

**PEMANFAATAN ASAP CAIR LIMBAH KULIT BUAH SIWALAN
SEBAGAI BIOPESTISIDA**

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk melengkapi syarat mendapatkan gelar Sarjana Teknik (S.T) pada
program studi Teknik Lingkungan



Disusun Oleh

SEPTIYANNA ROKHMAWATI DEWI

NIM. H95218066

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL
SURABAYA**

2022

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir Oleh,

NAMA : SEPTIYANNA ROKHMAWATI DEWI
NIM : H95218066
JUDUL : PEMANFAATAN ASAP CAIR LIMBAH KULIT BUAH
SIWALAN SEBAGAI BIOPESTISIDA

Ini telah diperiksa dan disetujui untuk diujikan.

Surabaya, 21 Juni 2022

Dosen Pembimbing I



Dyah Ratri Nurmaningsih, M.T
NIP. 198503222014032003

Dosen Pembimbing II



Arqowi Prihadi, M.Eng
NIP. 198701032014031001

PENGESAHAN TIM PENGUJI TUGAS AKHIR

Tugas Akhir Oleh,

Nama : Septiyanna Rokhmawati Dewi

NIM : H95218066

Judul : Pemanfaatan Asap Cair Limbah Kulit Buah Siwalan Sebagai Biopestisida

Telah dipertahankan di depan tim penguji skripsi
Surabaya, 11 Juli 2022

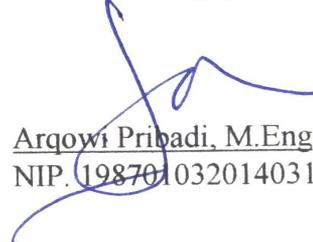
Mengetahui,
Dosen Penguji,

Dosen Penguji I



Dyah Ratri Nurmaningsih, M.T
NIP.198503222014032003

Dosen Penguji II



Arqowi Pribadi, M.Eng
NIP.198701032014031001

Dosen Penguji III



Widya Nilandita, M.KL
NIP. 198410072014032002

Dosen Penguji IV



Teguh Taruna Utama, M.T
NIP.201603319

Mengetahui,
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
BIN Suman Ampel Surabaya



Dr. A. Saiful Hamdani, M.Pd.
NIP.196507312000031002

PERNYATAAN KEASLIAN

Nama : Septiyanna Rokhmawati Dewi

NIM : H95218066

Program Studi : Teknik Lingkungan

Angkatan : 2018

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan plagiat dalam penulisan tugas akhir saya yang berjudul “Pemanfaatan Limbah Kulit Buah Siwalan Sebagai Biopestisida”.

Demikian pernyataan keaslian ini saya buat dengan sebenar-benarnya. Apabila suatu saat nanti saya melakukan tindakan plagiat, maka saya bersedia menerima sanksi yang telah ditetapkan

Surabaya, Juli 2022

Yang menyatakan,



(Septiyanna Rokhmawati Dewi)

NIM. H95218066



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
PERPUSTAKAAN

Jl. Jend. A. Yani 117 Surabaya 60237 Telp. 031-8431972 Fax.031-8413300
E-Mail: perpus@uinsby.ac.id

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika UIN Sunan Ampel Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Septiyanna Rokhmawati Dewi
NIM : 195218066
Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi / Teknik Lingkungan
E-mail address : Septiyannard@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah:

Sekripsi Tesis Desertasi Lain-lain (.....)

yang berjudul :

PEMANFAATAN ASAP CAIR LIMBAH KULIT BUAH
SIWALAN SEBAGAI BIOPESTISIDA

beserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (database), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Internet atau media lain secara **fulltext** untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya,

Penulis

(Septiyanna Rokhmawati Dewi)

HALAMAN MOTTO

مَا مِنْ مُسْلِمٍ بَعَثَ غَرْسًا أَوْ يَزْرَعُ زَرْعًا فَيَأْكُلُ مِنْهُ طَيْرٌ أَوْ إِنْسَانٌ أَوْ بَهِيمَةٌ إِلَّا كَانَ لَهُ بِهِ صَدَقَةٌ
رواه البخاري

Tidaklah seorang muslim yang menanam tanaman atau bertani kemudian burung, manusia atau pun binatang ternak memakan hasilnya, kecuali semua itu merupakan sedekah baginya. (HR. Bukhari)

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT. Yang telah melimpahkan rahmat serta hidayat-Nya kepada kita semuanya, khususnya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan tugas akhir dengan judul “Pemanfaatan Asap Cair Skala Rumah Tangga Limbah Kulit Buah Siwalan Sebagai Biopestisida”. Penulisan ini disusun sebagai syarat untuk mendapatkan gelar S1 pada Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya. terselesaikannya tugas akhir ini tidak luput atas bantuan serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, izinkan penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua, saudara dan keluarga besar yang selalu mendoakan dan mendukung penulis dalam penyusunan tugas akhir ini.
2. Prof Akh. Muzakki, M.Ag, Grad.Dip.SEA., M.Phil, Ph.D selaku Rektor UIN Sunan Ampel Surabaya.
3. Dr. A. Saepul Hamdani, M.Pd. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Ampel Surabaya.
4. Bapak Abdul Hakim, S.T., M.T selaku Ketua Program Studi Teknik Lingkungan UIN Sunan Ampel Surabaya.
5. Ibu Dyah Ratri Nurmaningsih, S. T. , M.T dan Bapak Arqowi Pribadi, M.Eng selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir.
6. Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya yang selalu mendukung dan memberikan ilmu yang bermanfaat selama masa perkuliahan.
7. Teman-teman Teknik Lingkungan angkatan 2018 serta semua pihak yang selalu mendukung serta membantu penulis dalam penyusunan tugas akhir ini.

Surabaya, Juni 2022

Penulis

Septiyanna Rokhmawati Dewi

ABSTRAK

Penggunaan biopestisida sebagai alternatif pengendalian hama perusak lahan pertanian yang ramah lingkungan sangat dibutuhkan untuk meningkatkan produksi pangan yang berkelanjutan. Asap cair yaitu cairan dispersi uap asap dalam air yang terbuat dari bahan alami yang mengandung selulosa, hemiselulosa, dan lignin yang mampu menghasilkan senyawa racun untuk pengendalian hama. Salah satu bahan baku yang mengandung senyawa tersebut adalah kulit buah siwalan. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk memanfaatkan limbah kulit buah siwalan sebagai asap cair sebagai biopestisida pada ulat grayak. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental, untuk mengidentifikasi pengaruh pemberian asap cair limbah kulit buah siwalan sebagai biopestisida dengan metode uji mortalitas ulat grayak. Hasil pirolisis asap cair berwarna coklat tua, jernih, memiliki bau seperti asap (sangat), dan memiliki tekstur encer yang selanjutnya dianalisis kandungan senyawanya menggunakan GCMS. Hasil penelitian didapatkan 18 komponen senyawa penyusun asap cair limbah kulit buah siwalan, diantara senyawa yang berfungsi sebagai pestisida organik adalah fenol, furfuran, aseton, dan asam palimitat. Asap cair ini digunakan sebagai biopestisida pada ulat grayak variasi konsentrasi 5%, 7%, 9%, 11%, dan 13% dengan pengolahan data mortalitas menggunakan uji regresi probit yang diperoleh hasil rata-rata mortalitas ulat grayak dalam 2 kali pengulangan yaitu 5%, 10%, 15%, 20%, dan 35%. Semakin besar konsentrasi asap cair, nilai mortalitas semakin meningkat. Nilai toksisitas $LC_{50-24\text{ jam}}$ asap cair sebesar 20%, kurang efektif untuk membunuh ulat grayak secara cepat, bahkan mortalitas pada konsentrasi maksimal hanya 35% atau belum mencapai kematian 50% dari hewan uji.

Kata Kunci : Asap Cair, Mortalitas, Ulat Grayak, Kulit Siwalan, LC_{50} , GCMS

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

ABSTRACT

The use of biopesticides as an environmentally friendly alternative to pest control destroying agricultural land is needed to increase sustainable food production. Liquid smoke is a liquid smoke vapor dispersion in water made from natural ingredients containing cellulose, hemicellulose, and lignin which is capable of producing toxic compounds for pest control. One of the raw materials that contain these compounds is the skin of the siwalan fruit. The purpose of this study was to utilize siwalan rind waste as liquid smoke as a biopesticide on *Spodoptera litura* F. This study uses an experimental method, to identify the effect of giving liquid smoke of siwalan fruit peel waste as a biopesticide with the *Spodoptera litura* F mortality test method. The results of the pyrolysis of liquid smoke are dark brown, clear, have a smoke-like odor (sangit), and have a watery texture which are then analyzed for their compound content using GCMS. The results of the study found 18 components of the liquid smoke of siwalan rind waste, among the compounds that function as organic pesticides are phenol, furfuran, acetone, and palimitic acid. This liquid smoke is used as a biopesticide in *Spodoptera litura* F with variations in concentrations of 5%, 7%, 9%, 11%, and 13% by processing mortality data using the probit regression test, which results in the average mortality of *Spodoptera litura* F in 2 repetitions, namely 5% , 10%, 15%, 20%, and 35%. The greater the concentration of liquid smoke, the higher the mortality value. The toxicity value of LC50-24 hours liquid smoke is 20%, less effective for killing *Spodoptera litura* F quickly, even mortality at a maximum concentration is only 35% or has not reached 50% mortality of test animals.

Keywords : Liquid Smoke, Mortality, *Spodoptera litura* F, *Borassus flabellifer* L., LC50, GCMS

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PERSETUJUAN.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iii
HALAMAN MOTTO	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR RUMUS	xiii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	4
BAB II.....	5
KAJIAN PUSTAKA.....	5
2.1 Siwalan (<i>Borassus flabellifer L.</i>).....	5
2.2 Asap Cair	7
2.3 <i>Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS)</i>	9
2.4 Biopestisida	10

2.5	Ulat Grayak	12
2.6	Uji Mortalitas	16
2.7	Intergrasi Keislaman.....	17
2.8	Penelitian Terdahulu.....	19
BAB III		28
METODE PENELITIAN.....		28
3.1	Metodelogi Penelitian.....	28
3.2	Waktu Penelitian	28
3.3	Lokasi Penelitian	30
3.4	Kerangka Pikir Penelitian.....	30
3.5	Tahapan dan Metode Penelitian	33
3.5.1	Tahap Persiapan	35
3.5.2	Tahap Pelaksanaan	35
3.6	Tahap Analisa Data	36
3.6.1	GCMS (<i>Gas Chromatography-Mass Spectroscopy</i>).....	36
3.6.2	Perbanyakan dan Pemeliharaan Ulat grayak.....	37
3.6.3	Uji Mortalitas	39
3.6.4	Analisis Data LC ₅₀ dengan Ms. Excel.....	43
3.6.5	Tahap Pelaporan.....	46
BAB IV		47
4.1	Kandungan Senyawa pada Asap cair Limbah Kulit Buah Siwalan	47
4.2	Analisis Nilai Mortalitas Ulat Grayak.....	52
4.3	Analisis LC _{50-24 jam} Biopestisida Asap Cair Limbah Kulit Buah Siwalan	57
BAB V.....		65
5.1	Kesimpulan.....	65

5.2	Saran.....	65
DAFTAR PUSTAKA		67



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu.....	20
Tabel 3. 1 Jadwal Penelitian dan Penyusunan Tugas Akhir.....	29
Tabel 3. 2 Pengumpulan Data	36
Tabel 3. 3 Alat yang digunakan dalam Perbanyakkan dan Pemeliharaan Ulat Grayak.....	38
Tabel 3. 4 Bahan yang digunakan dalam Perbanyakkan dan Pemeliharaan Ulat Grayak.....	38
Tabel 3. 5 Alat yang digunakan dalam Uji Mortalitas	39
Tabel 3. 6 Bahan yang digunakan dalam Uji Mortalitas	39
Tabel 3. 7 Transformasi dari Persen ke Probit	42
Tabel 3. 8 Keriteria Toksisitas	42
Tabel 4. 1 Komponen Senyawa kimia asap cair Limbah Kulit Buah Siwalan menggunakan Gas Chromatography Mass Spectrometry (GCMS).....	48
Tabel 4. 2 Kandungan Senyawa Tertinggi pada Asap Cair.....	49
Tabel 4. 3 Urutan senyawa yang Berpotensi Sebagai Biopestisida	49
Tabel 4. 4 Jumlah Mortalitas Ulat grayak	52
Tabel 4. 5 Data Ms.Excel yang Akan diproses	58
Tabel 4. 6 Analisis Regresi dengan Ms. Excel.....	58

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Buah Siwalan (<i>Borassus flabellifer L.</i>).....	6
Gambar 2. 2 Limbah Kulit Buah Siwalan	7
Gambar 2. 3 Alat GC-MS.....	10
Gambar 2. 4 Ulat Grayak (<i>Spodoptera Litura F</i>)	13
Gambar 2. 5 Daur Hidup Ulat Grayak (<i>Spodoptera Litura F</i>)	14
Gambar 2. 6 Daur Hidup Larva Instar Satu Sampai Instar Lima	15
Gambar 3. 1 Diagram Kerangka Berpikir Penelitian	32
Gambar 3. 2 Diagram Alir Tahapan Penelitian	34
Gambar 4. 1 Asap Cair Limbah Kulit Buah Siwalan	47
Gambar 4. 2 Kromatogram GCMS Asap Cair Limbah Kulit Buah Siwalan	48
Gambar 4. 3 Grafik Presentase Mortalitas Ulat Grayak.....	54
Gambar 4. 5 Mortalitas Ulat Grayak	57
Gambar 4. 4 Grafik Hubungan Antara Nilai Probit dan Konsentrasi (Ppm).....	59

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR RUMUS

Rumus 3. 1 Nilai Mortalitas	41
Rumus 3. 2 Nilai Regresi	41



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara agraris dengan sektor pertanian sebagai sumber mata pencaharian dari mayoritas penduduknya. Pertanian memiliki peran penting dalam mendukung kesejahteraan negara yang berpotensi besar sebagai pemicu pemulihan ekonomi nasional. Menurut data BPS (2021) pertumbuhan ekonomi Indonesia triwulan II-2021 menyatakan bahwa produksi domestik bruto (PDB) Indonesia dari sisi produksi, lapangan usaha pertanian, kehutanan, dan perikanan mengalami pertumbuhan tertinggi yaitu sebesar 12,93% pertumbuhan.

Dunia pertanian memiliki masalah dalam upaya peningkatan kualitas produksi pangan. Salah satunya yaitu serangan hama yang dapat merusak tanaman seperti ulat grayak. Ulat grayak mampu memakan semua daun tanaman dalam waktu singkat. Tanaman yang menjadi makanan ulat grayak yaitu seperti tomat, jagung, padi, cabai maupun tanaman berdaun lunak lainnya. Hal ini mengakibatkan gagal panen. Kasus ini pernah melanda daerah Lamongan, ratusan hektar perkebunan jagung terancam gagal panen akibat serangan ulat grayak yang merusak daun dan batang dari umur jagung yang masih satu bulan (Didi, 2020). Dalam hal ini petani menggunakan pestisida sebagai upaya untuk membasmi hama sejak dini hingga menghabiskan banyak biaya perawatan.

Maraknya penggunaan pestisida menjadi salah satu faktor degradasi lahan di Indonesia akibat residu yang dihasilkan. Residu pestisida telah ditemukan mencemari tanah, air minum, air sungai, air sumur, maupun udara. Residu ini secara langsung ataupun tidak langsung mengakibatkan kondisi lahan pada suatu lingkungan mengalami penurunan. (Yuantari, 2011). Zat residu yang dihasilkan oleh pemakaian pestisida mampu mengakibatkan magnifikasi biologis pada rantai makanan. (Putri, dkk, 2014).

Dampak negative penggunaan pestisida dapat digantikan dengan jenis pestisida yang berasal dari bahan yang ramah lingkungan, seperti biopestisida yang berasal dari makhluk hidup (tanaman, hewan, atau mikroorganisme). Asap cair merupakan cairan dispersi uap asap dalam air, atau cairan hasil kondensasi dari biomassa seperti pirolisa kayu, tempurung kelapa, atau bahan sejenis yang dapat di manfaatkan sebagai biopestisida, karena bersifat antioksidatif. (Hutomo, dkk, 2015). Asap cair diperoleh dari pembakaran bahan yang banyak mengandung selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Senyawa tersebut akan menghasilkan asam, fenol, karbonil, dan senyawa lainnya yang dapat mematikan organisme pengganggu. (Isa, dkk, 2019).

Buah siwalan merupakan tanaman palma (pinang – pinangan) yang banyak tumbuh di Kabupaten Tuban. Pemanfaatan siwalan di kalangan masyarakat untuk saat ini hanya sebatas pada buah, daun, batang, dan bunga, sehingga banyak limbah kulit buah siwalan yang terkumpul menjadi sampah organik lalu dibakar, sedangkan kulit limbah buah siwalan menurut Boopathi, dkk (2012), mengandung 68,94% selulosa, 5,37% lignin, dan 14,03% hemiselulosa yang berpotensi sebagai bahan baku pembuatan asap cair. Hal ini menggambarkan firman Allah SWT dalam surah Ali-Imran 191 yang menjelaskan bahwa :

الَّذِينَ يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَامًا وَقُعُودًا وَعَلَىٰ جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ السَّمٰوٰتِ وَالْاَرْضِ رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هٰذَا بٰطِلًا سُبْحٰنَكَ فَقِنَا عَذٰبَ النَّارِ

Artinya : *(yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri, duduk atau dalam keadaan berbaring, dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata), “Ya Tuhan kami, tidaklah Engkau menciptakan semua ini sia-sia; Mahasuci Engkau, lindungilah kami dari azab neraka.*

Ayat ini menunjukkan bahwa proses berpikir adalah ibadah dan termasuk sifat wali Allah yang mengenalnya. Setelah memikirkannya, mereka mengetahui bahwa Allah tidak menciptakan suatu hal dengan sia-sia. (Marwan, 2016). Seperti halnya limbah yang dianggap tidak bernilai, adakalanya masih menyimpan potensi kebermanfaatannya.

Berdasarkan persoalan yang telah dikemukakan, maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk menguji potensi biopestisida asap cair dari limbah kulit buah siwalan. Pengujian dilakukan dengan regresi Polinomial ordo 3 untuk mencari nilai LC_{50} pada mortalitas ulat grayak. Kemudian, pengujian senyawa yang terkandung pada asap cair dengan alat GCMS (*Gas Chromatography Mass Spectroscopy*).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut:

1. Senyawa apa yang terkandung dalam asap cair limbah kulit buah siwalan sebagai biopestisida?
2. Bagaimana pengaruh asap cair limbah kulit buah siwalan sebagai biopestisida terhadap mortalitas ulat grayak?
3. Berapakah nilai LC_{50-24} biopestisida asap cair limbah kulit buah siwalan terhadap mortalitas ulat grayak?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang diharapkan dari penelitian ini, meliputi:

1. Mengetahui senyawa yang terkandung dalam asap cair limbah kulit buah siwalan sebagai biopestisida
2. Menganalisis pengaruh asap cair limbah kulit buah siwalan sebagai biopestisida terhadap mortalitas ulat grayak.
3. Menentukan nilai LC_{50-24} biopestisida asap cair limbah kulit buah siwalan terhadap mortalitas ulat grayak

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini sebagai berikut :

1. Bagi Mahasiswa atau Akademisi
Menjadikan sarana aktualisasi serta pengembangan pengetahuan dibidang Teknik Lingkungan.
2. Bagi Universitas

Memberikan kontribusi penambahan ilmu pengetahuan dan referensi bahan penelitian lanjutan yang dapat di kaji lebih mendalam pada masa yang akan datang.

3. Bagi Masyarakat

Memberikan informasi dalam mengatasi permasalahan lingkungan yang timbul akibat limbah siwalan, serta membantu masyarakat dalam mengembangkan agroekologi dengan asap cair agar produktifitas pertanian terjaga.

4. Bagi Instansi terkait

Salah satu bentuk solusi alternatif dalam pengolahan limbah organik kulit buah siwalan serta mendukung program kementerian pertanian yaitu Desa Pertanian Organik (DPO) dengan penggunaan bio pestisida untuk pertanian yang berkelanjutan.

