectrometry (LC-MS/MS)

Indikasi senyawa penyusun fraksi getah tanaman *A. toxicaria* dari beberapa pelarut menggunakan Liquid Chromatography Mass Spectrometry (LC-MS/MS) type UPLC-Q to F-MS/MS System (water). Hasil analisis LC-MS berupa TIC fraksi dipanaskan (tradisional), etil asetat dan methanol terdapat beberapa puncak (Gambar 11, 12 dan 13.). Menurut Li et al., 2010, Cardinolide glycosida komponen aktif adalah Anticarioside/toxicarioside A ($C_{29}H_{45}O_9$), toxicarioside B ($C_{35}H_{54}O_{14}$), toxicarioside C ($C_{29}H_{43}O_{10}$), toxicarioside D ($C_{35}H_{52}O_{15}$), toxicarioside E ($C_{29}H_{43}O_{10}$), toxicarioside F ($C_{35}H_{53}O_{15}$), toxicarioside G ($C_{29}H_{43}O_{12}$), toxicarioside H ($C_{29}H_{43}O_{12}$), toxicarioside I ($C_{28}H_{43}O_9$) dan toxicariotoxinine Aj ($C_{23}H_{36}O_6$),

5.3.1. Identifikasi senyawa fraksi dipanaskan Getah tanaman *A. toxicaria*.

Hasil analisis spektrometri massa terhadap senyawa pada fraksi dididipanaskankankan getah *A. toxicaria* dengan waktu retensi 550 menit pada spektrum 5.3-6.1 menghasilkan Gambar 12.

Spektrum massa pada gambar dibawah menunjukkan terdapat beberapa puncak, Menurut Li et al., (2010), toxicarioside D ($C_{35}H_{52}O_{15}$) dan toxicarioside I ($C_{28}H_{43}O_9$), toxicarioside C ($C_{29}H_{43}O_{10}$), toxicarioside D ($C_{35}H_{52}O_{15}$), toxicarioside E ($C_{29}H_{43}O_{10}$), toxicarioside F ($C_{35}H_{53}O_{15}$), toxicarioside H ($C_{29}H_{43}O_{12}$), toxicarioside I ($C_{28}H_{43}O_9$) dan toxicariotoxinine Aj ($C_{23}H_{36}O_6$),



Puncak yang dihasilkan oleh toxicarioside A 537.3064 m/z kadar toxicarioside A sebesar 0.04 % dan toxicarioside B terdeteksi pada retensi 737,8262 sebesar 0.08 % , toxicarioside C dan E 551.2856 sebesar 0.94, F=751.2943 adalah 551.2943 m/z dan toxicarioside I memiliki puncak 523.2917 terurai atau pengikatan kation H⁺ pada komponen utama (steroid) atau gugus gula (monosa) menyebabkan retensi bertambah atau berkurang, pemanasan kecenderungannya terurainya kation H⁺. Tidak terdeteksinya toxicarioside E, F, G dan I diduga terfragmentasi pengaruh perlakuan dengan pemanasan yang cukup tinggi.

Tabel 4. Molekul senyawa toxicarioside dan nilai persentasenya yang terdeteksi melalui TIC getah *A. toxicaria* fraksi dipanaskan

Senyawa	Terdeteksi	Dipanaskan Etil Asetat (%)	Keterangan terdeteksi pada retensi m/z
Toxicarioside A	Terdeteksi	0.04	537
Toxicarioside B	Terdeteksi	0.08	737
Toxicarioside C	Terdeteksi	0.94	551
Toxicarioside D	Terdeteksi	0.14	751
Toxicarioside E	Terdeteksi	nd	551
Toxicarioside F	Terdeteksi	nd	751
Toxicarioside G	Tidak Terdeteksi	nd	583
Toxicarioside H	Terdeteksi	1.24	525
Toxicarioside I	Terdeteksi	nd	523.
Toxicarioside Aj/ Toxinine	Terdeteksi	1.06	408

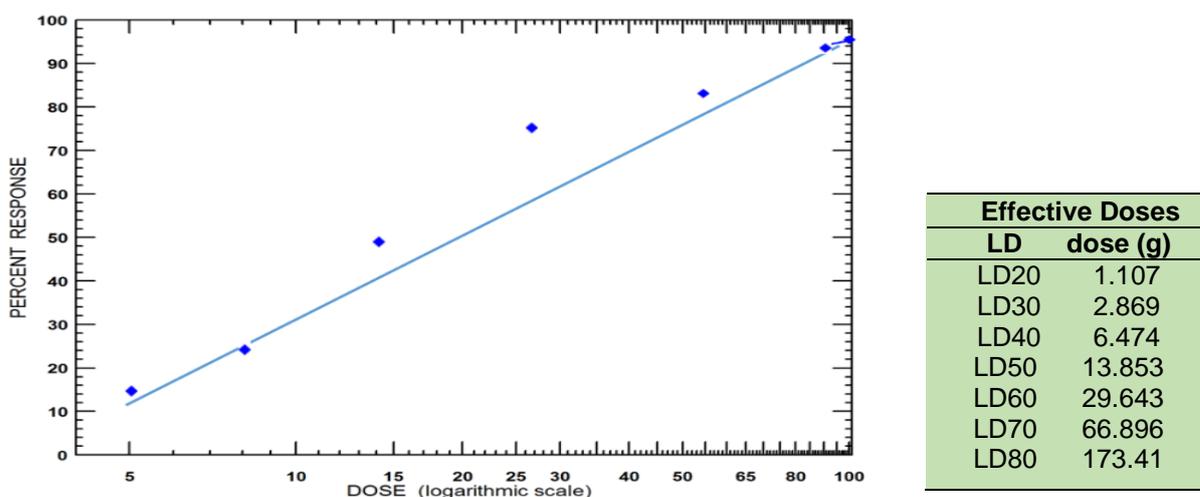
nd terdeteksi, na tidak terdeteksi

Pada fraksi dipanaskan toxicarioside yang terdeteksi dari TIC adalah : Fraksi dipanaskan mengandung senyawa anticarioside atau toxicarioside C, toxicarioside E dan I pada 550.5432 m/z terdeteksi tetapi nilai sangat kecil, 551.2897m/z dan toxicarioside I pada 522.6125 m/z serta beberapa senyawa toxicariside dalam jumlah kecil toxicarioside D dan F tetapi masih terdeteksi pada 750.1800 m/z, dan diduga dalam jumlah cukup

adalah toxinine dan toxicarioside H masing-masing 1.24 % dan 1.06 % (Tabel 4). Banyaknya jumlah toxicarioside pada fraksi dipanaskan bahan getah diduga tidak terjadi fraksinasi awal seperti pada fraksi-fraksi yang lain.

5.4. Uji Invivo hasil ekstrak terhadap tikus

Uji invivo ekstrak dilakukan untuk mendapatkan dosis tengah pada uji toksisitas. Hasil uji LD₅₀ yang diperoleh 13.85 g yang mematikan 50 persen populasi tikus uji. Terhadap 5 ekor tikus yang berbobot 1 kg.), larutan maserat aquase sampel yang akan diuji masing-masing sesuai hasil penentuan konsentrasi uji X ($1 \cdot 10^{-2}$, $1 \cdot 10^1$, $1 \cdot 10^0$, $1 \cdot 10^2$ dan $1 \cdot 10^3$. ppm (range konsentarsi IC₅₀). Pengujian maserat getah asal, maserat Gambar 17.



Gambar 17. Grafik hubungan log konsentrasi (LD₅₀) terhadap 5 ekor tikus berbobot 1 kg dan persen kematian *R. norvigicus* pada uji invivo.

5.5. Uji Toksisitas terhadap Tikus

Uji toksisitas ekstrak Metanol dan dipanaskan (dididipanaskankankan) getah *A. toxicaria* merupakan skrining untuk mengetahui senyawa aktif yang terkandung dalam ekstrak tanaman. Komponen kimia tanaman dinyatakan sebagai bahan toksik jika LD50 \leq 200 ppm (Ghosh and Ravindran. 2012). Hasil uji toksisitas dari ekstrak metanol dan getah dipanaskan (pemanasan) (Tabel 10).

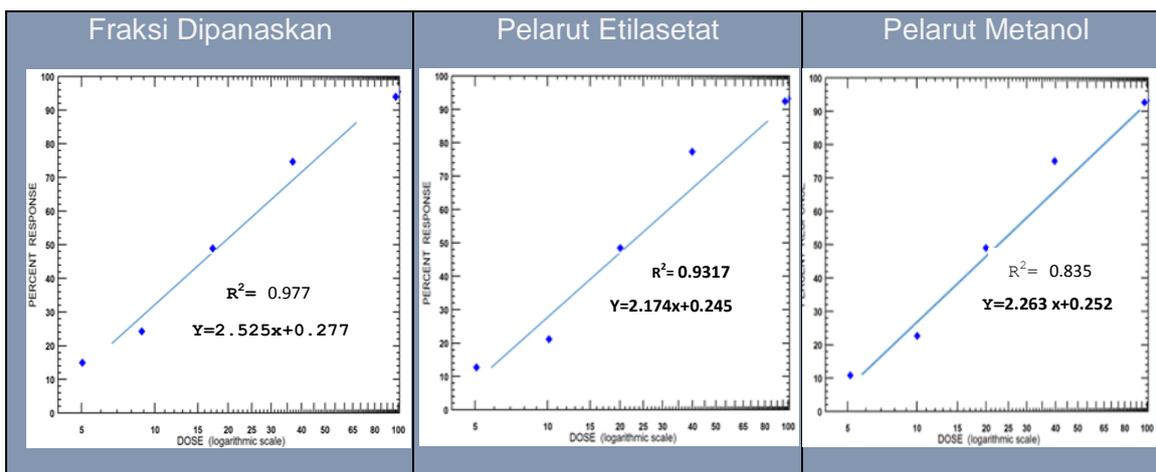
Tabel 10. Mortalitas dan toksisitas Ekstrak fraksi ekstrak getah *A. toxicaria* dipanaskan, Ethil Asetat dan Methanol terhadap 5 ekor tikus (Tikus Percobaan (*R. norvigicus*)).

Pelarut Ekstrak getah <i>A. toxicaria</i>	Konsentrasi (g)	Mortalitas	Lethal Dosis50 (LD50) (g/kg)	Kriteria Toksisitas
Dipanaskan	0.5	8.6744±0.6667 e	17.412	Sangat toksik
	5	13.3929±1.785 d		
	20	56.1786±1.754 c		
	40	61.4363 ±1.754 b		
	100	99.1071±1.786 a		
Etilasetat	0.5	7.2090±0.6667 e	20.141	Sangat toksik
	5	26.6171±0.9918 d		
	20	51.7458±1.0840 c		
	40	60.5531±1.0255 b		
	100	100.000±1.7857 a		
Methanol	0.5	8.2542 ±0.9917 e	20.297	Sangat toksik
	5	25.84 ± 1.0840 d		
	20	50.9858±0.9953 c		
	40	74.5145±1.0255 b		
	100	99.1071±1.7857 a		

Nilai rerata Rataan±SD yang diikuti huruf yang sama pada kolom setiap jenis ekstrak tidak berbeda nyata berdasarkan uji selang berganda Duncan ($\alpha = 0.05$).