1.5 Batasan Masalah

Mengacu pada rumusan masalah penelitian, batasan masalah yang diambil meliputi:

1. Asap cair dibuat dari bahan baku limbah kulit buah siwalan.
2. Pengujian komponen senyawa kimia yang dihasilkan dari asap cair meliputi senyawa fenol, karbonil dan senyawa asam.
3. Parameter yang diamati adalah mortalitas ulat grayak.
4. Pengujian mortalitas biopestisida dari asap cair limbah kulit buah siwalan diberikan dalam konsentrasi yang berbeda, yaitu 5%, 7%, 9%, 11% dan 13% dengan pengulangan sebanyak dua kali untuk setiap konsentrasi.
5. Aktivitas toksik asap cair limbah kulit buah siwalan terhadap mortalitas ulat grayak dinyatakan dengan LC_{50-24} jam.
6. Ulat grayak yang digunakan larva instar 3.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Siwalan (*Borassus flabellifer L.*)

Siwalan yang terkadang disebut lontar atau tal memiliki nama ilmiah *Borassus flabellifer Linn.* Tanaman ini memiliki daun bundar menyerupai bentuk kipas dan bergerombol di pucuk pohon, tinggi pohon siwalan mampu mencapai 30 meter dengan bentuk batang yang lurus menjulang ke atas dan kekar, buah siwalan berbentuk bulat dengan diameter antara 7-20 cm dan dilapisi serabut coklat kehitaman. Siwalan banyak tumbuh pada wilayah pantai di daerah yang beriklim kering, seperti Jawa Tengah (Brebes, Semarang dan Pekalongan), Jawa Timur (Tuban, Lamongan dan Gresik), Bali (Karangasem dan Buleleng), Madura, Nusa Tenggara Barat, Nusa Tenggara Timur, Sulawesi Selatan, dan Maluku bagian Tenggara. (Tambunan, 2010). Buah siwalan dapat dilihat pada gambar 2.1.

Berikut klasifikasi ilmiah dari tanaman siwalan menurut *United States Department of Agriculture (USDA)*:

Kingdom	: <i>Plantae - Plants</i>
Sub-kingdom	: <i>Tracheobionta - Vascular plants</i>
Superdivisi	: <i>Spermatophyta - Seed plants</i>
Divisi	: <i>Magnoliophyta - Flowering plants</i>
Kelas	: <i>Liliopsida – Monocotyledons</i>
Subkelas	: <i>Arecidae</i>
Ordo	: <i>Arecales</i>
Famili	: <i>Arecaceae / Palmae - Palm family</i>
Genus	: <i>Borassus L. - borassus palm</i>
Spesies	: <i>Borassus flabellifer L</i>



Gambar 2. 1 Buah Siwalan (*Borassus flabellifer L.*)

Sumber : Artiningsih, & Purwaning, 2016

Pohon siwalan mampu menghasilkan minimal 20 butir buah. Satu tangkai buah siwalan berisi 3-7 butir daging buah yang berwarna kecoklatan yang didalamnya memiliki 2-3 biji atau tal (daging buah siwalan) yang biasa di konsumsi. Buah siwalan hampir sama dengan buah kelapa, dimana memiliki tempurung yang tebal dan keras. Pemanfaatan tanaman siwalan di kalangan masyarakat untuk saat ini masih sebatas pemanfaatan, batang, daun, akar, air nira dan buahnya saja sehingga banyak limbah serabut dan tempurung yang masih sangat jarang dimanfaatkan karena perlu penanganan khusus untuk mengolah limbah agar memiliki nilai ekonomis dan tidak mencemari lingkungan. Sabut siwalan sendiri mengandung 68,94% selulosa, 5,37% lignin, dan 14,03% hemiselulosa (Boopathi, dkk, 2012). Sabut buah siwalan yang terkandung dalam kulit buah siwalan yang belum dimanfaatkan dapat dilihat pada gambar 2.2



Gambar 2. 2 Limbah Kulit Buah Siwalan

Sumber : Dokumentasi, 2022

2.2 Asap Cair

Asap cair adalah hasil suatu proses pembakaran dari pirolisis baik secara langsung atau tidak langsung yang akan mengalami pengembunan dari bahan yang berasal dari lignin, hemiselulosa, selulosa, dan senyawa karbon lainnya dengan penggunaan panas atau suhu tinggi melalui proses pembakaran ruang tertutup, atau kedap udara (tanpa oksigen). (Anggraini & Yuniningsi, 2021). Menurut Ridhuan dan Irawan (2020), proses pirolisis asap cair mengalami beberapa tahapan proses yaitu pada tahap awal terjadi pelepasan air yang disertai pelepasan gas-gas ringan seperti CO dan CO₂. Tahap ini terjadi pada temperatur 100 sampai 200°C. Tahap kedua terjadi dekomposisi unsur dalam tempurung kelapa yaitu hemiselulosa, selulosa dan lignin. Pada suhu 200°C-250°C kandungan hemiselulosa akan terdekomposisi, pada suhu 280°C-350°C terjadi dekomposisi selulosa, pada suhu 300°C-400°C terdekomposisi lignin.

Asap cair memiliki tiga komponen yang mempengaruhi komposisi fraksi dari asap cair yaitu selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Ketiga senyawa tersebut jika mengalami proses pirolisa akan menghasilkan asam, fenol, karbonil, dan senyawa lainnya yang terdapat dalam asap cair. (Darmadji , 2002).

Menurut Iskandar dan Fitri (2018), kualitas asap cair dapat dibedakan atas dasar penggunaannya yang terdapat 3 jenis kualitas asap cair yang disebut grade asap cair, yang di uraikan sebagai berikut :

a. Asap cair grade 3

Berwarna coklat gelap, rasa asamnya kuat, beraroma asap kuat, dimanfaatkan sebagai koagulan lateks, penggumpal karet pengganti asam semut, pengganti antiseptik untuk kain, penyamakan kulit, pengganti asam semut, pengawet kayu dan pertahanan terhadap serangan rayap, pengganti Antiseptik untuk kain, virus, bakteri patogen, jamur dan protozoa. Tidak diperuntukan sebagai pengawet makanan, karena masih terdapat banyak tar yang bersifat karsinogenik.

b. Asap cair grade 2

Berwarna kecoklatan transparan, rasa asamnya sedang, beraroma asap lemah. dimanfaatkan untuk makanan dengan taste asap (bakso, daging asap, mie, tahu, telur asap, bumbu barbaque, ikan kering, ikan asap atau bandeng asap). Grade 2 ini berperan dalam pemberi rasa & aroma yang spesifik, pengganti proses pengasapan tradisional yang memakai asap secara langsung .

c. Asap cair grade 1

Berwarna bening, rasanya sedikit asam, beraroma netral, dan merupakan asap cair dengan kualitas paling baik. Grade 1 ini bagus untuk industri pangan karena dapat menghambat perkembangan bakteri karena sifat antimikrobia dan antioksidannya yang dapat berfungsi sebagai pengawet makanan, daging, bumbu, dan ikan.

Asap cair dilihat dari sifat fungsional dapat digunakan sebagai antioksidan, antijamur, antibakteri, dan berpotensi dalam pembentukan warna coklat pada produk. (Ridhuan & Irawan, 2020). Asap cair berpotensi sebagai biopestisida karena senyawa kimia yang terkandung didalamnya dapat berfungsi sebagai antimakan, dan racun pada hama. (Isa, dkk, 2019).

Asap cair untuk biopestisida dapat digunakan sebagai alternatif pengganti pestisida kimia yang mengandung residu berbahaya seperti residu bahan kimia yang mengkontaminasi tanaman, yang mampu mengganggu kesehatan manusia yang mengkonsumsinya dalam jangka panjang, pencemaran air dan tanah, serta terganggunya ekosistem akibat magnifikasi biologis. (Ridhuan & Irawan, 2020)

Dalam penelitian Isa (2019) senyawa yang terdapat pada asap cair dengan bahan baku tempurung kelapa dapat berfungsi sebagai antimakan, dan racun. Senyawa pada asap cair mampu membunuh ulat grayak selama 24 jam dengan memberi pakan rambut jagung yang sudah di semprotkan asap cair. Kematian ulat grayak ini disebabkan oleh racun yang masuk pada bagian sel tubuh ulat grayak, kemudian metabolisme sel terhambat yang berpengaruh pula dalam penghambatan transport elektron dalam mitokondria, maka pembentukan energi dari makanan sebagai sumber energi tidak terjadi, yang mengakibatkan sel tidak dapat beraktifitas, sehingga ulat grayak mengalami kematian.

2.3 Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS)

Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS) atau kromatografi gas-mass spektrometer merupakan gabungan dari alat GC dan MS yang memiliki bidang aplikasi yang sangat luas, teknik yang kuat dan metode yang disukai untuk analisis molekul kecil dan mudah menguap. Teknik ini juga dikenal karena kemampuannya dalam analisis senyawa yang tidak diketahui dan kuantisasi multi-komponen. Keluaran akhir dari GCMS adalah kromatogram massa. Total Ion Current Chromatogram (TIC) adalah kromatogram yang dibuat dengan menjumlahkan intensitas semua puncak spektral massa yang termasuk dalam pemindaian yang sama. GCMS dapat melakukan analisis kuantitatif dan kualitatif (Shimadzu, 2020)

Kombinasi alat ini memiliki penggunaan utama yaitu dalam pemisahan dan analisis campuran multi komponen seperti minyak atsiri, hidrokarbon, dan pelarut. Alat ini pada dasarnya, menggunakan detektor ionisasi nyala dan detektor penangkapan elektron (yang memiliki sensitivitas sangat tinggi) GC-MS dapat secara kuantitatif menentukan bahan yang ada pada konsentrasi yang sangat rendah. Oleh karena itu, area aplikasi terpenting kedua adalah dalam studi polusi, pekerjaan forensik, dan analisis jejak umum. Karena kesederhanaan, kepekaan, dan keefektifannya dalam memisahkan komponen campuran. (Al-Rubaye, dkk, 2017)



Gambar 2. 3 Alat GC-MS

Sumber : Universitas Gadjah Mada, 2018

Menurut al-rubaye (2017), dalam bidang lingkungan GC-MS lingkungan digunakan untuk penentuan klorofenol dalam air dan tanah, hidrokarbon aromatik polisiklik (PAH), bensin tanpa timbal, dioksin, dibenzofuran, pestisida organoklorin, herbisida, fenol, pestisida terhalogenasi, belerang di udara sangat mudah untuk disaring dengan teknik ini. Dapat digunakan untuk menyaring produk degradasi lignin dalam penelitian biomassa, pestisida pada bayam. Analisis decacyclene, ovalene dan bahkan C60 Analisis degradasi karbamazepin dan metabolitnya dalam air limbah yang diolah dan steroid dapat dilakukan tanpa derivatisasi.

2.4 Biopestisida

Serangan hama dan pathogen dalam pertanian dapat menghambat produktivitas yang berakibat hilangnya hasil panen serta menurunnya kualitas hasil, sehingga dibutuhkan adanya pengendalian. Penggunaan pestisida sintetik yang berlebihan akan merusak lingkungan serta kesehatan manusia. Hal ini disebabkan karena tidak semua pestisida mampu mengenai organisme pengganggu tanaman (OPT) sesuai sasaran. pestisida terbang sebanyak 30% ke tanah saat musim kemarau, dan pada musim hujan sebanyak 80% terbang ke dalam perairan. Bahan racun itu akan mempengaruhi biota, baik yang hidup di tanah, air maupun permukaan atas tanaman seperti mikroba epifit. (Suryaningsih & Hadisoeganda, 2004). Hal

ini memunculkan solusi alternatif dengan berkembangnya biopestisida yang bersifat ramah lingkungan. Biopestisida akan dengan mudah terdegradasi oleh sinar matahari dan tercuci tanah.

Biopestisida adalah jenis pestisida tertentu yang berasal dari bahan alam seperti hewan, tumbuhan, bakteri, dan mineral tertentu. Menurut *Environmental Protection Agency* (EPA) Biopestisida terbagi menjadi tiga kelas utama:

1. Pestisida biokimia yang berasal dari zat alami sebagai pengendalian hama dengan mekanisme tidak beracun. Pestisida biokimia termasuk zat yang mengganggu perkawinan, seperti feromon seks serangga, serta berbagai ekstrak tumbuhan beraroma yang menarik serangga hama ke perangkap.
2. Pestisida mikroba terdiri dari mikroorganisme (misalnya, bakteri, jamur, virus atau protozoa) sebagai bahan aktif. Pestisida mikroba dapat mengendalikan berbagai jenis hama, meskipun masing-masing bahan aktif yang terpisah relatif spesifik untuk hama sasarannya. Misalnya, ada jamur yang mengendalikan gulma tertentu dan jamur lain yang membunuh serangga tertentu.

Pestisida mikroba yang paling banyak digunakan adalah *Bacillus thuringiensis*, atau Bt. Setiap strain bakteri ini menghasilkan campuran protein yang berbeda dan secara khusus membunuh satu atau beberapa spesies larva serangga yang terkait. Sementara beberapa bahan Bt mengendalikan larva ngengat yang ditemukan pada tanaman, bahan Bt lainnya khusus untuk larva lalat dan nyamuk. Spesies serangga target ditentukan oleh apakah Bt tertentu menghasilkan protein yang dapat mengikat reseptor usus larva, sehingga menyebabkan larva serangga kelaparan.

3. *Plant-Incorporated-Protectants* (PIPs) adalah zat pestisida yang dihasilkan tanaman dari materi genetik yang telah ditambahkan ke tanaman. Misalnya, para ilmuwan dapat mengambil gen untuk protein pestisida Bt dan memasukkan gen tersebut ke dalam materi genetik tanaman itu sendiri. Kemudian tanaman, bukan bakteri Bt, memproduksi zat yang menghancurkan hama.

Keunggulan dan kelemahan penggunaan biopestisida menurut Setiawati, dkk (2008) sebagai berikut :

Keunggulan

1. Mengalami degradasi atau penguraian yang cepat oleh sinar matahari
2. Memiliki pengaruh menghentikan nafsu makan serangga walaupun jarang menyebabkan kematian
3. Nilai toksitas umumnya rendah terhadap hewan serta relatif lebih aman pada manusia (*lethal dosage (LD) >50 Oral*)
4. Memiliki spektrum pengendalian sebagai racun lambung dan syaraf yang luas dan bersifat selektif.
5. Mengatasi OPT yang kebal dengan pestisida sintetis
6. Nilai *fitotoksitas* relatif rendah, yaitu tidak beracun dan merusak tanaman
7. Murah dan dapat dengan mudah dibuat.

Kelemahan

1. cepat terurai dan aplikasinya harus lebih sering
2. daya racunnya rendah (tidak langsung mematikan serangga/memiliki efek lambat)
3. kapasitas produksinya masih rendah dan belum dapat dilakukan dalam jumlah massal (bahan tanaman untuk pestisida nabati belum banyak dibudidayakan secara khusus)
4. ketersediaannya di toko-toko pertanian masih terbatas
5. kurang praktis dan tidak tahan disimpan.

2.5 Ulat Grayak

Ulat grayak yang memiliki nama latin *Spodoptera litura F.* merupakan salah satu hama pemakan daun yang sangat merugikan bagi petani. Kehilangan hasil akibat serangga hama ini dapat mencapai 80% bahkan jika tidak dikendalikan akan mengakibatkan gagal panen. Hama ini dilaporkan dapat menyerang banyak tanaman di antaranya cabai, kubis, padi, jagung, tomat, buncis, tembakau, terung, kentang, kacang tanah dan kacang kedelai.

Ulat grayak dilaporkan menyebar di daerah yang beriklim panas dan lembab dari subtropis sampai tropis seperti Asia, Pasifik dan Australia. Hama ini menyebar di Indonesia dari Nangroe Aceh Darussalam, Jambi, Sumatera Selatan, Pulau Jawa, Bali, Nusa Tenggara Barat, Sulawesi Tengah, Sulawesi Selatan, Maluku dan Papua. Morfologi ulat grayak dapat dilihat pada gambar 2.6. dengan klasifikasi sebagai berikut (Marwoto & Suharsono, 2008):

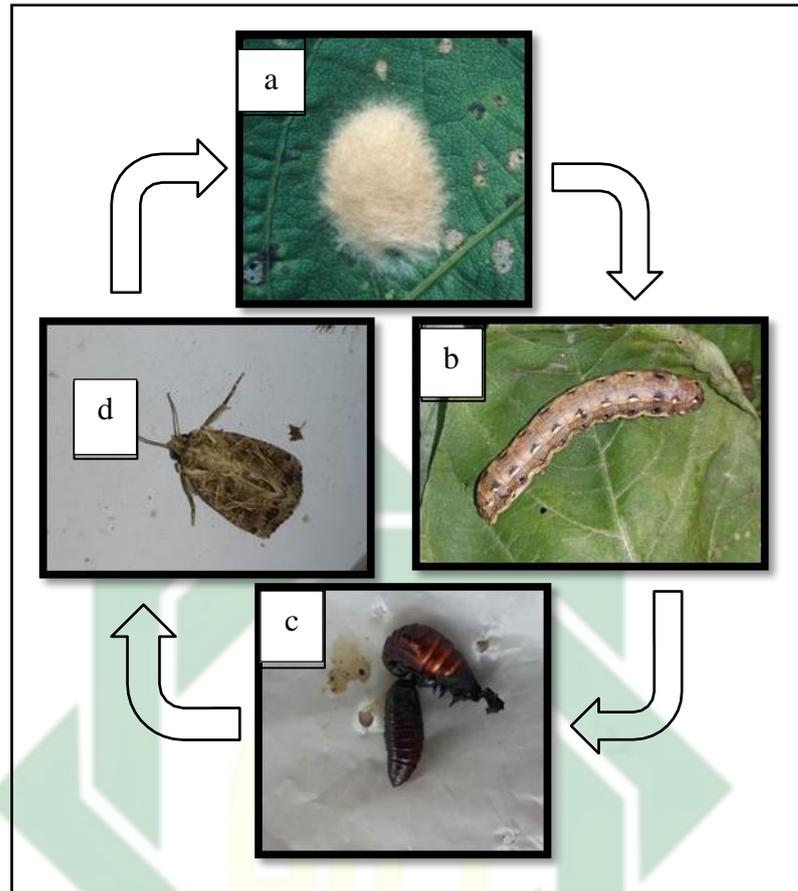
Kingdom : *Animalia*
Phylum : *Arthropoda*
Classis : *Insecta*
Ordo : *Lepidoptera*
Familia : *Noctuidae*
Genus : *Spodoptera*
Spesies : *Spodoptera litura F.*



Gambar 2. 4 Ulat Grayak (*Spodoptera Litura F*)

Sumber : Dokumentasi, 2022

Ulat grayak berkembang biak dengan cara bertelur dan mengalami metamorfosis sempurna yang terjadi melalui empat tahapan, yaitu telur, larva, pupa dan imago berupa ngengat. Daur hidup ulat grayak dapat dilihat pada gambar 2.5



Gambar 2. 5 Daur Hidup Ulat Grayak (*Spodoptera Litura F*) secara umum: a. telur, b. Izarva, c. Pupa, d. Imago (ngengat)

Sumber : Gokok, 2017

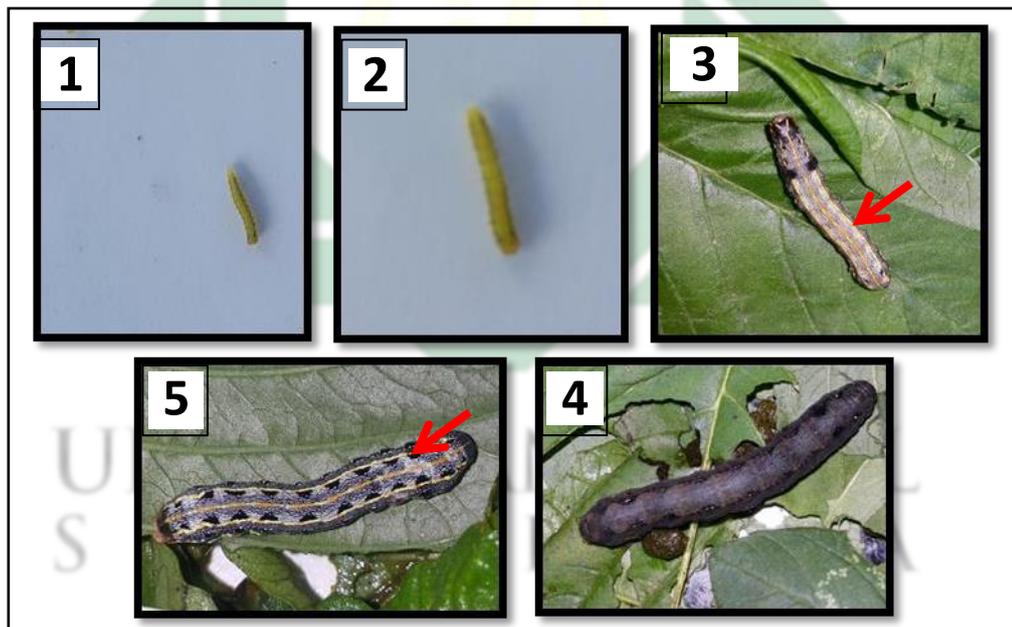
Ngengat betina menempatkan telurnya secara berkelompok pada permukaan daun, setiap kelompok berisi sekitar 25-500 telur. Telur ngengat berbentuk hampir bulat dan terdapat bagian datar yang melekat pada daun. Telur ulat grayak tertutup bulu yang berwarna kekuning-kuningan dan setelah 2-4 hari akan menetas menjadi ulat (larva). (Marwoto & Suharsono, 2008)

Daur hidup larva melewati 5 fase instar yang dapat dilihat pada gambar 2.6, dengan uraian sebagai :

1. Larva instar 1 : warna tubuh kuning memiliki bulu-bulu halus, kepala berwarna hitam lebar 0,2-0,3 mm.
2. Larva instar 2 : warna tubuhnya hijau, panjang 3,75-10 mm, tidak terlihat adanya bulu, muncul garis hitam pada ruas pertama abdomen dan pada toraks terdapat garis putih memanjang.