Uji toksisitas ekstrak getah tanaman *A. toxicaria* dilakukan untuk mengetahui tingkat toksisitas ekstrak terhadap tikus (*R. norvigicus*) konsentrasi yang digunakan mengacu pada nilai LD50 =13,853 g hasil uji invivo diatas. Hasil tes menunjukkan bahwa ekstrak getah *A. toxicaria* dengan pelarut methanol dan di dipanaskan menunjukkan bahwa pada perbedaan tingkat konsentrasi akan berdampak pada mortalitas dan toksisitas tikus pada kasus ini ditunjukkan pada Tabel 4 dan Gambar 1. Ekstrak metanol getah *A. toxicaria* berpengaruh nyata pada mortalitas pada konsentrasi yang berbeda. Ekstrak metanol dan getah yang dipanaskan (dididipanaskankankan) memiliki tingkat kematian tertinggi hingga 100%. Uji toksisitas ekstrak fraksi Metanol dan dipanaskan getah *A. toxicaria* merupakan skrinning untuk mengetahui senyawa aktif yang terkandung dalam ekstrak tanaman. Komponen kimia tanaman dinyatakan sebagai bahan toksik jika $LD50 \leq 200$ ppm (Ghosh and Ravindran. 2012). Hasil uji toksisitas dari ekstrak metanol dan getah dipanaskan (pemanasan) (Tabel 10).

Hasil aktivitas penghambatan in vivo dari toxicarioside dinyatakan sebagai rerata \pm SD dan dianalisis menggunakan analisis varians (ANOVA) uji lanjut (DMRT) $P < 0,05$. Pengolahan data analisis varian menggunakan software genstat. Nilai LD50 ditentukan dari plot persen mortalitas dengan dosis dan dihitung dengan analisis regresi probit rerata nilai hambat LD50 didefinisikan sebagai konsentrasi dari ekstrak, yang menghambat/merusak aktivitas enzim hingga mengakibatkan tikus 50% dalam membran sel tikus.



Gambar 18. Grafik hubungan log konsentrasi ekstrak *A. toxicaria* dengan pelarut Fraksi getah *A. toxicaria* dipanaskan, etil asetat dan metanol dengan respon mortalitas tikus percobaan (*R norvigicus*)

Mortalitas yang terjadi pada tikus percobaan pada uji toksisitas menunjukkan sebaran perbedaan pada tiap konsentrasi, pada fraksi dipanaskan, fraksi etilasetat dan fraksi metanol. Perbedaan terjadi pada nilai LD₅₀ yang dianalisis dengan regresi probit. Hasil Probit analisis menunjukkan Getah *A. toxicaria* yang dipanaskan nilai probit = $2.525x + 0.277$ dan LD₅₀ = 17.412 g dan ekstrak etilasetat nilai probit = $2.174x + 0.245$ dan LD₅₀ = 20.141 g sedangkan ekstrak metanol nilai probit = $2.174x + 0.245$ dan LD₅₀ = 20.141 g ketiga hasil ekstrak tersebut merupakan senyawa yang sangat toksik.

Hasil analisis regresi probit antara log dosis dan mortalitas (%) tikus uji diketahui nilai LD₅₀ dari masing-masing ekstrak. Hasil analisis menunjukkan terdapat hubungan yang kuat antara konsentrasi dengan mortalitas (Gambar 18). Nilai koefisien determinasi (R²) dari persamaan regresi probit ekstrak dididipanaskankankan, Etilasetat dan metanol masing-masing 0.953, 0.931 dan 0.835. Koefisien determinasi menunjukkan lebih dari 80 % variasi tingkat mortalitas tikus percobaan dapat diterangkan karena adanya perubahan konsentrasi ekstrak. Nilai koefisien determinasi yang diperoleh berkisar 0.835-0.977 % variasi konsentrasi ekstrak dipanaskan, etilasetat dan metanol berpengaruh

terhadap mortalitas Tikus percobaan sedangkan sisanya 0.27-1.65 % disebabkan oleh faktor lain (Tabel 10). Faktor-faktor lain yang berpengaruh diduga sifat morfologi, fisiologi dan biokimia tikus, pada uji ini lebih ke sifat biokimia karena bahan aktif toxicarioside.

Tabel 11. Nilai probit, Koefisien determinasi dan nilai Lethal Dosis

Crude Ekstrak	Nilai probit	R2	LD25 (g)	LD50 (g)	LD75 (g)	LD90 (g)
Dipanaskan	2.525x+0.277	0.977	8.591	17.412	35.291	66.652
Ethil Asetat	2.174x+0.245	0.9317	9.858	20.141	41.152	78.284
Methanol	2.263 x+0.252	0.835	10.218	20.297	40.320	74.784

lebih beraktivitas pada sistem biokimia plasma sel. Adanya berbagai macam enzim dalam pencernaan mempengaruhi kecepatan menuju target plasma sel yang menyebabkan kematian tikus. Berbagai macam enzim yang terdapat di lambung juga menyebabkan terfragmentasinya bahan-bahan aktif sehingga kinerja bahan aktif berkurang aktivitasnya. Bahan-bahan ikutan, ikut terekstrak bersama bahan aktif sampai saat ini belum dapat dijelaskan peran dalam mortalitas tikus.