3. Larva instar 3 : terdapat garis zig-zag putih pada bagian abdomen dan bulatan berwarna hitam di sepanjang tubuh ulat. Instar 3 memiliki Panjang sekitar 8-15 mm dan lebar kepala 0,5-0,6 mm yang berlangsung selama empat hari.
4. Instar 4 : memiliki warna tubuh bervariasi yang terdiri dari hijau, keputihan, hijau kekuningan dan hijau keunguan serta panjang tubuhnya mencapai 13 hingga 20 mm yang berlangsung selama 4 hari.
5. Instar 5 : memiliki warna hijau gelap dengan garis punggung berwarna gelap memanjang, pada fase instar 5 sudah mulai hidup berpencar. Ulat pada instar 5 memiliki panjang 50 mm.

Jumlah fase keseluruhan stadium larva terjadi selama 20 hari sampai 26 hari, kemudian akan bermetamorfosis menjadi pupa (Sudarmo, 1991). Hal tersebut dapat dilihat pada gambar 2.8



Gambar 2. 6 Daur Hidup Larva Instar Satu Sampai Instar Lima

Sumber : Gokok, 2017

Perkembangan Larva sekitar 12-15 hari. Larva yang baru menetas makanannya dari daun yang ditempati telur dalam bentuk berkelompok, kemudian menyebar dengan menggunakan benang yang keluar dari mulutnya dan pindah dari tanaman ke tanaman lain. (Fattah & Ilyas, 2016). Fase larva awal, ulat akan makan secara berkelompok pada malam hari dan siang hari

mereka akan bersembunyi, larva akan meninggalkan sisa-sisa epidermis bagian atas dan tulang daun, sehingga dari kejauhan terlihat berwarna putih transparan (Balitbang, 2006). Serangan berat pada umumnya terjadi pada musim kemarau dan menyebabkan defoliasi yang sangat berat, serangan ini dapat membuat tanaman gundul karena daun dan buah habis dimakan ulat (Marwoto & Suharsono, 2008)

2.6 Uji Mortalitas

Mortalitas merupakan ukuran tingkat toksisitas zat yang dilihat dari jumlah kematian pada suatu populasi. Mortalitas terjadi karena adanya gangguan yang disebabkan oleh bahan yang terkandung pada asap cair. Uji mortalitas dilakukan untuk mencari nilai LC₅₀. Lethal Concentration 50 (LC50) yaitu konsentrasi yang menyebabkan kematian sebanyak 50% dari organisme uji yang dapat diestimasi dengan grafik dan perhitungan, pada suatu waktu pengamatan tertentu, misalnya LC50 48 jam, LC50 96 jam sampai waktu hidup hewan uji. Lethal Concentration 50 atau biasa disingkat LC50 adalah suatu perhitungan untuk menentukan keaktifan dari suatu ekstrak atau senyawa. (Yulianto & Amaloyah, 2017)

Berdasarkan kepada lamanya, metode penambahan larutan uji dan maksud uji toksisitas diklasifikasikan sebagai berikut Rosianna (dalam Yulianto, dan Amaloyah, 2017) :

1. Klasifikasi menurut waktu, yaitu uji hayati jangka pendek (*short term bioassay*), jangka menengah (*intermediate bioassay*) dan uji hayati jangka panjang (*long term bioassay*).
2. Klasifikasi menurut metode penambahan larutan atau cara aliran larutan, yaitu uji hayati statik (*static bioassay*), pergantian larutan (*renewal bioassay*), mengalir (*flow trough bioassay*).
3. Klasifikasi menurut maksud dan tujuan penelitian adalah pemantauan kualitas air limbah, uji bahan atau satu jenis senyawa kimia, penentuan toksisitas serta daya tahan dan pertumbuhan organisme uji.

Melalui uji mortalitas diketahui bahwa angka kematian meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi toksik. Konsentrasi sampel yang

terpapar sebanding dengan tingkat toksin dan toksisitas. Selain itu, waktu pemaparan yang lebih lama mampu mempengaruhi angka kematian, karena waktu yang lebih lama menyebabkan akumulasi toksik yang lebih tinggi. (Kasmara, dkk, 2018)

2.7 Intergrasi Keislaman

Zaman Nabi Muhammad merupakan zaman dimana bidang pertanian dalam peradaban Islam dimulai. Kaum anshor menjadi teladan umat karena mereka sangat memperhatikan bidang pertaniannya, Profesi tersebut sangat dianjurkan Nabi Muhammad, bahkan Nabi memintan mereka untuk memakmurkannya serta menjadikan pertanian dan perkebunan sebagai alat pemersatu kaum Muhajirin dan kaum Anshor (Khuluq, dkk , 2020). Hal ini memperlihatkan begitu pentingnya pertanian dalam pandangan Islam seperti halnya firman Allah SWT dalam surah Yassin ayat 33-35 :

وَأَيُّ لَّهُمُ الْأَرْضُ الْمَيْتَةَ أَحْيَيْنَاهَا وَأَخْرَجْنَا مِنْهَا حَبًّا فَمِنْهُ يَأْكُلُونَ
وَجَعَلْنَا فِيهَا جَنَّاتٍ مِّن تَخِيلٍ وَأَعْنَابٍ وَفَجْرْنَا فِيهَا مِنَ الْعُيُونِ
لِيَأْكُلُوا مِن ثَمَرِهِ وَمَا عَمِلَتْهُ أَيْدِيهِمْ أَفَلَا يَشْكُرُونَ

Artinya :

33. Dan suatu tanda (kekuasaan Allah yang besar) bagi mereka adalah bumi yang mati. Kami hidupkan bumi itu dan Kami keluarkan dari padanya biji-bijian, Maka daripadanya mereka makan.

34. Dan Kami jadikan padanya kebun-kebun kurma dan anggur dan Kami pancarkan padanya beberapa mata air,

35. Supaya mereka dapat Makan dari buahnya, dan dari apa yang diusahakan oleh tangan mereka. Maka Mengapakah mereka tidak bersyukur?

Ahmad Musthafa Al-Maraghi menjelaskan bahwa ayat ini merupakan bukti kekuasaan Allah SWT yang mana telah dihidupkan kembali bumi yang sudah mati dengan menurunkan air hujan, lalu tumbuh-tumbuhan hidup kembali dengan sangat subur, lalu biji atau tanaman yang dihasilkan mampu memenuhi kebutuhan makan bagi manusia dan makhluk hidup lain sehingga

kehidupan manusia menjadi Makmur. Selain itu Allah SWT juga membuatkan sungai yang mengalir di berbagai tempat, untuk manusia dapat memakan buah dari kebun itu dengan hasil dari tangan mereka sendiri. Oleh karenanya Allah SWT menyeru kepada manusia untuk selalu bersyukur atas nikmatnya. (Fuadi, 2016)

Nabi Muhammad menganjurkan bercocok tanam (pertanian) dari Jabir bin Abdullah Rodhiyallohu Anhu, dia bercerita bahwa Nabi Muhammad SAW bersabda :

مَا مِنْ مُسْلِمٍ بَغَرَسَ غَرْسًا أَوْ يَزْرَعَ زَرْعًا فَيَأْكُلُ مِنْهُ طَيْرٌ أَوْ إِنْسَانٌ أَوْ بَيْمَةٌ إِلَّا كَانَ لَهُ بِهِ صَدَقَةٌ رَوَاهُ
البخاري

Artinya : Tidaklah seorang muslim yang menanam tanaman atau bertani kemudian burung, manusia atau pun binatang ternak memakan hasilnya, kecuali semua itu merupakan sedekah baginya. (HR. Bukhari)

Hadits tersebut merupakan dalil yang menjelaskan bahwa dalam pertanian terdapat 2 manfaat yang dapat diambil yaitu manfaat dunia dimana pertanian mampu menghasilkan produksi (menyediakan bahan makanan) demi keberlangsungan hidup, dan manfaat agama yang berupa pahala yang terus mengalir. (Khuluq, dkk , 2020).

Islam mengajarkan manusia untuk menggunakan sumber daya alam di bumi secara efektif, Karena keefektifan / penggunaan secara bijak adalah manifestasi ungkapan rasa syukur terhadap apa yang sudah di berikan Allah kepada manusia, seperti halnya tidak membuat kerusakan yang menyebabkan bencana di bumi, hal ini dijelaskan pada surat al-a'raf ayat 56 :

وَلَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ بَعْدَ إِصْلَاحِهَا وَادْعُوهُ خَوْفًا وَطَمَعًا إِنَّ رَحْمَتَ اللَّهِ قَرِيبٌ مِّنَ
الْمُحْسِنِينَ

Artinya : Dan janganlah kamu berbuat kerusakan di bumi setelah (Allah) memperbaikinya. Berdoalah kepada-Nya dengan rasa takut dan penuh harap. Sesungguhnya rahmat Allah sangat dekat kepada orang yang berbuat kebaikan

Manusia sebagai khalifah di bumi berkewajiban untuk melestarikan bumi. Allah SWT melarang manusia berbuat kerusakan di bumi. Dorongan seperti itu mewujudkan terciptanya pertanian berkelanjutan yang bersifat ramah lingkungan dengan meningkatkan upaya pencarian kembali bahan-bahan dalam pertanian seperti biopestisida yang ramah lingkungan dari pemanfaatan bahan baku tumbuhan atau limbah tumbuhan yang Seperti halnya limbah yang dianggap tidak memiliki nilai, adakalanya menyimpan potensi apabila manusia mampu berpikir, seperti yang di jelaskan pada surah Ali-Imran ayat 191 :

الَّذِينَ يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَمًا وَفُعُودًا وَعَلَىٰ جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ السَّمٰوٰتِ وَالْاَرْضِ رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هٰذَا بَطِيْلًا سُبْحٰنَكَ فَقِنَا عَذٰبَ النَّارِ

Artinya : *(yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri, duduk atau dalam keadaan berbaring, dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata), “Ya Tuhan kami, tidaklah Engkau menciptakan semua ini sia-sia; Mahasuci Engkau, lindungilah kami dari azab neraka.*

Dalam tafsir Hidayatul Insan dijelaskan bawa berpikir merupakan ibadah dan termasuk sifat para wali Allah SWT yang mengenal-Nya. Setelah mereka memikirkannya, mereka pun tahu bahwa Allah tidak menciptakannya sia-sia. (Marwan, 2016). Tafsiran tersebut seperti halnya limbah tempurung kelapa sebagai bahan baku dalam pembuatan asap cair sebagai bukti bahwa Allah SWT tidak pernah menciptakan sesuatu hal dengan percuma selalu ada kebermanfaatannya apabila manusia tergerak untuk berpikir atau mempelajarinya.

2.8 Penelitian Terdahulu

Terdapat banyak penelitian yang telah dilakukan sebelumnya oleh beberapa peneliti terkait dengan topik yang disajikan dalam **Tabel 2.1**.

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

No.	Jurnal Tahun Nama Penulis	Metode yang digunakan dalam Penelitian	Rangkuman Hasil Penelitian	Persamaan Penelitian	Perbedaan Penelitian
1.	Characteristics of Liquid Smoke of Red Fruit (<i>Pandanus conoideus</i> . L.) Waste with Pyrolysis Method and Potentially as Biopesticide. (2021). Fransisca Christina Dewi, Sumiyati Tuhuteru, Andi Aladinand dan Setiyawati Yani,	Metode penelitian : eksperimen dengan 6 pengulangan pada banyaknya limbah biji buah merah 500 g, 1000 g, dan 1500 g. Proses pirolisis dilakukan pada suhu berkisar 300-400°C selama 180 menit.	Hasil pengamatan menunjukkan asap cair yang dihasilkan lebih banyak pada berat atau kuantitas limbah biji buah merah 1000 g adalah perlakuan BM2 yang memiliki nilai pH 3,35, kandungan asam dari 14,20%, kandungan fenol total 4,91%, cukup coklat. Tebal dan berbau seperti asap cair. Tingginya kadar asam berkisar 13,73-14,20% dan kadar fenol yang tinggi berkisar 4,91-5,11% dibandingkan penelitian sebelumnya dengan bahan baku asap cair sekam padi, tempurung kelapa, dan sampah organik, menjadikan asap cair buah merah. limbah biji sebagai biopestisida dengan sifat repelan dan anti-inflamasi. Serangga memakannya karena asam dan	<ul style="list-style-type: none"> • Proses Pirolisis • Asap cair diperuntukan untuk biopestisida • Asap cair grade 3 • Analisis senyawa yang terkandung dalam asap cair menggunakan GCMS • Pengujian pH asap cair • Pengendapan selama 1 minggu dan di saring 	<ul style="list-style-type: none"> • Bahan baku yang digunakan dari buah merah. • Suhu sekitar 300-400°C

No.	Jurnal Tahun Nama Penulis	Metode yang digunakan dalam Penelitian	Rangkuman Hasil Penelitian	Persamaan Penelitian	Perbedaan Penelitian
			fenol dapat memberikan aromatik yang tidak disukai serangga		
2.	Production of Liquid Smoke From Bamboo Waste Using a Pyrolysis Reactor: Optimization and Kinetics Studies. (2021). Sinar Perbawani Abrina Anggraini, Susy Yuniningsih,	Menentukan kualitas kinerja perangkat reaktor pirolisis berdasarkan optimalnya pipa penghubung kondensor panjang dan penentuan orde reaksi. Proses pirolisis bambu berbobot 2,5 kg dengan menggunakan reaktor pirolisis dalam kondisi operasi optimal dengan ukuran pipa penghubung kondensor adalah 23 cm, 33 cm, 43 cm, 53 cm, 63 cm dan 73 cm pada 250°C selama 2 jam.	Hasil penelitian : asap cair yang optimal diperoleh dari pipa penghubung kondensor sepanjang 23 cm sebesar 21,66%. Massa bahan yang hilang : 52,49% pada pipa 73 cm. Kinerja reaktor pirolisis : 206,25 pada pipa 23 cm g / jam.m dan reaksi yang terjadi termasuk dalam orde reaksi satu.	<ul style="list-style-type: none"> • Proses pirolisis • Melakukan pembakaran menggunakan gas LPG 	<ul style="list-style-type: none"> • Bahan baku yang digunakan dari banbu • Perencanaan Desain
3.	Rancang Bangun Alat Produksi Asap Cair dengan Metode Pirolisis Menggunakan <i>Software</i>	Metode yang dilakukan adalah pirolisis dengan Perancangan alat	Hasil penelitian berupa Volume produk asap cair yang didapat mencapai lebih dari 5 kali lipat dari alat pembakaran langsung	<ul style="list-style-type: none"> • Proses pirolisis (menggunakan metode pembakaran langsung) • Pengujian pH asap cair 	<ul style="list-style-type: none"> • Bahan baku yang digunakan dari kayu karet

No.	Jurnal Tahun Nama Penulis	Metode yang digunakan dalam Penelitian	Rangkuman Hasil Penelitian	Persamaan Penelitian	Perbedaan Penelitian
	<p><i>Fusion 360</i>. (2020). Bazlina D. Afrah, Muhammad I. Riady, Lia Cundari, Muhammad A. Rizan, Agung D. Aryansyah,</p>	<p>menggunakan <i>software Fusion 360</i></p>	<p>dengan media pendingin berupa kondensor dari lilitan tembaga pada kondisi terbuka. Hal ini menunjukkan alat hasil rancangan lebih efektif dengan variabel jenis dan jumlah bahan baku serta waktu pengamatan yang sama. Pengujian kualitas asap cair dilakukan dengan mengukur densitas, pH dan rendemen. Densitas, pH, dan rendemen asap cair kayu karet basah dan kayu karet kering sebagai bahan baku secara berturut-turut adalah 0,996 gr/ml, 3,26, dan 54 % serta 1,02025 gr/ml, 3,14, dan 32 %. Asap cair dari kayu karet kering memiliki hasil yang lebih baik dengan semua variabel pengujian memenuhi standar kualitas asap cair.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Hasil produk Asap cair grade 3 	
4.	<p>Utilization of Liquid Smoke from Cocoa pod</p>	<p>Metode yang dilakukan dengan menggunakan</p>	<p>Hasil pengujian menunjukkan rendemen asap cair sebesar</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Proses Pirolisis 	<ul style="list-style-type: none"> • Bahan baku yang digunakan dari kulit buah kakao

No.	Jurnal Tahun Nama Penulis	Metode yang digunakan dalam Penelitian	Rangkuman Hasil Penelitian	Persamaan Penelitian	Perbedaan Penelitian
	husk (<i>Theobroma cocoa</i> L) for Germination of Red Seed (<i>Capsicum annum</i> L). (2020). Sriharti, Ashri Indriati, Savitri Dyah	pirolisis. Asap cair yang dihasilkan dilakukan uji kualitas kimia dan fisika, serta diaplikasikan sebagai pupuk cair untuk benih cabai merah (<i>Capsicum annum</i> L).	19%. Hasil analisis kualitas kimia asap cair grade III dengan menggunakan GCMS terdeteksi 30 komponen kimia, yaitu senyawa asam asetat, fenol, asam karbamat. Analisis kualitas fisik menunjukkan bau yang sangat menyengat, berwarna coklat kemerahan, dan endapan hitam berupa tar. Serta konsentrasi asap cair berpengaruh sangat nyata terhadap potensi pertumbuhan dan perkecambahan maksimal benih cabai merah (<i>Capsicum annum</i> L).	<ul style="list-style-type: none"> • Hasil produk Asap cair grade 3 • Analisis senyawa yang terkandung dalam asap cair menggunakan GCMS • Desain perencanaan kondensor 	<ul style="list-style-type: none"> • Asap cair digunakan untuk pupuk cabai merah
5.	Pemanfaatan Asap Cair Tempurung Kelapa Sebagai Pestisida Organik terhadap Mortalitas Ulat Grayak (<i>Spodoptera Litura F.</i>). (2019). Ishak Isa, Wenny J.A Musa, Sity Wirid Rahman	Asap cair diperoleh melalui proses pirolisis tempurung kelapa, dan hasil produksi dianalisis menggunakan GCMS, di uji kadar asam, uji kadar fenol, uji pH asap cair dan uji pengaruh hasil asap cair tempurung kelapa	Hasil pirolisis yang didapatkan asap cair grade 3 yang digunakan sebagai pestisida organik pada ulat grayak dengan varian konsentrasi yang digunakan yaitu 1, 3, 5 dan 7%. Hasil analisis GCMS diketahui terdapat 7 senyawa, metil ester,	<ul style="list-style-type: none"> • Proses Pirolisis • Analisis senyawa yang terkandung dalam asap cair menggunakan GCMS • Uji mortalitas untuk menguji hasil produk dengan memakai ulat grayak 	<ul style="list-style-type: none"> • Bahan baku yang digunakan dari tempurung kelapa

No.	Jurnal Tahun Nama Penulis	Metode yang digunakan dalam Penelitian	Rangkuman Hasil Penelitian	Persamaan Penelitian	Perbedaan Penelitian
		terhadap mortalitas ulat grayak.	asam oksalat, asam asetat, propanon, asam propanoat, furan, karboksaldehid, dan fenol. Nilai uji kadar asam sebesar 13,9356 mg/mL, nilai uji kadar fenol sebesar $6,537 \times 10^{-01}\%$, memiliki pH sebesar 3. Hasil penelitian menunjukkan bahwa asap cair tempurung kelapa dengan konsentrasi 7% memiliki presentasi mortalitas ulat grayak sebesar 88,89%.	<ul style="list-style-type: none"> Tujuan yang ingin dicapai asap cair grade 3 untuk pestisida organik Uji nilai PH 	
6.	Characterization of Liquid Smoke Bamboo Waste with Pyrolysis Method. (2019). Warlinda E. Triastuti, Primagita A. Budhi, Elly Agustiani, Rizky A. Hidayat, Rinny Retnoningsih, and Astri A. Nisa'	Temperatur reaktor pirolisis adalah 140 oC, 180 oC, 220 oC, 260 oC dan 300 oC selama 5 jam untuk menghasilkan asap cair. Asap cair dimurnikan dengan filtrasi, distilasi dan adsorpsi. Asap cair yang dihasilkan dianalisis rendemen, keasaman, dan densitas. Identifikasi komposisi kimia asap cair	Rendemen asap cair 1.6977% sampai dengan 3.9713%; Keasaman asap cair adalah 1,49 sampai dengan 1,9; kerapatan asap cair 1.004 sampai dengan 1.045. Hasil pengujian GC-MS menunjukkan bahwa komposisi kimia asap cair memiliki senyawa Fenolik 0,5 – 0,6ppm dan asap cair tidak mengandung karsinogenik Benz (a) Pyrene.	<ul style="list-style-type: none"> Proses Pirolisis Pengujian senyawa menggunakan GC-MS 	<ul style="list-style-type: none"> Bahan baku yang digunakan dari bambu Proses filtrasi, dan absorpsi

No.	Jurnal Tahun Nama Penulis	Metode yang digunakan dalam Penelitian	Rangkuman Hasil Penelitian	Persamaan Penelitian	Perbedaan Penelitian
		dilakukan dengan Gas Chromatography and Mass Spectrometry (GC-MS).			
7.	Karakterisasi Kinerja Alat Pembuat Asap Cair dari Biomassa Pertanian. (2018). Rahmi Eka Putri, Anwar Kasim, Emriadi, Alfi Asben,	Metode : Eksperimental. Setiap perlakuan dilakukan dua kali pengulangan pada setiap bahan baku. Proses awal yaitu pirolisis dimana setiap bahan baku dimasukan sebanyak 2/3 tinggi tabung lalu ditutup rapat. Pada proses pirolisis, Asap akan keluar dari wadah dan masuk ke pipa kondensor yang berisi air mengalir dan akhirnya mengeluarkan cairan hasil kondensasi yang menetes ke dalam wadah penampung.	Hasil penelitian alat penghasil asap cair yang direkayasa dari tabung gas elpiji 12 kg telah mampu memproduksi asap cair dari bahan yang digunakan. kapasitas kinerja alat untuk tempurung kelapa, tongkol jagung, sabut kelapa, dan kulit buah kakao masing-masingnya 0.55; 0.08; 0.05; dan 0.09 kg/jam. Sedangkan rendemen asap cair masing-masingnya adalah 45.05; 8.73; 8.44; dan 18 %.	Proses kerja alat dimana pada proses pirolisis, asap akan keluar melalui pipa masuk ke pipa kondensor yang berisi air mengalir dan mengeluarkan cairan hasil kondensasi yang menetes ke dalam wadah penampung.	<ul style="list-style-type: none"> • Bahan baku yang digunakan dari campuran biomassa pertanian • Pembakaran dilakukan secara tidak langsung • Perencanaan desain alat yang berbeda
8.	Uji Karakteristik Asap Cair Sekam Padi pada Alat Pirolisis Plastik-	Metode yang digunakan adalah metode eksperimen dengan 8 kali ulangan (8 kg, 9 kg dan 10 kg).	Hasil penelitian : jumlah sekam padi memberi pengaruh berbeda terhadap rendemen. Hasil terbaik kualitas asap cair	<ul style="list-style-type: none"> • Proses Pirolisis • Analisis asap cair menggunakan GCMS • Uji nilai PH 	<ul style="list-style-type: none"> • Bahan baku yang digunakan dari limbah Kulit Siwalan

No.	Jurnal Tahun Nama Penulis	Metode yang digunakan dalam Penelitian	Rangkuman Hasil Penelitian	Persamaan Penelitian	Perbedaan Penelitian
	Sekam Padi. (2018). Diana Rosa Sitanggang	Parameter : rendemen, pemurnian asap cair dan mutu asap cair (nilai pH, kadar asam, kadar fenol dan uji organoleptic). Analisis senyawa menggunakan UV-Vis Spektrofotometer dalam pengukuran fenol serta analisis GC-MS	tergolong Grade 2 perlakuan M2 dengan nilai pH 3,19, kadar asam 5,74 %, kadar total fenol 51,31 µg/gr, berwarna kuning pucat dan cukup berbau asap.		<ul style="list-style-type: none"> • Tujuan pembuatan asap cair untuk pengawet makanan bukan bio pestisida (grade 2) • Perencanaan desain alat • Tidak adanya pemurnian dengan absorben, hanya dilakukan pengendapan. •
9.	Characteristics of Liquid Smoke from The Pyrolysis of Durian Peel Waste At Moderate Temperatures. (2018). M. Faisal, A. R. Yelvia Sunarti, and Hera Desvita.	Penelitian ini bertujuan untuk mengkarakterisasi asap cair yang dihasilkan dari limbah kulit durian pada suhu sedang menggunakan metode pirolisis lambat. Reaktor batch yang digunakan berkapasitas 5 kg dan dijalankan pada temperatur 300°C, 340°C, dan 380°C. Senyawa kimia yang terkandung dalam asap cair diuji secara kuantitatif menggunakan kromatografi	Hasil GC-MS menunjukkan bahwa lebih dari 15 senyawa kimia terdeteksi dalam asap cair, antara lain asam fenolat, karbonil, karboksilat, furan, dan senyawa asam. Suhu pirolisis sangat mempengaruhi komponen asap cair yang dihasilkan terutama komposisi fenol dan asetat. Kandungan fenol tertinggi (2%) terdapat pada asap cair hasil pirolisis pada suhu 300°C; sedangkan kandungan asam asetat tertinggi (8%) terdapat pada	<ul style="list-style-type: none"> • Proses Pirolisis • Pengujian senyawa menggunakan GC-MS • Asap cair grade 3 • Perlakuan bahan baku (penjemuran) 	<ul style="list-style-type: none"> • Bahan baku yang digunakan dari limbah Kulit Siwalan

No.	Jurnal Tahun Nama Penulis	Metode yang digunakan dalam Penelitian	Rangkuman Hasil Penelitian	Persamaan Penelitian	Perbedaan Penelitian
		gas-spektrometri massa (GC-MS). Asam asetat dan fenol diuji secara kualitatif menggunakan kromatografi cair kinerja tinggi (KCKT).	asap cair hasil pirolisis pada suhu 380°C.		
10.	Uji Toksisitas Bioinsektisida Ekstrak Metanol Buah Bintaro (<i>Cerbera Odollam</i> L.) terhadap Mortalitas Ulat Grayak (<i>Spodoptera Litura</i>) pada Pakan Daun Tomat. (2017). Silvia Gokok	Metode : eksperimen. Penelitian ini menggunakan RAL dengan 2 konsentrasi 0%, 1%, 1,5%, 2% dan 2,5%. Setiap konsentrasi diulang sebanyak 3 kali (15 unit perlakuan). Proses analisis data menggunakan Regresi Linier Sederhana yang bertujuan untuk mendapatkan nilai <i>LC50</i> dari penggunaan ekstrak daun bintaro, terhadap mortalitas <i>S. litura</i> .	<ul style="list-style-type: none"> • Aktivitas bioinsektisida ekstrak metanol buah bintaro terhadap mortalitas ulat grayak rendah. Semakin tinggi konsentrasi yang digunakan maka semakin tinggi pula mortalitas ulat grayak. • Nilai <i>LC50</i>-96jam bioinsektisida ekstrak metanol buah bintaro terhadap mortalitas ulat grayak yaitu 1,31%. 	<ul style="list-style-type: none"> • Metode eksperimen yang digunakan dengan uji mortalitas • Hewan uji • Kegunaan sebagai bioinsektisida 	<ul style="list-style-type: none"> • Bahan baku Ekstrak methanol buah bintaro • Konsentrasi pengujian 0%, 1%, 1,5%, 2% dan 2,5% dalam 20 ml air. • Regresi linier sederhana

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Metodologi Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen. Metode eksperimen merupakan metode penelitian yang digunakan untuk mencari pengaruh treatment tertentu (perlakuan) dalam kondisi yang terkontrol (laboratorium). (Sugiyono, 2019). Asap cair diperoleh dari proses pirolisis limbah kulit buah siwalan yang kemudian diaplikasikan pada ulat grayak untuk mengetahui pengaruh pemberian asap cair limbah kulit buah siwalan sebagai bipestisida melalui metode uji mortalitas ulat grayak dengan variasi konsentrasi yang digunakan yaitu 5%, 7%, 9%, 11% dan 13%. Setiap konsentrasi diulang sebanyak 2 kali sehingga didapatkan 10 unit perlakuan. Metode analisis data yang digunakan yaitu regresi probit untuk mencari nilai $LC_{50-24 \text{ Jam}}$.

Penelitian ini terdapat 3 variabel yang meliputi variabel bebas, variabel terikat dan variabel kontrol. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah konsentrasi asap cair. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah mortalitas ulat grayak. Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah jenis pakan yang diberikan pada ulat grayak

3.2 Waktu Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini direncanakan berlangsung selama 6 bulan, mulai bulan februari hingga juli 2022. Adapun perencanaan jadwal penelitian dapat dilihat pada tabel 3.1 berikut:

Tabel 3. 1 Jadwal Penelitian dan Penyusunan Tugas Akhir

No.	Kegiatan	Februari				Maret				April				Mei				Juni				Juli			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Pengajuan Pra Proposal			■																					
2	Penyusunan Proposal				■	■	■	■																	
3	Seminar Proposal								■	■															
4	Revisi Proposal								■	■															
5	Persiapan Alat dan Bahan										■	■													
6	Pembuatan Alat Produksi Asap Cair											■	■	■											
7	Pengujian Alat Produksi Asap Cair														■										
8	Pengujian Senyawa Asap Cair															■	■								
9	Pengujian Hasil																		■	■					
10	Penyusunan Laporan Hasil																			■	■	■			
11	Sidang Akhir																						■	■	

3.3 Lokasi Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini direncanakan melibatkan 4 titik lokasi yaitu sebagai berikut :

1. Laboratorium Mandiri untuk pengambilan sampel asap cair, di Ds. Tlogoretno, Kec. Brondong, Kab. Lamongan
2. Pengambilan sampel limbah kulit buah siwalan di Jl. Tuban Babat Gedongombo, Kec. Semanding, Kab. Tuban
3. Perbanyakan dan pemeliharaan ulat grayak, serta pengujian mortalitas ulat grayak di laboratorium Integrasi Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya. Alamat : Jl. Ahmad Yani No.117, Jemur Wonosari, Kec. Wonocolo, Kota Surabaya
4. Pengujian kandungan senyawa asap cair dengan GCMS di Laboratorium Teknik Kimia UPN "Veteran Jawa Timur. Alamat : Jl. Raya Rungkut Madya Gunung Anyar Surabaya.

3.4 Kerangka Pikir Penelitian

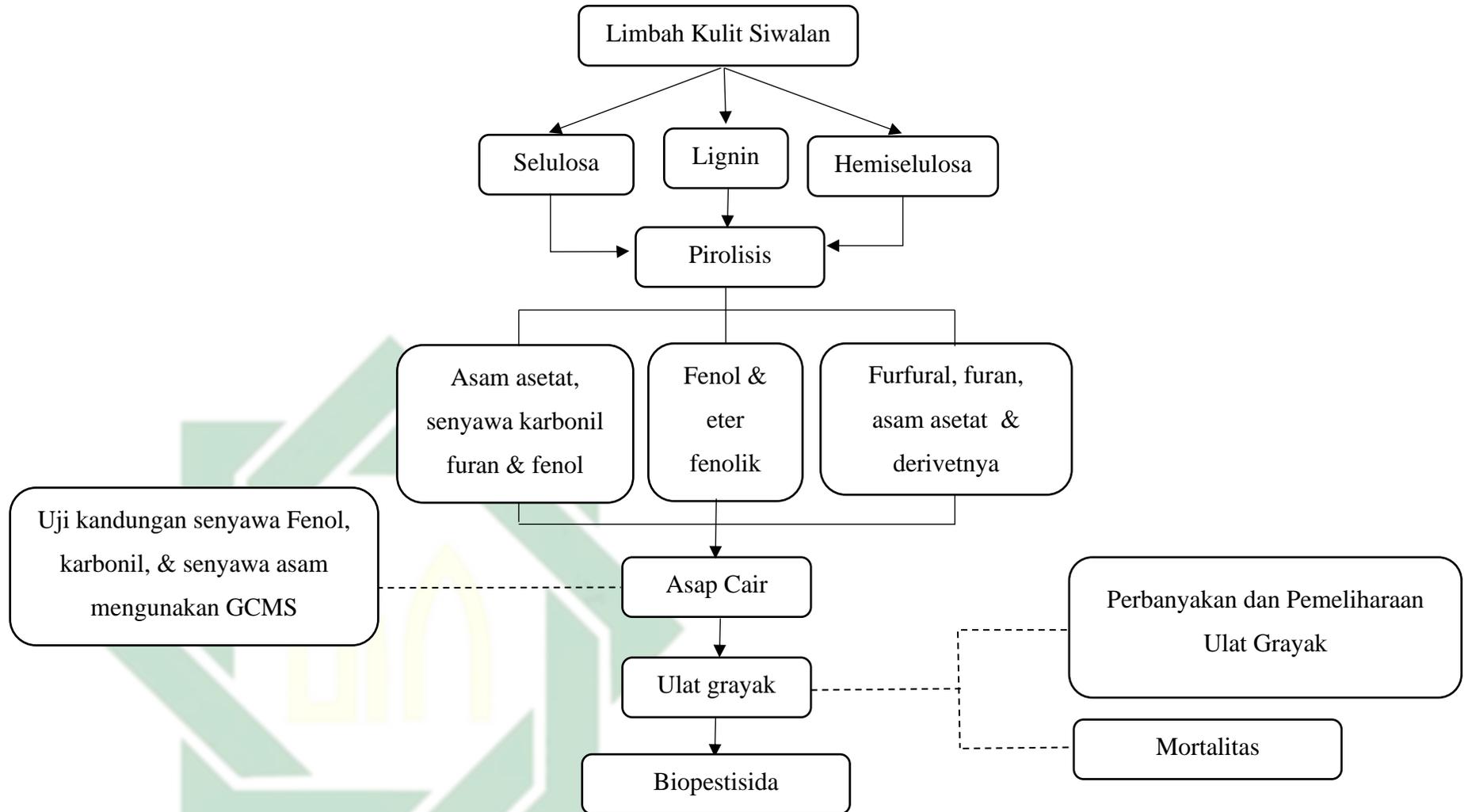
Uma Sekaran dalam bukunya *Business Research* (1992) mengemukakan bahwa, kerangka berfikir merupakan model konseptual tentang bagaimana teori berhubungan dengan berbagai faktor yang telah diidentifikasi sebagai masalah yang penting. Kerangka berfikir dalam suatu penelitian perlu dikemukakan apabila dalam penelitian tersebut berkenaan dua variable atau lebih (Sugiyono, 2019). Hal tersebut dapat dilihat pada gambar 3.1.

Diagram alir pada gambar 3.1 mengemukakan bahwa limbah kulit buah siwalan mengandung 3 komponen utama yaitu selulosa, lignin, dan hemiselulosa yang apabila dipanaskan dengan suhu tinggi (pirolisis) mampu menghasilkan zat senyawa fenol, asam-asaman, dan karbonil yang bersifat toksik bagi serangga pemakan tumbuh-tumbuhan. Maka dilakukan penelitian terkait pemanfaatan asap cair yang diperuntukan sebagai biopestisida yang mampu membunuh hama pada tanaman. Produk asap cair yang dihasilkan dari pirolisis limbah kulit buah siwalan akan dilakukan pengujian senyawa

dengan alat GCMS untuk mengetahui kandungan zat pada asap cair, selain itu untuk membuktikan tingkat efektifitas asap cair dilakukan pengujian mortalitas ulat grayak. Hewan uji ulat grayak yang digunakan pada penelitian diperoleh dari perbanyakan dan pemeliharaan ulat grayak guna memenuhi kebutuhan pengujian LC₅₀₋₂₄ jam.



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

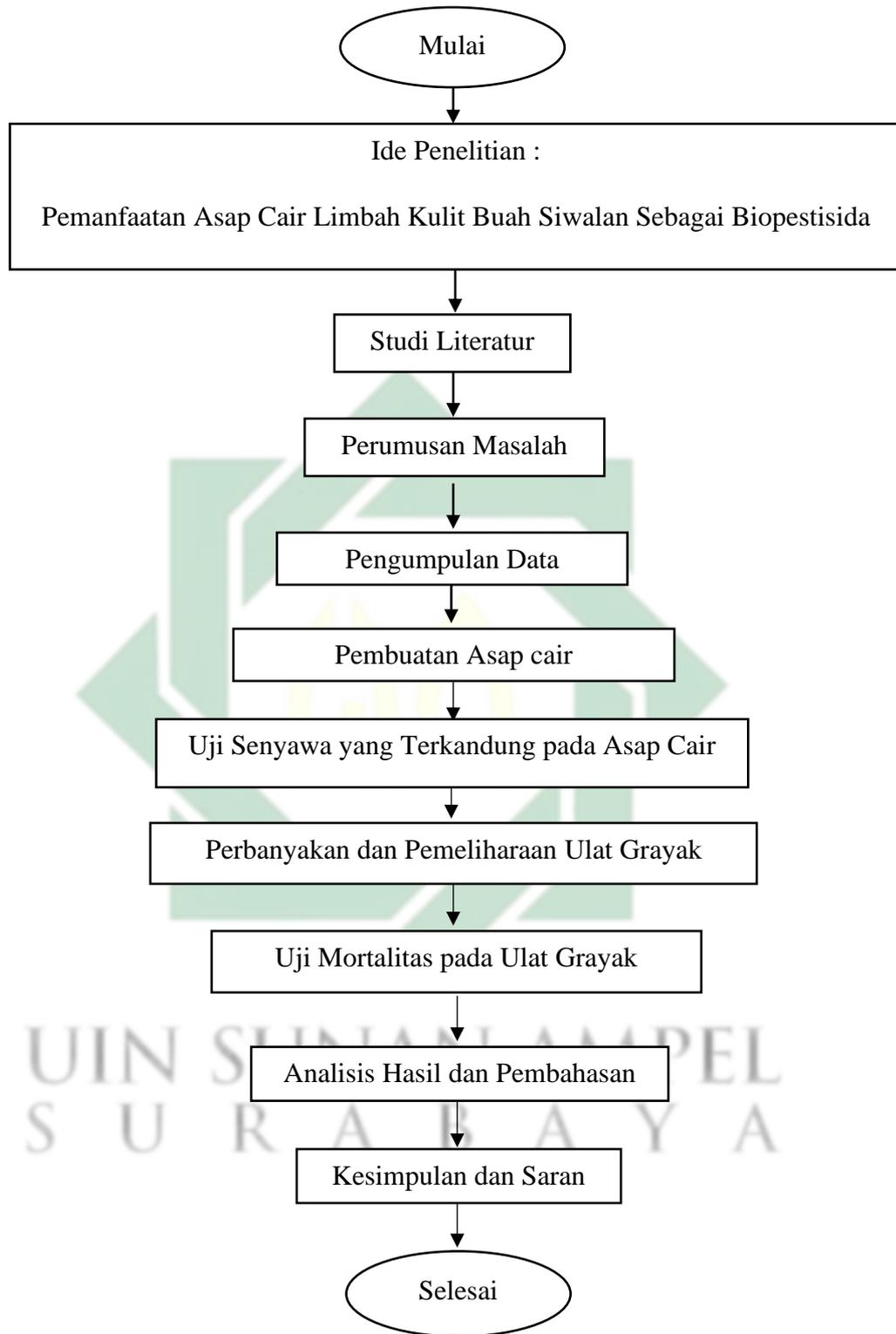


Gambar 3. 1 Diagram Kerangka Berpikir Penelitian

3.5 Tahapan dan Metode Penelitian

Tahapan dan metode penelitian pemanfaatan asap cair limbah kulit buah siwalan sebagai biopestisida digambarkan pada diagram alir **Gambar 3.3**. Diagram alir ini dibuat dengan tujuan untuk mendapatkan langkah langkah yang sistematis dalam melakukan tahapan penelitian.