Waktu yang diperlukan untuk mematikan populasi tikus percobaan 50 % atau nilai Lethal Time 50 (LT₅₀) ekstrak getah *A. toxicaria* merupakan nilai interpolasi dari nilai LD₅₀ terhadap waktu kematian yang tercatat dalam penelitian.

Hasil analisis pada Tabel 12 waktu yang diperlukan untuk mematikan tikus percobaan peran pelarut dalam ekstraksi dan dosis menentukan nilai LT₅₀. Pada ekstrak dengan perlakuan pemanasan getah *A. toxicaria* dosis tertinggi 40 g rerata waktu kematian 50 % tikus uji 10.615 jam dan dosis terendah LT₅₀ sedangkan LD₅₀ pada ekstrak ini 17.412 g. Hasil interpolasi yang dilakukan nilai LT₅₀ berada pada dosis 5 dan 10 g sebesar 17.56 jam.

Tabel 12. Nilai LT50 Ekstrak fraksi ekstrak getah *A. toxicaria* dipanaskan, Ethil Asetat dan Methanol terhadap n=20 ekor tikus percobaan (*R. norvigicus*).

Getah <i>A. toxicaria</i> diekstrak	Konsentrasi	LT50 (jam)	Regresi (Y=a+bx)
Dipanaskan	5	18.253	Y=1.124+-0.293x
	10	16.413	Y=0.999+0.338 x
	20	14.520	Y=1.053+0.340 x
	40	10.615	Y=1.019+0.343 x
Etil Acetat	5	28.315	Y=1.029+0.351x
	10	21.722	Y=1.199+0.218 x
	20	19.251	Y=1.053+0.340 x
	40	16.126	Y=1.006+0.734 x
Methanol	5	30.615	Y=1.019+0.343 x
	10	21.520	Y=0.999+0.338 x
	20	20.251	Y=1.053+0.440 x
	40	15.126	Y=0.956+0.334 x

Pada ekstrak etil asetat terhadap getah *A. toxicaria* LD₅₀ dicapa pada nilai 20.141 g berada pada dosis 10 dan 20 g hasil interpolasi 18.22 jam. Pada ekstrak metanol berada LD₅₀ sebesar 20.297 berada pada dosis antara 20 dan 40 g. Hasil interpolasi letal time 50-nya, 20.37 jam.

5.6. Pengaruh Beberapa Ekstrak kasar Getah *A. toxicaria* terhadap Mortalitas *R. norvigicus*

Hasil pengamatan mortalitas tikus percobaan(*R. norvigecus*) reratanya berbobot 140- 160 gr, pada perlakuan ekstrak kasar pelarut dipanaskan, Etilasetat dan Metanol, setelah 72 JSP tidak ditemukan mortalitas lagi demikian juga pada kontrol negatif zinc phospid dengan perlakuan dosis anjuran (40 g), setelah 3 hari atau 72 JSP tidak terdapat

mortalitas sehingga pengamatan mortalitas dibatasi sampai 72 jam setelah pengamatan (JSP). Data pengamatan mortalitas pada 10 JSP pada ekstrak fraksi dipanaskan menunjukkan mortalitas yang lebih tinggi pada kisaran dibandingkan dengan perlakuan kontrol negatif (zinc phospit) dengan dosis anjuran.

Hasil pengamatan mortalitas Tikus percobaan (*R. norvigecus*) reratanya berbobot 140-160 gr, pada perlakuan ekstrak kasar fraksi dipanaskan, Ethil asetat dan Metanol, setelah 72 JSP tidak ditemukan mortalitas lagi demikian juga pada kontrol negatif zinc phospid dengan perlakuan dosis anjuran (40 g), setelah 3 hari tidak terdapat mortalitas sehingga pengamatan mortalitas dibatasi sampai 72 jam setelah pengamatan (JSP). mulai pengamatan 10 JSP pada ekstrak fraksi dipanaskan menunjukkan mortalitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan kontrol negatif (zinc phospit) dengan dosis anjuran (40 g).

Hasil pengamatan 3-72 jam setelah perlakuan (JSP) pengaruh ekstrak kasar getah *A. toxicaria* ketiga fraksi terhadap mortalitas tikus percobaan dosis kontrol (0.0 g), tidak diketemukan mortalitas terhadap tikus. Pengamatan pada selang waktu 3 JSP pada dosis 5 dan 10 g, 5-6,66 % pada fraksi dipanaskan dan fraksi metanol persen kematian 0-8,33 % berbeda tidak nyata tetapi pada fraksi etilasetat berbeda nyata kisaran mortalitas tikus pada 8,33-13,33 %. Pada konsentrasi 10-20 g. Pada dosis 10-20 g fraksi dipanaskan dan fraksi etilasetat saling berbeda nyata dengan dosis lainnya tidak pada fraksi Metanol yang memiliki kisaran mortalitas 8,88-13,33 %. Pada konsentrasi 20-40 g ketiga fraksi menunjukkan perbedaan nyata dan kisaran mortalitas 13,33-43,33 % (Tabel 13).

Crude Ekstraks	Konsentrasi (g)	Mortalitas									
		3 JSP	10 JSP	24 JSP	48 JSP	72 JSP					
Dipanaskan (Tradisional)	kontrol	0	d	0	e	0	e	0	e	0	e
	5	0.75	c	1	d	1.5	d	2	d	2.25	d
	10	1	c	3.75	c	4.5	c	5.25	c	6	c
	20	4.72	b	7	b	9.5	b	10.25	b	10.75	b
	40	10.75	a	12.5	a	14.75	a	14.75	a	14.75	a
	Zn phos	9.75	a	11.25	a	11.25	a	12	b	12.25	ab
Ethil Acetat	kontrol	0	c	0	e	0	e	0	e	0	e
	5	0.5	c	0.5	d	1	d	1	d	1.25	d
	10	1.75	b	2.75	c	4.25	c	5	c	5.25	c
	20	4.25	a	4.75	b	7.5	b	9.25	b	9.25	b
	40	6.5	a	8.5	a	13	a	13.75	a	14.5	a
	Zn phos	6.5	a	7	a	11.5	a	12.75	a	13.25	a

Tabel 13. Pengaruh Ekstrak Getah Tanaman *A.toxicaria* terhadap Mortalitas Tikus percobaan (*R. norvigicus*) data diolah dalam Tranformasi ($\text{Arcsin}\sqrt{x}$).

	kontrol										
	5	0	c	0	d	0	c	0	d	0	d
	10	0	c	0.25	d	0.25	c	0.25	d	0.75	c
Methanol	20	2	b	3.25	c	7.5	b	7.5	c	10.25	b
	40	2	b	3.5	c	9	a	10.25	b	10.25	b
	Zn phos	4.75	a	6.5	b	9.75	a	12.25	a	12.5	a
		5.75	a	10.75	a	11	a	11.25	ab	11.5	a

Nilai rerata Rataan±SD yang diikuti huruf yang sama pada kolom setiap jenis ekstrak tidak berbeda nyata berdasarkan uji selang berganda Duncan ($\alpha = 0.05$) *JSP=jam setelah perlakuan (Lampiran).

Pengamatan mortalitas pada 10 JSP ketiga fraksi menunjukkan beda nyata pada setiap perlakuan dosis kecuali pada dosis 40 g dan kontrol negatif mortalitas pada pengamatan 10 JSP berkisar 1,66 – 83,33 %, mortalitas terendah pada fraksi metanol 1,66 dan tertinggi 83,33 % pada fraksi dipanaskan. Persen mortalitas tikus percobaan (*R. norvegicus*) pada 24 JSP hampir semua perlakuan berbeda nyata kecuali pada fraksi metanol pada dosis 20 g dan kontrol negatif, Fraksi Etil asetat pada dosis 10-20 g dan Fraksi metanol pada dosis 20-40 g dan kontrol negatif kisaran mortalitas pada 24 JSP, Peningkatan mortalitas cepat terjadi pada fraksi dipanaskan pada dosis 20 dan 40 g mencapai mortalitas tertinggi 98,33 % pada fraksi ini. Mortalitas lambat terlihat pada fraksi metanol terutama pada dosis 5 g dari waktu setelah perlakuan perubahan mortalitas sangat kecil.

Mortalitas pada pengamatan 48 JSP terjadi mortalitas yang sangat tinggi pada dipanaskan mencapai 93,33 % pada dosis 40 g dan terendah pada fraksi metanol pada 1.6 % pada dosis 5 g. Pengamatan 48 JSP menunjukkan peningkatan mortalitas yang terus meningkat seiring peningkatan dosis. Pada fraksi dipanaskan semua dosis berbeda nyata kecuali dosis 10, 20 g dan kontrol negatif berbeda tidak nyata. Di fraksi etil asetat semua perlakuan dosis menunjukkan mortalitas berbeda nyata kecuali pada dosis 40 dan kontrol positif berbeda tidak nyata. Fraksi metanol perlakuan kontrol (0.0 g) tidak berbeda nyata dengan perlakuan dosis 5 g tetapi berbeda nyata dengan perlakuan dosis lainnya.

Dosis 20,40 g dan kontrol negatif berbeda tidak nyata mortalitas pada dosis ini di kisaran 68,33- 83,33 %.

Pengamatan 72 JSP perlakuan peningkatan mortalitas masih terjadi terutama pada dosis 40 g di fraksi etil asetat mortalitas dari 61.33 % menjadi 63.33 % pada dosis 20 g dari pengamatan sebelumnya dan berbeda tidak nyata pada dosis 10 g di fraksi etilasetat. Pada pengamatan 72 JSP mortalitas berkisar 5-96 %, 5 % terjadi pada dosis 5 g pada fraksi metanol, dan 96 % pada fraksi dipanaskan dan etil asetat.

6.5. Hasil Uji lapang di lahan Sawit

Pengamatan dilakukan selama 14 hari dengan pengamatan jumlah pakan yang termakan (respon umpan). Mortalitas tikus yang terpancing dan memakan umpan dengan penelusuran bau yang ditimbulkan tikus –tikus yang mati di lahan tanaman sawit.

	Responden	N	%	N	%
Ukuran					
Besar + 1 kg				17	48,6
Sedang (0,7 kg)	29		82,9		
kecil (< 0,5 kg)	6		17,1	18	51,4
Konsumsi					
Banyak	9		25,7	6	17,1
Sedang	15		42,9	19	54,3
Sedikit	8		22,9	10	28,6
Aktivitas ulangan mendatangi umpan dan kejeraan					
Sering	3		8,6	0	0,0
Cukup sering	17		48,6	14	40,0
Datang berjangka	2		5,7	6	17,1
Tidak Datang lagi	2		5,7	2	5,7

Pembandingan hasil ekstrak dan Zink

Sumber Informasi Lain

Sanitasi Lahan

Tidak memenuhi syarat	6	17,1	5
Memenuhi	29	82,9	0

phosphat yang di jual di pasar.

Hasil menunjukkan angka pengamatan yang berbeda dalam prosentase ukuran dan banyak sedikitnya bahan yang dikonsomsi oleh di tikus di lahan tanaman sawit diduga sempitnya luassan pengamatan karena terbatasnya waktu keragaman populasi tidak tercapai. Populasi di lahan sangat beragam dalam pengamatan. Sanitasi di antara dua hamparan menunjukkan perbedaan pada lahan yang ditempati sample lebih higiennis karena perawatan.