Gambar 3. 2 Diagram Alir Tahapan Penelitian

3.5.1 Tahap Persiapan

Tahap persiapan dilakukan dengan studi literatur. Studi literatur merupakan cara yang diterapkan untuk mengumpulkan data data maupun sumber yang berhubungan dengan topik penelitian yang diangkat. Studi literatur bisa didapat dari berbagai sumber, seperti jurnal, buku dokumentasi, internet dan pustaka. (Estikhamah & Rumintang, 2020). Studi literatur ini dijadikan sebagai acuan dalam penulisan tugas akhir. Studi literatur yang dikaji berkaitan dengan sebagai berikut :

1. Limbah kulit buah siwalan meliputi kandungan senyawa yang terdapat pada serabut siwalan, pemanfaatan buah siwalan, keberadaan buah siwalan, dsb
2. Penggunaan asap cair sebagai biopestisida
3. Perbanyakan dan pemeliharaan ulat grayak
4. Pengujian kandungan senyawa di GCMS
5. Pengujian mortalitas pada hama ulat grayak terhadap biopestisida

3.5.2 Tahap Pelaksanaan

Tahap pelaksanaan penelitian dilakukan dengan pengumpulan data terkait. Tahap ini menyajikan metode pengumpulan data yang akan digunakan dalam penelitian. Pengumpulan data dilakukan dengan pencarian data yang berhubungan dengan penelitian secara lengkap. Data sendiri dilihat dari sumbernya dapat dibedakan menjadi 2 yaitu data hasil penelitian lapangan dan data dokumentasi. Data dokumentasi bisa berupa data hasil penelitian terdahulu baik penelitian yang dilakukan sendiri maupun orang lain. Data langsung dari lapangan sering disebut data primer, dan data dokumentasi disebut data sekunder. (Sugiyono, 2019). Metode pengumpulan dan jenis data yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada uraian **Tabel 3. 2.**

Tabel 3. 2 Pengumpulan Data

No	Data Primer	Metode	Sumber
1.	Senyawa Fenol	Analisis senyawa dilakukan secara kuantitatif dan kualitatif menggunakan alat GCMS (<i>Gas Chromatography-Mass Spectroscopy</i>) dimana sampel akan dimasukan pada alat GCMS untuk pembacaan kandungan senyawa pada sampel.	(Isa, Musa, & Rahman, 2019)
2.	Senyawa karbonil	Analisis senyawa dilakukan secara kuantitatif dan kualitatif menggunakan alat GCMS (<i>Gas Chromatography-Mass Spectroscopy</i>) dimana sampel akan dimasukan pada alat GCMS untuk pembacaan kandungan senyawa pada sampel.	(Isa, Musa, & Rahman, 2019)
3.	Senyawa asam asetat	Analisis senyawa dilakukan secara kuantitatif dan kualitatif menggunakan alat GCMS (<i>Gas Chromatography-Mass Spectroscopy</i>) dimana sampel akan dimasukan pada alat GCMS untuk pembacaan kandungan senyawa pada sampel.	(Isa, Musa, & Rahman, 2019)
4.	<i>Lethal Concentration (LC50)</i>	Uji mortalitas ulat grayak dilakukan dengan menyemprot ulat grayak dengan konsentrasi asap cair sebanyak 5%, 7%, 9%, 11% dan 13% dengan 2 kali pengulangan, dalam kurung waktu 24 jam di lakukan uji mortalitas untuk menentukan nilai toksisitas asap cair (LC_{50-24})	(Gokok, 2017) (Isa, Musa, & Rahman, 2019)

3.6 Tahap Analisa Data

3.6.1 GCMS (*Gas Chromatography-Mass Spectroscopy*)

Kualitas asap cair sangat bergantung pada komponen kimia yang terkandung di dalamnya. Terutama asap cair yang dapat digunakan sebagai biopestisida harus memiliki kandungan kimia yang mendukung fungsinya sebagai biopestisida. Analisa senyawa-senyawa penyusun asap cair secara kuantitatif dan kualitatif dengan menggunakan GC-MS menurut Oramahi, dkk (2010) yaitu:

1. Mengekstrak asap cair menggunakan pelarut diklorometan, dengan komposisi 5 ml asap cair dan 5ml diklorometan kemudian dihomogenkan dalam waktu 5 menit menggunakan corong pemisah.
2. Didiamkan sebentar fraksi atas (diklorometan) dipisahkan dari fraksi bawah.
3. Fraksi atas ditampung dan kedalam fraksi bawah ditambahkan 5 mL diklorometan, homogenkan lagi dalam corong pemisah seperti yang pertama.
4. Fraksi atas yang dihasilkan ekstraksi kedua ini dicampurkan dengan fraksi atas hasil pemisahan yang pertama
5. Kemudian dipekatkan dengan meniupkan gas Nitrogrn hingga volume yang berisi 1 mL terdeteksi meggunakan GC-MS dengan kondisi operasi:
6. Jenis pengion: EI (*Elektron Impact*)
7. Temperature injector: 280°C
8. Jenis kolom: Agilent HP 1MS dengan Panjang 30 m
9. Temperatur kolom 75°C
10. Gas pembawa: Helium dengan tekanan 13.0 kPa.

Analisis kandungan senyawa asap cair dilakukan saat analisis berakhir dengan mengamati atau mencocokkan senyawa kromatogram yang dihasilkan oleh recorder dan mass recorder serta mass spektra masing-masing senyawa sehingga dapat diketahui kandungan senyawa di dalam sampel.

3.6.2 Perbanyak dan Pemeliharaan Ulat grayak

3.6.2.1 Alat dan Bahan

Perbanyak dan pemeliharaan ulat grayak dilakukan guna mendapatkan hewan uji yang sesuai kreteria untuk pengujian mortalitas. Perbanyak dan pemeliharaan ini menggunakan alat dan bahan seperti pada tabel 3.3 berikut :

Tabel 3. 3 Alat yang digunakan dalam Perbanyakan dan Pemeliharaan Ulat Grayak

No.	Alat	Kegunaan
1.	Toples Bening	Sebagai tempat hewan uji
2.	Kuas	Untuk membersihkan kotoran ulat grayak dalam toples

Sumber : Gokok, 2017

Tabel 3. 4 Bahan yang digunakan dalam Perbanyakan dan Pemeliharaan Ulat Grayak

No.	Bahan	Kegunaan
1.	Ulat grayak	Sebagai hewan uji toksisitas asap cair
2.	Jagung	Sebagai pakan atau makanan hewan uji
3.	Madu	Sebagai pakan atau makanan hewan uji pada tahap imago (ngengat)
4.	Kapas	Sebagai media untuk meletakkan pakan
5.	Akuades	Sebagai campuran pakan atau makanan hewan uji pada tahap imago (ngengat).

Sumber : Gokok, 2017

3.6.2.2 Tahapan Perbanyakan dan Pemeliharaan Ulat Grayak

Tahap Perbanyakan hewan uji dilakukan dengan mengumpulkan larva ulat grayak dari persawahan tanaman jagung kemudian dilakukan pemeliharaan dengan tahapan sebagai berikut :

1. Memasukan pakan jagung atau daun jagung kedalam toples
2. Memasukan larva ulat grayak di atas pakan didalam toples lalu ditutup dengan penutup toples atau kain kasa.
3. Pemeliharaan dilakukan dengan mengganti pakan setiap hari dan membersihkan kotoran menggunakan kuas.
4. Ketika ulat grayak telah menjadi pupa, pupa diletakkan dalam wadah toples lain yang lebih besar dan beralaskan kertas saring.

5. Setelah \pm 11 hari pupa yang telah menjadi imago (ngengat) diberi pakan madu 10% (madu 0,2 mg dilarutkan dalam 2 ml akuades) yang diserapkan pada kapas.
6. Ketika imago menghasilkan telur, maka pindah telur ke toples lain dengan cara :
 - a. Kertas saring diletakkan pada bagian bawah toples.
 - b. Meletakkan telur di bagian atas kertas saring, lalu toples ditutup dengan kain kasa.

3.6.3 Uji Mortalitas

3.6.3.1 Alat dan Bahan

Uji mortalitas dilakukan untuk mengetahui tingkat toksisitas asap cair sebagai biopestisida pada hewan uji ulat grayak. Sebelum dilakukan pengujian dibutuhkan alat dan bahan sebagai pendukung jalannya penelitian. Alat dan bahan yang dibutuhkan diuraikan pada **tabel 3. 5** sebagai berikut :

Tabel 3. 5 Alat yang digunakan dalam Uji Mortalitas

No.	Alat	Kegunaan
1.	Kotak Bening	Sebagai tempat hewan uji
2.	Gelas ukur	Sebagai alat bantu mengukur volume larutan atau zat cair agar sesuai takaran
3.	Botol spray	Sebagai tempat larutan sampel
4.	Corong gelas	Sebagai alat bantu untuk memindah atau memasukkan larutan ke wadah.
5.	Batang pengaduk	Sebagai alat bantu menghomogenkan atau melarutkan bahan bahan dalam larutan.

Sumber : Gokok, 2017

Tabel 3. 6 Bahan yang digunakan dalam Uji Mortalitas

No.	Bahan	Kegunaan
1.	Ulat grayak	Sebagai hewan uji toksisitas asap cair

No.	Bahan	Kegunaan
2.	Asap cair	Sebagai biopestisida atau sampel yang di ujikan
3.	Air	Sebagai bahan pembawa atau sebagai pengencer larutan sampel.
4.	Daun jagung	Sebagai makanan hewan uji
5.	Kertas Label	Sebagai penanda/penamaan sampel agar tidak tertukar

Sumber : Gokok, 2017

3.6.3.2 Tahapan Uji Mortalitas

Tahap pengujian asap cair dilakukan dengan uji mortalitas pada ulat grayak dengan parameter LC_{50} . Pengujian dilakukan dengan metode pencelupan daun (*leaf dipping methods*) dengan tahap pelaksanaan meliputi :

1. Menyiapkan ulat grayak instar 3 dalam kondisi sehat pada wadah toples bening dalam kondisi bersih sebanyak 10 ekor
2. Melakukan aklimatisasi (dilaporkan) pada hewan uji selama 1-2 jam sebelum pengujian.
3. Menyiapkan 5 varian konsentrasi asap cair dalam cawan dan control yang hanya direndam *aquadest*. Berikut variasi konsentrasi asap cair yang diujikan:
 - a. Konsentrasi 5% : 5 ml asap cair + Aquades 95 ml
 - b. Konsentrasi 7% : 7 ml asap cair + Aquades 93 ml
 - c. Konsentrasi 9% : 9 ml asap cair + Aquades 91 ml
 - d. Konsentrasi 11% : 11 ml asap cair + Aquades 89 ml
 - e. Konsentrasi 13% : 13 ml asap cair + Aquades 87 ml
4. Mecerupkan daun jagung pada masing-masing konsentrasi asap cair selama 10 menit.
5. Masukkan daun jagung kedalam toples sebagai pakan hewan uji sebanyak 10 g dengan pengulangan sebanyak 2 kali untuk setiap konsentrasi.

- Melakukan pengamatan terhadap jumlah ulat grayak yang mati dalam waktu 24 jam.

3.6.3.3 Analisis Hasil Uji Mortalitas

Mortalitas ulat grayak diamati dengan cara menghitung jumlah ulat yang mati yaitu dengan beberapa ciri seperti penurunan nafsu makan, dan tidak bergerak jika disentuh. Pengamatan dilakukan dengan cara menghitung mortalitas larva dengan menggunakan rumus 3.1:

$$\% \text{ Mortalitas} = \frac{\text{Jumlah larva mati}}{\text{Jumlah total larva}} \times 100\%$$

Rumus 3. 1 Nilai Mortalitas

Sumber : Yulianto, 2017

Analisi data dalam uji mortalitas ini menggunakan Regresi Linier yaitu analisis probit dengan bantuan software Microsoft excel untuk mendapatkan nilai $LC_{50-24 \text{ jam}}$ dari pengujian antara konsentrasi asap cair dengan mortalitas ulat grayak. Analisi probit dilakukan untuk mencari hubungan nilai logaritma konsentrasi bahan toksik uji. Nilai Probit dari persentase mortalitas hewan uji merupakan fungsi linear (Yulianto & Amaloyah, 2017)

Rumus regresi yang digunakan dapat dilihat pada rumus berikut dimana Nilai probit diperoleh dari tabel transformasi dari persen ke probit seperti pada **tabel 3.7** berikut :

$$Y = a + bx$$

Rumus 3. 2 Nilai Regresi

Sumber : Finney, 1952

Keterangan :

X = Variabel independen (konsentrasi asap cair)

Y = Variabel dependen (persentase mortalitas *S.litura*)

a = Konstanta (nilai Y apabila X = 0)

b = Koefisien regresi

Tabel 3. 7 Transformasi dari Persen ke Probit

%	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	-	2,67	2,95	3,12	3,25	3,36	3,45	3,52	5,59	3,66
10	3,72	3,77	3,82	3,87	3,92	3,96	4,01	4,05	4,08	4,12
20	4,16	4,19	4,23	4,26	4,29	4,33	4,36	4,39	4,42	4,45
30	4,48	4,50	4,53	4,56	4,59	4,61	4,64	4,67	4,69	4,72
40	4,75	4,77	4,80	4,82	4,85	4,87	4,90	4,92	4,95	4,97
50	5,00	5,03	5,05	5,08	5,10	5,13	5,15	5,18	5,20	5,23
60	5,25	5,28	5,31	5,33	5,36	5,39	5,41	5,44	5,47	5,50
70	5,52	5,55	5,58	5,61	5,64	5,67	5,71	5,74	5,77	5,81
80	5,84	5,88	5,92	5,95	5,99	6,04	6,08	6,13	6,18	6,23
90	6,28	6,34	6,41	6,48	6,55	6,64	6,75	6,88	7,05	7,33
-	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
99	7,33	7,37	7,41	7,46	7,51	7,58	7,65	7,75	7,88	8,09

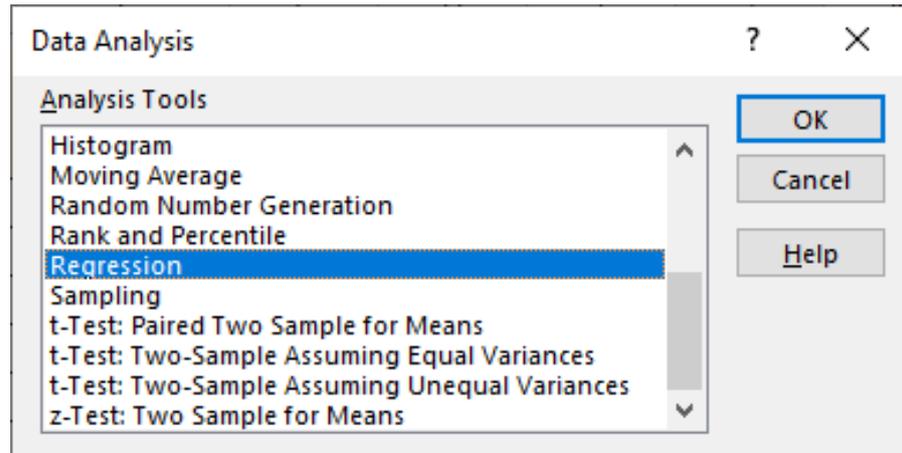
Sumber : Finney, 1952

LC₅₀ pada umumnya dinyatakan dalam satuan mg/L atau mg/serangga. Semakin kecil nilai LD₅₀ atau LC₅₀, maka semakin beracun Insektisida tersebut. Analisis data dari hasil uji mortalitas dalam penelitian ini dapat disimpulkan tingkat toksisitas dengan melihat tabel 3.8 korespondensi LC₅₀ dan toksisitas.

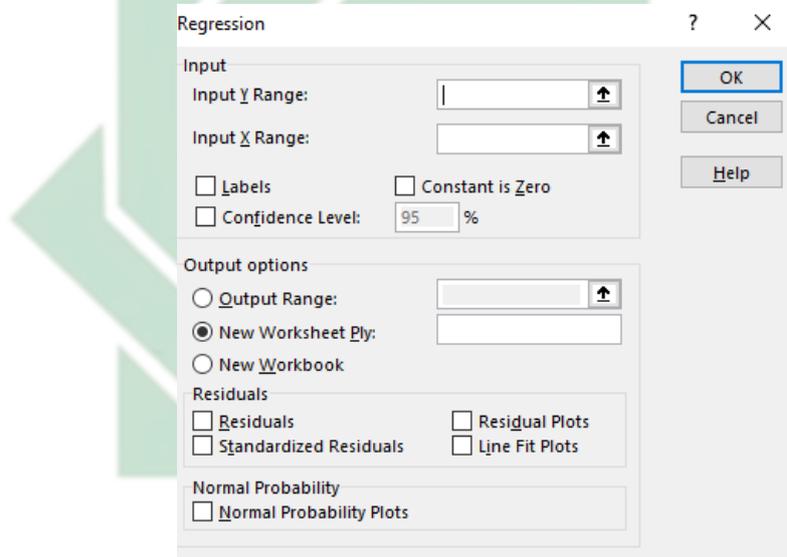
Tabel 3. 8 Keriteria Toksisitas

Toksisitas LC ₅₀ (mg/l)	Tingkat Toksisitas
< 1	Sangat Tinggi
1-10	Tinggi
>10-100	Sedang
>100	Rendah

Sumber : Hendri, Dkk , 2010



4. Selanjutnya akan muncul tampilan untuk memasukkan data-data yang akan di proses.



Gambar 3. 4 Memasukan Data yang Akan Diproses
 Sumber : Analisis, 2022

- a. Input Y Range (ketik atau blok data yang ingin dimasukkan). Input Y Range berisi variabel terikat (dependent variable).



Gambar 3. 5 Memasukan Data Y
 Sumber : Analisis, 2022

- b. Input X Range. Input X Range berisi variabel bebas (independent variable).

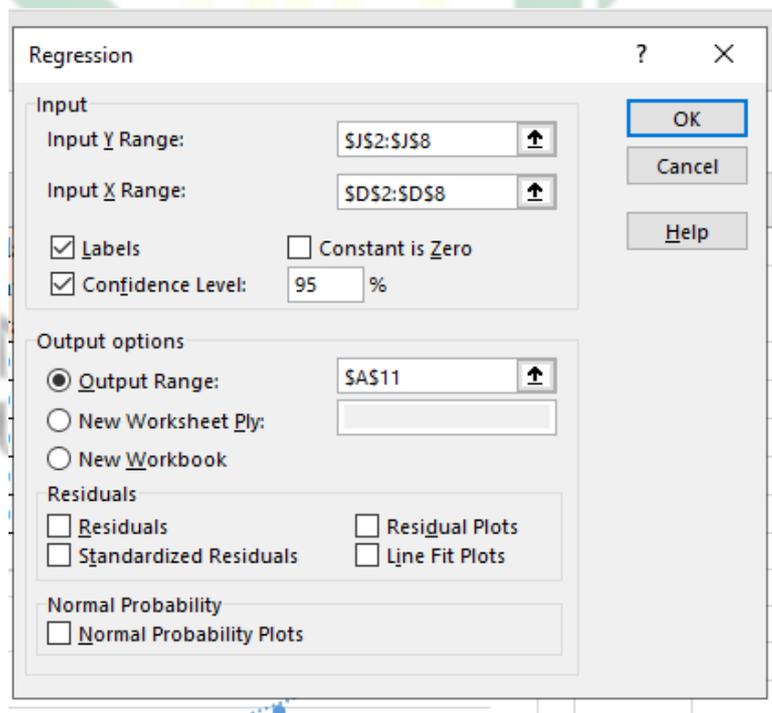


Gambar 3. 6 Memasukan Data X

Sumber : Analisis, 2022

Catatan: memasukan data Y range atau X range, didalamnya termasuk judul/nama variabel.