Pemberian Makan		Zink Sulphat	P
Praktik	Prototype Mean±SD (min-max)	Mean±SD (min-max)	
	15,17±1,689 0,914 (13-18)	15,23±1,664 (13-19)	^b
Zink	16,25±1,221 0,005 (14-18)	15,11±1,778 (11-19)	^b

Hasil uji statistik tidak menunjukkan perbedaan antar dua perlakuan, hal ini menghilangkan kerraguan besarnya konsumsi yang di diet oleh tikus di lapang menunjuk kesamaan. an Ukuran bukan tidak bermasalah (Tabel 13, 14 dan 15).

VI KESIMPULAN DAN SARAN

KESIMPULAN

1. Karakter Prototype getah tanaman *A. toxicaria*, toxicarioside A,B, C, D dan k) memiliki toksisitas uji bioindikator, tikus pohon (*Rattus sp*) pada tanaman sawit;
2. Karakteristik Prototype, toxicarioside A,B, C, D dan k) memiliki kemampuan sebanding dengan rodentisida pasaran.

SARAN

1. Tanaman *a. Toxicaria* merupakan tanaman langka dan masih dimanfaatkan getahnya oleh masyarakat tradisional sudah seharusnya mempercepat tindakan PVT (Pencatatan Varietas Tanaman);
2. Memperbanyak tanaman (pelestarian) karena sangat sulitnya mendapatkan bahan getah jika diperlukan sehingga jika tanaman tersedia cukup banyak dapat dimanfaatkan bahan bakunya jika diperlukan.

REKOMENDASI

1. Tanaman *A. toxicaria* merupakan tanaman langka dan masih dimanfaatkan getahnya oleh masyarakat tradisional sudah seharusnya mempercepat tindakan PVT (Pencatatan Varietas Tanaman);
2. Memper siapkan bahan baku tanaman (ex. Situ) (pelestarian ex situ) karena sangat sulitnya mendapatkan bahan getah jika diperlukan. Langkah yang strategis perbanyak tanaman yang dapat dipakai sebagai kebun induk (tanaman induk), atau penyiapan bahan baku getah jika dimanfaatkan bahan bakunya sebagai racun tikus atau untuk keperluan lain;
3. Sosialisasi dan pelatihan pada daerah-daerah yang memiliki potensi tanaman *A. toxicaria* dalam pemanfaatan tanaman tersebut selain sebagai racun sumpit;
4. Pelestarian in situ (tempat asal tanaman), agar tidak punah;
5. Melakukan berbagai penelitian berkait dengan bahan tanaman *A. toxicaria* (daun, ranting dan kulit) terhadap organisme perusak bahan simpan (hama gidang).

DAFTAR PUSTAKA

- Altieri, M.A., & C.I. Nicholls. 1999. Biodiversity, Ecosystem Function, and Insect Pest Management in Agricultural System. *Dalam Biodiversity in Agroecosystems*, Eds. W.W. Collins & C.O. Qualset. Lewis Publ. New York.
- Brown, J. 2006. Analytical methods used to determine minimum residues levels of pesticides. Depart. of Ent. Washington State Univ. Pullman, WA
- Carter, C. A., Gray, E. A., Schneider, T. L., Lovett, C. M., Jr., Scott, L., Messer, A. C., et al. (1997a). Toxicarioside B and toxicarioside C, new cardenolides isolated from *Antiaris toxicaria* latex-derived dart poison. *Tetrahedron*, 53(50): 16959-16968.
- Carter, C. A., Forney, R. W., Gray, E. A., Gehring, A. M., Schneider, T. L., Young, D. B., et al. (1997b). Toxicarioside A. A new cardenolide isolated from *Antiaris toxicaria* latex- derived dart poison. Assignment of the ¹H- and ¹³C-NMR shifts for an antiarigenin aglycon. *Tetrahedron*, 53(40): 13557-13566.
- Dai, H. F., Gan, Y. J., Que, D. M., Wu, J., Wen, Z. C., & Mei, W. L. (2009a). A new cytotoxic 19-nor-cardenolide from the latex of *Antiaris toxicaria*. *Molecules*, 14(9): 3694-3699.
- Dai, H. F., Gan, Y. J., Que, D. M., Wu, J., Wen, Z. C., & Mei, W. L. (2009b). Two new cytotoxic cardenolides from the latex of *Antiaris toxicaria*. *Journal of Asian Natural Products Research*, 11(9): 832-837.
- Dinas Perindustrian, Perdagangan dan Koperasi Pemprov. Kaltim, 2010. Profil Investasi Provinsi Kalimantan Timur.
- Dinas Perkebunan Pemprov. Kaltim, 2013. Laporan Tahunan Dinas Perkebunan Pemprov. Kaltim.
- Dinas Pertanian dan Hortikultura Pemprov. Kaltim, 2013. Rentra Dinas Pertanian dan Hortikultura Kaltim
- Fujimoto, Y., Suzuki, Y., Kanaiwa, T., Amiya, T., Hoshi, K., & Fujino, S. (1983). Studies on the Indonesian *antiaris-toxicaria* sap. *Journal of Pharmacobio-Dynamics*, 6(2): 128-135.
- Gan, Y. J., Mei, W. L., Zhao, Y. X., & Dai, H. F. (2009). A new cytotoxic cardenolide from the latex of *Antiaris toxicaria*. *Chin. Chem. Lett.*, 20(4): 450-452
- Gan, Y., Mei, W., Zeng, Y., Han, Z., & Dai, H. (2008). Liposoluble components and their antioxidant activities from *Antiaris toxicaria* latex. *Redai Yaredai Zhiwu Xuebao*, 16(2): 144-147.