- c. Selanjutnya conteng kotak Labels. Menu ini untuk membaca baris pertama dari data sebagai nama variabel.
- d. Menconteng Confidence Level (95%).
- e. Selanjutnya pada Output Option pilih Conteng Output Range



Gambar 3. 7 Tampilan Sebelum Memproses Data

Sumber : Analisis, 2022

- f. Setelah itu, klik OK. Maka akan muncul hasil regresi seperti berikut berikut:

SUMMARY OUTPUT								
<i>Regression Statistics</i>								
Multiple F	0,978436							
R Square	0,957338							
Adjusted R	0,943117							
Standard Error	0,111872							
Observations	5							
<i>ANOVA</i>								
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>			
Regression	1	0,842534	0,842534	67,31993	0,00378883			
Residual	3	0,037546	0,012515					
Total	4	0,88008						
<i>Coefficients</i>								
	<i>Coefficient</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95,0%</i>	<i>Upper 95,0%</i>
Intercept	-9,84753	1,683833	-5,84828	0,009965	-15,20624046	-4,48883	-15,2062	-4,48883
Log (ppm)	2,800708	0,341347	8,204873	0,003789	1,714389758	3,887026	1,71439	3,887026

Gambar 3. 8 Output Analisis Regresi

Sumber : Analisis, 2022

3.6.5 Tahap Pelaporan

Tahap pelaporan merupakan tahap terakhir dalam penyusunan penelitian. Tahap ini dilakukan dengan penyajian data dan pembahasan. Penyajian data meliputi kandungan senyawa pada asap cair, serta data hasil uji mortalitas. Dalam pembahasan dilakukan penjelasan secara sistematis mengenai keefektifan penggunaan asap cair limbah kulit buah siwalan sebagai biopestisida dengan melakukan uji mortalitas pada ulat grayak. Selanjutnya, dapat ditarik kesimpulan setelah adanya pembahasan serta pemberian saran sebagai pengembangan pada penelitian serupa yang akan datang.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kandungan Senyawa pada Asap cair Limbah Kulit Buah Siwalan

Asap cair limbah kulit buah siwalan dipilih karena berdasarkan penelitian sebelumnya menjelaskan bahwa kulit buah siwalan mengandung senyawa yang berpotensi sebagai bahan baku asap cair yaitu selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Ketiga senyawa tersebut jika mengalami proses pirolisa akan menghasilkan asam, fenol, karbonil, dan senyawa lainnya yang terdapat dalam asap cair. (Darmadji , 2002).

Analisis secara fisik asap cair yang dihasilkan dari proses pirolisis limbah kulit buah siwalan yaitu memiliki warna coklat tua, jernih, memiliki bau seperti asap (sangat), dan memiliki tekstur encer seperti air. Hasil pembuatan asap cair limbah kulit buah siwalan dapat dilihat pada gambar 4.1.

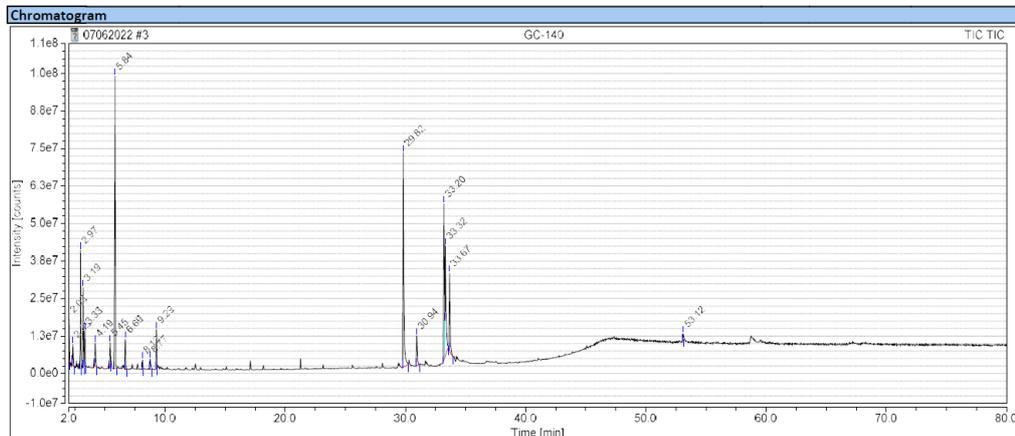


Gambar 4. 1 Asap Cair Limbah Kulit Buah Siwalan

Sumber : Hasil Produksi, 2022

Analisis kimia pada penelitian ini menggunakan alat instrumentasi *Gas Chromatography-Mass* (GCMS) untuk mengetahui kandungan berbagai komponen kimia pada asap cair yang tidak diketahui khususnya pada senyawa yang pada umumnya terkandung dalam asap cair seperti senyawa

asam, fenol, alkohol, netral, dan berbagai macam unsur hara lainnya. Pengujian dengan GCMS dilakukan secara kuantitatif dan kualitatif. Keluaran akhir dari GCMS adalah kromatogram massa yang dapat dilihat pada gambar 4.2



Gambar 4. 2 Kromatogram GCMS Asap Cair Limbah Kulit Buah Siwalan

Sumber : Hasil Analisis, 2022

Gambar 4.2 menunjukkan pemisahan komponen senyawa kimia yang melalui puncak-puncak kromatogram yang muncul pada GCMS. Puncak-puncak tersebut mulai pada waktu retensi 2,028 hingga 53,122 menit. Hasil pengujian asap cair limbah kulit buah siwalan GCMS didapatkan 18 komponen senyawa yang kompleks, seperti tertera pada tabel 4.1. dan tabel 4.2.

Tabel 4. 1 Komponen Senyawa kimia asap cair Limbah Kulit Buah Siwalan menggunakan Gas Chromatography Mass Spectrometry (GCMS)

No.	Ret Time Min	Peak. Name	SI	Area Counts*Min	Rel.Amount %
1	2.028	Acetoin	794	445482.706	1.82
2	2.351	1-Hydroxy-2-butanone	756	383547.128	1.57
3	2.966	Furfural	904	1725668.636	7.05
4	3.187	2-Furanmethanol	895	1102175.874	4.50
5	3.334	2-Propanone, 1-(acetyloxy	854	520912.889	2.13
6	4.194	N-Cyano-2-methylpyrrolidine	671	503463.198	2.06
7	5.446	2-Furancarboxaldehyde, 5-methyl-	865	392947.181	1.60
8	5.840	Phenol	931	4712712.340	19.24
9	6.691	Furan-2-carbonyl chloride, tetrahydro-	741	476982.338	1.95

10	8.133	Phenol, 3-methyl-	790	157046.131	0.64
11	8.772	p-Cresol	818	238696.737	0.97
12	9.292	Phenol, 2-methoxy-	896	562059.894	2.30
13	29.821	2-Heptadecanone	890	4687349.848	19.14
14	30.944	n-Hexadecanoic acid	820	581206.085	2.37
15	33.202	Cyclopentadecanone	780	2923123.900	11.94
16	33.318	Cis-9-Hexadecenal	787	3305251.643	13.50
17	33.671	2-Nonadecanone	858	1595782.963	6.52
18	53.122	Hexasiloxane, 1,1,3,3,5,5,7,7,9,9,11,11-dodecamethyl-	638	174075.900	0.71

Sumber : Hasil Analisis, 2022

Tabel 4. 2 Kandungan Senyawa Tertinggi pada Asap Cair

No.	Hasil Uji	Kadar (%)	Metode/Alat
1.	Phenol	19,24	GC MS
2.	2-Heptadecanone	19.14	GC MS
3.	Cis-9-Hexadecenal	13.50	GC MS
4.	Cyclopentadecanone	11.94	GC MS
5.	Furfural	7.05	GC MS

Sumber : Hasil Analisis, 2022

Berdasarkan hasil analisis terdapat 5 komponen senyawa dengan presentase persebaran yang paling besar yaitu fenol (19,24%), 2-Heptadecanone (19,14), Cis-9-Hexadecenal (13,50%), cyclopentadecanone (11,94%), dan furfural (7.05%). Hal ini sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan Isa (2019) bahwa asap cair diperoleh dari pembakaran bahan yang banyak mengandung selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Senyawa tersebut akan menghasilkan asam, fenol, karbonil, dan senyawa lainnya yang dapat mematikan organisme pengganggu seperti halnya pada tabel 4.3.

Tabel 4. 3 Urutan senyawa yang Berpotensi Sebagai Biopestisida

No.	Senyawa	Kadar (%)
1.	Phenol	19,24
2.	Furfural	7.05
3	2-Furanmethanol	4.50
4	n-Hexadecanoic acid	2.37
5.	Phenol, 2-methoxy-	2,30

No.	Senyawa	Kadar (%)
6.	2-Propanone, 1-(acetyloxy)	2,13
7.	Furan-2-carbonyl chloride, tetrahydro-	1.95
8.	Acetoin	1,82
9.	2-Furancarboxaldehyde, 5-methyl-	1.60
10.	Phenol, 3-methyl-	0.64
11.	<i>Phenol, 3-methyl-</i>	0,64

Senyawa fenol dalam asap cair limbah kulit buah siwalan terdiri dari *Phenol* (19,24%), *Phenol, 3-methyl-* (0,6s4%), dan *Phenol, 2-methoxy-* (2,30%), hasil tersebut menunjukkan bahwa kandungan fenol dari limbah kulit buah siwalan jauh lebih tinggi jika dibandingkan dengan kandungan fenol tempurung kelapa yang diperoleh dari penelitian Isa, dkk (2019), menghasilkan kandungan fenol 0,15% sampai 0,65%. Penelitian lain yang dilakukan Sriharti, dkk (2020) diperoleh nilai kandungan fenol sebesar 6,21% sampai 12,36% dalam asap cair hasil pirolisis kulit buah kakao. Di tempat lain penelitian oleh Dewi, dkk (2021), dengan bahan baku buah merah menghasilkan kandungan fenol 4,91% sampai 5,11%, Dilihat dari tingginya kadar fenol, hal ini menunjukkan bahwa asap cair dari limbah kulit buah siwalan dapat digunakan sebagai biopestisida. Adanya kandungan fenol yang tinggi dapat menjadikan asap cair sebagai biopestisida yang bersifat repellent (penolak hama) dan anti makan serangga. Kehadiran fenol mampu memberikan aroma yang tidak disukai serangga. Senyawa fenol terbentuk dari pirolisis lignin yang terkandung dalam limbah kulit buah siwalan.

Kadar asam merupakan salah satu parameter penting yang menentukan kualitas asap cair yang dihasilkan. Asam organik yang memiliki peranan tinggi dalam asap cair adalah asam asetat, namun senyawa asam yang terdapat pada asap cair limbah kulit buah siwalan hanya ada satu yaitu asam palmitat (n-Hexadecanoic acid) sebesar 2,37%. Asam palimitat merupakan bahan aktif yang dihasilkan dari tanaman, bertindak sebagai anti bakteri dan

mikrobia yang dapat digunakan sebagai pestisida nabati. (Santoso, 2015). Tinggi rendahnya kandungan asam pada asap cair dipengaruhi oleh kandungan selulosa dari bahan baku yang digunakan.

Senyawa karbonil yang terdeteksi pada asap cair limbah kulit buah siwalan adalah senyawa aseton (*Acetoin*) senyawa ini dapat berfungsi sebagai penolak hama (*repellent*) namun senyawa tersebut hanya sebesar 1,82% yang terkandung dalam asap cair. Selain itu senyawa furfural termasuk dalam urutan 5 besar senyawa yang terdapat pada asap cair limbah kulit buah siwalan, furfuran pada dasarnya berasal dari pentosa yang merupakan bagian dari hemiselulosa. Dalam bidang pertanian Furfuran digunakan sebagai herbisida, fungisida, dan insektisid. (Yonga, dkk, 2016)

Penggunaan limbah kulit buah siwalan sebagai asap cair dalam pengendalian hama sangatlah bermanfaat bagi dunia pertanian. Kandungan senyawa yang didapatkan dari limbah kulit buah siwalan sesuai dengan firman Allah SWT yang menyatakan bahwa segala sesuatu yang telah diciptakan pasti memiliki kebermanfaat. Sebagaimana tercantum dalam QS. Ali Imran/3 : 191:

الَّذِينَ يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَمًا وَقُعُودًا وَعَلَىٰ جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ السَّمٰوٰتِ وَالْاَرْضِ رَبَّنَا
مَا خَلَقْت هٰذَا بٰطِلًا سُبْحٰنَكَ فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ

Artinya : (yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri atau duduk atau dalam keadan berbaring dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata): "Ya Tuhan kami, tiadalah Engkau menciptakan ini dengan sia-sia, Maha Suci Engkau, maka peliharalah kami dari siksa neraka.

Dalam tafsir Hidayatul Insan dijelaskan bawa berpikir merupakan ibadah dan termasuk sifat para wali Allah SWT yang mengenal-Nya. Setelah mereka memikirkannya, merekapun tahu bahwa Allah tidak menciptakan segala sesuatunya tidak ada yang sia-sia. (Marwan, 2016), sama seperti limbah kulit buah siwalan yang memiliki kandungan senyawa bioaktif sehingga berpotensi sebagai pengendalian hama, hal ini membuktikan bahwa

Allah SWT tidak pernah menciptakan sesuatu hal dengan percuma selalu ada hikmah dan kebermanfaatannya apabila manusia tergerak untuk berpikir atau mempelajarinya.

4.2 Analisis Nilai Mortalitas Ulat Grayak

Variabel penelitian dengan menghitung jumlah larva ulat grayak yang mati setelah diberi celup pakan asap cair dengan konsentrasi tertentu memiliki pengaruh terhadap kematian ulat grayak. Pengujian ini dilakukan pada ulat grayak umur 5 hari (instar 3) karena pada umur tersebut ulat memiliki nafsu makan yang tinggi. Pengaruh kematian ulat grayak berupa kematian secara langsung dalam beberapa waktu setelah terpapar cairan asap cair serta penurunan nafsu makan yang menyebabkan kematian akibat kelaparan. Dari hal tersebut dijadikan tolak ukur bahwa pengaplikasian asap cair dari bahan baku limbah kulit buah siwalan memberikan pengaruh terhadap pengendalian larva ulat grayak. Jumlah mortalitas ulat grayak pada tiap konsentrasi asap cair yang berbeda berdasarkan waktu pengamatan selama 24 jam dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4. 4 Jumlah Mortalitas Ulat grayak

Konsentrasi	Ulangan	Jumlah Hewan Uji	Mortalitas (individu)	Mortalitas (%)	Rata Rata
Kontrol (Aquades 100 ml)	1	10	0	0 %	5 %
	2	10	1	10%	
5 % (5 ml asap cair + 95 ml aquades)	1	10	1	10 %	5 %
	2	10	0	0%	
7 % (7 ml asap cair + 93 ml aquades)	1	10	2	20 %	10 %
	2	10	0	0 %	
9 % (9 ml asap cair + 91 ml aquades)	1	10	1	10 %	15 %
	2	10	2	20 %	

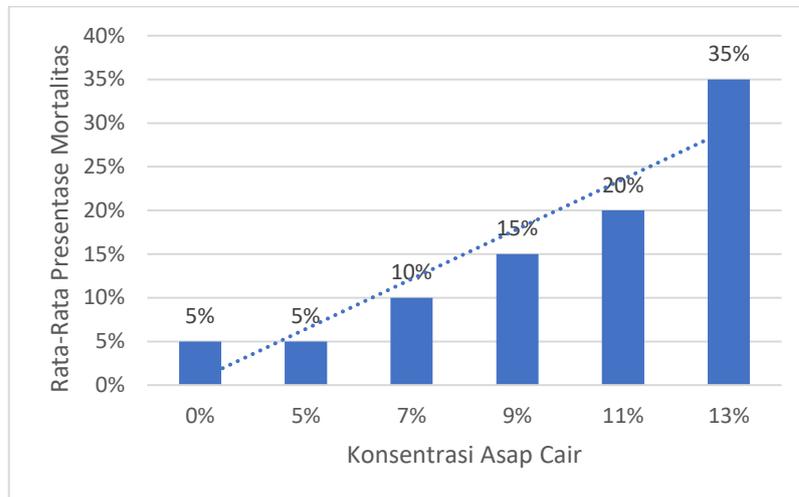
Konsentrasi	Ulangan	Jumlah Hewan Uji	Mortalitas (individu)	Mortalitas (%)	Rata Rata
11 % (11 ml asap cair + 89 ml aquades)	1	10	3	30 %	20 %
	2	10	1	10 %	
13 % (13 ml asap cair + 87 ml aquades)	1	10	4	40 %	35 %
	2	10	3	30%	

Sumber : Hasil Analisis, 2022

Berdasarkan tabel 4.3 menunjukkan pengaruh Asap cair limbah kulit buah siwalan terhadap rata-rata mortalitas ulat grayak yang dilakukan selama 24 jam. Pemberian asap cair berpengaruh terhadap aktivitas serta mortalitas ulat graya. Pemberian asap cair pada konsentrasi 5%, 7%, 9%, 11%, dan 13%, memberikan pengaruh yang berbeda terhadap mortalitas ulat grayak. Pemberian konsentrasi dengan takaran yang berbeda bertujuan untuk menentukan nilai LC₅₀ dalam penelitian. Pada penelitian ini terdapat kontrol yang hanya mencelupkan pakan dengan aquades dimana konsentrasi asap cair 0%, namun pada perlakuan ini terjadi 1 kematian alami pada ulat grayak dengan nilai rata-rata mortalitas ulat grayak sebesar 5%.

Konsentrasi 5% pemberian asap cair menyebabkan terjadi mortalitas sebesar 5%, pada konsentrasi ini tingkat kematian masih relative rendah, karena senyawa toksik pada asap cair hanya mampu mematikan 1 hewan uji. Hal ini karena pada konsentrasi rendah, beberapa senyawa dalam asap cair masih belum mampu mematikan ulat grayak dalam waktu cepat. Konsentrasi 7% asap cair sudah menunjukkan pengaruh kematian rata-rata sebesar 10% yang berarti mengalami peningkatan dari konsentrasi sebelumnya. Konsentrasi 9% mengalami kenaikan jumlah kematian sesuai dengan meningkatnya konsentrasi asap cair yang diberikan yaitu dengan nilai rata-rata mortalitas sebesar 15 %. Pemberian konsentrasi 11% nilai mortalitas menunjukkan laju peningkatan menjadi 25%, dan pada konsentrasi 13% menunjukkan peningkatan nilai mortalitas ulat grayak sebesar 35%. Pada konsentrasi ini terdapat mortalitas tertinggi diantara konsentrasi lain. Gambar 4.1 berikut

merepresentasikan grafik nilai mortalitas yang terjadi pada setiap pemberian konsentrasi asap cair.



Gambar 4. 3 Grafik Presentase Mortalitas Ulat Grayak

Sumber : Hasil Analisis, 2022

Hasil penelitian diperoleh bahwa keseluruhan perlakuan memiliki hasil mortalitas kurang dari 50%. Dalam grafik tersebut dapat dilihat bahwa semakin tinggi konsentrasi yang digunakan, semakin meningkat pula nilai mortalitas ulat grayak yang diujikan. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi berbanding lurus dengan peningkatan mortalitas, yang disebabkan oleh faktor variable penelitian waktu dan konsentrasi asap cair. Sehingga analisis yang digunakan dalam permasalahan ini adalah analisis regresi linier sederhana.

Biopestisida mempengaruhi mortalitas ulat melalui 2 metode yaitu dengan cara memberi pengaruh melalui titik tangkap (*target site*) berupa enzim atau protein di dalam tubuh serangga yang disebut *Mode of action*, dan cara masuk atau disebut *mode of entry* yaitu dengan masuknya biopestisida kedalam tubuh serangga, melalui kutikula (racun kontak), alat pencernaan (racun perut), atau lubang pernafasan (racun pernafasan). Meskipun demikian suatu Insektisida dapat mempunyai satu atau lebih cara masuk ke dalam tubuh serangga. (Kementrian Kesehatan Republik Indonesia, 2012)

Mekanisme kerja asap cair limbah kulit buah siwalan menggunakan metode residu pada daun yaitu dengan mencelup pakan kedalam asap cair, lalu terjadi penyerapan asap cair ke dalam daun dengan mekanisme transport pasif, yaitu perpindahan larutan yang memiliki konsentrasi tinggi ke daun yang memiliki konsentrasi rendah. (Gokok, 2017). Residu pada asap cair akan menempel pada daun, lalu diberikan kepada hewan uji sebagai pakan dan dalam 24 jam residu akan masuk dalam tubuh ulat grayak atau bisa pula melalui kutikula (racun kotak).

Biopestisida asap cair dapat digolongkan sebagai pestisida nabati. Bahan aktif pestisida nabati berasal dari produk alam seperti tanaman yang mempunyai kelompok metabolit sekunder yang mengandung berbagai senyawa bioaktif seperti alkaloid, terpenoid, fenolik, dan berbagai zat kimia sekunder lainnya. Pengaplikasian senyawa bioaktif pada tanaman yang terinfeksi OPT (Organisme Pengganggu Tumbuhan), tidak mempengaruhi fotosintesis pertumbuhan atau fisiologis tanaman lainnya, namun berpengaruh terhadap sistem saraf otot, keseimbangan hormone, reproduksi, perilaku berupa penarik, anti makan dan sistem pernafasan OPT. (Setiawati, dkk, 2008)

Pengamatan visual kematian ulat grayak akibat asap cair limbah kulit buah siwalan menunjukkan ciri-ciri fisik seperti tidak adanya pergerakan tubuh pada ulat grayak yang menandakan kematian, tubuhnya mengeluarkan cairan hijau kekuningan akibat racun perut yang masuk melalui saluran pencernaan makanan atau perut, serta menjadikan tubuh ulat grayak yang mengalami kematian lengket atau menempel pada pakan yang diberikan. Seperti halnya penelitian Safirah, dkk (2016) senyawa toksik serangga akan menembus dinding usus yang selanjutnya akan mengganggu metabolisme serangga dan menyebabkan kekurangan energi yang diperlukan untuk aktivitas hidupnya, kejang dan lambat laun akan menyebabkan kematian. Panghiyangan, dkk (2009) menyatakan bahwa senyawa fenol merupakan racun kontak yang dapat masuk ke dalam tubuh larva melalui kulit, celah/ lubang alami pada tubuh (sifon). Larva akan mati apabila bersinggungan langsung (kontak) dengan larvasida tersebut. Pada umumnya racun kontak juga berperan sebagai racun lambung.

Warna tubuh menjadi lebih gelap, dan beberapa tubuh ulat membengkok atau tak beraturan sebelum mati seperti halnya penelitian Safirah, dkk (2016) dimana senyawa aktif insektisida nabati mengakibatkan perubahan warna pada tubuh hama menjadi gelap serta gerakan tubuh hama yang sangat lambat apabila disentuh dan selalu membengkokkan tubuhnya akibat kejang sebelum terjadi kematian.

Tubuh ulat terlihat seperti kekurangan nutrisi, lemas, dan sebagian menunjukkan ciri-ciri ulat menjadi lebih kurus atau menyusut. Hal ini disebabkan oleh senyawa antifeedant, dan racun yang dihasilkan dari senyawa aktif fenol, asam palmitat, furfuran, dan aseton yang terkandung pada asap cair limbah kulit buah siwalan. Ulat grayak mati dikarenakan racun yang masuk melalui daun jagung, kemudian di dalam sel tubuh menghambat metabolisme sel yang menghambat transport elektron dalam mitokondria sehingga pembentukan energi dari makanan sebagai sumber energi dalam sel tidak terjadi dan sel tidak dapat beraktifitas, sehingga ulat grayak mati. (Isa, dkk, 2019).

Senyawa fenol mempunyai sifat racun dehidrasi (*desiccant*). Racun tersebut merupakan racun kontak yang dapat mengakibatkan kematian karena kehilangan cairan terus menerus. Larva yang terkena racun ini akan mati karena kekurangan cairan. (Panghiyangani, dkk, 2009). Aroma fenol yang menyengat tidak disukai serangga dan berpotensi menimbulkan penurunan fungsi saraf serta kerusakan pada sistem pernapasan dan mengakibatkan ulat tidak bisa bernapas.

Hal tersebut sejalan pula dengan buku yang ditulis oleh Setiawan, dkk (2008) bahwa pestisida dapat berfungsi sebagai, penghambat nafsu makan (*anti feedant*), penolak (*repellent*), penarik (*attractant*), menghambat perkembangan, menurunkan keperidian, pengaruh langsung sebagai racun dan mencegah peletakkan telur.



Gambar 4. 4 Mortalitas Ulat Grayak Akibat Biopestisida Asap Cair Limbah Kulit Buah Siwalan
Sumber : Hasil Analisis, 2022

Efektivitas asap cair yang digunakan sebagai biopestisida sangat tergantung pada bahan baku yang dipakai, karena satu jenis tumbuhan yang sama tetapi berasal dari daerah yang berbeda dapat menghasilkan efek yang berbeda. Hal tersebut dikarenakan sifat bioaktif atau sifat racunnya tergantung pada kondisi tumbuh, umur tanaman dan jenis dari tumbuhan tersebut.

4.3 Analisis LC_{50-24 jam} Biopestisida Asap Cair Limbah Kulit Buah Siwalan

Lethal Concentration 50 (LC₅₀) pada penelitian ini dilakukan dengan menganalisis hasil mortalitas ulat grayak selama 24 jam, data tersebut akan diestimasi dengan grafik dan perhitungan dengan bantuan *Ms.Excel* dan tabel probit untuk mengetahui konsentrasi yang menyebabkan kematian sebanyak

50% dari hewan uji. Data yang akan dianalisis dapat dilihat pada tabel 4.4 dan tabel 4.5 merupakan output pengolahan data uji regresinya.

Tabel 4. 5 Data Ms.Excel yang Akan diproses

Konsentrasi (%)	Konsentrasi (Ppm)	Log (ppm)	Jumlah Ulat Grayak (ekor)	Nilai mortalitas Ulat grayak			Persen Kematian (%)	Nilai Probit
				1	2	Rata-rata		
5	50000	4,70	10	1	0	0,50	5	3,36
7	70000	4,85	10	2	0	1,00	10	3,72
9	90000	4,95	10	1	2	1,50	15	3,96
11	110000	5,04	10	3	1	2,00	20	4,16
13	130000	5,11	10	4	3	3,50	35	4,61

Sumber : Hasil Analisis, 2022

Tabel 4. 6 Analisis Regresi dengan Ms. Excel

SUMMARY OUTPUT

Regression Statistics

Multiple R	0,97843643
R Square	0,95733784
Adjusted R Square	0,94311712
Standard Error	0,11187212
Observations	5

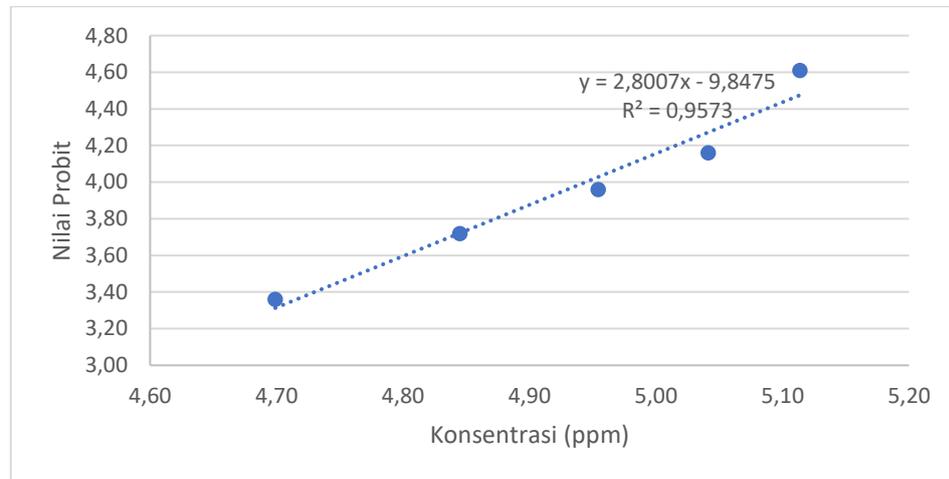
ANOVA

	df	SS	MS	F	Significance
					F
Regression	1	0,842534	0,842534	67,31993	0,00379
Residual	3	0,037546	0,012515		
Total	4	0,88008			

	Standard			P-value	Upper	Lower	Upper	
	Coefficients	Error	t Stat		95%	95,0%	95,0%	
Intercept	-9,8475332	1,683833	-5,84828	0,009965	-15,206	-4,4888	-15,2062	-4,488826

Log (ppm)	2,80070803	0,341347	8,204873	0,003789	1,71439	3,88703	1,71439	3,8870263
-----------	------------	----------	----------	----------	---------	---------	---------	-----------

Sumber : Hasil Analisis, 2022



Gambar 4. 5 Grafik Hubungan Antara Nilai Probit dan Konsentrasi (Ppm)

Sumber : Hasil Analisis, 2022

Dari gambar 4.4 metode yang digunakan adalah regresi linier sederhana yaitu mengenai hubungan kausal antara dua variabel yang dinyatakan dalam suatu garis lurus. Metode ini akan mencari kwadrat terkecil yang bertujuan untuk membuat kesalahan yang terjadi sekecil mungkin. Analisis regresi dilakukan dengan bantuan *software Microsoft Office Excel*. Berdasarkan persamaan linier dalam penelitian ini didapatkan nilai koefisien determinasi, $R^2=0,9573$, selain itu nilai R^2 dapat diperoleh pula dari analisis regresi yang dijalankan pada *Ms. Excel* pada table 4.5. Koefisien determinasi (R^2) merupakan penjelasan seberapa besar pengaruh variabel bebas (X) terhadap variabel terikat (Y). Nilai R^2 antara 0 sampai 1. Apabila mendekati angka 1, maka model regresi linier mempunyai ketepatan (*accuracy*) yang tinggi untuk menjelaskan pengaruh variabel bebas (X) terhadap variasi terikat (Y). (Paiman, 2019). Pengaruh variabel X terhadap Y dalam penelitian sebesar 0,9573 atau 96% dan 4% sisanya disebabkan oleh factor variabel lain yang tidak terukur atau teramati dalam penelitian yaitu seperti tingginya sifat kompetitif ulat dalam merebutkan cadangan makanan untuk memenuhi kebutuhan nutrisi sebagai pertahanan hidup mereka yang menyebabkan saling

serang satu sama lain. Jadi dapat diambil kesimpulan bahwa hubungan antara variabel X dan Y sangat kuat dan positif, artinya pada model ini kenaikan variabel X berhubungan erat dengan kenaikan variabel Y.

Hasil pengolahan data anova didapatkan F hitung yang diperoleh sebesar 67,320 dan F tabel (*significance F*) yang diperoleh dari tabel distribusi F pada tingkat signifikansi α 0,05 sebesar 0,004. Hasil ini menunjukkan bahwa nilai F tabel < F hitung sehingga jenis dan konsentrasi asap cair limbah kulit buah siwalan sebagai biopestisida berpengaruh nyata terhadap pengendalian hama ulat grayak.

Grafik pada gambar 4.2 mendapatkan persamaan garis linier $y=2,8007x-9,8475$. Nilai y pada grafik merupakan nilai tetapan transformasi dari persentase kematian dengan tabel probit, dan nilai x merupakan konsentrasi asap cair yang dibutuhkan untuk mematikan ulat grayak dalam log (ppm) pada persentase tertentu. Persamaan tersebut diperoleh dari tabel regresi pada hasil analisis probit, dimana persamaan dasar probit yaitu $y = (a+5) + bx$. Nilai a diperoleh dari koefisien konstanta probit dan nilai b diperoleh dari koefisien konsentrasi larutan. (Nurdiana & Tukiran, 2012). Grafik yang diperoleh menunjukkan pengaruh besarnya mortalitas ulat grayak dipengaruhi oleh besar konsentrasi asap cair yang diberikan pada hewan uji.

Dari hasil analisis probit, nilai $LC_{50-24 \text{ jam}}$ dapat diperoleh dengan perhitungan persamaan sebagai berikut :

$$y = 2,8007x - 9,8475$$

$$5 = 2,8007x - 9,8475$$

$$2,8007x = 5 + 9,8475$$

$$x = 5,3013$$

$$\text{antilog}(x) = 10^x$$

$$= 10^{5,3013}$$

$$= 200147,4 \text{ Ppm}$$

$$= 20\%$$

Analisis probit nilai LC_{50} diperoleh sebesar 20% dalam waktu 24 jam, hal ini berarti asap cair limbah kulit buah siwalan berpotensi sebagai

biopestisida yang dapat membunuh 50% hewan uji pada konsentrasi 20% atau 200147,4 Ppm. Namun Senyawa yang berpotensi memiliki sifat toksik apabila memiliki nilai LC50 kurang dari 100 mg/l atau 100 ppm.

Menurut Nurdiana, & Tukiran (2012) Insektisida dikatakan efektif apabila mampu mematikan minimal 80% serangga uji (untuk insektisida sintetik). Asap cair tergolong dalam jenis pestisida nabati yang memiliki daya kerja lebih lambat dibandingkan pestisida sintetik, sehingga dapat dikatakan kurang efektif untuk membunuh ulat grayak secara cepat, hal tersebut dibuktikan dengan mortalitas kematian yang cukup kecil pada ulat grayak, bahkan konsentrasi tertinggi pada penelitian ini masih belum dapat menyebabkan 50% kematian, sehingga perlu penambahan variasi konsentrasi 20% untuk melihat setengah kematian hewan uji.

Hasil yang diperoleh nilai *LC50* asap cair limbah kulit buah siwalan memiliki tingkat toksisitas yang rendah karena melebihi 100 mg/l. Asap cair limbah kulit buah siwalan dinyatakan kurang toksik, hal ini dipengaruhi beberapa faktor seperti kandungan senyawa yang terkandung didalam asap cair, pencelupan atau perendaman daun hanya 10 menit menyebabkan asap cair belum terserap dengan maksimal ke dalam daun. Faktor senyawa disebabkan biopestisida secara umum memiliki cara kerja yang berbeda pada setiap hewan, di antaranya terdapat beberapa senyawa yang bersifat sebagai *repellen* dan *antifeedan* seperti senyawa fenol yang tidak akan langsung mematikan ulat. Senyawa ini akan membunuh ulat secara perlahan-lahan, racun yang masuk ke tubuh ulat akan terakumulasi dan dalam jangka waktu tertentu akan membunuh ulat. pengaplikasian asap cair limbah kulit buah siwalan bersifat ramah lingkungan, karena memiliki nilai toksisitas yang rendah, sehingga penggunaanya mampu meminimalisir kerusakan lingkungan.

Hasil penelitian menunjukkan senyawa yang terkandung dalam asap cair limbah kulit buah siwalan terbebas dari senyawa aktif dan bahan tambahan pestisida larangan di indonesia sesuai dengan peraturan menteri pertanian republik indonesia nomor 43 tahun 2019 tentang pendaftaran pestisida. Pestisida yang dilarang yaitu mempunyai efek karsinogenik,

mutagenik dan teratogenic, tergolong antibiotik yang menyebabkan resistensi obat pada manusia, dan/atau, termasuk *Persistent Organic Pollutants* (POPs).

Menurut setiawati, dkk (2008) pestisida nabati mengalami degradasi atau penguraian yang cepat oleh sinar matahari, selain itu pada umumnya memiliki toksisitas yang rendah terhadap hewan maupun manusia, bersifat selektif atau hanya target sasaran yang terdampak dan memiliki nilai fitotoksitas rendah sehingga tidak meracuni atau merusak tanaman. Sedangkan peptisida kimia mampu memberi dampak yang besar pada pencemaran lingkungan baik itu air, udara maupun tanah. Sedangkan Menurut swacita (2017) senyawa kimia pada pestisida terdiri dari Senyawa kimia organoklorin, Senyawa kimia organofosfat, Senyawa kimia karbamat.

1. Senyawa kimia organoklorin

Senyawa Organoklorin dikelompokkan menjadi 3, yaitu: diklorodifenil etan (contoh: DDT, DDD, portan, metosiklor, dan metioklor). Organoklorin merupakan polutan yang bersifat persisten dan dapat terbioakumulasi di alam serta bersifat toksik terhadap manusia dan makhluk hidup lainnya. Dalam jangka waktu 40 tahun, organoklorin masih ditemukan di lingkungan dan biota, dan terdistribusi secara global bahkan ke daerah terpencil di mana organoklorin tidak pernah digunakan.

Karakteristik pestisida organoklorin yang memiliki efek berbahaya menurut Gorman & Tynan (2003) yaitu :

1. Terurai sangat lambat di tanah, udara, air, dan organisme hidup dan bertahan di lingkungan untuk waktu yang lama.
2. Masuk dalam rantai makanan, dan terakumulasi hingga ke tingkat trofik tertinggi dalam jaringan makhluk hidup.
3. Dapat terbawa jauh di udara dan arus air dan menjadi terkonsentrasi di daerah lintang tinggi, suhu rendah di dunia.

Berdasarkan karakteristik yang mudah terbawa jauh oleh udara dan air, maka sering ditemukan konsentrasi POPs yang sangat tinggi dalam berbagai spesies pada level yang tinggi dari rantai makanan,

seperti pada ikan paus, burung elang dan mamalia, termasuk manusia. Aplikasi pestisida dari udara jauh memperbesar resiko pencemaran, dengan adanya hembusan angin. Pencemaran pestisida di udara tidak terhindarkan pada setiap aplikasi pestisida. Sebab hamparan yang disemprot sangat luas. Sudah pasti, sebagian besar pestisida yang disemprotkan akan terbawa oleh hembusan angin ke tempat lain yang bukan target aplikasi, dan mencemari tanah, air dan biota bukan sasaran. (Swacita, 2017)

Sejak akhir 1990, semua jenis Pestisida organoklorin sudah dilarang penggunaannya di Indonesia. Namun karena harganya yang murah, mudah digunakan, dan efektif membasmi hama, maka beberapa jenis organoklorin seperti DDT masih digunakan di Indonesia, selain karena kurangnya ketegasan peraturan dan hukum yang berlaku (Sudaryanto *et al.*, 2007).

2. Senyawa kimia organofosfat

Pestisida yang termasuk ke dalam golongan organofosfat antara lain: Azinophosmethyl, Chloryfos, Demeton Methyl, Dichlorovos, Dimethoat, Disulfoton, Ethion, Palathion, Malathion, Parathion, Diazinon, Chlorpyrifos. Organofosfat dapat terurai di lingkungan dalam waktu ± 2 minggu.

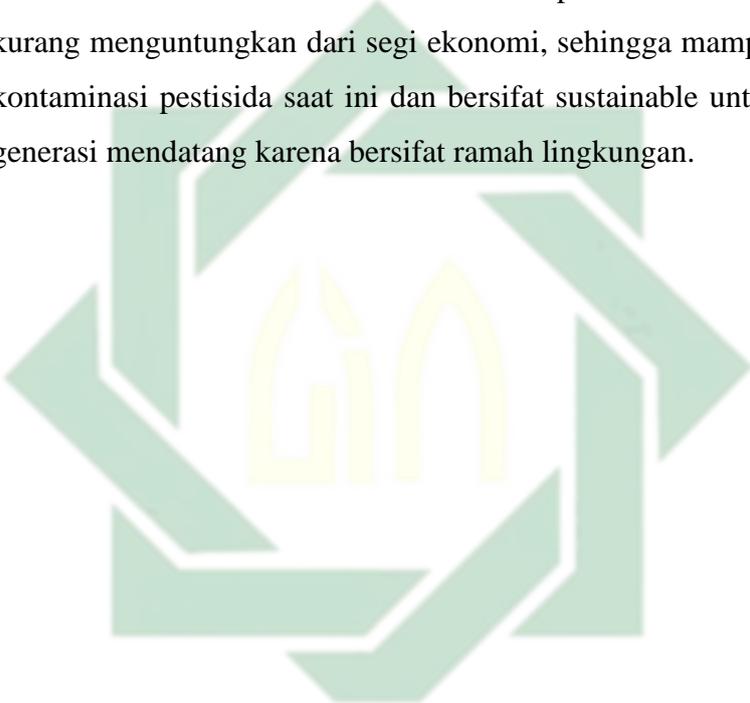
3. Senyawa kimia karbamat

Golongan karbamat meliputi aldicarb, bendiocarb, pyrolan, isolan, dimethilan, karbaryl (banol, baygon, mesurol, zectran). Bahan aktif yang terkandung dari pestisida karbmat yaitu BPMC (Hopcyn), Karbofuran/ dimetilan (Furadan), MICP (Mipcin) /C11H15O2N, Propamokarb (Previcur N).