- Gozali, D. I., Musfiroh., Mustakim dan K. Astridiani., 2009. Uji aktivitas Anti Nyamuk dari Ekstrak daun Zodia (*Evodia suaveolens* Schett) terhadap nyamuk *Culex fatigans* Dalam Sedian. *Farmaka*, 7(3): 27-40
- Hano, Y., Mitsui, P., Nomura, T., Kawai, T., & Yoshida, Y. (1991). 2 New dihydrochalcone derivatives, antiarone-j and antiarone-k from the root bark of *Antiaris-toxicaria*. *Journal of Natural Products*, 54(4): 1049-1055.
- Hassanali, A. and M.D. Bentley. 1987. Comparison of Insect Antifeedant Activities of Some Limonoids in : Natural Pesticide from Neem tree (*Azadirachta indica* A. Juss) and other Tropical Plants. Proceeding of the third International Neem Conference 10-15 July 1986. Nairobi, Kenya.
- Jiang, M. M., Gao, H., Dai, Y., Zhang, X., Wang, N. L., & Yao, X. S. (2009). Phenylpropanoid and lignan derivatives from *Antiaris toxicaria* and their effects on proliferation and differentiation of an osteoblast-like cell line. *Planta Medica*, 75(4): 340-345.
- Jiang, M. M., Dai, Y., Gao, H., Zhang, X., Wang, G. H., He, J. Y., et al. (2008). Cardenolides from *Antiaris toxicaria* as potent selective Nur77-modulators. *Chemical & Pharmaceutical Bulletin*, 56(7): 1005-1008.
- Kalshoven LGE. 1981. Pest of Crops in Indonesia. Jakarta: PT Ichtar Baru- van Hoeve.
- Kardinan, A., 1999. Pestisida Nabati Ramuan dan Aplikasi. Penebar Swadaya.
- Kresnowati, S.K. 2004. Keragaman Musuh Alami Kutu Pseudococcidae, Coccidae dan Diaspididae (Hemiptera : Coccoidea) pada Berbagai Tanaman di Daerah Bogor. Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Kopp, B., Bauer, W. P., & Bernkop-Schnuerch, A. (1992). Analysis of some Malaysian dart poisons. *Journal of Ethnopharmacology*, 36(1): 57-62.
- Martono, E. 1995. Hand out Physiologi dan Perilaku Serangga. Program Studi Ilmu Hama PPS UGM, Yogyakarta.
- Nomura, T., & Hano, Y. (1994). Isoprenoid-substituted phenolic-compounds of moraceous plants. *Natural Product Reports*, 11(2): 205-218.
- Nordal A., 1963. *Meddeleser fra Norsk Farmaceutisk Selskap*. 25(10): 155-85 p.
- Nugrohati. S. & K. Untung. 1986. Pestisida dalam Sayuran di Yogyakarta. PAU UGM. Yogyakarta.
- Odum EP., 1971. *Fundamentals of Ecology*. Philadelphia: W.B. Saunders Company.
- Oka. I. N. 1994. Penggunaan, Permasalahan serta Prospek Pestisida Nabati dalam Pengendalian Hama Terpadu, p. 1-10. dalam D. Sitepu, P. Wahid, M. Soehardjan, S. Rusli, I. Mustika (ed.) *Prosiding Seminar Hasil Penelitian dalam Rangka Pemanfaatan Pestisida Nabat*. Bogor 1-2 Desember 1993.

- Peck SL, McQuaid B, Campbell CL. 1998. Using ant species (Hymenoptera: Formicidae) as a biological indicator of agroecosystem condition. *J Entomol Soci America* 27: 1102-1110.
- Prijono, D dan E. Hasan. 1993. Laboratory and Field Efficacy of Neem (*A. indica* A. Juss.) Ekstraks against Broccoli Pest. *Indon. J. Tropic. Agric.* 4: 18-24.
- Prijono, D dan Triwidodo. 1994. Pemanfaatan Pestisida Botani di Tingkat Petani p.76-85 dalam D. Sitepu, P. Wahid, M. Soehardjan, S. Rusli, I. Mustika (ed.) Prosiding Seminar Hasil Penelitian dalam Rangka Pemanfaatan Pestisida Nabat. Bogor 1-2 Desember 1993.
- Que, D., Mei, W., Wu, J., Han, Z., & Dai, H. (2009). Structure elucidation of flavonoids from *Antiaris toxicaria* roots. *Youji Huaxue*, 29(9): 1371-1375.
- Rembold, H. and K. P. Sieber., 1981. Effect of Azadirachtin on Oocyte development in *Locusta Migratoria migratrotoriades*. in *Natural Pesticide from Neem Tree*. Typo. Druch-rossdorf gmbh. Germany. p. 75-79
- Rochman, A.M. 2004. Monitoring resistensi *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) terhadap Deltametrin dan Profenofos. Tesis. Fakultas Pertanian UGM Yogyakarta. 53 hal.
- Sarjan, M., 2004. Kajian Molekuler Mekanisme Ketahanan Hama terhadap *Bacillus thuringiensis*. *Jurnal HAPETE*, 1: 2. Sept. 2004.
- Sarjan, M., 2006. Pengelolaan hama Pengisap daun *Thrips parvispinus* Karny Pada Tanaman cabe Yang dibudidayakan Secara Organik dan Konvensional (Jurnal Penelitian Univ. Mataram, Edisi A: Sains dan Teknologi. 2:10. Agust. 2006)
- Saxena, R. C. 1982. Naturally Occuring Pesticide and the Potential Chemistry and Food Supplies Schoenly KG, Justo JR HD, Barrion AT, Harris MK, Bottrell DG. 1998. Analysis of invertebrate biodiversity in a Philippine farmer's irrigated rice field. *J Environ Entomol* 27: 1125-1136.
- Secoy, D. M. & A. E. Smith., 1983. Use of Plant in Control of Agricultural and Domestic Pest. *Econ. Bot.* 37: 28-57.
- Settle, W.H., Ariawan, H., Astuti, E.T., Cahyana W., Hakim, A.L., Hindayana, D., Lestari, A.S., Pajarningsih. 1996. Managing tropical rice pests through conservation of generalist natural enemies and alternative prey. *J Ecol Soci America* 77: 1975-1988.
- Singleton, G., Kenney, A., Tann, C.R., Sudarmaji, Hung, N.Q. 2003. Myth, dogma and rodent management: good stories ruined by data? In: Singleton GR, Hinds LA, Krebs CJ, Spratt DM, editors. *Rats, mice and people: rodent biology and management*. Canberra (Australia): Australian Centre for International Agricultural Research. p 554-560.
- Singleton, G.R., Sudarmaji, Jacob, J., Krebs, C.J. 2005. Integrated management to reduce rodent damage to lowland rice crops in Indonesia. *Agric. Ecosyst. Environ.* 107: 75-82.

- Singh, D. Saharayaj. E. Eds., 2012. *Advances in Plant Biopesticides*. Springer. Lucknow, India.
- Sharov, Alexei. 1996. *Quantitative Population Ecology*. Dept. of Entomology. Virginia Tech. Blacksburg. Virginia
- Shi, L. S., Liao, Y. R., Su, M. J., Lee, A. S., Kuo, P. C., Damu, A. G., et al. (2010). Cardiac glycosides from *Antiaris toxicaria* with potent cardiotoxic activity. *J Nat Prod*.
- Sheng-li, K., Shou-zhong, R., Lin-qi, O., Ming-ying, Q., & Ming-sheng, L. (2008). Study on the acute toxicity of leaves of *Antiaris toxicaria* Lesch. *Lishizhen medicine and materia medica research*.
- Soemawinata, A., Toerngadi dan Soemartono, S. 1986. Hama Wereng Coklat dan Masalah Pengendaliannya di Indonesia. *Prosiding Wereng Coklat dan Pengendaliannya*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Soepardi, G. 1986. Ledakan Hama Wereng dan Keseimbangan Hara dalam Tanaman – Tanah. *Prosiding Wereng Coklat dan Pengendaliannya*. Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Strong, D.R., Lawton, J.H., Southwood, R. 1984. *Insects on Plants*. Boston: Harvard Univ
- Sudarmaji, Anggara, A. 2000. Seasonal migration of ricefield rat implementing rice-rice-fallow planting system, in Sukamandi, Subang, West Java. *Proceedings of the National Biology Seminar XVI*. Bandung, West Java. p 173-177.
- Triharso, 1994. *Dasar-dasar Perlindungan Tanaman*. Gadjah Mada Univ. Press. Yogyakarta.
- United States Department of Agriculture. (1997). *Guidebook For The Preparation Of HACCP Plans*. USDA.
- Uno, Y., Mitsui, P., & Nomura, T. (1992). Application: JP Patent No. 90-295298-04169548. *New Frontier II* : 143-161
- Untung, K., 2006. *Pengantar Pengelolaan Hama Terpadu*. Gadjah Mada Univ. Press. Yogyakarta.
- Untung, K. (2006). Relevansi Pengendalian Hama dan Penyakit Tanaman dengan Sistem Manajemen Keamanan Pangan, Sanitari Fitosanitasi dan Perdagangan Internasional. (<http://www.deptan.go.id.com>) diakses tanggal 26 Maret 2015
- Van Emden, H.F & Z.T. Dabrowski. 1997. Issues of biodiversity in pest management. *Insect Science and Applications* 15:605-620
- Ware, G. W. 1983. *Pesticide Theory and Application*, W.H. Freeman and Company. San Francisco.

LAMPIRAN-LAMPIRAN



Identifikasi dan kebenaran Tan. A. Toxicaria



Penyadapan dan Ekstrak



Prototype Pakan Tikus



Crude Ek

ol, Etilasetat

an Fraksi



Pekerjaan Evaporasi



Fraksi-Fraksi

Penentuan tempat/lokasi penelitian



Pemasangan Umpan di kebun sawit

Metode Sample
Proporsional Terpilih



Hasil

ZINK PHOSPHAT



Prototype Toxicariosid



DOKUMENTASI KEGIATAN BALITBANGDA



Penandatanganan MoU Kerjasama Penelitian antara BALITBANGDA Kabupaten Kutai Kartanegara dan Peneliti Fakultas Pertanian Universitas Mulawarman

Pengambilan Data Lapangan di Kecamatan Tabang antara BALITBANGDA Kabupaten Kutai Kartanegara dan Peneliti Fakultas Pertanian Universitas Mulawarman



Koordinasi hasil Penelitian antara BALITBANGDA Kabupaten Kutai Kartanegara dan Peneliti bertempat di Laboratorium Fakultas Pertanian Unmul Samarinda



Dokumentasi Kegiatan Seminar Hasil



Dokumentasi Kegiatan Seminar Hasil





BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN DAERAH
BIDANG INOVASI DAERAH
TAHUN 2021