Karbaril mempunyai sifat daya racun rendah, selektif dan residu moderat Indovin 85 SP, Petrovin 85 WP. Propamokarb mempunyai sifat kontak, spektrum luas, menghambat respirasi. Karbofuran mudah terserap oleh tanaman mempunyai spektrum sangat luas. Jika diaplikasikan ke dalam tanah bukan hanya serangga hama saja yang

akan mati tetapi semua habitat (binatang) yang ada didalam tanah tersebut akan musnah.

Asap cair limbah kulit buah siwalan tergolong dalam pestisida nabati terbuat dari bahan alami sehingga bersifat mudah terurai (bio-degradable) di alam oleh karena itu tidak mencemari lingkungan dan relatif aman bagi manusia dan ternak peliharaan, karena residu (sisa-sisa zat) mudah hilang. Keadaan tersebut juga dapat menekan peluang jasad bukan sasaran terkena residu. Persistensi pestisida alami yang singkat kurang menguntungkan dari segi ekonomi, sehingga mampu mengurangi kontaminasi pestisida saat ini dan bersifat sustainable untuk melindungi generasi mendatang karena bersifat ramah lingkungan.



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian pemanfaatan limbah kulit buah siwalan sebagai biopestisida dapat disimpulkan bahwa:

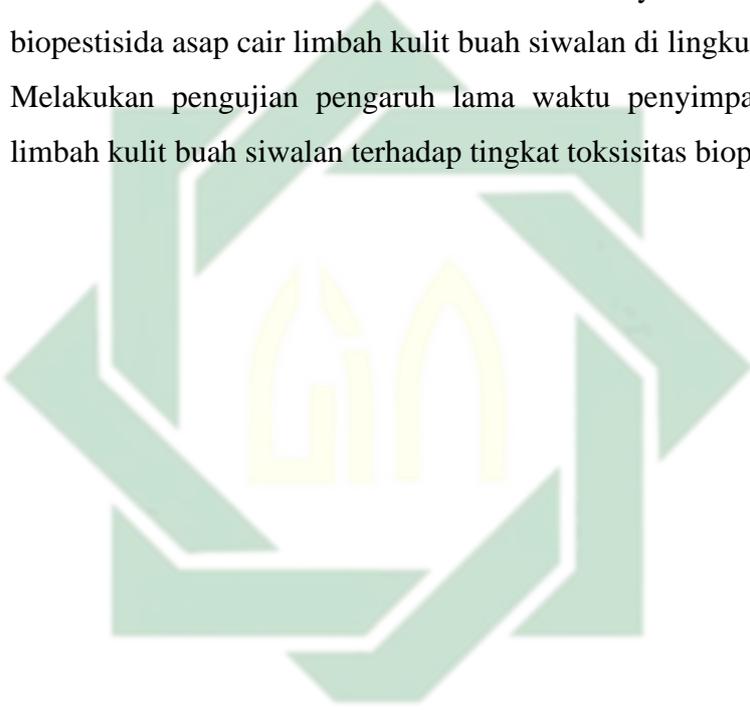
1. Komponen senyawa asap cair limbah kulit buah siwalan yang terdeteksi oleh *GCMS* sebanyak 18 senyawa. Urutan teratas 5 komponen dengan presentase terbesar dalam asap cair yaitu senyawa fenol (19,24%), 2 Heptadecanone (19,14), Cis-9-Hexadecenal (13,50%), cyclopentadecanone (11,94%), dan furfural (7,05%). Senyawa yang berpotensi sebagai biopestisida asap cair limbah kulit buah siwalan diantaranya adalah senyawa fenol, furfuran, senyawa asam dari asam palimitat, dan karbonil dari senyawa aseton.
2. Asap cair ini digunakan sebagai biopestisida pada ulat grayak variasi konsentrasi 5%, 7%, 9%, 11%, dan 13% dengan perolehan hasil rata-rata mortalitas ulat grayak dalam 2 kali pengulangan yaitu 5%, 10%, 15%, 20%, dan 35%. Data tersebut menunjukkan bahwa mortalitas ulat grayak dipengaruhi oleh banyaknya konsentrasi asap cair limbah kulit buah siwalan yang diberikan. Semakin tinggi konsentrasi yang diberikan maka mortalitas ulat grayak semakin naik. Selain itu aktivitas biopestisida asap cair limbah kulit buah siwalan memiliki daya racun yang rendah (tidak langsung mematikan serangga) atau memiliki daya bunuh yang lambat terhadap mortalitas ulat grayak.
3. Nilai toksisitas rendah dengan nilai $LC_{50-24jam}$ biopestisida asap cair limbah kulit buah siwalan terhadap mortalitas ulat grayak didapatkan konsentrasi sebesar 20%.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan guna mengembangkan penelitian yang serupa selanjutnya yaitu sebagai berikut :

1. Bagi peneliti lain dapat melakukan peningkatan konsentrasi uji penelitian diatas 13% agar mampu mencapai nilai mortalitas lebih dari 50%.

2. Dalam pelaksanaan uji mortalitas perlu dipertimbangkan dengan baik jenis pakan yang akan digunakan, ukuran kandang atau wadah pengujian, serta banyaknya ulat dalam satu wadah karena hal tersebut mempengaruhi sifat kanibalisme ulat grayak.
3. Pengaplikasian asap cair limbah kulit buah siwalan perlu dikembangkan pada hewan uji lain, dengan pakan yang lain, agar ditemukan pengaruh biopestisida yang optimal pada jenis hama atau tanaman tertentu.
4. Perlu dilakukan identifikasi estimasi lamanya waktu penguraian biopestisida asap cair limbah kulit buah siwalan di lingkungan.
5. Melakukan pengujian pengaruh lama waktu penyimpanan asap cair limbah kulit buah siwalan terhadap tingkat toksisitas biopestisida.



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR PUSTAKA

- Afrah, B. D., Riady , M. I., Rizan, M. A., Aryansyah, A. D., & Cundari, L. (2020). Rancang Bangun Alat Produksi Asap Cair dengan Metode Pirolisis Menggunakan Software Fusion 360. *Jurnal Teknik Kimia*, Vol. 26, No. 3.
- Al-Rubaye , A. F., Hameed , I. H., & Kadhim, M. J. (2017). A Review: Uses of Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS) Technique for Analysis of Bioactive Natural Compounds of Some Plants. *International Journal of Toxicological and Pharmacological Research*, 81-85.
- Anggraini , S. P., & Yuniningsi, S. (2021). *Jurnal IPTEK. Production of Liquid Smoke From Bamboo Waste Using a Pyrolysis Reactor: Optimization and Kinetics Studies*, Vol. 25, No.2, 108 – 116.
- Anggraini , S. P., & Yuniningsi, S. (2021). Production of Liquid Smoke From Bamboo Waste Using a Pyrolysis Reactor: Optimization and Kinetics Studies. *Jurnal IPTEK*, Vol.25 No.2.
- Arfiati, D., Zakiyah , U., Nabilah , I., Khoiriya, N., Jayanti , A., & Kharismayanti, H. (2018). Perbandingan LC50 – 96 Jam terhadap Mortalitas Benih Ikan Mas, *Cyprinus Carpio Linnaeus 1758* pada Limbah Penyamakan Kulit dan Insektisida Piretroid. *Jurnal Iktiologi Indonesia*.
- Arfiati, D., Zakiyah , U., Nabilah, I., Khoiriyah, N., Jayanti , A., & Kharismayanti, H. (2018). Perbandingan LC50 – 96 Jam terhadap Mortalitas Benih Ikan Mas, *Cyprinus Carpio Linnaeus 1758* pada Limbah Penyamakan Kulit dan Insektisida Piretroid. *Jurnal Iktiologi Indonesia*, Vol. 18, No. 2.
- Artiningsih, N. K., & Purwaning, E. F. (2016). Pengembangan Optimalisasi Ekstraksi Antosianin Kulit Buah Siwalan Warna Ungu dan Diimplementasikan Sebagai Pewarna Alami Padakain Katun Secara Pre-Mordating. *Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim Semarang*.

- Badan Pusat Statistik. (2021). Pertumbuhan Ekonomi Indonesia Triwulan II-2021. *Berita Resmi Statistik*.
- Balitbang. (2006). *Hama, Penyakit dan Masalah Hara Pada Tanaman Kedelai. Identifikasi dan Pengendaliannya*. Bogor.
- Basnetb , P., Dhitalc, R., & Rakshita, A. (2021). Biopesticides: a genetics, genomics, and molecular biology perspective. *Advances in Bio-inoculant Science*, 107-116.
- Boopathi , L., Sampath, P., & Mylsamy, K. (2012). Investigation of physical, chemical and mechanical properties of raw and alkali treated Borassus fruit fiber. *Composites: Part B*, 3044–3052.
- Darmadji , P. (2002). Optimasi proses Pembuatan Tepung Asap. *Agritceh* , Vol. 22, No. 4, 172-177.
- Dewati, R. (2010). Kinetika reaksi pembuatan Asam Oksalat dari sabut siwalan dengan oksidator H₂O₂. *Jurnal Penelitian Ilmi Teknik*, 29-37.
- Dewi , F. C., Tuhuteru, S., Aladin , A., & Yani, S. (2021). Characteristics of Liquid Smoke of Red Fruit (*Pandanus conoideus*. L.) Waste with Pyrolysis Method and Potentially as Biopesticide. *Journal of Environmental and Agricultural Studies*, 81-86.
- Didi , N. (2020). *Ulat grayak serang lahan jagung di brondong lamongan*. Surabaya : Liputan 6.
- Estikhamah, F., & Rumintang, A. (2020). Studi Literatur Tentang Pengaruh Demand Bus Antar Kota Terhadap Kualitas Udara di Area Terminal. Vol 1, No 1, 39-44.
- Faisal, M., Sunarti, A. Y., & Desvita, H. (2018). Characteristics of Liquid Smoke from The Pyrolysis of Durian Peel Waste at Moderate Temperatures. *Rasayan J. Chem*, Vol. 11, No. 2, 871 - 876.

- Fattah , A., & Ilyas, A. (2016). Siklus Hidup Ulat Grayak (*Spodoptera litura*, F) dan Tingkat Serangan pada Beberapa Varietas Unggul Kedelai di Sulawesi Selatan. *Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Pertanian*.
- Finney, D. (1962). *Probit analysis: A statistical treatment of the sigmoid response curve*. Cambridge: 2nd Edn. Cambridge University Press.
- Fuadi, M. A. (2016). Ayat-Ayat Pertanian dalam Al-Qur‘an (Studi Analisis terhadap Penafsiran Thanthawi Jauhari dalam Kitab Al-Jawāhir Fī Tafsīr Al-Qur‘an Al-Karīm). *Skripsi : Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang*.
- Gokok, S. (2017). Uji Toksisitas Bioinsektisida Ekstrak Metanol Buah Bintaro. *Skripsi : Universitas Sanata Dharma*.
- Hendri, M., Diansyah , G., & Muhammad , H. (2010). Konsentrasi Letal (LC50-48 jam) Logam Tembaga (Cu) dan Logam Kadmium (Cd) Terhadap Tingkat Mortalitas Juwana Kuda Laut (*Hippocampus spp*). *Jurnal Penelitian Sains*.
- Houngbeme, A. G., Gandonou, C., Yehouenou , B., Kpoviessi , S. D., Sohounhloue, D., Moudachirou, M., & A. Gbaguidi, F. (2014). Phytochemical Analysis, Toxicity and Antibacterial Activity of Benin Medicinal Plants Extracts Used in The Treatment of Sexually Transmitted Infections Associated with Hiv/Aids. *international Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 5(5): 1739-1745.
- Hutomo, H. D., Swastawati , F., & Rianingsih, L. (2015). Pengaruh Konsentrasi Asap Cair terhadap Kualitas dan Kadar Kolesterol Belut (*Monopterus Albus*) Asap. Vol. 4, No. 1, 7-14.
- Isa, I., Musa, W. J., & Rahman, S. W. (2019). Pemanfaatan Asap Cair Tempurung Kelapa Sebagai Pestisida Organik Terhadap Mortalitas Ulat Grayak (*Spodoptera Litura F.*). *Jamb.J.Chem*, 15-20.
- Iskandar , T., & Fitri, A. C. (2018). Asap Cair dan Biochar hasil Proses Pyrolisis Sekam Padidan Biomassa lainnya sebagai Income Generating Unit di

Universitas Tribhuwana Tungadewi. *Jurnal Aplikasi Sains dan Teknologi*, 81-87.

Kasmara , H., Melanie , & Audia, D. (2018). The Toxicity Evaluation of Prepared Lantana camara Nano Extract Against Spodoptera litura (Lepidoptera: Noctuidae). *Cite as: AIP Conference Proceedings 1927*.

Kementrian Kesehatan Republik Indonesia. (2012). *Pedoman Penggunaan Insektisida (Pestisida) Dalam Pengendalian Vektor*. Jakarta: Kementrian Kesehatan Republik.

Khuluq, V. H., Syamsuri, & Setiawan , b. (2020). Perkembangan Pertanian Dalam Peradaban Islam: Sebuah Telaah Historis Kitab Al Filaha Ibnu Awwam. *Tamaddun: Jurnal Sejarah dan Kebudayaan Islam*, Vol. 8,.

Marwan, A. Y. (2016). Tafsir Al-Quran Hidayatul Insan. In *tafsir Al-Quran*. Jilid 1.

Marwoto , & Suharsono. (2008). Strategi dan Komponen Teknologi Pengendalian Ulat Grayak (Spodoptera Litura Fabricius) pada Tanaman Kedelai. *Jurnal Litbang Pertanian*, 27(4).

Nurdiana, R., & Tukiran. (2012). Pemanfaatan Ekstrak Kloroform Kulit Batang Tumbuhan Nyiri Batu (Xylocarpus moluccensis (Lamk) M. Roem.) (Meliaceae). *UNESA Journal of Chemistry*, Vol. 1, No. 2.

Nurhajjah . (2018). Preferensi dan Biologi Spodoptera litura (Lepidoptera: Noctidae) pada Kacangan, Tanaman Kelapa Sawit Media Tanah Gambut dan Mineral di Laboratorium. *Tesis : Universitas Sumatera Utara*.

Nurmalasari, M. (2018). *Modul Analisis Dan Teknik Pemodelan*. Jakarta : Universitas Esa Unggul.

Oramahi, H., Diba, F., & Wahdina. (2010). Efikasi Asap Cair dari Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) dalam Penekanan Perkembangan Jamur (Aspegillus niger. J). Vol. 10, No, 2: 146-153.

- Paiman. (2019). *Teknik Analisis Korelasi dan Regresi Ilmu-Ilmu Pertanian*. Yogyakarta: UPY Press.
- Panghiyangani , R., Rahmiati , & F., N. A. (2009). Potensi Ekstrak Daun Dewa (Gynura Pseudochina Ldc) Sebagai Larvasida Nyamuk Aedes Aegypti Vektor Penyakit Demam Berdarah Dengue. *Jurnal Kedokteran Indonesia*, Vol. 1, No. 2.
- Peraturan Menteri Pertanian Republik Indonesia. (2019). Pendaftaran Pestisida. *Nomor 43 Tahun 2019*.
- Putri, R. E., Kasim, A., Emriadi, & Asben, A. (2018). Karakterisasi Kinerja Alat Pembuat Asap Cair dari Biomassa Pertanian. Vol. 12 No. 1.
- Putri, Y. S., Moelyaningrum, A. D., & Ningrum, P. T. (2014). Implementasi Pestisida dan Pupuk terhadap Residu Pestisida dan Nitrat pada Daerah Aliran Sungai Porolinggo (Studi di Desa Sumbergondo, Kecamatan Glenmore, Kabupaten Banyuwangi). *e-Jurnal Pustaka Kesehatan*.
- Ramadhan, R. A., & dkk. (2016). Bioaktivitas Formulasi Minyak Biji Azadirachta indica (A. Juss) terhadap Spodoptera litura F. *Jurnal Agrikultura*, 27 (1): 1-8.
- Ridhuan, K., & Irawan, D. (2020). *Energi Terbarukan Pirolisis*. Lampung: Laduny.
- Safirah , R., Widodo , N., & Krisno, A. M. (2016). Uji Efektifitas Insektisida Nabati Buah Crescentia cujete dan Bunga Syzygium aromaticum Terhadap Mortalitas Spodoptera litura Secara In Vitro Sebagai Sumber Belajar Biologi. *Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia* , 265-276.
- Santoso, R. S. (2015). Asap Cair Sabut Kelapa sebagai Repelan Bagi Hama Padi Walang Sangit (Leptocorisa oratorius). *Jurnal Sainsmat*, Vol. IV, No. 2.
- Schumann, G., & D"Arcy, C. (2012). *Hungry Plant: Stories of Plant Disease*. St. Pul: MN: The American phytopathological society.

- Setiawati , W., Murtiningsih , R., & Neni Gunaeni. (2008). *Tumbuhan Bahan Pestisida Nabati dan Cara Pembuatannya untuk Pengendalian Organisme Pengganggu Tumbuhan (OPT)*. Bandung: Balai Penelitian Tanaman Sayuran.
- Shimadzu. (2020). *Gas ChromatographyMass Spectrometry (GCMS)*. Shimadzu Corporation.
- Sitanggang, D. (2018). Uji Karakteristik Asap Cair Sekam Padi Pada Alat Pirolisis Plastik-Sekam Padi. *Skripsi : Universitas Sumatera Utara*.
- Sriharti , Indriati, A., & Dyah, S. (2020). Utilization of Liquid Smoke from Cocoa pod husk (*Theobroma cocoa L*) for Germination of Red Seed (*Capsicum annum L*). *Asian Journal of Applied Sciences*, Vol. 8, No. 1.
- Sudarmo, H. (1991). *Pengetahuan Serangga Hama Sayura*. Jakarta: Kanisius.
- Sugiyono. (2019). *Metode Penelitian Kuantitatif*. Bandung: Alfabeta.
- Suryaningsih , E., & Hadisoeganda, W. (2004). *Pestisida Botani untuk Mengendalikan Hama dan Penyakit pada Tanaman Sayuran*. Bandung: PT. Mitra Buana Pasundan.
- Swacita, I. B. (2017). Pestisida Dan Dampaknya Terhadap Lingkungan. *Bahan Ajar Kesehatan Lingkungan*.
- Tambunan, P. (2010). Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan Tanaman. *Potensi dan Kebijakan Pengembangan Lontar untuk Menambah Pendapatan Penduduk*, 3-7.
- Triastuti, W. E., Budhi , P. A., Agustiani, E., Hiday, R. A., Retnoningsih, R., & Nisa', A. A. (2019). Caraceterization of Liquid Smoke Bamboo Waste with Pyrolysis Method. *IPTEK Journal of Proceedings Series*.
- United States Department of Agriculture (USDA). (2022, Maret 16). *Plante Profile*. Retrieved from *Borassus flabellifer L. :*
<https://plants.usda.gov/home/plantProfile?symbol=BOFL2>

United States Environmental Protection Agency (EPA). (n.d.). *Pesticides*. Retrieved from <https://www.epa.gov/ingredients-used-pesticide-products/what-are-biopesticides>

Universitas Gadjah Mada. (2018). *Booklet Peralatan Laboratorium : Laboratorium Penelitian dan Pengujian Terpadu*.

Yonga , T. L.-K., Mohamadb, N., & Yusof, N. N. (2016). Furfural Production from Oil Palm Biomass Using a Biomassderived Supercritical Ethanol Solvent and Formic Acid Catalyst. *Nadiyah Mohamad* , 392 – 400.

Yuantari, M. C. (2011). Dampak Pestisida Organoklorin terhadap Kesehatan Manusia dan Lingkungan serta Penanggulangannya. *Prosiding Seminar Nasional “ Peran Kesehatan Masyarakat dalam Pencapaian MDG’s di Indonesia”*.

Yulianto, & Amaloyah, N. (2017). *Toksikologi Lingkungan*. Jakarta: Pusat Pendidikan Sumber Daya Manusia Kesehatan, Kemenkes RI.



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A